

მ. ი. დანდუროვი

პროფესორი ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი

გ ვ ი რ ა ბ ე ბ ი

I

წინასიტყვაობა

საბჭოთა საქართველო გვირაბების ინტენსიური მშენებლობის ქვეყანაა. აქ აშენებულა და ახლაც წინდება ყველა ტიპის გვირაბი: სარკინიგზო, ავტოსადგომო, ჰიდროტექნიკური, სამთო მრეწველობისა და სხვა.

სტალინური ხელწოდების მანძილზე საქართველოში აგებულ სადერი-ვაციო გვირაბებს თავისი ზომებით პირველი ადგილი უჭირავს საბჭოთა კავშირში. ახლო ნომავალში ჩვენ მოწმენი ვიქნებით უფრო გრანდიოზული გვირაბების მშენებლობისა. მათ შორის პირველ ადგილს დაიკავებს გვირაბი, რომელიც დედაქალაქის ერთერთ უდიდეს ქედს გასჭრის და რკინიგზის ხაზით საქართველოს ჩრდილოეთ კავკასიასთან შეაერთებს.

აღსანიშნავია, რომ დღემდე გვირაბების შესახებ ქართულ ენაზე არ მოიპოვება არაფეთარი ნაშრომი. ჩვენი შრომის მიზანია ამ ხარვეზის ნაწილობრივ შევსება.

ეს შრომა დაწერილია ჩვენი კურსის „Тоннели на путях сообщения“-ს საფუძველზე, რომელიც 1959 წლიდან მიღებულია საბჭოთა კავშირის სატრანსპორტო ინსტიტუტების ძირითად სახელმძღვანელოდ.

რადგან წიგნი პირველად იცემა ქართულ ენაზე, ამიტომ იგი უნაკლო არ იქნება ტერმინების შერჩევის თვალაზრისით. ენის დაზუსტებისა და დედნის მუყაითად გადაკითხვისათვის მაღლობს ვუძღვნი აშხ. აშხ. ვლ. გოთოშისა, ა. დანდუროვს, ო. კვირიკაძეს და ა. დაუშვილს.

წიგნი გამოდის ორ ტომად. პირველ ტომში შედის: 1) სოცალი ცნობები, 2) გვირაბების გამოკლევა და დაგეგმარება. მეორე ტომი განიხილავს: 1) გვირაბების აგებას, 2) ექსპლოატაციას, 3) აღდგენასა და რეკონატრუქციას.

უდავოა, რომ ეს პირველი ნაბიჯი უნაკლო არ იქნება, მაგრამ ყველა სამართლიანი და საქმიანი შენიშვნა კმაყოფილებით იქნება მიღებული ავტორის მიერ.

პირველი განყოფილება

ზოგადი ცნობები

თავი I

ძირითადი ცნებანი. საგვირაბო სამუშაო განვითარების ისტორიული მიმოხილვა

§ 1. ძირითადი ცნებანი

გვირაბი ეწოდება ნაგებობას, რომელიც სკრის მთის ქანების სისქეს და წარმოადგენს გზათა მიმოსვლის ან წყალსავალის შემაერთებელ რგოლს (ნაკ. 1).

გვირაბის ტიპის ნაგებობებით სარგებლობენ აგრეთვე საქალაქო მიწისქვეშა მეურნეობის ქსელის დასაფენად და სხვა სპეციალური მიზნების განსახორციელებლად.

დანიშნულების მიხედვით, გვირაბები შემდეგ ჯგუფებად და სახეებად იყოფიან:

1. გვირაბები გზებზე:

- ა) რკინიგზის და მეტროპოლიტენის
- ბ) ავტოსაქაპანო და საქვეითო;
- გ) სანაოსნო და ხეცის წყალზიდვის;

2. წყალსავალი გვირაბები:

- ა) დერივაციული—ჰიდროელექტროსადგურებზე;
- ბ) წყალმომარაგების;
- გ) ირივაციული;
- დ) სადრენაჟო.

3. ქალაქის მეურნეობის გვირაბები:

- ა) მეტროპოლიტენების;
- ბ) საკანალიზაციო;
- გ) ფოსტა-ტელეგრაფის;
- დ) ელექტროკაბელებისა და სხვადასხვა მილგაყვანილობის.

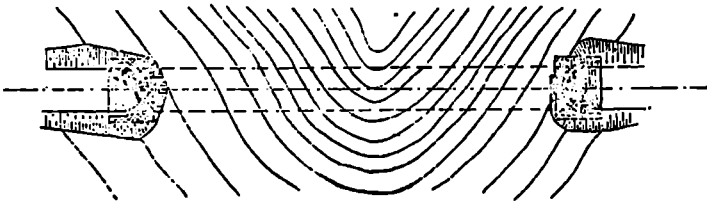
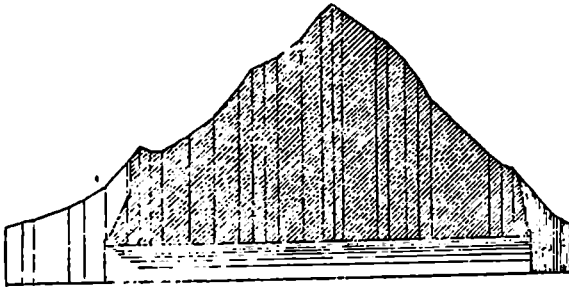
4. სამთო მრეწველობის გვირაბები:

გვირაბები გზებზე აგრეთვე იყოფა: სამთო, საქალაქო და წყალქვეშა გვირაბებად.

სამთო გვირაბებს ეკუთვნის ისეთები, რომლებიც სხვადასხვა სიღრმეზე სკრიდან მთების ქედებსა და ფერდობებს,

საქალაქო გვირაბებს ეკუთვნის მეტროპოლიტენების, ფეხით სასვლელი გვირაბები და აგრეთვე მიწის ქვეშა მეურნეობის კსელების გვირაბები. ამხაირად, მეტროპოლიტენის გვირაბები მიეკუთვნება ერთდროულად პირველსა და მესამე ჯგუფს.

წყალქვეშა გვირაბებს წარმოადგენენ ყველა გვირაბი, რომელთა ზემოთა ზედაპირი დაფარულია წყლით: სახელდობრ, გვირაბები გაყვანილი მდინარის კალაპოტის, ტბის, უბის და სრუტის ფსკერქვეშ.



ნაკ. I.

სამთო გვირაბები მიმოსვლის გზებზე შეიძლება იყოს საუღელტეხილო, ფერდობის, ან შეიძლება სკრიდეს ცალკეულ მცირე სიმაღლის მალლობებს.

საუღელტეხილო გვირაბები აიგება ერთი ხეობიდან მეორეში ტრასის გადასვლის შემთხვევაში; ისინი გადაკვეთენ რა განიერ მთის ქედებს, ხშირად დიდი სიგრძისანი არიან; მათ ეკუთვნის არსებულ ნაგებობებიდან უდიდესნი.

ფერდობის გვირაბები განლაგებულია მთების ფერდობებში; მათ აგებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც ხაზი შედის გვერდით ხეობაში და როდესაც საკიროა ლიანდაგის დაფარვა მთისა და თოვლის ზევისა და მეწყერისაგან. ასეთი გვირაბების სიგრძე ფართო ზღვრებში იცვლება.

გვირაბებს, რომელნიც ჰკვეთენ მთის გამოშვერილი კონცხის სახის ცალკეულ მალლობებს, ჩვეულებრივად, მცირე სიგრძე აქვთ.

საქალაქო გვირაბების აგება ნაკარნახევია თანამედროვე დიდი ქალაქების ქუჩების გადატვირთვით და იმ მიზნით, რომ ქალაქებში მოეწყოს სწრა-

ფი, მოხერხებული და დამოუკიდებელი მიმოსვლის გზები. ამასთან ერთად, საქალაქო გვირაბების აგებისას უმეტეს შემთხვევაში სარგებლობენ ისეთი ხერხით, რომელიც მნიშვნელოვნად განსხვავდება სამთო ტიპის გვირაბების მშენებლობის გამოცდილებით გამოწეშავებული ხერხისაგან.

მიმოსვლის გზებზე აგებულ სამთო გვირაბებს შორის უმნიშვნელოვანესი ადგილი რკინიგზის გვირაბებს უკავია. მძიმე სამთო რელიეფი მრავალი მაღლობური დაბრკოლებებით რკინიგზის ტრასაზე საკიროს ხდის მრავალი გვირაბის აგებას. ამის მაგალითს წარმოადგენს 1938 წელს გახსნილი ახალი სარკინიგზო ხაზი ვიტორიო ვენეტო-პონტე ალკებში. 9,98 კმ სიგრძის ერთ-ერთ უბანზე საკირო შეიქნა 26 გვირაბის აგება, მასთან უგრძესების სიგრძეა 2150 და 1484 მ.

უკეთეს მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ლიგურიის ალპების და აპენინის გადამკვეთი გენუა-ბორგო-ვალდი-ტაროს სარკინიგზო ხაზის პროექტი. ხაზის სიგრძეა 71,4 კმ სიგრძის შემთხვევაში ღია ტრასად მხოლოდ 22,4 კმ გადის, დანარჩენი 49 კმ კი—გვირაბებს უკირავს. უდიდესი გვირაბის სიგრძეა 15,9 კმ, რომელიც პენის მთაში გადის.

რკინიგზის სამთო უბნებში ხშირად ვხვდებით განსაკუთრებული სახის ნაგებობებს—ე. წ. გალერეიებს, რომლებიც ლიანდაგს იცავენ ზეაუებისა, მეწყერისა და ყაშირის ჩამოშლისაგან. თოვლისაგან დამცველი გალერეიებისაგან განსხვავებით, ამ ნაგებობებს ზემოდან მიწის წანაყარი აქვთ და არსებითად იმავე გვირაბებს წარმოადგენენ, მაგრამ ე. წ. ღია ხერხით არიან აგებული.

ქალაქგარეთ ურელსო გზებისათვის გვირაბებს თუმცა უძველეს დროიდან აგებდნენ, მაგრამ მანც იშვიათად ვხვდებით და მათ შედარებით დიდი მნიშვნელობა არა აქვთ გზათა მიმოსვლის საერთო სისტემაში. მათი მშენებლობა სწრაფად იზრდება საავტომობილო გზების განვითარებასთან ერთად.

კიდევ უფრო ნაკლები მნიშვნელობა აქვთ საცალფეხო გზების გვირაბებს; მათ ხშირად ვხვდებით ტურისტების გზებზე.

განსაკუთრებული ადგილი უკავია გვირაბებს წყლის მიმოსვლის გზებზე, რომელთა აგებით დაიწყო გვირაბების ინტენსიური მშენებლობა ევროპასა და აშერიკაში საშუალო საუკუნეების ბოლოს.

აღებული მიმოსვლის გზის მთელი რიგი ეკონომიური ფაქტორები, ადგილობრივი პირობები და გვირაბის დანიშნულება განსაზღვრავენ მის სიგრძეს, გრძივ პროფილს, მოხაზულობას და ვანივი კვეთის ზომებს, რომლებიც საზოგადოდ, მეტად დიდ ზღვრებში იცვლება. ამ საკითხების ამოხსნა, რომლითაც განისაზღვრება ნაგებობის ძირითადი ელემენტები, გვირაბების კვლევისა და დაგეგმარების საგანს შეადგენს.

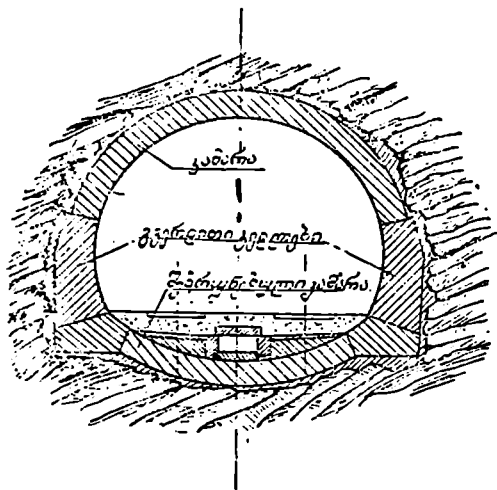
თავისუფალი სივრცე, რომელიც წარმოიქმნება მიწისქვეშა ყაშირის ამოღებით, გამოიშვავებად იწოდება. მხოლოდ მეტად მაგარ, გამოუფიტავ და მდგრად ქანებში საგვირაბო გამოიშვავება შეიძლება დარჩეს ხელოვნური სამაგრის გარეშე. დანარჩენ შემთხვევებში კი ქანების გამოიშვავებისას დროებითი სამაგრებით სარგებლობენ, რომელიც შემდგომ შეიცვლება მუდმივი კონსტრუქციით (ნაკ. 2). ზოგად შემთხვევაში გვირაბის სამაგრი შესდგება გვერდითი

კელდებისა, კამარის და შებრუნებული კანარისაგან. გვირაბის ძირზე გაყვამილია ღარი წყლის მოსაცილებლად.

გვირაბის განივი კვეთი ჩვეულებრივად მთელ პროფილზე არ დამუშავდება თავიდანვე: ეს კვეთი დამუშავებისას დაიყოფა ნაწილებად, რომელთაგანაც თითოეულს თავისი სახელწოდება აქვს (ნაქ. 3):

- 1—ქვედა წოლხერელი,
- 2—ზედა წოლხერელი,
- 2 და 3 ერთად—მცირე კალოტა,
- 2, 3 და 4 ერთად—დიდი კალოტა,
- 5—შტროცეტი,
- 6 და 6—შტროსი.

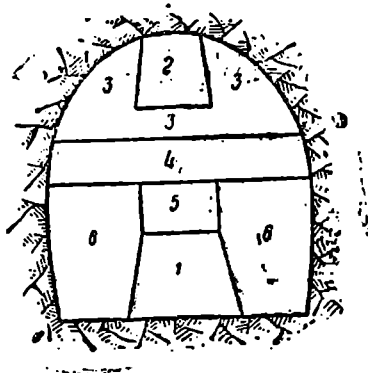
წოლხერელები შეიძლება განლაგდეს აგრეთვე კვეთის გვერდით და მის ცენტრში (ნაქ. 4); პირველ შემთხვევაში მათ გვერდითი ეწოდება, მეორეში—ცენტრალური. გვირაბის გაყვანა იწყება ერთ-ერთი წოლხერელით, რომელიც წინ უსწრებს გამომუშავების დანარჩენ ნაწი-



ნაქ. 2.

ლებს და ამ უკანასკნელებს მიმართულებას აძლევს. ასეთ წოლხერელს მიმმართველი წოლხერელი ანუ მიმმართველი სვლა ეწოდება. წოლხერელიდან კვეთის დანარჩენ ნაწილებზე გადასვლა და ქანების შემდგომი დამუშავება ამა თუ იმ თანმიმდევრობით წარმოებს სამუშაოთა წარმოებისათვის მიღებული ხერხის მიხედვით. მუდმივი სამაგრი აიგება ან ერთბაშად გამომუშავების მთელ პერიმეტრზე გარკვეულ სიგრძეზე გავლის შემდეგ, ან ნაწილობრივ პროფილის ცალკეული ელემენტების დამუშავების მიყოლებით.

არსებობს გვირაბების აგების სავანგებო მეთოდებიც, რომელნიც ძირითადად განსხვავდებიან განმარტებულ სამუშაოთა სქემისაგან. მათ მიეკუთვნება ფარის მეთოდი, გვირაბ-კესონების ჩაშვების მეთოდი, ღია ხერხი და სხ. ყველა ამ ხერხს საკმაოდ შეზღუდული გამოყენება აქვთ სამთო ტიპის გვირაბებში;



ნაქ. 3.

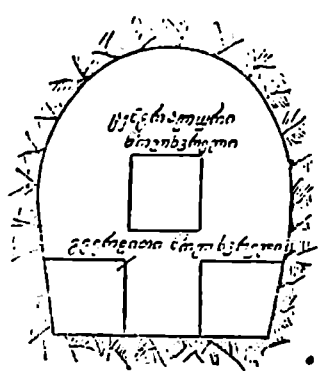
მათი როლი გაცილებით მეტია წყალქვეშა და საქალაქო გვირაბების მშენებლობაში.

გვირაბის აგების ხერხის შერჩევა, უპირველეს ყოვლისა, გასაქრელი მასივის გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების მიხედვით წარმოებს, შემდეგ კი ნაგებობის სიგრძის, მიაი კვეთის ზომების, მშენებელთა გამოცდილების და არსებული მექანიკურა საშუალებების მიხედვით.

გვირაბის დანიშნულება და ტიპი გავლენას არ ახდენს საწარმოო ოპერაციების შესრულებას ხერხზე; ეს ხერხი საერთოა სარკინიგზო, ავტოსაკაპანო და სანაოსნო გვირაბებისათვის.

გვირაბის ხანგრძლივი ნორმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად საჭიროა მუდმივი გულდასმითი მეთვალყურეობა და ექსპლოატაციის სწორი ხერხები.

დროთა ვითარებაში გვირაბი შეიძლება ისეთ მდგომარეობამდე მივიდეს, რომ საჭირო შეიქნეს მუდმივი საშვარის გაძლიერება ან შეცვა. გვირაბის გადაკეთება შეიძლება აუცილებელი შეიქნას აგრეთვე გაბარიტის პირობებით.



ნაქ. 4.

დაბოლოს, გვირაბში შეიძლება განიცადოს სხვადასხვაგვარი დანგრევა. დანგრევა შეიძლება მოხდეს არახელსაყრელი ბუნებრივი და კონსტრუქციული პირობების ერთობით ან მოხდეს საომარი მოქმედების პერიოდში. მეორე მსაფლიო ომის წლებში ევროპის სხვადასხვა ქვეყნებში სარკინიგზო გვირაბები ასობით დაინგრა და მათ რიცხვში რამდენიმე ათეული ჩვენს ტერიტორიაზეც.

§ 2. საგვირაბო საქმის განვითარების მოკლე მიმოხილვა

1. ძველი პერიოდი

საგვირაბო ხელოვნების დასაწყისი შორეულ წარსულშია. ამ ხელოვნების კვალი მიწისქვეშა სამუშაოების სახით, რომლებსაც სხვადასხვა მიზნით აწარმოებდნენ, ძველი კულტურის ყველა ერებს გააჩნდათ.

საგვირაბო მშენებლობის დასაწყისი ჩვენს ქვეყანაში, როგორც ყველგან, დაკავშირებულია სამთო საქმის ჩასახვასთან.

განსაკუთრებით მდიდარი წარსული მიწისქვეშა სამუშაოებით აქვთ კავკასიაში დასახლებულ ხალხებს. ამ სამუშაოთა დასაწყისი იკარგება საუფუნებოში და ჩვენს დრომდე შემონახული ძლიერ მრავალსახოვანი ძეგლები ლაპარაკობენ მის მალალ ტექნიკაზე. კლიმატური და ტოპოგრაფიული პირობები და პირადი უსაშინოების მოთხოვნილებანი პირველყოფილი ადამიანის აზროვნებას მიმართავდა გამოქვამულთა საცხოვრებლად გამოსაყენებლად. ამასთან ერთად კავკასიის გეოლოგიური პირობები სრულიად ხელს უწყობდნენ მიწისქვეშა სამუშაოებს. ზედა ქანები ცარცოვანი, მესამეული და განსაკუთრებით დელივი-

აღური და ალივიალური ფორმაციები წარმოადგენენ რბილ, ქვის იარაღებით ადვილად დასამუშავებელ ნიადაგს. განსაკუთრებით მცირე კავკასიის საზღვრებში ხშირად გავრცელებული ტუფოვანი და ლავოვანი ყაშირები აგრეთვე სრულიად ხელსაყრელი იყო გამოქვაბულების მოსაწყობად. მთელს კავკასიაში ჩვენს დრომდე საუკეთესოდ შემონახულა მრავალი ვრცელი მიწისქვეშა ნაგებობა. ზოგიერთ მათგანს, როგორცაა ცნობილი გამოქვაბულების ქალაქი უფლისციხე ქ. გორის მახლობლად საქართველოში, — აქვს პირდაპირი მიწისქვეშა გასაღვი მდ. მტკვარში.

აგრეთვე შესანიშნავია ძველი საქართველოს საღამშენებლო ხელოვნების მეორე ძეგლი — ვარძია, რომელიც მდებარეობს ასპინძის რაიონში მდ. მტკვრის ხეობაში. ვარძიის აგება მიმდინარეობდა საუკუნეების განმავლობაში და დამტკიცებულია, რომ XI საუკუნეზე გაცილებით ადრე ვარძიას მრავალი მობინადრე ჰყავდა. გამოქვაბულები მოთავსებულია რბილ და, მასთან ერთად, მდგრად ვარდისფერ-მოყვითლო ტუფებში და განლაგებულია 5, 6, 7 და 8 სართულად. კლდის თითქმის შვეული ფერდობის გასწვრივ გამოქვაბულებს უკავიათ დაახლოებით 700 მ მანძილი. მრავალი სხვადასხვანაირი სახის და დანიშნულების მიწისქვეშა ნაგებობათა შორის, აქ მეტად შესანიშნავია ეგრეთ წოდებული მთავარი ტაძარი, სიგრძით 17 მ, სიგანით — 14 მ და სიმაღლით 12 მ — ზომები, რომელნიც ჩვენ დროშიაც კი შესანიშნავია მიწისქვეშა ნაგებობისათვის. ვარძიის წყლით მომარაგებისათვის გაყვანილი იყო ორი გვირაბი სიგრძით 6 კმ და 2 კმ-დე.

უფლისციხე, ვარძია და მრავალი სხვა ასეთი ძეგლი ამტკიცებს ძველი საქართველოს მიწისქვეშა სამუშაოების ხელოვნების მეტად მაღალ დონეს.

ქსენოფონტეს მოწმობით (IV—V საუკუნე ჩვენს ერამდე) ცივ მთებზე მყოფი სომხები ცხოვრობდნენ ვრცელ მიწისქვეშა ნაგებობებში, სადაც ჩაღიონდნენ კიბებით და დახრობილ ჩასასვლელებით.

მიწის სამუშაოების ისტორიისათვის დიდად საინტერესოა კავკასიაში გავრცელებული „კიაგრიზების“ სისტემა, რომელიც წარმოადგენს რამდენიმე ქას შერთებულს ერთმანეთთან მიწისქვეშა სავალებით და რომელიც ემსახურება გრუნტის წყლების ექსპლოატაციას. „კიაგრიზების“ საქმის დასაწყისი ეკუთვნის პირველი ქალაქების აღმოცენების და კულტურული მიწათმოქმედების ორგანიზაციის დასაწყისს. მის სამშობლოდ სთვლიან ასურეთ-ბაბილონს, საიდანაც იგი შემოიპრა კავკასიაში. დღეს კავკასიაში ექსპლოატაციაში არის კიაგრიზული წყალმომარაგების საკმაოდ ვრცელი ქსელი. მხოლოდ კიროვბადის ერთ რაიონში კიაგრიზული სვლების სიგრძე ასეული კილომეტრებით ითვლება. მათი სიღრმე 50 მ და მეტს აღწევს. მათი კვეთი უმრავლეს შემთხვევაში ელიფსურია, ღერძებით 0,6 X 0,8-დან 1,0 X 1,2 მ-მდეა; კიაგრიზების დამუშავება და ექსპლოატაცია ყოველგვარი სამაგრის გარეშეა.

უფრო გვიან პერიოდში კავკასიაში მიწისქვეშა სამუშაოებით სარგებლობდნენ მიმოსვლის მიზნებისთვისაც. ქართველი მწერალი ალექსანდრე ყაზბეგი იხსენიებს საქართველოში ლარის ხეობაში არსებულ გვირაბს.

ძველ ეგვიპტელებთან მიწისქვეშა სამუშაოები ჯერ კიდევ 3500 წლის წინათ იყო განვითარებული ჩვენს წელთაღრიცხვამდე. ამ სამუშაოებს აწარმოებდნენ მიწისქვეშა აკლდამების და ტაძრების აგებისას, აგრეთვე ქვის მოსაპოვებლად მაშინდელი გრანდიოზული ნაგებობებისათვის. იმ ძეგლთა რიცხვს, რო-

მლებიც ჩვენს დრომდის შემონახულა ეგვიპტის თავისებური კლიმატური პირობების წყალობით, ეკუთვნის ე. წ. იოსების ქა ქაირში. როგელიც 3500 წლის წინათ არის აგებული ჩვენს წელთაღრიცხვამდე, სამუნიის გამოქვაბული, ფივის და მემფისის აკლამები, ალექსანდრიის კატაკომბები, ინსამბულის ტაძრები. შესანიშნავია ჯერეთე გივანტური აკლამა აბიდოსთან და აბუ-სიმბელის ტაძრები, რომელნიც გამოკვეთილია კლდეში ნილოსის დასავლეთ ნაპირზე.

სამუშაოს ჩვეულებრივად მონები აწარმოებდნენ, როგელსაც ხელთ ქონდათ პრიმიტიული ხელსაწყოები სპილენძის ხერხისა და მთლიანი ან ღრუ ბურღების სახით, რომლის მკრელი ნაპირები კბილების ნაცვლად მყარი ძვირფასი ქვების - უმთავრესად კორუნდის და ალმასის ნატეხებით იყო მოთენილი.

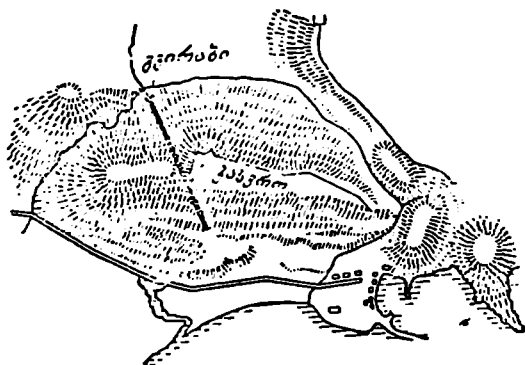
ძველმა ინდოეთმაც მრავალი ამგვარა, მაგრამ უფრო უახლესი ნაგებობანი დასტოვა. ასეთ ნაგებობათა რიცხვშია ელორის გამოქვაბული, რომელსაც დაახლოებით 8 კმ სიგრძის მიწისქვეშა სვლები აქვს.

ასურელები ჯერ კიდევ 2000 წლის წინათ ჩვენს წელთაღრიცხვამდე სარგებლობდნენ მიწისქვეშა სამუშაოებით სპილენძის მოსაპოვებლად მდ. ტიგრის სათავესთან.

ფინიკელები უხსოვარ დროიდან ეწეოდნენ სამთო საქმეს და სწორედ მათგან გადმოიღეს ეს ხელოვნება ბერძნებმა.

მიწისქვეშა ნაგებობათა ნარჩენები გვხვდება უძველეს ებრაელებთანაც. VIII საუკუნეში ჩვენს წელთაღრიცხვამდე იერუსალიმში გათხრილი იყო გვირაბი, რომელსაც იყენებდნენ სილოამის ემბაზის წყლით მოძარაგებისათვის. იგი არსებობს დღემდე. კირქვეშაში გათხრილ გვირაბს გეგმაში ტეხილი მოხაზულობა აქვს, მისი სიგრძით სიგრძეა 535 მ, თუმცა შანძილი შესასვლელებს შორის სწორ ხაზზე შეადგენს სულ 330 მ. გვირაბის სიგანე იცვლება 0,6-დან 0,8 მეტრამდე; სიმაღლე აღმოსავლეთ შესასვლელთან 3 მეტრია, დასავლეთ შესასვლელთან კი 1,8 მ, შუაში მეტად მცირდება და შეხვედრის ადგილთან სულ 0,46 მ აღწევს.

გვირაბის პირველ აღწერილობას, რომელიც აგებული იყო მიმოსვლისათვის, ვხვდებით ბაბილონელთა ისტორიაში. ეს გვირაბი აგებული იყო ლეგენდური სემირამიდის მიერ და ფარული სვლით აერთებდა მეფის ორ სასახლეს, რომლებიც მდ. ეფრატის სხვადასხვა ნაპირზე მდებარეობდნენ. დიოდორ სიცილიელის აღწერის თანახმად, ამ გვირაბის



ნაკ. 5.

წმენებლობისათვის წინასწარ ბაბილონის ყველაზე უმდაბლეს ადგილას გამოაწვავარი აგურისა და ასფალტისაგან მოწყობილი იყო კვადრატული ფორმის წყალსა-

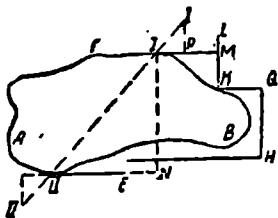
ტევი, რომლის თითოეული გვერდი უდრიდა 57 კმ, სიღრმე კი—11,5 მ. შდინარე გადაიყვანეს ამ წყალსატევში, კალაპოტის ფსკერზე გამომწვარი აგურიდან მოაწყვეს კამარისებური სავალი 4,9 მ სიგანით და 3,9 მ სიმაღლით. ამ გვირაბის კედლების სისქე იყო 6,5 მ, ისინი ყოველი მხრიდან დაფარული იყო 2,16 მ სისქის ასფალტის ფენით. თითოეულ ბოლოში გვირაბს ჰქონდა ბრინჯაოს კარები. გვირაბის სიგრძე დაახლოებით ერთ კილომეტრს უდრიდა.

ძველ საბერძნეთში სამთო სამუშაოები და მათთან ერთად საგვირაბო საქმე საკმაოდ მაღალ დონეზე იყო. ახალი გათხრებით საბერძნეთში აღმოჩნდა გვირაბი ქ. მინის მახლობლად, მისი აგება მიაკუთვნეს 2000 წელს ჩვენს წელთაღრიცხვამდე.

ჰეროდოტეს დაწვრილებითი ცნობები მოჰყავს გვირაბის შესახებ, რომელიც გაყვანილი იყო კუნძულ სამოსზე მეექვსე საუკუნეში ჩვენს წელთაღრიცხვამდე. გვირაბი შედიოდა ეპალინის წყალსარინის სისტემაში, ვადიოდა კასტროს მთის ქედის ქვეშ, რომლის სიმაღლე იყო 300 მ, და ჰქონდა დაახლოებით 1500 მ სიგრძე და 2,4×2,4 მ განივი კვეთი. გვირაბში ვადიოდა წყალი მთის იქეთ მდებარე წყაროდან (ნაკ. 5).

ბეოტიაში, კოპასის ტბის მახლობლად, დაცულია 16 შახტის ნარჩენები, რომლებიც ერთიმეორისაგან დაშორებული არიან 60 დან 300 მ მანძილით, მათი კვეთია 1,8÷2,7 მ და უდიდესი სიღრმე 30 მ. გულისხმობენ, რომ ეს შახტები ემსახურებოდნენ ძველი სადრენაჟო გვირაბის განიავებას, რომელიც აგებული იყო კროტონის მიერ ალექსანდრე დიდის დროს.

საინტერესოდ ითვლება საკითხი უძველესი გვირაბების გათხრისათვის გეოდეზიური მოშაადების შესახებ, როდესაც გათხრა ერთდროულად ორთავე მხრიდან წარმოებდა. მიწისქვეშა სამუშაოების გაგნების თავდაპირველ ხერხს მზისა და ბეგერის გარდა აქ კიდევ ემატება მიმართულების განსაზღვრის სწორი სისტემა წერტილთა კოორდინატების საშუალებით, რომელიც დამუშავა გერონმა შრომაში „დიოპტრა“. მისი წინადადება (ნაკ. 6) მთავრდება სიტყვებით: „თუ გვირაბს ვავაკეთებთ ასეთნაირად, მაშინ მუშები (ორთავე



ABF—მთის კონცეფტია

I, I-II — გვირაბის ტერძის მიმართულებები

P, M, K, G, H, E, N — ბოლოგონის წვეროები

ნაკ. 6.

მხრიდან) შეხვდებიან ერთმანეთს“. რომ გათხრა ერთდროულად წარმოებდა ორთავე მხრიდან, დასტურდება ნაკვალევას მიმართულებით, რაც დარჩენილია წერტილებითა და ძალაყინებით ქანებში.

აპენინის ნახევარკუნძულზე ხანთო საქმეს მისდევდნენ უძველეს დროიდან ეტრუსკები, რომლებიც მოსახლეობდნენ უძველესი იტალიის ჩრდილო-დასავლეთ ოლქში. ეტრუსკებიდან ეს ხელოვნება გადაიღეს რომაელებმა და, პირველად 396 წელს ჩვენს წელთაღრიცხვამდე წარმატებით გამოიყენეს მათთანვე ომში: გამოთხრის საშუალებით დაიკავეს ეტრუსკელების მიუღდგომელი სატასტო ქალაქი ვეიაში.

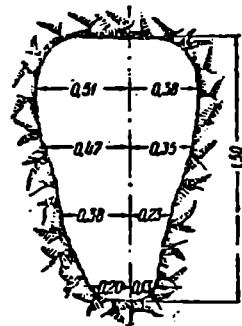
შემდგომში რომაელებმა სრულყოფამდე მიიყვანეს საგვირაბო საქმე და ამ მხრივ უძველეს ერებს შორის სამართლიანად უქირაეთ პირველი ადგილი. რო მელთა გვირაბების ნარჩენები სხვადასხვა დანიშნულებისა—საგზაო, საღრენაეო, წყალსადენი, — აქანდე გვხვდება არა მარტო იტალიაში, არამედ ყველგან, სადაც კი შეიქრებოდა რომაელი დამპყრობელი: საფრანკეთში, შვეიცარიაში, პორტუგალიაში, ესპანეთში, ილირიში, ოსმალეთში. ამ ნაგებობათა ნაწილი საკმაოდ კარგად არის შემონახული საექსპლოატაციოდ და გვაოცებს იმ დროისათვის გრანდიოზული ზომებით. ასე, მაგალითად, 359 წელს ჩვენს წელთაღრიცხვამდე აგებული იყო გვირაბი, რომლითაც წყალა გადაჰყავდათ ალბანოს ტბიდან, რომელიც რომის სანზრეთით მდებარეობს 25 კმ მანძილზე. გვირაბის სიგრძე იყო 1600 მ, სიმაღლე 2,5 მ და სიგანე დაახლოებით 1,5 მ.

რომაელთა მისწრაფება იჩინსაკენ, რომ გაეყვანათ სწორი გზები, ხშირად აიძულებდა მშენებლებს აეგოთ გვირაბები.

საგზაო გვირაბს ნეპოლის მასლობლად, რომელიც სტრაბონის დამოწმებით, აგებულია დაახლოებით 36 წელს ჩვენს წელთაღრიცხვამდე კოქციის მიერ, აქვს 1200 მ სიგრძე, 9 მ სიმაღლე და 7.6 მ სიგანე.

ქრისტიანობის დასაწყისშივე რომაელებმა ესპანეთში ააგეს მრავალი საღრენაეო გვირაბი ვერცხლისა და სპილენძის წყლიანი მაღაროების დასაშრობად. ამ გვირაბების თავისებურებას წარმოადგენს მეტად მცირე განივი კვეთის ზომები (ნაკ. 7), ხშირად მნიშვნელოვანი სიგრძის შემთხვევაში (700 მ-მდე).

ყველაზე დიდ რომაულ გვირაბად კი უნდა ჩითვალოს 52 წელს ჩვენს წელთაღრიცხვამდე გათხრილი გვირაბი ფუცინის ტბიდან მდინარე ლირისისაკენ უარბი წყლების გადასაყვანად. მალა მდებარე და ზამთრობით გაყინულ ტბას არ ჰქონდა ნიადაგის ქვემოთ წრეტვა და თოვლისა და ყინულის დნობის დროს დიდ წყალდიდობას იწვევდა. სექტონიუსის აღწერით გვირაბი შენდებოდა 11 წლის განმავლობაში 30 000 კაცის განუწყვეტელი მონაწილეობით. გვირაბის სიგრძე აღემატებოდა 4700 მეტრს; სამუშაოები მიმდინარეობდა შემხვედრი გათხრებით მრავალრიცხოვან დაქანებული და შვეული შახტებიდან, რომელთა სიღრმე აღწევდა 80—120 მ. გვირაბის განივი კვეთი თავდაპირველად შეიცავდა 3,0 მ სიმაღლეს და 1,8 მ სიგანეს. დროთა ვითარებაში გვირაბმა განიცადა ნგრევა არასაკმარისი მტკიცე საშაგრის გამო. აღრიანის დროს კვეთის შესწორებისა და გადიდებისათვის ჩაატარეს ხელაბაში სამუშაოები, მაგრამ მოგვიანებით, აღბათ ვულკანური ძალების ზემოქმედებით, მთელი ნაგებობა უფარგისი გახდა. მხოლოდ 1862 წელს სხვა სამუშაოებთან ერთად, რომლებიც მიმართული იყო ადგილმდებარეობის გასაშრობად, გვირაბი წესრიგში იქნა მოყვანილი.



ნაკ. 7.

უნდა აღინიშნოს, რომ რომაული გვირაბები ისე, როგორც ძველი საშრობის ყველა გვირაბი, მხოლოდ და მხოლოდ მაგარ ქანებში გაჰყავდათ, რო-

მელთა გათხრა უსამაგროდ წარმოებდა. კამარას აკეთებდნენ ნახევრად წრიულნი მოხაზულობისას, რაც ყველაზე მარტივი იყო და ნაკლებ განბრჯენას იძლეოდა: მაგრამ უკანასკნელი მდგომარეობა ალბათ არც კი აფიქრებდა რომაელ მშენებლებს, რადგან კლდოვან ქანებში კამარას განბრჯენი ადვილად აითვისება სამაგრის გვერდითი კედლების მიერ.

ჩვეულებრივად იმ დროისათვის მუშაობის წარმოებას წერაქვებით, ძალაყინებით, სოლებით და ჩაქუჩებით, რომაელები უმატებდნენ ე. წ. ცეცხლის ხერხს. დიდი კოცონების საშუალებით სანგრევის ზედაპირი ვარვარდებოდა და სწრაფად ცივდებოდა წყლით ან ძმრით. ამ ხერხით მიღებული კლდის გაფხვიერება აადვილებდა გათხრას, ამგვარ ხერხებს ზოგჯერ თანსდევდა მუშების დამწვრობა და სიკვდილიც კი, განსაკუთრებით, მსჯავრდადებული ყმებისა და სამხედრო ტყვეებისა.

საინტერესოა აღვნიშნოთ, რომ იმავე ცეცხლის მეთოდის კვალი აღმოჩენილია ურალისა და ციმბირის უძველეს საბადოებში. შეტრუსული და გამჭკარტლული გამოუმუშავებანი და ადგილ-ადგილ შენარჩუნებული ტყავის ტომრები წყლის მოსასხამად მოწმობს ამ ხერხის ვრცლად გამოყენებას ჩვენი კავშირის ტერიტორიაზეც.

მიწისქვეშა სამუშაოების განათება წარმოებდა კვარით და ქვიდან ამოტეხილი ფიალისებრი სანათით.

საშენი მასალების მხრივ უნდა აღინიშნოს, რომ რომაელთა ეპოქაში გამოუწვავი კირის მიღების ტექნიკა და აგრეთვე მისგან საამშენებლო ხსნარის მიღება საკმაო სიმაღლეზე იდგა. აგრეთვე არსებობდა რეცეპტები საესებით მკვიდრი ჰიდრაულიკური ხსნარებისა და ბეტონის შესაზავებლად. წყობა განსაკუთრებით ყოველი იყო კარგ ჰიდრაულიკურ ხსნარზე შუასაფენი მწყრივით აგურისა და ქვის ფილებისაგან ან თლილი ქვისაგან, ხშირად ხსნარის გარეშე. ცალკეული ქვების წონა წყობაში 1000 კგ აღწევდა.

უძველესი დროის მშენებლობის ტექნიკური აღჭურვილობის სიმცირე, ცხადია, იძულებულს ხდიდა მშენებლებს გვერდი აეხვიათ გრძელი გვირაბების მშენებლობისათვის. მათგან უფრო მნიშვნელოვანთა აგება ათეული წლებით გრძელდებოდა და ისტორიულ მოვლენად ითვლებოდა.

2. უძველესი პერიოდიდან რკინიგზის დიდი გვირაბების მშენებლობამდე.

რომაელთა იმპერიის დაცემის შემდეგ საგვირაბო ხელოვნება შეფერხდა მრავალი საუკუნის განმავლობაში.

იმ ხალხების დაბალი განვითარების დონე, რომლებმაც დაიპყრეს რომაელთა იმპერიის ტერიტორია, ნატურალური მეურნეობის სიჭარბე და მეტად სუსტი საბაზრო დამოკიდებულებანი საშუალო საუკუნეების ფეოდალური წყობილებისა საწინდარი გახდა ტექნიკის დაქვეითებისა ჩვენი წელთაღრიცხვის პირველი ათასეული წლის მანძილზე. ტექნიკის საერთო შეჩერებამ საშუალო საუკუნეების მანძილზე ცხადია დალი დაასო საგვირაბო საქმესაც, და მის ისტორიაში ამ პერიოდმა თითქმის არაფერი მოგვცა. ყოველგვარი მიწისქვეშა სამუშაოები იზღუდებოდა სამხედრო მიზნებისათვის წარმოებული გაპოთხრებით, გამოქვაბულების და ყოველგვარი საიდუმლო სვლების გაყვანით და ა. შ. ამას ემატებოდა პრიმიტიული სამთო სამუშაოები მეომარი

და ველური ტევტონებისა, რომლებმაც მხოლოდ ოდნავად გადაიღეს რომაელებისაგან ძვირფასი ლითონების მოპოვების ცოდნა.

მხოლოდ საშუალო საუკუნეთა დასასრულში, 1450 წელს აწარმოებენ ალპებში გვირაბის გაყვანის ცდებს, თითქმის 1830 მ სიმაღლეზე, ნიცასა და გენუას შორის კავშირის გასაუმჯობესებლად. მაგრამ, დაწყებული ნაგებობა დაუმთავრებელი დარჩა. მხოლოდ 1782 წელს განახლდა სამუშაოები, მაგრამ 12 წლის შემდეგ საბოლოოდ შეჩერდა, თუმცა ამ დროისათვის გათხრილი იყო გვირაბის 2440 მ.

ფეთქებადი ნივთიერებების წარმოქმნამ და მათმა გამოყენებამ მიწისქვეშა სამუშაოებში მძლავრი იმპულსი მისცა საგვირაბო საქმის ხელახალ აღმავლობასა და შემდგომ განვითარებას.

პირველი ფეთქებადი ნივთიერება იყო შავი დენთი. დენთის აღმოჩენის ადგილი და აღმოჩენის ზუსტი თარიღი, აგრეთვე პირი, რომელსაც უნდა მიეწეროს ეს დამსახურება, მიუხედავად ერცელი და გულდასმითი ძიებისა, დღემდე დაუდგენელია. ერთი კი უდავოა, რომ დენთის გამოყენების იდეა მიწისქვეშა სამუშაოებში მშვიდობიან გარემოში მის გამოგონებაზე გაცილებით გვიან გამოვლინდა და XVII საუკუნის დასაწყისამდე დენთი გვხვდება მხოლოდ და მხოლოდ სამხედრო საქმის ისტორიაში. სამოქალაქო სამუშაოებზე დენთი გამოჩნდა მხოლოდ XVII საუკუნის პირველ მეოთხედში. ამ საუკუნის ნახევარში ფეთქებადი სამუშაოები დამკვიდრდა სამთო საქმეში და, პარალელურად, ადგილი დაიკავა გვირაბების გათხრაშიაც.

პირველი გვირაბები მიმოსვლის გზებზე, რომელთა გათხრისას გამოყენებულ იქნა ფეთქებადი სამუშაოები, ეკუთვნის საფრანგეთში აგებულ არხ-გვირაბებს. საფრანგეთში XVII საუკუნის დასაწყისში ინტენსიურად შეუდგნენ სანაოსნო გზების მშენებლობას.

1666 წელს დაიწყო ცნობილი ლანგედოკის არხის მშენებლობა, რომლის სიგრძეა 244 კმ და აერთებს გარონას რონასთან და, ამნაირად აკავშირებს ატლანტის ოკეანეს ხმელთაშუა ზღვასთან. ამ არხზე 1679—1681 წლებში იგება, საგვირაბო საქმეში პირველად დენთისა და ფეთქებადი სამუშაოების გამოყენებით. მალპასის გვირაბი, რომლის სიგრძეა 157 მ, სიგანე 6,7 მ და სიმაღლე 8,2 მ. ეს ნაგებობა უმართებლოდაა მიკუთვნებული წამომწყების, ინჟინერ პოლ რიკესადმი, სინამდვილეში უნდა მიკუთვნებულყო პარიზელ ინჟ. ფრანსუა ანდეროსისადმი.

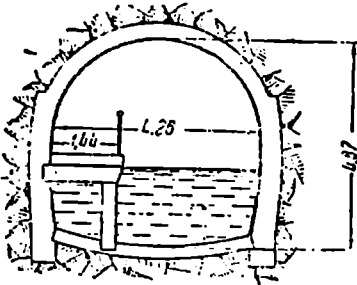
1770 წელს იგება 505 მ სიგრძის გვირაბი რივ დე ჟიერ ჟივორის—არხზე, 1787 წელს კი—1210 მ სიგრძის გვირაბი ტორსი ცენტრალურ არხზე.

1810 წელს ნაპოლეონის დროს მთავრდება სენისა და შელდის შემაერთებელი სენ-კენტინის არხი, ჯერ კიდევ ლუდოვიკ XV მიერ დაწყებული. ამ არხზე აგებენ ორ გვირაბს: 110 მ სიგრძის ტრონკუას და 5670 მ სიგრძის რიკევალს, რომელთა მშენებლობა დაიწყო 1803 წელს. პირველი მათგანი შესანიშნავია იმით, რომ საგვირაბო ტექნიკა შეხვდა მისთვის უჩვეულო და საშიშ სიღიან ყამირებს საკმაო სიდიდის კვეთის გამომუშავებისას (8,0 მ სიგანე და 7,1 მ სიმაღლე). ამ მძიმე პირობების დასაძლევად მოწოდებული იყო ე. წ. საყრდენი ბირთვის ხერხი, რომელმაც აქ კპოვა თავისი დასაბამი და შემდეგ მიიღო საყვებით დამსახურებული გავრცელება დიდი სამ-

თო წნევის და დიდი განივი კვეთის ყველა შემთხვევაში. მეორე გვირაბი, რომელსაც განივი კვეთის იგივე ზომები ჰქონდა, დიდი ხნის განმავლობაში ითვლებოდა უგრძეს გვირაბად.

ჩვენ აღარ შეეჩერდებით ამ პერიოდის ცალკეულ ნაგებობებზე, მხოლოდ აღვნიშნავთ, რომ საფრანგეთს XIX საუკუნის პირველ ნახევრისათვის თითქმის 20 სანაოსნო გვირაბი ჰქონდა 28500 მ საერთო სიგრძით.

ინგლისში მიმოსვლის მიზნებისათვის აგებული პირველი გვირაბი სანაოსნო გვირაბი იყო. 1766 წელს გრანდ ტრონკ-არხზე დაწყებული გვირაბი



ნაკ. 8.

პერკასტლი მიმოსვლისათვის გაიხსნა 1777 წელს. გვირაბის სიგრძე იყო 2633 მ, მცირე განივი კვეთის სიგანე—2,74 მ და სიმაღლე 3,66 მ.

არხზე მოძრაობის გადიდების გამო გვირაბ პერკასტლის პარალელურად გაიყვანეს გვირაბი სიგანით 4,26 მ და სიმაღლით 4,87 მ.; ამ საერთო სიგანიდან 1,44 მ დატოვებული იქნა სავლელად (ნაკ. 8).

შემდეგ ააგეს გვირაბი საპერტონ-თეშ-მიდვეის არხზე. 3810 მ სიგრძის გვირაბის მშენებლობა დაიწ-

ყეს 1783 წელს და აგებდნენ ექვსი წლის განმავლობაში. მას მოსდევს 2820 მ სიგრძის გვირაბი ბლისვორდ-გრანდ-ჯონკშიონის არხზე, რომლის მშენებლობა დაიწყო 1798 წელს და დამთავრდა 1805 წელს. შემდეგ სანაოსნო გზების ინტენსიურ მშენებლობას მოსდევს გვირაბების სიმრავლე და, წარსული საუკუნის ნახევრისათვის ინგლისი ამ მხრივ პირველ ადგილზე გამოდის. მას აქვს 45-ზე მეტი სანაოსნო გვირაბი 67100 მ საერთო სიგრძით.

ცოტათი მოგვიანებით შენდება პირველი გვირაბ-არხები აშშ-ში. მცირე გვირაბი აუბორნ-ი სანაოსნო არხზე სჩუი-კილ-ზე პირველი მათგანია. მისი სიგრძეა 137 მ, სიგანე 6,1 მ და სიმაღლე 5,5 მ. ეს გვირაბი დაიწყეს 1818 წელს და სამოძრაოდ გახსნეს 1821 წელს. გვირაბმა გასჭრა წითელი ფიქალეები და მოთავსებული იყო მცირე სიღრმეზე: ქანის დამწოლი ფენის უდიდესი სისქე სულ 12 მ შეადგენდა. ამის გამო ორჯერ (1834—1837 წ.წ. და 1845—1846 წ.წ.) იქნა შემციობებული გვირაბის სიგრძე მისი ნაწილის ღია ქრილად გარდაქმნით და 1855—1856 წ.წ. მთელი გვირაბი ღია ქრილით შეიცვალა.

ამ პირველ გვირაბს მოჰყვა 1822—1823 წ.წ. პენსილვანიის შტატში შემაერთებელ არხზე აგებული გვირაბი. გვირაბის სიგრძე იყო 224 მ, სიგანე 5,5 მ და სიმაღლე 4,57 მ. გვირაბი გადიოდა ლინონის მახლობლად გრაველ ჰილის ქვემოთ მკვირვ და მყარ კლკოვან ქანში. სამუშაოები წარმოებდა ჩვეულებრივი მაშინდელი დროის პრიმიტიული იარაღებით, მაგრამ დენტის გამოყენებით. შემდგომ რკინიგზის აგებით მოძრაობა სანაოსნო გზით თანდათან შემცირდა და ბოლოსდაბოლოს არხი სავსებით დაიხურა. 1934 წელს

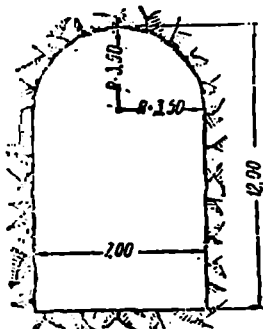
მიგდებული გვირაბი აღადგინეს, როგორც ამერიკის შეერთებული შტატების საინჟინერო ხელოვნების ადრიაინ პერიოდის ისტორიული ძეგლი.

ამას მოჰყვა 1827—1830 წლებში პენსილვანიის არხის დასავლეთ ნაწილზე აგებული გვირაბები სონიმოუ და გრანდ ჰილი; შემდეგ გვირაბი პო-პო არხზე ჩისპიკ და ოპიო გათხრილი 1836 წელს და, ბოლოს—ორი გვირაბი არხებზე სანდი და ბიერი ოპიოში, გათხრილი 1836—1838 წლებში.

ამ პერიოდში გაცილებით ნაკლები რაოდენობით იგება გვირაბები ჩვეულებრივ ურელსო გზებისათვის. ეს ერთის მხრივ იმით აიხსნება, რომ ჩვეულებრივ ურელსო გზებზე დაიშვება დიდი ჯანოზი, რაც საშუალებას იძლევა შედარებით დიდი სიმაღლე დავლიოთ, და გვირაბები საჭირო აღარ არის; მეორეს მხრივ, ეს ნაგებობანი ურელსო გზებზე ბევრჯერ არ არის გამართლებული ეკონომიური თვალსაზრისით.

1707 წელს შენდება პირველი გვირაბი ევროპაში 64 მ სიგრძისა საქაპანო გზისათვის უნერლობ სენ-გოტარდის გასასვლელში.

1765—1774 წ.წ. ზალცბურგში აგებენ გვირაბს ნეტორ, რომელმაც გასჭრა ამაღლებული ადგილი მენხბერგი ზალცბურგთან. 131 მ სიგრძის, 7 მ სიგანის და 12 მ სიმაღლის ეს ნაგებობა აქამდე ერთ-ერთი მაღალ გვირაბთაგანია (ნაკ. 9).



ნაკ. 9.

1805 წელს სამოძრაოდ იხსნება 1800 წელს ნაპოლეონის განკარგულებით დაწყებული სიმპლონის გზა ბრივლომო 66,5 კმ სიგრძისა, მთელ რიგ მცირე გვირაბებით 525 მ საერთო სიგრძით. ეს გზა ნაუარაუდევი არტილერიის გასატარებლად, გადაჭყეტს ალპებს 2010 მ სიმაღლეზე ზღვის დონედან და პირველ სანიმუშო გზას წარმოადგენს შვეიცარიის სამთო გასასვლელებში. საგვირაბო საქმის მთელი შემდგომი განვითარება დიდი სწილად უკავშირდება მხოლოდ და მხოლოდ სარკინიგზო მშენებლობის ბედობას.

გვირაბების აგება რკინიგზებზე ჯერ კიდევ ორთქლის წვეამდე იწყება. პირველი სარკინიგზო გვირაბი ტერ-ნუარ, დაწყებული 1826 წელს, აგებულ იქნა ცხენის წევის (საქაპანო) გზაზე რონა—ანდრეზის ხაზზე სანტ-ეტიენის მახლობლად საფრანგეთში. გვირაბს ჰქონდა 1500 მ სიგრძე, 3 მ სიგანე და 5 მ სიმაღლე. შემდეგ 7 წლის განმავლობაში (1826-დან 1833 წლამდე) ამ გზაზე სენტ-ეტიენიდან ლონანამდე აგებულ იქნა 14 სხვა გვირაბი. მგრამ ყველაზე მძლავრ ფაქტორად საგვირაბო საქმის განვითარებაში ითვლება წარსული საუკუნის 30-იან წლებში დაწყებული სარკინიგზო მშენებლობა ორთქლის წვეით. რკინიგზები ერთის მხრივ მოითხოვდნენ უფრო დამრეც ვაკის, მეორეს მხრივ, ეკონომიურად ამართლებდნენ ძვირფას ნაგებობებს.

პირველი გვირაბი ორთქლის წევის რკინიგზაზე აიგო 1826—1830 წ.წ. თვით ჯორჯ სტუენსონის ხელმძღვანელობით ინგლისში, ლივერპულ-მან-

ჩესტერის ხაზზე. 1190 მ სიგრძის გვირაბმა გასჭრა კლდოვანი ქანები, რომლებიც ადგილ-ადგილ შეიცავდა წყლოვან სილასა და მცურავ ქანს. მშენებლებს დიდი ბრძოლა უხდებოდათ მიწისქვეშა წყლებთან, გამომუშავება არაერთხელ დაუტბორია წყალს.

სხვა ინგლისური გვირაბებიდან, რომლებიც მოჰყენენ პირველ გვირაბს, მეტად შესანიშნავია გვირაბები კილსბი, ბაქსი და ვულხადი.

2218 მ სიგრძის გვირაბი კილსბი აგებულია 1838 წელს. იგი ყველაზე დიდია იმ 8 გვირაბს შორის, რომლებიც აგებულია ლონდონ-ბირმინჰამის ხაზზე და მასთან ერთად ყველაზე შესანიშნავი ისტორია აქვს.

გვირაბის ტრასის გეოლოგიური გამოკვლევის დროს შეუმჩნეველი აღმოჩნდა წყალგამტარი სილის მძლავრი ფენა. გამომუშავება საკმაო მანძილზე ჩატარდა, როდესაც უეცრივად აღვილი ჰქონდა ჩამონგრევის და გვირაბში შეიქრა წყლის ნაკადი. მუშების ნაწილმა, რომლებიც იყვნენ მიწის ქვემოთ, თავს უშველეს ცურვით, დანარჩენმა ნაწილმა მორებისაგან ააგო ტივი და მოასწრო მიცურება გამოსასვლელთან. ტუმბოებით სადღე-ღამისო წყლის აქაჩვა მიზანს არ აღწევდა და წყლის დონე გვირაბში განუწყვეტლივ მატულობდა. აამოქმედეს უფრო მძლავრი ორთქლის ტუმბოები და მხოლოდ მთვის განუწყვეტელი მუშაობის შემდეგ შესაძლებელი გახდა მუშაობის დაწყება. აგურისაგან აშენებულ გვირაბის სამაგრს ჰქონდა შებრუნებული კამარა, რომლის შუა ნაწილში მოწყობილი იყო სადრენაჟო მილი აგურის კედლებით და კამარით.

მუშაობის წარმოების მძიმე პირობების გამო მილის ფსკერი აღმოჩნდა შემთხვევითი გარდატეხებით, და დადაბლებულ ადგილებში გროვდებოდან წარიყი. ეს მდგომარეობა დიდი ხნის განმავლობაში აფერხებდა გვირაბის ექსპლოატაციას და 1938 წელს, აგებიდან ასი წლის შემდეგ, აგურის მილი, რომელიც ამავე დროს უვარგისად იქცა, შეცვალეს ბეტონის მილით.

პირველი რკინიგზის გვირაბების მშენებლებს ტექნიკურ სიძნელეებთან ერთად მრავალი სხვა სიძნელის დაძლევაც უხდებოდათ. რკინიგზის მტრები თავიანთ ღონისძიებას განსაკუთრებით ენერგიულად მიმართავდნენ მიწისქვეშა უბნების მიმართ, სთვლიდნენ, რომ გვირაბები ყველაზე მარჯვე იყო მათი ბრძოლისათვის. ამ კომპანიამ განსაკუთრებით მკვეთრი ფორმები მიიღო სწორედ ინგლისში. მაშინდელ გაზეთებში ფართო განმარტებები და, სჯა იყო გამართული იმის შესახებ, რომ თითქოს „გვირაბები ხალხთა ჯანმრთელობას უქადიან გაცივების, კატარისა და კლექის საშიშროებას“.

რუსეთში პირველი რკინიგზის გვირაბი აგებული იყო ყოფილ პეტერბურგ-ვარშავის რკინიგზაზე. ეს ორი ორლიანდაგიანი გვირაბი სიგრძით 427 და 1280 მ დაწყებული იყო 1859 წ და გახსნილი მოძრაობისათვის 1862 წ. მუდმივი სამაგრი იყო აგურის.

საფრანგეთში პირველი გვირაბი ორთქლის წვეის რკინიგზაზე შენდებოდა 1837 წელს ს. ეერმენის ხაზზე. 1845 წლისათვის საფრანგეთის სარკინიგზო გვირაბების საერთო სიგრძე შეადგენდა 12833 მ, 1856 წლისათვის კი, ე. ი. 20 წელზე ნაკლებ ხანში, გვირაბთა რიცხვი 126 აღწევს 65106 მ საერთო სიგრძით. მათ შორის მეტად შესანიშნავად ითვლება გვირაბები ნერფი არშვილერი, რილი, ლია მოტი, ლორმონი და ალუეტი.

ბელგიაში პირველ რკინიგზის გვირაბად ითვლება 1835 წელს ხახაზინო რკინიგზაზე აგებული გვირაბი კუმპტიე.

გერმანიაში რკინიგზაზე პირველ გვირაბად ითვლება 1837 წელს ლეიპციგ-დრეზდენის ხაზზე აგებული გვირაბი ობერაუ.

ავსტრიაში პირველ რკინიგზის გვირაბად უნდა ჩაითვალოს 1839 წ. აგებული გვირაბი გუმპოლდშვირხი. ჩვიდმეტი წლის შემდეგ, ე. ი. 1856 წელს ავსტრიის რკინიგზებზე უკვე 50 გვირაბია 13522 მ საერთო სიგრძით.

იტალიაში პირველი გზა, რომელსაც თავის ტრასაზე ჰქონდა გვირაბები, იყო 1840 წელს გახსნილი ნეაპოლ-კასტელამარის გზა. 1853 წელს იხსნება ორლიანდაგიანი გვირაბი ჯიოვი, 3259 მ სიგრძისა გენუა-ტორტონის რკინიგზაზე (ძველი ხაზი), ხოლო 1856 წელს გვირაბების საერთო სიგრძე იტალიის რკინიგზებზე 10181 მ აღწევს.

შვეიცარიაში პირველ რკინიგზის გვირაბებს შორის განსაკუთრებით შესანიშნავია 2500 მ სიგრძის ორლიანდაგიანი გვირაბი ხაუნშტიინი I, აგებული 1853—1858 წლებში ბაზელ-ოლტენის ხაზზე.

ევროპასთან ერთად რკინიგზის გვირაბების მშენებლობას იწყებენ აშშ. პირველი გვირაბი აიგო 1831—1833 წ.წ. პენსილვანიაში ალენი პორტეჯის ხაზზე. 275 მ სიგრძის, 7,62 მ სიგანის და 6,4 მ სიმაღლის ეს ორლიანდაგიანი გვირაბი გადიოდა ფიქალბში და მთელ სიგრძეზე 46 სმ სისქის ქვის სამაგრი ჰქონდა. პირველს მოჰყვა გვირაბები: ბლაკ ბოკი ფილადელფიაში, აგებული 1835—1837 წ.წ., რიდინგ რეილროდ და ელიზაბეტაუნ, აგებული 1835—1838 წ.წ.-ში. 1850 წელს აშშ რკინიგზებზე უკვე 48 გვირაბია.

ყველა ჩამოთვლილი გვირაბები გათხრილი იყო ხელით ბურღვისა და შავი დენთის საშუალებით.

საგვირაბო საქმის შემდგომი წარმატება განსაკუთრებით თვალსაჩინო ხდება მყარი მთის ქანების გამომუშავების მეთოდების გაუმჯობესების საქმეში. საბურღავი მანქანების წარმოშობამ და თითქმის ამ დროს გამოგონებულმა დენთზე უფრო მძლავრად მოქმედმა ფეთქებადმა ნივთიერებებმა დიდი გავლენა იქონიეს მთელ საამშენებლო ტექნიკაზე, რითაც ახალი ეპოქა შექმნეს საგვირაბო საქმეში.

1845 წელს დამუშავებული იქნა ბამბა აზოტ და გოგირდმთავათი და მიღებული იყო პროდუქტი მძლავრი ფეთქებადი თვისებებით—პიროქსილინი. მაგრამ აღმოჩენილი ნივთიერების არასაკმარისი მედეგობის გამო მის დამზადებას საქარხნო წესით თანსდევდა მრავალი აფეთქება, ამიტომ 1865 წელს პიროქსილინის წარმოება აიკრძალა. მხოლოდ შემდგომმა გამოკვლევებმა ნათელაყვეს, რომ პიროქსილინის თვითანთება გამოწვეულია მისი არასაკმარისი სიწმინდის გამო და რომ ძალიან დაწვრილმანებით გოლანდერებში შეიძლება მიღწეულ იქნას საფუძვლიანი ჩამორეცხვა, ამით კი მიიღებენ მდეგ პროდუქტს. მოგვიანებით მუშავდება დაწნეხილი პიროქსილინის გამოყენების ხერხი კაფსულ-დეტონატორით ასაფეთქებელი მასალის სახით. 1847 წელს პირველად მიიღეს გლიტერინის აზოტმთავა ეთერი—ნიტროგლიცერინი, მაგრამ მისი საქარხნო წესით დამზადება დიდი ხნის განმავლობაში, პიროქსილინის

მსგავსად, საფრთხეს წარმოადგენდა. მხოლოდ 1866 წელს მოახერხეს ამ ნიეთიერების პრაქტიკულად გამოყენების ხერხის გამომუშავება, მასთან საშიში თხიერი ნიტროგლიცერინის გარდაქმნა პლასტიკურ მასად 25% კიზელგურის შიმატებით. ამ ფეთქებად ნიეთიერებას დაერქვა დინამიტი და, როგორც მნგრეველმა ნიეთიერებამ მან სწრაფად განდევნა შვიი დენთი. 1867 წელს პირველად გამოიყენეს კაფსულები მგრავინავი ვერცხლის წყლით დინამიტის დეტონაციისათვის, შემდგომ კი მიიღეს კიდევ უფრო მძლავრი დინამიტის ნაირსახეობა—მგრავინავი ლაბი და ფეთქებადი საქმისათვის კიდევ უფრო დინამიზენლოვანი ელვატინ-დინამიტი.

ფეთქებად ნიეთიერებათა ტექნიკის განვითარების პარალელურად მიდის სამანქანო საქმის პროგრესი, და ერთიმეორის მიყოლებით იქმნებიან მექანიკური ბურღვის იარაღები.

1683 წლიდან დაწყებული, მთელი რიგი პირები შეუდგნენ საბურღავ მანქანათა სისტემის დამუშავებას, მაგრამ ამ მანქანების დიდი ნაკლოვანებისა და მცირე წარმადობის გამო, სამანქანო ბურღვა დიდი ხნის განმავლობაში ვერ ღებულობს პრაქტიკულ მნიშვნელობას.

1803 წელს და 1813 წელს მთელი რიგი გაუმჯობესებანი შეაქვთ საბურღავი მანქანის კონსტრუქციაში. 1844 წელს დასახული იქნა შეკუმშული ჰაერის გამოყენების იდეა ჩაქურის ამოძრავებისათვის საბადოებში, 1851 წელს კი ეს იდეა პირველად პრაქტიკულად განხორციელდა.

საბურღავ მანქანათა ყველა პირველი სისტემები იყო დარტყმითი.

პირველი მბრუნავი მანქანა დაამზადეს 1848 წელს; იგი წარმატებით გამოიყენება კირქვებში მუშაობისათვის. უფრო გვიან ბრუნვითი ბურღვა საკმაოდ სწრაფად ვითარდება ჩვენში, ავსტრიაში, საფრანგეთში, გერმანიაში და ერთხანს ისეთსავე წარმატებით სარგებლობს, როგორც დარტყმითი მანქანები.

ამნაირად, წარსული საუკუნის მეორე ნახევრის დასაწყისისათვის, თუმცა მოიპოვებოდა საბურღავი მანქანების რამდენიმე სისტემა, მაგრამ მანქანით ბურღვამ მტკიცე აღგილი ჯერ კიდევ ვერ მოიპოვა. ფეთქებადი მასალების დარგში კი ამ დროისათვის პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვა მხოლოდ შავმა დენთმა, მიუხედავად იმისა, რომ უკვე აღმოჩენილი იყო პიროქსილინი და ნიტროგლიცერინი.

გაცილებით უკეთ დგას გვირაბების ტრასირების მეთოდების საქმე. XVII საუკუნის დასაწყისში ტრიანგულაციის მეთოდმა მტკიცე საძირკველი ჩაუყარა გეოდეზიის შემდგომ განვითარებას და რკინიგზის მშენებლობის დასაწყისისათვის ეს მეცნიერება სავსებით მომზადებული აღმოჩნდა ისეთი საპასუხისმგებლო საკითხების გადასაწყვეტად, როგორცაა ერთდროულად ორთავე მხრიდან გათხრილი გრძელი გვირაბების ტრასირება.

სწორედ ასეთი საშუალებებით შეუდგნენ მსოფლიოში პირველი გრძელი სარკინიგზო გვირაბის მშენებლობას, რომლის აგებით იწყება ახალი ერაზხათა მიმოსვლის ისტორიაში.

ზრდელი რკინიგზის გვირაბების მშენებლობის პერიოდი.

ჩვენს კავშირში უგრძელესი სურამის რკინიგზის გვირაბის გაჭრა განხორციელებული იყო ქედის ღია გადაკვეთის შეცვლის და ქანობების შემსუბუქების მიზნით, რომლებიც აღწევდნენ 45,7⁰/₁₀₀. მუშაობა დაწყებული იყო 1886 წ. 31 დეკემბერს, მიმმართველი წოლხერელების შეხვედრა მოხდა 1888 წ. 12 ოქტომბერს, და მთელი ნაგებობა კი გახსნილი იყო მოძრაობისათვის 1890 წ. 16 სექტემბერს.

გვირაბის გეოლოგიური პირობები საკმაოდ კრელია, რაც ზოგიერთ ადგილებში უქიდურესად ართულებდა მშენებლების ამოცანას. გვირაბით გაჭრილ ქანებში სპარბობდნენ სხვადასხვა სახის მერგელები, სილაქვები, კირქვები და ფიქალთიხები. განსაკუთრებით მძიმე აღმოჩნდა გვირაბის დაახლოვებით 400 მ სიგრძის უბნის გავლა, მუქი ფიქალთიხების შეაშრისებინანი და თიხით შეესებული ნაპრალებიან თიხოვან მერგელებში. ამ უბანზე აღნიშნული იყო ყველაზე დიდი მთის წნევა. მუდმივი სამაგრის რგოლების მთელმა რიგმა ვანიცადა დეფორმაციები და მოითხოვა გადაწყობა. ყამირის ბურღვა ძირითადად წარმოებდა ჰიდრაულიკური მანქანის საშუალებით. მხოლოდ დასაწყის პერიოდში, მანქანით ბურღვის ორგანიზაციამდე, მიმმართველ წოლხერელებში გამოყენებული იყო ხელით მუშაობა.

გვირაბის ღერძის ტრასირება განხორციელებული იყო ტრიანგულიაციის საშუალებით. მიმმართველი წოლხერელების ღერძის შემოწმება, როგორც წესი, წარმოებდა თვეში ერთხელ.

მხოლოდ დიდი წნევის და ჩამონგრევების ზონაში ეს შემოწმება წარმოებდა უფრო ხშირად. მიმმართველი წოლხერელების შეხვედრის დროს გამოირკვა, რომ მათი ღერძები ჰორიზონტალურ სიბრტყეში აცილებული იყვნენ ერთმანეთს სულ მხოლოდ 128 მმ, ვერტიკალურში კი—43 მმ სადგულის ბოძებს შორის 4438 მ სიგრძეზე სარყვის პირობებში.

გვირაბის მთელი მშენებლობა მიმდინარეობდა ტექნიკის, იმ დროისათვის განსაკუთრებით მაღალ დონეზე, რაც მოწმობს გასული საუკუნის დამლევის რუსული საინჟინერო ხელოვნების სიმწიფეს. მიმმართველი წოლხერელების გაყვანის წარმატება ერთ სანგრევში აღწევდა 10,67 მ (5 საე.) დღელამეში, იმ დროს, როდესაც ევროპაშიც და ამერიკაშიც უდიდესი დღელამის წარმატება არ აღემატებოდა 8,53 მ (4 საე.).

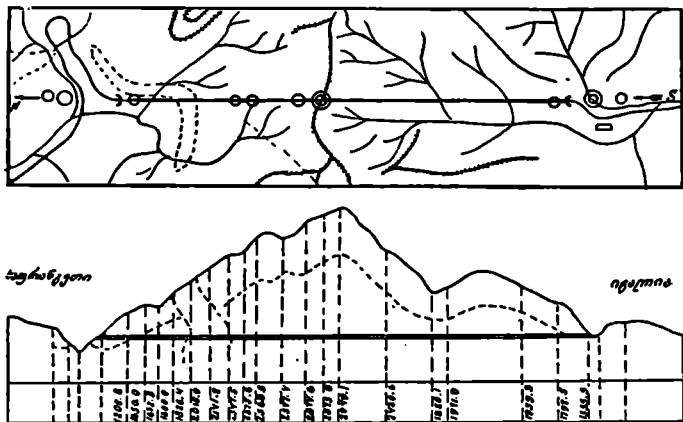
ყირიმის, კავკასიის, ციმბირის და ურალის მთიან ადგილებში რკინიგზების მშენებლობა იწყებდა ათეული გვირაბის გათხრას, რომლებიც შესრულებული იყო სხვადასხვა გეოლოგიურ და ტოპოგრაფიულ პირობებში.

1890—1904 წ.წ. ჩინეთ-აღმოსავლეთის რკინიგზაზე შენდება 9 გვირაბი, მათ რიცხვში ორლიანდაგიანი კვეთის ხინგანის უღელტეხილის გვირაბი სიგრძით 3078 მ.

მიმდევრო პერიოდში 1910—1916 წ.წ. ჩვენს ქვეყნის ტერიტორიაზე აშენდა 20-ზე მეტი გვირაბი საერთო სიგრძით დაახლოებით 19000 მ, მათ შორის ზოგიერთის აგება დამთავრდა უკვე დიდი ოქტომბრის სოციალისტური რევოლუციის შემდეგ.

საერთოდ უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენს კავშირში, ვაკეების სიქარბის გამო, მშენებლობა, უმრავლეს შემთხვევებში, არ მოითხოვდა გვირაბების გაყვანას და მათი რიცხვი მთელი რკინიგზების ვრცელ ქსელზე უმნიშვნელოა.

ევროპაში რკინიგზის გრძელი გვირაბების მშენებლობა ალპების პირველი გათხრიდან იწყება. აზრი ალპების გათხრისა პირველად დაიბადა 1832 წელს. და 1845 წელს დამუშავებული იყო 11738 მ სიგრძის გვირაბის დეტალური პროექტი.



ნაკ. 10.

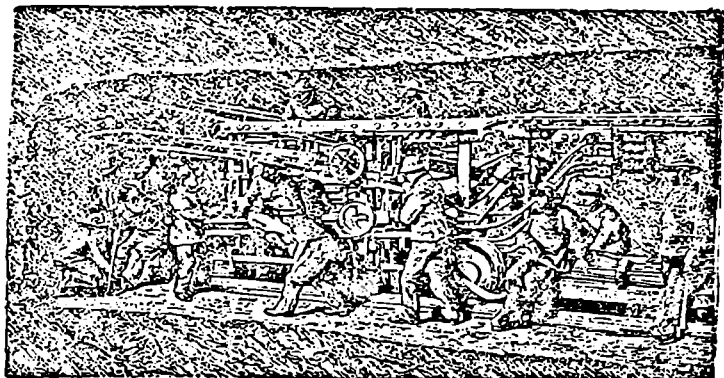
1856 წელს გადაათვალღერეს მთელი დაგროვილი მასალა ახალი პროექტის დასამუშავებლად, დროის პირობების შეცვლასთან დაკავშირებით. 1857 წელს მიღებული იქნა გადაწყვეტილება აეგოთ მონ-სენისის რკინიგზა კოტსკის ალპებზე გავლით, მასთან სამუშაოები უნდა დაწყებულიყო მთავარი გვირაბის გათხრით, რომელიც ყველაზე რთულსა და საპასუხისმგებლო ნაგებობას წარმოადგენდა ხაზზე.

მონ-სენისის გვირაბის სიგრძეა 12849 მ; მისი განივი კვეთის ფართობია 42,7 მ² და იგი ნაეარაუდევია ორლიანდაგიანი მოძრაობისათვის. მე-10 ნაკვეთზე ნაჩვენებია გვირაბის გეგმა და გრძივი პროფილი.

გვირაბის გათხრისას საეესებით გამართლდა გეოლოგიური პროგნოზი: დაწყებული სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ, გვირაბი ჰრიდა მკვრივ კირქვას, კირქვის ფიქალებს, მყარ კვარცს და რამდენიმე ფენა ანტრაციტს. წყლის მოდინება გვირაბში უმნიშვნელო იყო, ამისათვის საჭირო იყო დროდადრო წყლის გარედან შემოტანა ქანის დასასველებლად ბურღვის დროს.

მუშაობა დაიწყო 1857 წელს ორთავე მხრიდან ძირის მიმმართველი 3X3 მ კვეთის წოლხვრელის გათხრით; ბურღვას ხელთ აწარმოებდნენ და

მუშაობა მეტად ნელა მიმდინარეობდა: საშუალო თვიური გათხრა პირველი ორი წლის განმავლობაში ჩრდილოეთის მხრიდან შეადგენდა 19,2 მ, სამხრეთიდან კი—20,14 მ, რაც საშუალოდ დღე-ღამეში შეადგენდა 0,65 მ ერთი მიმართულებით. ბუნებრივია, რომ მუშაობის ეს დაბალი მაჩვენებლები არ აკმაყოფილებდნენ მშენებლებს, და მთელი მათი დაძაბულობა მიმართული იყო გამომუშავების დაჩქარებისაკენ. ამ მიზნით გვირაბის მშენებლების მიერ აგებულ იქნა საბურღავი მანქანები, რომლებიც მუშაობდნენ შეკუმშული ჰაერით და, 1861 წლის 12 იანვარს აქ საგვირაბო საქმის ისტორიაში პირველად გამოიყენეს მექანიკური ბურღვა. ამ დროისათვის მიმმართველი წოლხერე-



ნაკ. 11.

ლები გათხრილი იყო ორთავე მხრიდან სულ 1646 მ. ასეთი წარმადობით მათი შეხვედრა მოხდებოდა მხოლოდ 26 წლის შემდეგ.

საბურღავი მანქანა (ნაკ. 11) აწყობილი იყო ბაქანზე, რომელიც მოძრაობდა განათხარში დაგებულ სარელსო გზაზე. ფოლადის ცილინდრის თერთმეტ დგუშზე, რომლებიც მოქმედებდნენ შეკუმშული ჰაერით, მიმაგრებული იყო სატეხი ბურღები, რომელთა დარტყმითაც იბურღებოდა ყაბირი.

თავდაპირველად სამანქანო ბურღვამ არ მისცა მშენებლებს სასურველი შედეგი. საკმარისი დრო იყო საკირო მექანიზმების კონსტრუქციის გასაუმჯობესებლად და გამოცდილების მისაღებად მანამდე, სანამ გავლის სიჩქარე მნიშვნელოვნად გაიზარდებოდა. 1862 წელს წოლხერელის 1 გრძივი მეტრის გაყვანისათვის საკირო იყო 21 სამუშაო საათი, ხოლო 1869 წელს ეს დრო სწორედ სამჯერ მცირდება, და წოლხერელის 1 გრძივი მეტრი გაჰყავთ 7 საათში. სამ უკანასკნელ წელს საშუალო თვიური წარმადობა შეადგენდა ჩრდილოეთ მხარეს 56,5 გრძივი მეტრს, სამხრეთში კი—65,4 გრძ. მ., რაც საშუალოდ დღე-ღამეში ერთი მიმართულებით შეადგენდა 2 მ. მიმმართველი წოლხერელების შეხვედრა 1870 წლის 25 დეკემბერს მოხდა, გვირაბი კი გაიხსნა 1871 წლის 17 სექტემბერს.

სამუშაოთა წარმოების ხერხი წარმოადგენდა თაღსკევაზე შეკრის და დაყრდნობილი თაღის ხერხის კომბინაცია.

მონ-სენისის გვირაბის დაწყებიდან ერთი წლის შემდეგ, 1858 წელს. აშშ-ში დაიწვეს ორლიანდაგიანი გვირაბი ჰოსაკ 7640 მ სიგრძისა ტროია-გრინფილდის ხაზზე.

პირველი 8 წლის განმავლობაში ქანის დამუშავება ხელით ბურღვის. საშუალებით წარმოებდა, თან იყენებდნენ შავ დენტს და მუშაობა მეტად წელა მიმდინარეობდა. მხოლოდ 1866 წლის 31 ოქტომბერს აქ პირველად იყენებენ სამანქანო ბურღვას პერფორატორებით, ხოლო ორი თვის გასვლის შემდეგ შავი დენთი ადგილს უთმობს ნიტროგლიცერინს. მუშაობის ხშირი შეწყვეტის გამო გვირაბი დამთავრდა მხოლოდ 1874 წლის 22 დეკემბერს. უშეტესად გვირაბი ჰრიდა ქარცის ფიქალებს.

მონ-სენისის გვირაბის წარმატებით დამთავრება და მიმოსვლის შემდგომი ზრდა იტალიასა და ცენტრალურ ევროპას შორის საწინდარი გახდა. მეორე გვირაბის გაყვანისა ალპებში, რომლისთვის შერჩეული იქნა სენ-გოტარდის გასასვლელის რაიონი.

გვირაბის პირველი პროექტი ეკუთვნის 1852 წელს. ერთი წლის შემდეგ, მოწოდებული იყო მეორე მიმართულება საბოლოო პუნქტებით: აიროლო სამხრეთით და გეშენენი ჩრდილოეთით. ამ ორ პუნქტს შორის მშენებლობის დაწყებამდე დამზადებულ იქნა 23 ვარიანტი, მასთან გვირაბის სიგრძე მისი სიმაღლის მდებარეობის მიხედვით იცვლებოდა 2÷16 კმ-მდე. გვირაბის გათხრა დაიწვეს 1872 წ. სექტემბერში და, მის გაყვანას დასჭირდა 9 წელი, 3 თვე და 17 დღე. გვირაბის სიგრძეა 14984 მ, კვეთი ორლიანდაგიანი 8 მ სიგანით და 6 მ სიმაღლით. გვირაბი სჭრიდა მეტად დარღვეულ ქანებს: გრანიტ-გნეისს. ქარსის ფილაქანს და სხ. დამუშავება წარმოებდა დაყრდნობილი კამარის ხერხით ზედა მიმმართველი წოლხვრელით. მიმმართველი წოლხვრელები შეხედნენ 1880 წლის 29 თებერვალს თითქმის გვირაბის შუა ნაწილში. მოპირდაპირე სვლები ერთმანეთს ასცდენ ჰორიზონტალურ მიმართულებით სულ 23 სმ-ით, ვერტიკალურ მიმართულებით კი—5 სმ-ით. გვირაბის სიგრძე 7,6 მეტრით მოკლე აღმოჩნდა გამოანგარიშებულზე. გვირაბის ტრასირება ორი დამოუკიდებელი ტრიანგულაციით შესრულდა, რაც პირველად ჩატარდა 1869 წელს, მეორედ კი 1874 წელს.

შესანიშნავია აქ მთის ქანების შესწავლის შრომები და მთის მასივის სიღრმეში ტემპერატურის ცვლილების კანონების გამოკვლევა. უნდა აღინიშნოს, რომ სიღრმის ტემპერატურის შესწავლა დაიწვეს 1857 წელს, რაც ჩატარდა არტეზიულ კებში და კაბურღვილებში გეოთერმული გრადიენტის სიდიდის განსაზღვრის მიზნით.

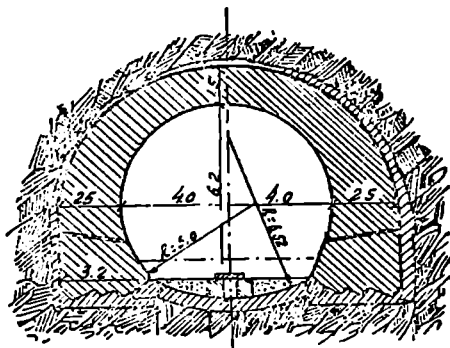
აქ პირველად გამოიყენეს ჰიდრაულიკური საბურღავი მანქანები, რომლებმაც შემდგომ დიდი გავრცელება ჰპოვეს.

გვირაბის მზა ნაწილში უკვე გამოყენებულია ლოკომოტივი შეკუმშული-ჰაერით.

გვირაბის მთელი გამოუშავების მოცულობა შეადგენდა 840000 მ³; დაახლოებით 1 მილიონ კგ-მდე ფეთქებადი ნივთიერება. მიუხედავად იმისა, რომ:

სენ-გოტარდის გვირაბი 2135 მეტრით გრძელი იყო მონ-სენისის გვირაბზე და თან გაცილებით ძნელ ქანებში გადიოდა,—სამი წლით ადრე დამთავრდა. საშუალო სადღე-ღამისო წარმატება ორთავე წოლხერელში 6,31 მ შეადგენდა. ეს გამოწვეული იყო უპირველეს ყოვლისა იმით, რომ შავი ღენთი შეცვალეს ღინამიტით და გაზოიყენეს უფრო სრულყოფილი საბურღავი მანქანები; გარდა ამისა ყამირის გაზიდვა მექანიკურად წარმოებდა.

მთელ სიგრძეზე გვირაბს აქვს ყორული წყობის მუღმივი სამაგრი. შეტრუნებული კამარის მოწყობა საჭირო გახდა მხოლოდ 79 მეტრის მანძილზე. მაგრამ შემდეგში გვირაბის ზოგ უბანს დასჭირდა გამაგრება დიდი სამთო წნევის გამო, მასთან მუღმივი სამაგრის მთელი რიგი რგოლები სამჯერ იყო გადაკეთებული. მე-12 ნაკეთზე ნაჩვენებია რეკონსტრუქციის დროს გამოყენებული მუღმივი სამაგრის ერთ-ერთი მძიმე ტიპი.



ნაკ. 12.

აგებისას ადგილი ჰქონდა 177 სიკვდილიანობის შემთხვევას და 403 დასახიჩრებას.

ამავე პერიოდში ევროპაში ააგეს მთელი რიგი რკინიგზის გვირაბები უფრო მცირე სიგრძისა, რომელთა აღწერასაც ჩვენ არ ვთვლით საჭიროდ.

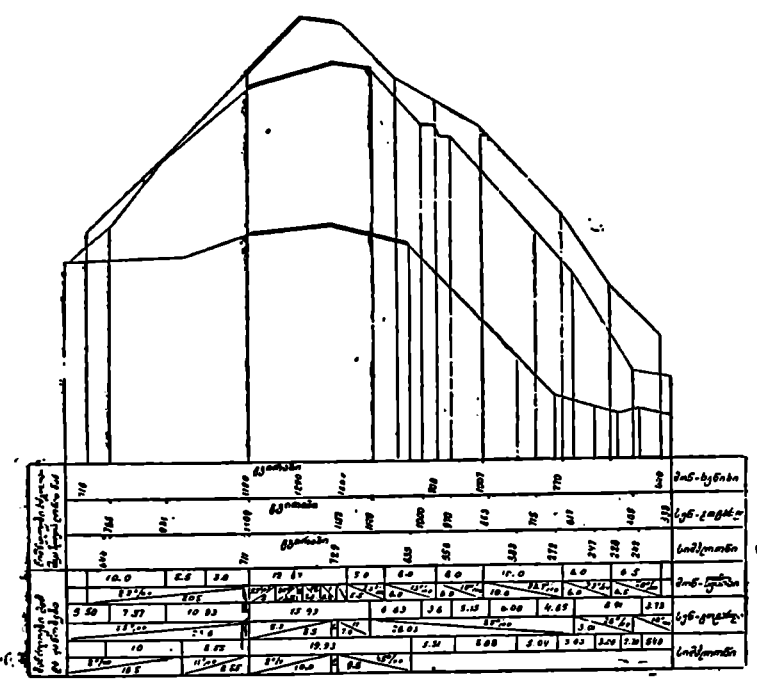
საგვირაბო სამუშაოთა განვითარების შემდეგ მნიშვნელოვან ნაბიჯს წარმოადგენს არლბერგის გვირაბის აგება ინისა და რეინის მიდამოების სწორი გზით შემაერთებელ რკინიგზაზე, რომელიც გადიოდა არლბერგის სამთო ვასასვლელზე. გვირაბის სიგრძეა 10270 მ; ორლიანდაგიანი კვეთით; დამწოლი ფენის მაქსიმალური სისქეა 720 მ. ბურღვა დარტყმითი პერფორატორით წარმოებდა; ერთდროულად გამოიყენეს საბურღავი ჰიდრაულიკური მანქანებიც, რომლებიც 100 ატმ წნევით მუშაობდნენ.

გვირაბის გასაყვანი სამუშაოები დაიწყო 1880 ივლისში და დამთავრეს 1884 წელს. მონ-სენისის, სენ-გოტარდის და სხვა გვირაბების გამოცდილებათა გამოყენებით მშენებლებმა აქ შეამცირეს მშენებლობის ვადები და 4 წლის ვადაში 10 კმ-ზე მეტი გაიარეს.

XIX და XX საუკუნეთა მიჯნაზე იწყება ახალი აღპური გვირაბების მშენებლობის ეპოქა, რომლის დროსაც აგებულ იქნა მთელი რიგი შესანიშნავი ნაგებობანი; ამით საგვირაბო ხელოვნება გამდიდრდა მუშაობის ახალი მეთოდებით, მასთან გამოყენებული იყო უფრო მძლავრი და სრულყოფილ მექანიზმები.

ამ დროის ყველაზე გრანდიოზულ ნაგებობას წარმოადგენს სიმპლონის გვირაბი; რომელმაც გასჭრა მონტე-ლეონის მასივი ალპებში და სი-

გრძობთ (19780 მ) დღემდე პირველი ადგილი უჭირავს რკინიგზის გვირაბებს შორის. გვირაბის ჩრდილოეთი შესასვლელი ნიშნულით 686,30 მ ძვეს დაბა ბრივთან შევიცარიაში, სამხრეთის შესასვლელი ნიშნულით 635,40 მ ძვეს დაბა იზელესთან იტალიაში. უმაღლეს წერტილს გვირაბში აქვს ნიშნული



ნაკ. 13.

705,20 მ. გვირაბზე დამწოლი ქანების ფენის მაქსიმალური ხისკე 2150 მ შეადგენს.

მე-13 ნაკეტზე ნაჩვენებია მონ-სენის, სენ-გოტარდის და სიმპლონის გვირაბების შედარებითი გრძობა პროფილი.

ნაგებობის განსაკუთრებით დიდი სიგრძე და მოსალოდნელი საწარმოო სიძნელენი აიძულებდნენ გვირაბის მშენებლებს ერთი ორლიანდაგიანი გვირაბის ნაცვლად გაეყვანათ ორი ერთლიანდაგიანი პარალელური გვირაბი, რომელნიც ღერძიდან ღერძამდე 17 მ მანძილით იყვნენ დაშორებული. ერთი გვირაბთაგანი ფართოვდებოდა სრულ პროფილამდე, მეორეში კი მუშავდებოდა მხოლოდ მიმმართველი წოლხერელი; ორთავე გამომუშავება ყოველი 200 მ შემდეგ ერთდებოდა განივი სასვლელებით. პარალელური წოლხერელის არსებობამ განსაკუთრებით სასარგებლო გავლენა იქო-

ნია მუშაობის წარმადობაზე და მნიშვნელოვნად შეამცირა მშენებლობის ვადები. პარალელურმა წოლხერელმა გააადვილა გამომუშავების განიავება, ქანის და მასალების ტრანსპორტი, გაადიდა უშიშროება სამუშაოებისა. შემდგომი მუშაობის ასეთი სქემა წარმატებით და საქმარისად ხშირადაც იქნა გამოყენებული ამერიკაში.

სამუშაოები გვირაბის გასათხრელად დაიწყო 1898 წლის მაისში. პირველი გვირაბი გაიხსნა 1906 წლის 1 ივნისს. მოძრაობის ვადიდების გამო 1912 წ. დეკემბერში დაიწვეს მეორე წოლხერელის გაგანიერება სრულ პროფილამდე. მაგრამ 1914 წ. დაწყებულმა ომმა შეაჩერა სამუშაოები 1918 წლამდე, და მეორე გვირაბი მხოლოდ 1921 წ. დეკემბერში დაამთავრეს.

პირველი გვირაბის გაყვანისას დიდი სიძნელეები გამოიწვია განსაკუთრებით მაღალმა ტემპერატურამ, წყლის სიქარბემ, ცხელი ნაკადულების არსებობამ და გადამეტებით დიდმა მთის წნევამ, რაც საბედნიეროდ მცირე მანძილზე შეხვდათ.

გამომუშავებაში უდიდესი ტემპერატურა $55,4^{\circ}$ აღწევდა ნავარაუდევ 42° ნაცვლად. აღმოჩნდა უამრავი ნაკადული, რომელთა ნაწილი ცხელ წყალს იძლეოდა. უკანასკნელის ტემპერატურა 55° აღწევდა დებეტით, თითქმის, 100 ლ/წმ. წყლის უდიდესი მოღინება გვირაბის სამხრეთ ნაწილში



ნაკ. 14.

იყო და 1213 ლ/წმ შეადგენდა, მასთან 327 ლ/წმ ცხელ ნაკადულებს ეკუთვნოდა. მთის ქანები მრავალი თვის განმავლობაში გამომუშავებას აძლევდნენ სითბოს, რომლის რაოდენობა აღირიცხებოდა 6 მილიონ კალორია/საათ. ტემპერატურის შესამცირებლად წოლხერელის კედლებს ცივ წყალს ასხამდნენ, ჰაერს კი აცივებდნენ გაშხეფილი ნაკადის შადრევენებით და გამომუშავებაში ხელოვნური ყინულის შეტანით. გაძლიერებული განიავება მოითხოვდა 57 მ³/წმ ჰაერს.

სამხრეთ ნაწილის ერთ-ერთ უბანზე რბილ ქარსიან კირქვებში მშენებლებს მოუხდათ დიდი ძალის მთის წნევის დაძლევა. იმსხეროდა ყველაზე მაგარი ხის სამაგრები რამდენიმე საათის განმავლობაში. გადავიდნენ 26 სმ-იან ლითონის ორტესებრი კოკებისაგან შეკრულ ჩარჩოებზე, სადაც ძლიერი წნევის არეში 42 მ მანძილზე 100 ასეთი ჩარჩო დააყენეს, რომლებიც ადგილადგილ მთლიან ლითონის ჯავშანს შეადგენდნენ. ამ უბნის სრულ პროფილამდე გაგანიერება ჩატარდა მეტად ხროხვი, ძვირი და მასთან ერთად ასეთ შემთხვევებში ერთადერთი შესაძლებელი ქვის დროებითი სამაგრის ხერხით. მუდმივი სამაგრის კამარის სისქე 1,67 მ შეადგენდა, საძირკვლის სიგანე კი 2,5 მ

აღწევდა. ამ 42 მ უბანზე მუშაობა წელიწადნახევარი გრძელდებოდა, რამაც მშენებლობის საერთო ვადა 5,5 წლის ნაცვლად 7 წლამდე გაზარდა.

აქ 1889 წელს საგვირაბო სამუშაოებში პირველად იქნა გამოყენებული ასაფეთქებლად ოქსილიკვიტები, რაც ორი წლით ადრე წარმოადგინა ლინდემ. აღსანიშნავია, რომ მაშინ ჯერ კიდევ არ იცოდნენ თხიერი ქანგბადის თხიერი ჰაერისაგან ეკონომიურად გამოყოფა ქარხნული წესით და ამიტომ ოქსილიკვიტები თხიერ ჰაერზე მზადდებოდა. ჩქარა უარი თქვეს ამ ახალ ფეთქებლად ნივთიერებაზე, აფეთქების დროს გადამეტებით მომწამლავი აირის წარმოქმნის გამო (ალბათ CO), მუშები მოკვეთილი ეცემოდნენ და ისინი უგონო მდგომარეობაში გაჰყავდათ გარეთ.

მე-14 ნაკვთზე ნაჩვენებია სიმპლონის გვირაბის შესავალი.

ერთდროულად, სიმპლონის გვირაბის მშენებლობასთან 1902—1903 წლებში ჩრდილოეთ იტალიაში აგებენ 3308 მ სიგრძის ერთლიანდავიან გატიკოს გვირაბს. მცირე სიღრმის გამო აქ შესაძლებელი გახდა შუალედური შახტების გაყვანა, რითაც გამრავლდა სანგრევების რიცხვი და გააზიარდა სამუშაოს საერთო ფრონტი. ჩაუშვეს 4 შახტი 58, 63, 57 და 37 მ სიღრმით, რაც შესასვლელების ჩათვლით შეტევის 10 პუნქტს შეადგენდა. ამ მშენებლობის მეორე თავისებურებას წარმოადგენდა საგვირაბო საქმეში პირველად შვეული კესონების გამოყენება. სამხრეთ პორტალსა და მეოთხე შახტს შორის შეხვდათ მეტად სუსტი წყალგამტარი ყაშირი, რომლის გათხრა ჩვეულებრივი ხერხებით შეუძლებელი გახდა. 344 მ სიგრძის ეს უბანი გაიყვანეს 11 კესონის საშუალებით, რომლებიც 35—40 მ სიღრმისა იყვნენ. მიიღო რა აქ თავისი დასაბამი საკესონო ხერხმა, იგი შემდგომში წარმატებით ვრცელდება წყალქვეშა გვირაბების და მეტროპოლიტენების მშენებლობაში.

ამ პერიოდში აგებული მრავალი სარკინიგზო გვირაბიდან კიდევ აღვნიშნავთ ლეჩბერგის გვირაბს ფრუტიგენ-ბრის ხაზზე, რომლის მშენებლობას თანსდევდა დიდი მარცხი. გვირაბი ააგეს 1903—1913 წლებში. მისი სიგრძე თავდაპირველად ნავარაუდვეი იყო 13735, და მხოლოდ მშენებლობის პროცესში ტრასის ნაწილობრივმა ცვლილებამ გვირაბის სიგრძე გაზარდა 14605 მეტრამდე.

კასტერის ველში ამ გვირაბის ზემოთ მის ჩრდილოეთ ნაწილში მიედინება მდ. კანდერი. ცნობილი გეოლოგების დასკვნით მდინარის ფსკერის ქვემოთ გვირაბის ღერძი უნდა გასულიყო 100 მ სისქის კლდეში. მხოლოდ გეოლოგმა როლიორმა დაუშვა ამ ადგილას ლორღიანი ფენის თიხასთან შერევის შესაძლებლობა, რომლის სისქე არ უნდა ყოფილიყო 100 მ მცირე. ეს დაშვება საუბედუროდ მართალი აღმოჩნდა: 1909 წ. 24 ივლისს გაირღვა ეს ფენი და მდინარე შევარდა გვირაბში. 10 წუთის განმავლობაში გვირაბის 150 მ სიგრძის უბანი აივსო სილის, ლორღისა და შლამის თხიერი მასით და შემდეგ შეიჭრა წყალი; დაიღუპა 26 კაცი. გვირაბის ზემოთ გამოჩნდა მდინარის ფსკერი; მთელი წყალი შეიჭრა გამომუშავებაში.

შემდგომი გამოკვლევებით დადასტურებული იყო აზრი გვირაბის მიმართულების შეცვლის შესახებ, რომ არიდებული ყოფილიყო ალუვიალური

ნალექები და გვირაბი მთლიანად ყოფილიყო კლდოვან ქანებში. მკვეთრმა გადახრამ გვერდით დაამახინჯა გვირაბის ტრასა (ნაკ. 52) და მისი სიგრძე გაადიდა 870 მეტრით. აგრეთვე მიტოვებული იქნა შხა წოლხვრელის ნაწილი. გვირაბის დანარჩენი ნაწილის დასაშრობად ჩრდილოეთ პორტალიდან 1426 მ მანძილზე ააგეს განივი კედელი-ტიხარი. ამ ტიხარში გაიყვანეს წყალსარინი-შვიდი მილი.

თითქმის ყველა ზემოთ ჩამოთვლილ გვირაბებში მუღღმივი სამაგრი სხვადასხვაგვარი ქვის წყობით სრულდებოდა, უმთავრესად ყორექვით საპირე წახნაგების შერჩევით. თანამედროვე ბეტონი საგვირაბო საქმეში პირველად გამოიყენეს 1889 წელს. პირველი ცდის შემდეგ ბეტონმა სწრაფად დაიკავა საპატიო ადგილი გვირაბების რეკონსტრუქციის სამუშაოებში. ახალ საგვირაბო მშენებლობაში კი ეს მასალა საყოველთაოდ აღიარებული იყო ცოტა მოგვიანებით, სახელდობრ მეოცე საუკუნის პირველ მეოთხედში.

პირველი მსოფლიო ომის დროს დაინგრა ათობით გვირაბები, უმთავრესად საფრანგეთსა და ბელგიაში, და, გაცილებით ნაკლები რაოდენობით ჩვენში.

გვირაბების მშენებლების წინაშე დაისვა ახალი და მნიშვნელოვანი ამოცანები, რომლებიც მთელ რიგ შემთხვევებში გადაწყვეტილი იყო შესანიშნავი ოსტატობით. დამუშავდა და აითვისეს დანერგული გვირაბების აღდგენის მეთოდები, — ჯერ დროებითისა, რაც უმოკლეს დროში სრულდებოდა, შემდეგ კი კაპიტალურისა.

§ 4. გვირაბების პროექტები ზღვის სრუტეების ქვეშ

პირველ სარკინიგზო გვირაბების აგებაზე გაცილებით ადრე დაისახა აზრი ლამანშის სრუტის გვირაბით გადაკვეთის შესახებ. შემდეგში ასეთივე პრობლემა ისახება გიბრალტარის და მრავალი სხვა სრუტეების შესახებაც.

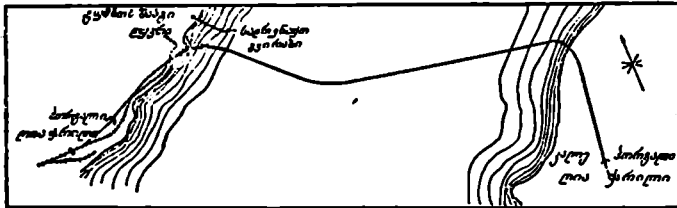
1802 წელს სამთო ინჟინერ მატეის მიერ ნაპოლეონს წარედგინა პროექტი გვირაბის გაყვანისა ფოლკსტენსა (ინგლისი) და ბულონს (საფრანგეთი) შორის. ამ ხანიდან დაწყებული ინგლისის მატერიკთან შეერთების პრობლემა მრავალჯერ იქნა დასმული, ტარდებოდა დაწვრილებითი გამოკვლევები, სდგებოდა პროექტები სხვადასხვა ვარიანტებით, მაგრამ ინგლისის მიერ მატერიკთან სახმელეთო კავშირის გაბმავზე უარის თქმა, საკუნძულო მდგომარეობის შენარჩუნების მიზნით, ყოველთვის ფუშავდა გეგმას.

პირველი მსოფლიო ომის წინ ინგლის-საფრანგეთის უდიდესი მეგობრული დამოკიდებულების დროსაც კი ინგლისი ყოველი ღონით უარყოფს გვირაბის მშენებლობის პროექტებს. 1918 წელს ამ საკითხის შესახებ გამოვიდა ვ. ი. ლენინი, მან გაზეთში „Правда труда“ მოათავსა სტატია „ცივილიზებული ბარბაროსობა“¹.

¹ ვ. ი. ლენინი, ტომი XVI (მე-3 რუსული გამოცემა, 1930 წ., გვ. 622).

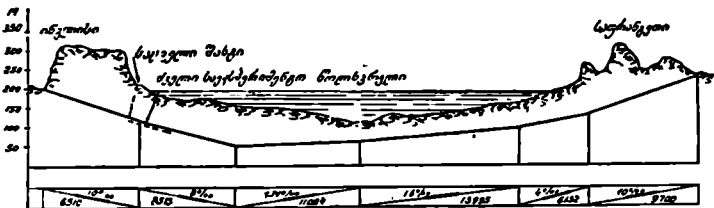
პროექტის ძირითადი დებულებანი, საკმაოდ დასაბუთებული, ვარიანტის მიხედვით, შემდეგი სახით წარმოდგინება.

გვირაბში შესასვლელი ინგლისის ნაპირზე არის დუვრთან, საფრანგეთის სანაპიროზე კი—კალესთან (ნაკ. 15). გვირაბის სიგრძე პორტალებს შო-



ნაკ. 15.

რის შეადგენს თითქმის 58 კმ, რომლიდანაც 38,6 კმ მოდის ზღვის ფსკერის ქვეშ, ხოლო 9,7 კმ მიწისქვეშა უბნებზე თითოეული მხრიდან. სრუტეს სიღრმე გვირაბის ტრასაზე 37—61 მეტრს შეადგენს; გვირაბის ჩაგების სიღრმე ზღვის ფსკერის ქვეშით 36—76 მ ზღვრებშია აღებული (ნაკ. 16). გეო-



ნაკ. 16.

ლოგიურმა გამოკვლევებმა ნათელჰყო, რომ სრუტეს ფსკერის ქვეშით არის მძლავრი, განუწყვეტელი, წყალუქონვადი ცარცოვანი კლდის ფენა. გვირაბი ტრასირებულია სწორით და მრუდებით ისეთნაირად, რომ მთელ თავის სიგრძეზე იგი მოთავსებულია ამ კლდეში. მიწისქვეშა მისასვლელი უბნები თითქმის პარალელურია სანაპირო ხაზისა, მასთან საფრანგეთის მხარეს გვირაბის მიმართულება შეადგენს მართ კუთხეს მის წყალქვეშა ნაწილთან. მრუდის უმცირესი რადიუსი შეადგენს 350 მ, უდიდესი ქანობი კი 10°/00 (ნაკ. 16).

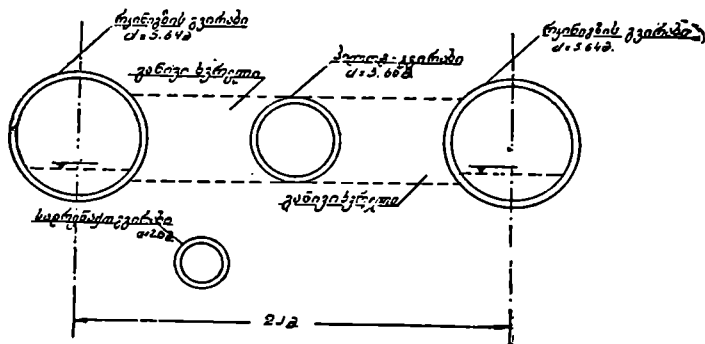
ნაგებობის განივი კვეთი 5,64 მ დიამეტრის წრიული მოხაზულობის ორი ერთლიანდაგიანი გვირაბის სახით არის დაგეგმილი (ნაკ. 17). გვირაბები ღერძებით ერთიმეორისაგან დაშორებული არიან 20 მეტრით და ყოველი 100 მეტრის შემდეგ ერთიმეორესთან შეერთებული არიან განივი სავალეებით.

გვირაბის მშენებლობა უნდა დაიწყოს დამხმარე პილოტ-გვირაბის აგებით, რომლის სიგრძე უნდა იყოს 38,6 კმ და დიამეტრი 3,6 მ, მასთან იგი უნდა მდებარეობდეს ძირითად გვირაბებს შორის.

პილოტ-გვირაბის საშუალებით ხდება ნაგებობის გეოლოგიური პირობების დაზუსტება. იგი წარმოადგენს დამხმარე გამომუშავებას ძირითადი გვირაბების მშენებლობისას და ხელს უწყობს დამატებითს განიავებას მათი ექსპლოატაციის პერიოდში.

პილოტ-გვირაბი მდებარეობს არსებულ ორ შახტს შორის, რომლებიც ჩაშვებულია რამდენიმე ათეული წლის წინათ, გვირაბის ტრასის გეოლოგიური კვლევის მიზნით.

ძირითადი გვირაბების ქვემოთ მდებარეობს 2,13 მ დიამეტრის სადრენაჟო გვირაბი. სადრენაჟო გვირაბი აგროვებს ყველა წყლებს, რომლებიც კი გვხვდება დანარჩენ გამომუშავებაში, და აქედან გადადის სატუმბო დანადგარებთან ორთავე ნაპირზე.



ნაკ. 17.

გვირაბს მოემსახურება ელექტროწევა და ავტობლოკირება. განიავება განხორციელდება მოძრავი მატარებლების დგუშური მოქმედებით. ამას გარდა ერთ-ერთ შესასვლელთან განზრახულია მძლავრი გასანიავებელი დანადგარის აგება.

მატარებლები 110—120 კმ/სთ სიჩქარით მთელ გვირაბს გაივლიან 30—35 წუთში.

გვირაბის მშენებლობა უნდა გაგრძელდეს 8 წელს; მისი ღირებულება უნდა შეადგენდეს 154.500.000 გირვანქა სტერლინგს.

გვირაბის განხორციელება შექმნიდა უფრო მოსახერხებელ მიმოსვლას ინგლისსა და საფრანგეთს შორის, მატარებლიდან მატარებელში გადაჯდომის გარეშე, და შეამცირებდა მიმოსვლის ხანგრძლივობას.

აღნიშნოთ, რომ რკინიგზის გვირაბთან ერთად დამუშავებული იყო საავტომობილო და შერეული მოძრაობის გვირაბების ვარიანტებიც.

უფრო ნაკლები ხანგრძლივობის ისტორია, მაგრამ საქმარისი რაოდენობის პროექტები აქვს ჰიბრალტარის სრუტის ქვეშ გასაყვან გვირაბსაც. პირველი პროექტი წარმოადგინა ფრანგმა ინჟინერმა ლორან-დე-ვალდევილემ. უფრო მოგვიანებით ამ საკითხს დაუბრუნდნენ მრავალჯერ.

ჰიბრალტარის სრუტეს სიგანე ყველაზე ვიწრო ადგილას შეადგენს 13 კმ-ს, აქ წყლის სიღრმეა 450 მ. გეოლოგიური პირობები ხელსაყრელია. პროექტების საფუძვლად მიღებულია განივი სასვლელებით შეერთებული ცალკეული ორი პარალელური გვირაბის გაყვანა.

გვირაბების ღრმად გაყვანა საჭიროს ხდის გრძელი მისასვლელების მოწყობას. გვირაბის საერთო სიგრძე ზოგიერთი პროექტის მიხედვით აღწევს 58 კმ, ე. ი. სრუტეს სიგანეზე $4\frac{1}{2}$ -ჯერ მეტია. გვირაბის მდებარეობის სიღრმის შემეცირებისა და, მაშასადამე, მისასვლელების სიგრძის შემეცირების სურვილმა დასახა აზრი მოეწყობა გვირაბი მცურავი ან ანკერებით დამაგრებული მილების სახით.

§ 5. პირველი გვირაბის ფარი და ფარების სამუშაოთა განვითარება

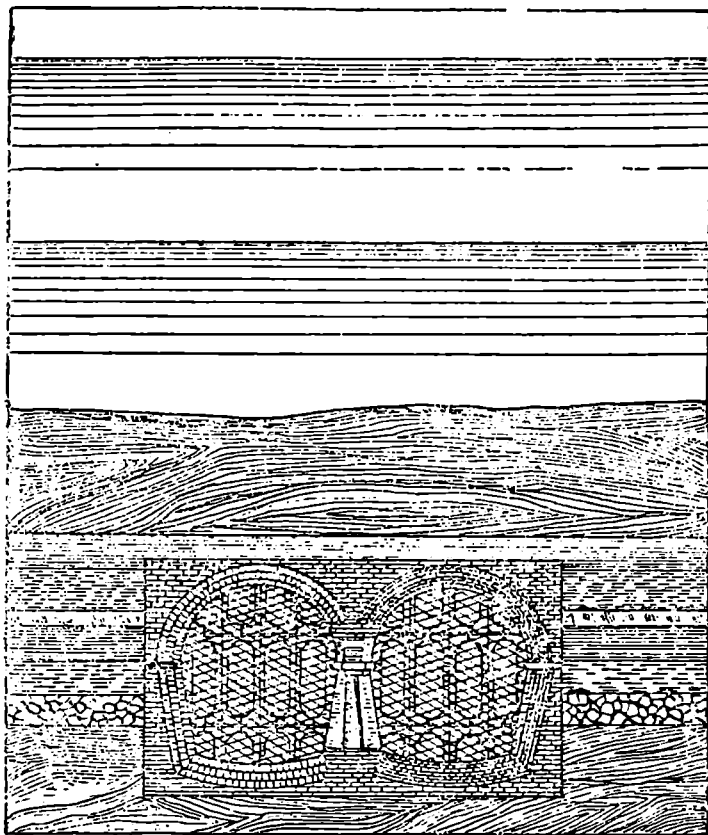
ჯერ კიდევ წარსული საუკუნის პირველ მეოთხედში—1818 წელს, ინგლისელმა ინჟინერმა მარკ იზამბარ ბრიუნელმა ააგო და პატენტი აიღო განსაკუთრებულ მოწყობილობაზე, რომელიც განკუთვნილი იყო გვირაბების ასაგებად სუსტ წყალგამტარ ყაშირებში. აღსანიშნავია, რომ ბრიუნელის მოწყობილობა ატარებდა „კამერის“ სახელწოდებას. ტერმინი „ფარი“ შემოღებულ იქნა 1866 წელს მორტონის მიერ, მაგრამ სპეციალურ ლიტერატურაში ბრიუნელის მოწყობილობას ფარის სახელწოდება შერჩა.

პატენტის მიღებიდან შეიძინა წლის შემდეგ ბრიუნელმა თავის იდეა პრაქტიკულად გამოსცადა, შეუდგა რა პირველ წყლისქვეშა გვირაბის აგებას მდინარე ტემზაზე გადასასვლელად ცოტათი ზემოთ ლონდონის დოკებიდან, სადაც ინტენსიური ნაოსნობა შეუძლებელს ხდიდა ხიდის აგებას. ჩვეულებრივი ორზოლიანი გზისათვის დანიშნულ გვირაბს გარეგანი მოხაზულობით ჰქონდა მართკუთხედის ფორმა, რომლის სიგანეა 12,70 მ და სიმაღლე 7,50 მ უდრიდა. ეს ზომები მეტად მნიშვნელოვანია ჩვენი დროისთვისაც კი (ნაკ. 18). გვირაბის მთელი სიგრძე უდრიდა 360 მ, რომლის წყალქვეშა ნაწილი შეადგენდა 294 მ.

მიუხედავად ასეთ სამუშაოებში გამოუცდლობისა და მეტად მარტივი მექანიკური მოწყობილობისა, ამავე დროს ყაშირის განსაკუთრებით მძიმე პირობებისა და მუშაობის ხშირი ხანგრძლივი შეწყვეტისა, ხან ფულადი სახსრების უქონლობის და ხან მუშაობის დატმორვის გამო, ბრუნელის იდეა იმდენად ცხოველყოფილი აღმოჩნდა, რომ მდინარე მაინც გადალახეს და 1843 წლის 25 მარტს გვირაბი სამოძრაოდ გახსნეს.

ბრუნელის იდეა მდგომარეობდა განსაკუთრებული სახის ლითონის გადასატანი სამაგრების გამოყენებაში, რომლებიც იდგმებოდა ასაგები გვირაბის თავში და მის ყაშირის ჩამოქცევისაგან იცავდა. ყაშირის დამუშავების

მიხედვით ეს სამაგრები გადაჭქონდათ ხრახნული დომკრატების საშუალებით, რომლებიც ებჯინებოდა გვირაბის მუდმივი სამაგრის მზა ნაწილს, ამის შემდეგ დომკრატებს დაჭქაჩაედნენ, ხოლო კამერის უკანა ნაწილის დარჩენილ სივრცეში ამოჰყავდათ შემდეგი რგოლი.

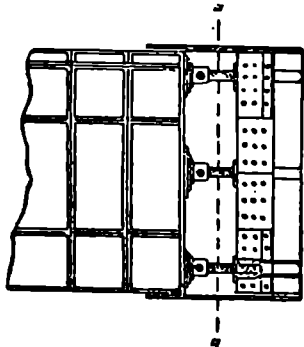


ნაკ. 18.

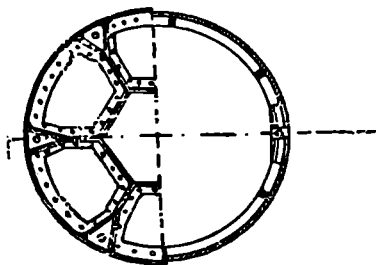
ბრუნელის კამერის კონსტრუქცია, რომელიც შესდგებოდა 12 ცალკეულ ნაწილისაგან, და ეს ნაწილები დაყოფილი იყო სამ იარუსით 36 სამუშაო უჯრედად, ბევრად მოუხერხებელი აღმოჩნდა. უფრო მოგვიანებით, სუსტ უამირებში საგვირაბო სამუშაოების განვითარებასთან ერთად ბრუნელის კამერიდან მხოლოდ ძირითადი იდეა დარჩა. თვით კონსტრუქციაში კი ისეთი ძირითადი ცვლილებები ჩატარდა, რომ უმართებულო იქნებოდა მისთვის გვეწოდებინა თანამედროვე ფარების პროტოტიპი.

პირველი წყალქვეშა გვირაბის აგების შემდეგ მდინარე ტემზის ქვეშ ფარის სამუშაოები დიდი ხნით არ ჩატარებულა, მაგრამ ინტერესი ფარისაღმის არ შემცირებულა და მისი კონსტრუქციის გაუმჯობესებაზე მრავალი გამორჩენილი ინჟინერი მუშაობდა.

1864 წელს ინჟინერი ბარლოუ იღებს პატენტს ფარზე, რომელიც უკვე ცალკეული ნაწილებისაგან კი არ შესდგება, როგორც ბრუნელის ფარი, არამედ ერთი მთლიანი ცილინდრისაგან. ცილინდრის დიამეტრი უდრის გვირაბის. გარე დიამეტრს (ნაკ. 19 და 20). ამერიიდან ფარის საშუალებით აგებული გვირაბის განივი კვეთი წრიული უნდა იყოს. ამ ფარის საშუალებით 1869 წელს გრეიტხეიდი—ბარლოუს მოწაფე და თანაშემწე შეუდგა საცალფეხო გვირაბის—ტაუერის მშენებლობას ტემზის ქვეშ და წარმატებით დაამთავრა იგი 11 თვეში. 416 მ სიგრძის და 2,13 მ გარე დიამეტრის გვირაბი მთელ სიგრძეზე ჰქვევს მშრალ მკვირვ თიხებს. გვირაბის თუჯის წირთხლის სამაგრი რჩება ტიპიური ხდება მრავალი შემდგომი ნაგებობისათვის. შემდეგში ბარლოუს ფარი მთელი რიგი დიდი წყალქვეშა გვირაბების აშენების პროცესში თანდათანობით სრულქმნილი ხდება უმთავრესად



ნაკ. 19.



ნაკ. 20.

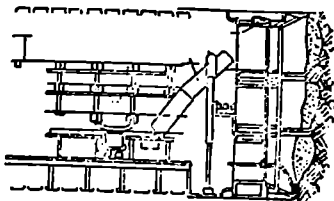
გრეიტხეიდის შრომებით და მისგან იქმნება თანამედროვე ცილინდროვანი მრავალიარუსიანი ფარის ტიპი (ნაკ. 21).

ერთდროულად 1869 წელს ამერიკაში აგებენ ფარს, რომლის გადაადგილებისათვის პირველად იქნა გამოყენებული ჰიდრაულიკური დომკრატები, ხრახნულის ნაცვლად. ამ ფარის საშუალებით, რომლის დიამეტრია 2,40 მ, ნიუ-იორკში აგებენ გვირაბს ბროდვეის ქვეშ. გვირაბის გაყვანა დაიწყო მშრალ სილიან ყაშირში, იგი განზრახული იყო პნევმატიკური რკინიგზისათვის. მშენებლობა დაამთავრა 1870 წელს. 45 წლის შემდეგ, ე. ი. 1915 წელს ბროდვეის ქვეშ მეტროპოლიტენის ახალი გზების აგებისას ფარი აღმოჩენილ იქნა მიწაში და თან საკმაოდ კარგ მდგომარეობაში.

ფარის სამუშაოების განვითარების შემდგომ მნიშვნელოვან ნაბიჯს წარმოადგენს შეკუმშული ჰაერის გამოყენება.

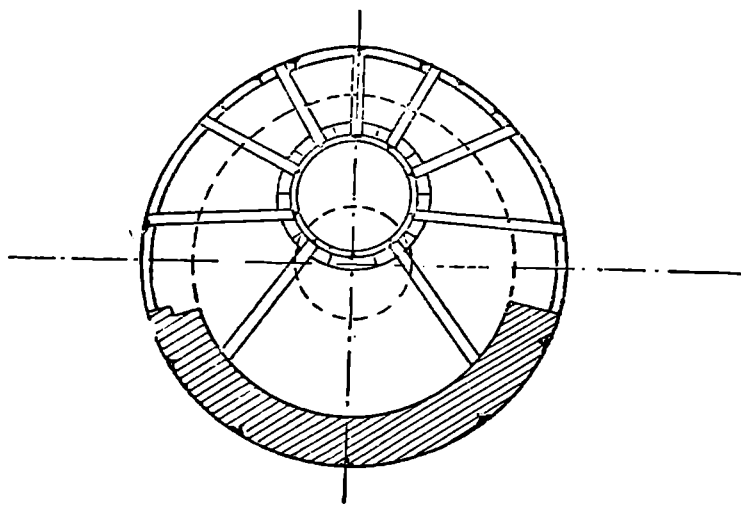
1873 წელს გრეიტხეიდი ვულვიჩში გვირაბის მშენებლობის დროს აგებს ფარს კესონური კამერის სახით, მაგრამ შეკუმშული ჰაერის გამოყენების ცდა განუხორციელებელი რჩება.

მხოლოდ 1879 წელს საგვირაბო საქმის ისტორიაში პირველად იქნა წარმატებით გამოყენებული შეკუმშული ჰაერი წყლით კარბი გვირაბების გაყვანისას მდინარე გულზონის ქვეშ ნიუ-იორკსა და ნიუ-ჯერსის შორის, და, ერთდროულად, მცირე გვირაბის აგებისას ანტვერპენში. გულზონის გვირაბის მშენებლობა, რასაც თანსდევდა დიდი სირთულეები, მნიშვნელოვან ეტაპს წარმოადგენდა საგვირაბო სამუშაოთა ისტორიაში.



ნაკ. 21

გვირაბის სიგრძე გულზონის ქვეშ შეადგენდა 1676 მ. მისი კვეთი დაგეგმილი იყო ორლიანდაგიანი მოძრაობისათვის, მაგრამ სიძნელეები, რომლებიც წინ გადაელობა მშენებლებს გადაულახავი აღმოჩნდა და იძულებული გახდნენ გადასულიყვნენ ორ ერთლიანდაგიან გვირაბზე. გვირაბის მუდმივი სამაგრი შესდგებოდა გარეგანი თუჯის გარსისაგან ერთიმეორესთან ქანჭიკებით შეერ-



ნაკ. 22.

თებული წირთხლის სახით, რომლის საფარქვეშაც სრულდებოდა შინაგანი ქვის წყობა. გვირაბის მშენებლები თავდაპირველად ფიქრობდნენ არ გამოეყენებინათ ფარი, გულისხმობდნენ რა, რომ ყამირის შემშრობი შეკუმშული ჰაერის წნევა საკმარისი იქნებოდა გამომუშავების მდგრადობის უზრუნველსაყოფად. მაგრამ ამ ექსპერიმენტმა არ გაამართლა იმედები და მეტად ძვირი

დაჯდა. გარეგანი თუჯის გარსი ვერ უძლებდა ყამირის წნევას; ადგილი ჰქონდა ჩამონგრევას, ჰაერის გაღწევას და გამომუშავების დატბორვას. 1860 წელს გვირაბის ერთ-ერთი ასეთი ჩამონგრევისა და დატბორვის დროს ჩაიკეტა გზა რაბებისაკენ და დაიღუპა 20 კაცი. დანგრეული უბანი აღადგინეს ხის კესონით, რომელიც ჩაუშვეს ზემოდან გარღვევის ადგილას. შემდეგში მუდმივი სამაგრის მშენებლობის ოპერაციის გადავიღების მიზნით წარდგენილი იქნა „პილოტ-გვირაბის“ ხერხი. იდეა იმაში მდგომარეობდა, რომ გამომუშავების ღერძის გასწვრივ გაჰყავდათ მილი—პილოტ-გვირაბი 1,53 მ გარე დიამეტრით, რომელიც რამდენიმე წირთხლისაგან შესდგებოდა (ნაკ. 22). პილოტ-გვირაბს ებრჯინებოდა დროებითი სამაგრები, რომლებითაც შეკავებული იყო მუდმივი სამაგრის თუჯის გარსი ქვის წყობის ამოყვანამდე. პილოტ-გვირაბის სიგრძე სულ 15 მ შეადგენდა; ძირითადი გვირაბის წინსვლის მიხედვით პილოტ-გვირაბის უკანა წირთხლები წინ გადაჰქონდათ. 1881 წელს ქვის წყობის მუდმივი სამაგრი ბეტონით შესცვალეს, მაგრამ 1882 წელს სამუშაოები შეაჩერეს ფულადი სახსრების უქონლობის გამო. მხოლოდ 1889 წელს მშენებლობა აღდგენილი იყო, მაგრამ შემდეგში თანდათან მზარდი დაბრკოლებები აიძულებენ მშენებლებს 1890 წელს გამოიყენონ ფარები, რომელთა საშუალებითაც ორთავე პარალელური გვირაბების მშენებლობა მთავრდება 1904 და 1905 წწ. ამ მშენებლობაზე წარმატებით გამოყენებული იყო პირველად ფარის წინ წაწევა ლამიან ყამირებში ყამირის მოუშორებლად. 5,20 მ დიამეტრის და 2 მ სიგრძის ფარის წინ წაწევა ლაშში წარმოებდა დომკრატების წნევით, სადაც ხდებოდა ყამირის გამოწეხვა მთლიანი ლენტით კარებიდან, რომელიც მოწყობილი იყო ჰორიზონტალურ სახსრებზე წინა დაიფარგმის ყოველ უჯრედში. ამ ხერხით მიაღწიეს ფარის წინ წაწევის სარეკორდო სიჩქარეს—105,43 მეტრს კვირაში და 18,90 მეტრს—მაქსიმალურს დღე-ღამეში. შემდგომ ფართი ასეთი გავლის მეთოდი გამოყენებული იქნა ბევრ სხვა გვირაბებშიაც, რომლებიც კი შენდებოდა სუსტ ყამირებში.

აღნიშნოთ საჯულისხმიერო ეტაპები ფარის სამუშაოებისა და თვით ფარის შემდგომ განვითარებაში.

1892—97 წლებში მდინარე ტემზის ქვეშ აგებენ ბლექ-უელსის გვირაბს, სადაც ფარის მუშაობის ტექნიკა აღწევს თავის სრულ განვითარებას და ფარის მეთოდი საცხებით მომზადებული ხდება ყველაზე გაბედული პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად. ფარის შიგა დიამეტრი იყო 8,46 მ და სიგრძე 5,94 მ, რითაც უკან ჩამოტოვებული იყო ყველა წინა ნაგებობათა ფარების ზომები. თავისებურების სახით, რასაც ადგილი ჰქონდა ამ სამუშაოების დროს პირველ რიგში უნდა აღინიშნოს:

ა) მუშებისათვის რამდენიმე სახის გადასარჩენი მოწყობილობების გამოყენება წყლის გარღვევის შემთხვევაში.

ბ) ყამირის გამაგრება ფარის წინ სპეციალური ლითონის შანდორებით,

გ) კესონის კამერის თანაპოვნიერება თვით ფარში.

პირველი ორი სიახლის შემოღება ფარის კონსტრუქციაში მეტად ძვირფასი აღმოჩნდა და შემდეგში ფართოდ იქნა გამოყენებული. თვით ფარში კესონის კამერების მოწყობა კი ისე ართულებს ფარის კონსტრუქციას და

ავიწროებს სამუშაო ადგილს, რომ ამ ექსპერიმენტმა ვერ ჰპოვა ვერც ერთი მიმბაძველი.

1896 წელს შემოღებული იქნა ავანბეკიანი ფარი. წინ, ვერტიკალური დანის ნაცვლად, ფარს უკეთებენ ზედა ნაწილში გამოშვებულ წინაფრას.

1899 წ. გრინვიჩთან გვირაბის აგების დროს წყლიანი ხრეშისა და სილის გასაველელად გამოყენებული იყო ფარი დახურული მკერდით.

ინტენსიური ნაოსნობის მდინარეების გვირაბებით გადასვლის რომელიც უპირატესობა ხიდებით გადასვლის წინაშე, ერთის მხრივ, და ფართ მუშაობის განვითარება გვირაბებში მეორეს მხრივ, იწვევენ სხვადასხვა დანიშნულების წყალქვეშა გვირაბების გაცხოველებულ მშენებლობას. ფარის სამუშაოები უფრო ფართედ არის განვითარებული მეტროპოლიტენების მშენებლობაში. ლონდონის 400 კმ მეტროპოლიტენის მნიშვნელოვანი ნაწილი, რომლის პირველი ხაზიც გახსნილა იყო 1863 წ., აშენებულია ფარის მეთოდით.

გვირაბების აგების ამ ყველაზე მოწინავე მეთოდმა განსაკუთრებული განვითარება მიიღო მსოფლიოში უკეთეს მოსკოვის მეტროპოლიტენის მშენებლობაზე.

§ 3. გვირაბის სამუშაოები უკანასკნელ ათეულ წლებში

გვირაბის სამუშაოებმა უდიდესი განვითარება მიიღო ჩვენში სტალინური ხუთწლეულების პერიოდში.

წყალსარინი გვირაბები ჩვენში წარმოიშვა მხოლოდ დიდი ოქტომბრის რევოლუციის შემდეგ, უმთავრესად ჰიდროელექტროსადგურების და ზოგიერთ შემთხვევებში მელიორაციისა და წყალმომარაგების სისტემებში.

უკანასკნელ ათეულ წლების განმავლობაში ამიერკავკასიის რესპუბლიკების ფარგლებში აგებულია მნიშვნელოვანი სიგრძის ათეული ჰიდროტექნიკური გვირაბები.

ერთერთ ჩვენი რკინიგზის ხაზზე აგებულია უდიდესი წყალქვეშა გვირაბი, რომელსაც აქვს ლითონის სამაგრი. აქ მუშაობა წარმოებდა რთულ გეოლოგიურ და ჰიდროგეოლოგიურ პირობებში და ამიტომ გამოყენებული იყო ფარის ხერხი და შეკუმშული ჰაერი. გვირაბების დიდი სამუშაოები შესრულებულია და ამჟამადაც სწარმოებს შორეულ აღმოსავლეთის, ციმბირის, ურალის და კავკასიის ახალ მშენებლობებზე.

საბჭოთა კავშირის მთიან რაიონებში რკინიგზების შემდგომ აგებას, ბუნებრივია, რომ თანდაერთვის ამ ძვირი და საპასუხისმგებლო ნაგებობების მშენებლობა.

ამათში უმნიშვნელოვანესი იქნება გვირაბი, რომელიც გააკვეთს მსოფლიოს ერთერთ უდიდეს ქედს და შეაერთებს ჩრდილოეთ კავკასიას ამიერკავკასიასთან. ამ გზის ერთერთი ვარიანტით—არხოტის—უღელტეხილის გვირაბს ექნება სიგრძე 24,14 კმ და მაშასადამე მსოფლიოში პირველ ადგილს დაიკავებს.

პირველ სტალინურ ხუთწლედში დაწყებულ მოსკოვის მეტროპოლიტენის მშენებლობამ აღნიშნა ჩვენი გვირაბის საქმის დარგში ახალი ეპოქა.

პირველი საბჭოთა მეტროპოლიტენის ისტორია იწყება სკპ(ბ) ცკ-ის 1931 წ. ივნისის პლენუმის დადგენილებიდან „მოსკოვის ქალაქის მეურნეობის შესახებ“. ქალაქის ტრანსპორტის გასაუმჯობესებელ მთელ რიგ ღონისძიებებთან ერთად, პლენუმმა ამხანაგ სტალინის ინიციატივით გადაწყვიტა, მოსკოვში მეტროპოლიტენის, როგორც ხალხთა ჩქარი და იაფი გადაყვანის გადამწყვეტი პრობლემის მთავარ საშუალების, მშენებლობის მოსამზადებელი მუშაობის დაუყოვნებლივ დაწყება.

მეტროპოლიტენის პირველი ხაზი დასახული იყო ყველაზე მეტად გადატვირთულ ჩრდილო-აღმოსავლეთ მიმართულებით სოკოლნიკი—კულტურისა და დასვენების ცენტრალური პარკი რადიალური განშტოებით არბატის მიმართულებით.

გვირაბების ჩაღრმავების, გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების შესაბამისად პირველი რიგის მშენებლობაზე გამოყენებული იყო ძირითადად გვირაბის სამუშაოების ყველა სახეები. უბანი სოკოლნიკებიდან კომკაეშირის მოედნამდე, რომელიც დიდად არ არის ჩაღრმავებული, შენდებოდა ღია ხერხით. შემდეგ ხაზი თანდათან ღრმავდებოდა და წითელი ჭიშკრებიდან ცენტრისაკენ მიდიოდა დახურული მთის ხერხით. კომკაეშირის მოედნის და წითელი ჭიშკრების შორის უბანზე, მიწის ზედაპირიდან ჩაშვებული იყო გვირაბები—კესონები. ძერჯინსკის მოედნიდან ოხოტის რიგამდის ნეგლინიკის ძველმდინარეობის მძიმე პირობებში ჩვენი გვირაბების მშენებლობის ისტორიაში პირველად იყო განხორციელებული ფართი გავლა, სადაც სამაგრი აგებული იყო ბეტონის ბლოკებით. ოხოტის რიგისა და მოხოვის ქუჩის გრძივად მუშაობა წარმოებდა მთის ხერხით; საბჭოების სასახლისა და ყირიშის მოედნის შორის უბანზე მიდიოდნენ ღია ხერხით.

არბატზე გეოლოგიური პირობების მიხედვით მიღებული იყო გვირაბის მცირე ჩაღრმავება. ამასთან ერთად მკიდროდ გაშენებული ქუჩის პატარა სივანე და მიწისქვეშა მეურნეობის სირთულე შეუძლებელს ხდიდა ღია ხერხით მუშაობის წარმოებას. ამიტომ გადაწყვეტილი იყო ქუჩის მაგისტრალიდან ხაზის გადახრა და მისი გატარება არბატის გვერდით ეზოებისა და შესახვევების ქვეშ, სადგურების დანიშნულ ადგილებზე შენარჩუნებით—არბატისა და სმოლენსკის მოედნებზე. ამ უბანზე გამოყენებული იყო სანგარის ხერხი.

დახრილი ესკალატორიანი გვირაბების გასაველად გამოყენებული იყო გაყინვის ხერხი და მულმივი სამაგრი კი განხორციელებული იყო თუჯის ტიუბინგებისაგან.

მთელ რიგ უბნებზე გამოყენებული იყო სილიკატიზაციის ხერხი, როგორც არამდგრად ფხვიერ გრუნტებთან საბრძოლო ღონისძიება.

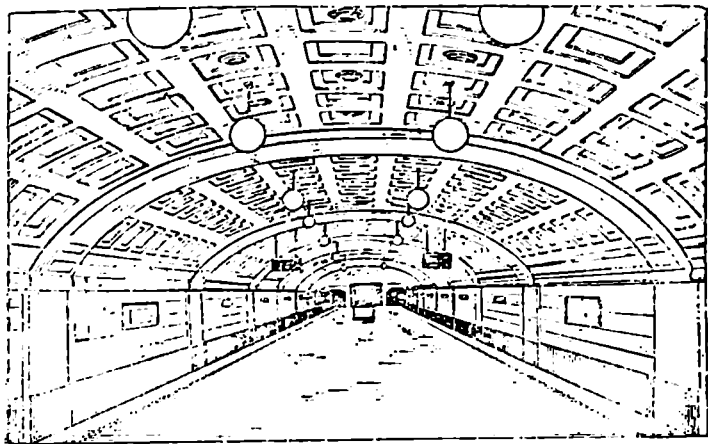
პირველი რიგის ხაზის საერთო სიგრძე უდრიდა 11,5 კმ.

ამოღებული იყო 2,3 მლ მ³ გრუნტი, ჩაწყობილი 850.000 მ³ ბეტონი, დაყენებული იყო ესკალატორების 15 ლენტი. ხაზზე მოწყობილი იყო 13 სა-

უკეთესოდ შესრულებული მდიდრად გაფორმებული და მოსახერხებელი სადგურები (ნაკ. 23).

1935 წ. თებერვალში, მზა მეტროპოლიტენის მთელ ტრასაზე გაშვებული იყო პირველი მატარებელი და იმ დღიდან დაიწყო მატარებლების სასწავლო მოძრაობა.

1935 წ. 15 მაისს მეტროპოლიტენი გახსნილი იყო საერთო სარგებლობისათვის.



ნაკ. 23.

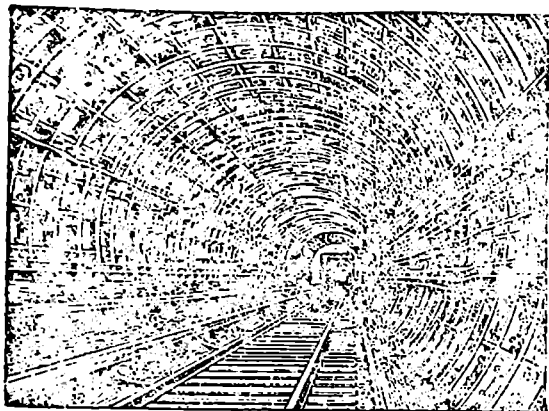
ჩვენი გვირაბის სპეციალისტებისათვის მეტროპოლიტენის პირველი რიგის მშენებლობა წარმოადგენდა გრანდიოზულ სკოლას. აქ გამოიყენეს და დაეუფლენ გვირაბის სამუშაოების ყველა სახეებს; შექმნილი იყო საკუთარი კონსტრუქციები, მექანიზმები და მუშაობის მეთოდები, უფრო სრულქმნილი და უფრო ინდუსტრიალური; წარმოიშენნ გამოცდილი, საუკეთესოდ მომზადებული თავის საქმის მოყვარული მუშებისა და სპეციალისტების კადრები. შექმნილი იყო ბაზა მეტროპოლიტენის შემდეგი რიგების უფრო მაღალ ტექნიკურ დონეზე მშენებლობისათვის მექანიზაციის მეტი გამოყენებით. ამას ხელს უწყობდა ჩვენი ქვეყნის საერთო ინდუსტრიალური სიმძლავრის ზრდა კერძოდ ლითონის დიდი ხელმისაწვდომობა და ბეტონის სამაგრიდან ლითონისაზე გადასვლის შესაძლებლობა.

მეტროპოლიტენის მეორე რიგი შეიცავდა არბატის რადიუსის გაგრძელებას კიევის ვაგზლის და ორი ახალი რადიუსის—პოკროვსკის რადიუსის და გორკის რადიუსის—აგებას.

უბანი სმოლენსკის მოედანი—კიევის ვაგზალი, რომელიც წარმოადგენდა არბატის რადიუსის გაგრძელებას, გახსნილი იყო 1936 წ. დეკემბერში. ხაზის საერთო სიგრძე შეადგენდა 1,5 კმ. ორივე სადგურის მცირე ჩალრ-

მაგების გამო მდინარე მოსკოვის გადაკვეთა განხორციელებული იყო ხიდის საშუალებით.

მეტროპოლიტენის პოკროვსკის რადიუსი, რევოლუციის მოედნიდან კურსკის ვაგზალმდის, სიგრძით 3,2 კმ გახსნილი იყო მოძრაობისათვის 1938 წ-

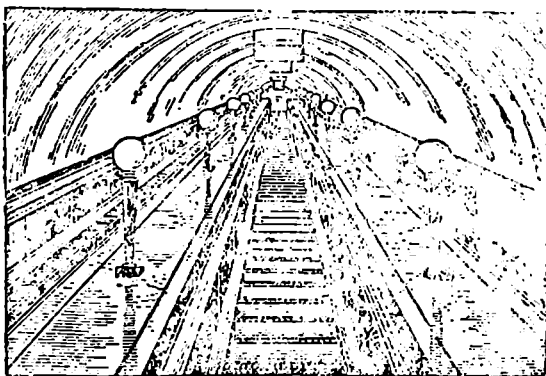


ნაკ. 24.

ის საშუალებით თუჯის ტიუბინგების გამოყენებით (ნაკ. 24); ნაბოლოდ უკანასკნელ ორ სადგურს აქვს მცირე ჩაღრმავება.

დინამოს და აერობორტის სადგურებს შორის დაახლოებით 25 მ სიღრმეზე ჩაშვებული იყო ორი რკინა-ბეტონის გვირაბის კესონის სექციები შივ შედგმული ფარებით და ერექტორის ურიკებით მოპირდაპირე მხარეების გასაველელად.

მეორე რიგის ხაზის საერთო სიგრძე უდრის 14,2 კმ და დამთავრებული იყო უფრო მოკლე ხანში ვიდრე მეტროპოლიტენის პირველი რიგი. ამაში გამოისახა ჩვენი გვირაბის ტექნიკის ზრდა მისი მეტი ინდუსტრალიზაციის საფუძველზე. საკმარისია აღინიშნოს,



ნაკ. 25.

რომ მეორე რიგის მშენებლობაზე ერთდროულად მუშაობდა, ჩვენს ქარხნებში დამზადებული 42 ფარი, 30 ვალსარბენის და 12 სადგურის. ფარის მეოთხედი

მუშაობის ასეთი განვითარება არ ახსოვს არც ევროპის და არც ამერიკის არც ერთი მეტროპოლიტენის ისტორიას. სადგურის გვირაბების გასასვლელად გამოყენებულმა ფარებმა გაუსწრეს თავისი ზომებით მსოფლიოს მეტროპოლიტენების მშენებლობის პრაქტიკაში ცნობილ ყველა მაგალითებს. ლითონის სამაგრის გამოყენებამ შეამცირა გამომუშავების მოცულობა და გააუმჯობესა გვირაბების ჰიდროიზოლაცია. მეორე რიგის ხაზზე ჩაწყობილი ოუჯის ტიუბინგების საერთო წონა შეადგენს 220 ათას ტ. ხაზის ღრმა სადგურები, რომლებიც შეადგენენ უმრავლესობას, დაკავშირებული არიან უშუალოდ მიწისზედა ვესტიბიულებთან გრძელი ესკალატორების საშუალებით. მთელი რიგი ესკალატორების სიგრძე უდრის 80 მ (ნაკ. 25).

მეტროპოლიტენის მესამე რიგის შემადგენლობაში შევიდნენ: გორკის რადიუსის გაგრძელება სვერდლოვის მოედნიდან სტალინის სახელობის ქარხნამდის სიგრძით 6,5 კმ და პაკოვსკის რადიუსის გაგრძელება სტალინის სახელობის იზმაილოვის პარკამდის სიგრძით 7,5 კმ. ორივე ამ უბნებს ძირითადად აქვთ დიდი ჩაღრმავება; მხოლოდ მათი ბოლო ნაწილები აგებულია მცირე ჩაღრმავების გვირაბებში. დიდი ჩაღრმავების უბნები მთელ სიგრძეზე გავლილი იყო ფარებით და ამ გვირაბებს აქვთ ტიუბინგების სამაგრი.

მესამე რიგის გადასარბენის გვირაბების ლითონის სამაგრს აქვს ნაკლები წონა და უკეთესი კონსტრუქცია. ტიუბინგების სიგანე 0,75 მ, რომელსაც მეორე რიგის მშენებლობაზე ხპარობდნენ, გადიდებული იყო 1 მ. ამან შეამცირა ლითონის ხარჯი, დააჩქარა სამაგრის შეკრების სამუშაოები, შეამცირა კანქიკების ხვრეტების და ნაკერების რაოდენობა და ასწია გვირაბების ჰიდროიზოლაციის ხარისხი.

გორკის რადიუსის ზამოსკოვოცკის უბანი ორ ადგილას გადის მდინარე მოსკოვის ძირის და წყალსარინი არხის ქვეშ. წყალქვეშა უბნები აგრეთვე გავლილი იყო ფარის ხერხით, მხოლოდ შეკუმშული ჰაერის გამოუყენებლად. ეს იყო მოსკოვის პირველი წყალქვეშა გვირაბები.

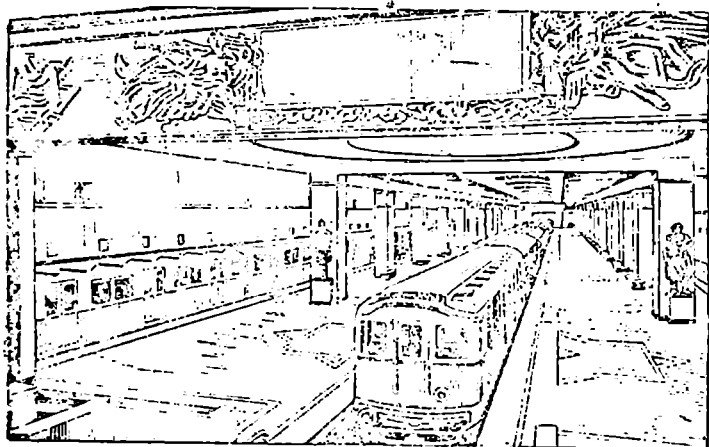
ზამოსკოვოცკის უბნის გახსნა შესდგა დიდი სამამულო ომის დღეებში—1943 წ. ომის წლებშივე გახსნილი იყო უბანი სად. კურსკაია—იზმაილოვსკის პარკი.

მესამე რიგის ექსპლოატაციაში გადაცემით მოსკოვის მეტროპოლიტენის ხაზის სიგრძემ ორმაგი ლიანდაგით და 29 სადგურით, რომლის ტოლიც არ არსებობს მსოფლიოში (ნაკ. 26), მიაღწია 40 კმ.

ოხოტის რიგის და სვერდლოვის მოედნის შორის კავშირის გასაუმჯობესებლად 1944—1945 წწ. განხორციელებული იყო მიწისქვეშა გადასვლა. გვირაბმა გაიარა სად. ოხოტის რიგის ქვეშ, შემდეგ სასტუმრო „მოსკოვი“-ს უზარმაზარი შენობის ქვეშ და შეეხო სად. სვერდლოვის მოედნის ზედა ნაწილს. სადგურებს შორის აგრეთვე კავშირის გაუმჯობესების მიზნით და გადაჯდომის გასაადვილებლად 1946 წ. აგებული იყო გადასაჯდომი გასაგალო—რევოლუციის და სვერდლოვის მოედნის სადგურებს შორის. გადასასვლელი გასაგალების სისტემა აგებული იყო აგრეთვე ლენინის სახ. ბიბლიოთეკის და კალინინსკაიას სადგურებს შორის. ამ უკანასკნელში აგებული იყო აგრეთვე ახალი ფართო ვესტიბიული.

ყოველდღიურად მოსკოვის მეტროპოლიტენს გადაჰყავს დაახლოებით 2 მლნ მგზავრი. ზოგიერთი სადგურების დღეღამის ბრუნვა დაახლოებით 400 ათას კაცს უდრის; თუ ანგარიშში მივიღებთ გადამჯდომ მგზავრებსაც, მაშინ მაგალითად სად. სვერდლოვის მოედნის დღეღამის ბრუნვა 600 ათას კაცამდის აღწევს.

მატარებლების მოძრაობა წარმოებს სეკუნდის სიზუსტით, მიმოსვლის სიჩქარე აღწევს 40 კმ/საათში. მთელ რიგ უბნებზე ტექნიკური სიჩქარე აღემატება 50 კმ/საათში. გადაზიდვის ინტენსივობის მიხედვით 17—18 მლნ მგზავრი გზის ერთ კილომეტრზე წელიწადში—მოსკოვის მეტროპოლიტენმა შორს ჩამოსტოვა მსოფლიოს ყველა მეტროპოლიტენები.



ნაკ. 26.

სამაშულო ომის წლებში დაიწყო მეტროპოლიტენის მეოთხე რიგის მშენებლობა. მეოთხე რიგის ხაზი სიგრძით 20 კმ გარს ეკვრის მოსკოვის ცენტრალურ ნაწილს. ეს ხაზი მომსახურეობას გაუწევს დედაქალაქის ძალიან მკიდროდ დასახლებულ რაიონებს და დააკავშირებს მოსკოვის შვიდ უმთავრეს ვაგზ-სა. ამ ხაზის გვირაბებს ყველგან აქვთ დიდი ჩაღრმავება და რამდენიმე ადგილას გადიან მდ. მოსკოვის ძირის ქვეშ. მშენებლობაში მყოფი რგოლური ხაზი ჰკვეთს მეტროპოლიტენის ყველა არსებულ დიამეტრალურ ხაზებს. მეოთხე რიგის სამუშაოების თავისებურებას წარმოადგენს მთელი მშენებლობის შემდგომი მაქსიმალურა ინდუსტრალიზაცია და ყველა მძიმე პროცესების სრული მექანიზაცია. ფართო გავლას ემატება სანგრევის მექანიზირებული დამუშავება, ტიუბინგების მექანიზირებული შეკრება და მოქანჩვა და მათი ნაკერების ამოვსება. სადგურის ტიუბინგების სიგანე 0,60 მ-დან, რომელსაც აქამდის ხმარობდნენ, გადიდებულია 0,75 მ-დე.

მოსკოვის მეტროპოლიტენის ქსელის პერსპექტიული განვითარება განისაზღვრება დედაქალაქის რეკონსტრუქციის გენერალური გეგმით.

გადავდივართ რა უკანასკნელ ათეულ წლებში საზღვარგარეთ გვირაბების აგების სამუშაოების მოკლე მიმოხილვაზე, საჭიროა აღვნიშნოთ, რომ ორი მსოფლიო ომის შორის პერიოდში ევროპაში აგებული იყო რამდენიმე დიდი რკინიგზის გვირაბი. პირველი ადგილი უნდა მიეკუთვნოს 1920—1931 წ. აგებულ დიდი აპენინის გვირაბს ფლორენცია—ბოლონია-ს ხაზზე იტალიაში. გვირაბის სიგრძე უდრის 18510 მ; კვეთი ორლიანდაგიანია. გვირაბის შუაწილში მოწყობილია სადგური მატარებლების გასასწრებლად. სადგურის ფარგლებში განივ კვეთს აქვს სივანე 17 მ და სიმაღლე რელსისთავის ზევით გვირაბის ღერძის მიმართულებით 9 მ. სიმპლონის გვირაბთან შედარებით სიგრძე აქვს ცოტათი ნაკლები, მაგრამ დიდი აპენინის გვირაბი წარმოადგენს მსოფლიოში უგრძელეს ორლიანდაგიან რკინიგზის გვირაბს.

გვირაბის მცირე ჩაღრმავების გამო შესაძლებელი ვახდა ორი დახრილი შახტის გამრყენება, რომლებიც შეხედნენ ერთმანეთს გვირაბის შუაში. გვირაბი გადიოდა განსაკუთრებით არახელსაყრელ გრუნტებში: სილის ფენებში, თიხის ფიქალებში, კირქვიან მერგელებში. მუშაობის მძიმე პირობებს ემატებოდა წყაროების სიუხვე და წვალი გაზების გამოყოფა დიდი რაოდენობით. ჯერ კიდევ მუშაობის დასაწყისში მოხდა რამდენიმე აფეთქება, რომელსაც თან მოჰყვა 9 მუშის დაღუპვა და მუშაობის შეჩერება 43 დღით. აშის შემდეგ აპრიალდა სამი ხანძარი, რის გამოც სამუშაოები კიდევ 250 დღით შეჩერდა.

საერთოდ, შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ აპენინის ნახევარკუნძულის მთიანმა რელიეფმა შეაპირობა გვირაბების დიდი რაოდენობა იტალიის რკინიგზებზე. იტალიის რკინიგზების 17 ათას კილომეტრზე გვირაბების სიგრძე შეადგენს 885 კმ, ამათში დაახლოებით 700 კმ ერთლიანდაგიანი გვირაბებია და 185 კმ ორლიანდაგიანი.

ევროპის ამ პერიოდის სხვა ნაგებობებიდან საჭიროა აღვნიშნოს პირველ მსოფლიო ომამდის დაწყებული საფრანგეთის გვირაბები სომპორტი (1913—1928 სიგრძით 7820 მ და პიუიმორენს (1913—1929) სიგრძით 5118 მ. ორივე ეს გვირაბი ჰკვეთს პირენეის და განიჩევა შესავლების მაღალი მდებარეობით.

ამავე პერიოდში აგებულია უდიდესი ამერიკის მატერიკზე რკინიგზის გვირაბები: მოფატის და მეორე კასკადის. მოფატის ერთლიანდაგიანი კვეთის გვირაბი სიგრძით 9800 მ აგებულია 1923—1927 წწ დენვერ—სალტ ლეიკ-ი რკინიგზაზე კოლორადოს შტატში. მეორე კასკადის აგრეთვე ერთლიანდაგიანი კვეთის გვირაბი სიგრძით 12530 მ გაყვანილი იყო 1925—1929 წწ. ჩრდილოეთის დიდ რკინიგზაზე ვაშინგტონის შტატში, რომელმაც შესცვალა უფრო მაღლა მდებარე პირველი კასკადის გვირაბი (ნაკ. 30). ორივე ეს გვირაბი გაყვანილი იყო ცენტრალური მიმმართველი წოლხვრელის და პარალელური და მხმარე სავალის საშუალებით, რომლის იდეაც გადმოტანილი იყო სიმპლონი გვირაბის მშენებლობიდან.

ამავე პერიოდს ეკუთვნის იაპონიაში უგრძესი გვირაბების შიმიცუ-ს და ტანა-ს აგება. გვირაბი შიმიცუ სიგრძით 9702 მ ტაკასაკი—ნაგაოკას უბანზე;

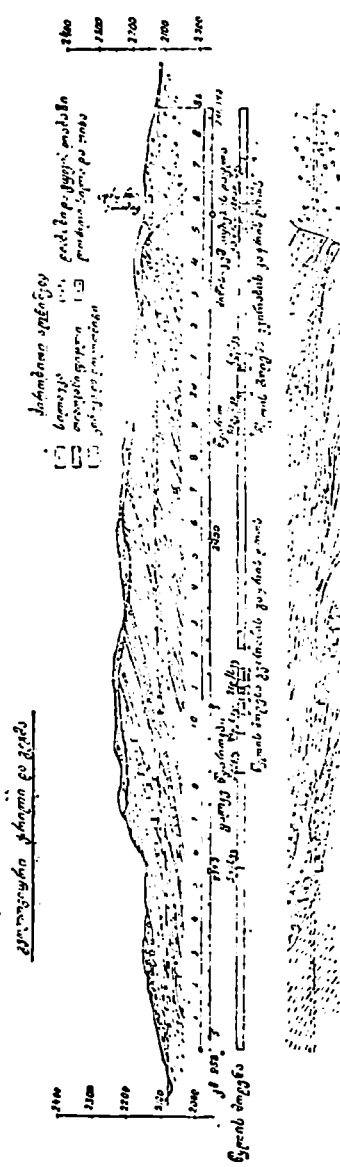
დაწყებული იყო 1924 წ და დამთავრებული 1928 წ. გვირაბი ტანა მდებარეობს ატამი—მასივას ხაზზე; მისი სიგრძე უდრის 7807 მ; გვირაბის მშენებლობა დაიწყო 1918 წ. და დამთავრდა 1934 წლის დამლევს, დასკირდა 16 1/2 წელიწადი. მძიმე გეოლოგიურ პირობებს და შრომის ცუდ დაცვას თან მოჰყვა მრავალი უბედური შემთხვევა; გვირაბის მშენებლობის დროს დაიღუპა 67 კაცი. ტოკიოდან სიმონსეკში გადასვლისათვის საჭირო დრო გვირაბის გაყვანით შემცირდა 2 საათით.

შემდგომში მიღებული იყო გადაწყვეტილება ტოკიო—სიმონსეკის მეორე ხაზის აგების შესახებ გვირაბით სიგრძით 1500 მ. 1941 წ. გაზაფხულზე დამთავრებული იყო ზღვის ძირის ქვეშ გვირაბის მშენებლობა კუნძულ გონდო და კუნძულ კიუშიუს შორის. ეს გზა აერთებს ამ კუნძულებზე მდებარე ქალაქ სიმონსეკუს ქალაქ მოჯასთან.

1927—1938 წწ. ირანში აშენებულია ტრანსირანის რკინიგზა სიგრძით 1394 კმ, რომელიც უერთებს კასპიის ზღვას (ნავსადგური ბენდერ-შახი) სპარსეთის ყურეს (ნავსადგური ბენდერ-შახპური). ამ ხაზზე აგებულია მთელი რიგი მაღალმთივანი გვირაბები. ნაკ. 27 ნაჩვენებია აგებული ამ ხაზზე უდიდესი შეიტელის გვირაბი.

პირველი მსოფლიო ომის შემდეგ გვირაბების მშენებლობა აღნიშნულია აგრეთვე თურქეთის ახალი რკინიგზის ხაზებზე.

ცხრილში 1 მოყვანილია 5 კმ მეტი სიგრძის რკინიგზის გვირაბების სია, რომლიდანაც გამოტოვებულია სსრკ გვირაბები.



ნაკ. 27.

ქვემოთ მოყვანილია მოკლე ცნობები სსრ კავშირთან მოსაზღვრე სახელ-
მწიფოების რკინიგზის გვირაბების შესახებ.

ფინეთის რკინიგზის ქსელზე არსებობს სულ სამი გვირაბი საერთო სი-
გრძლივით 1741 მ. ორი მათგანი მდებარეობს იუვიასკულა — ჰეკსიამიას უბანზე
და ჰევეთენ მალლობ პენტიანუორენს. პირველი სიგრძლივით 360 მ ვესანკას და
იუვიასკიულის სადგურებს შორის და მეორე სიგრძლივით 1225 მ — ვაიაკოსკის და
ლიევესტილორენს სადგურებს შორის. მესამე გვირაბი სიგრძლივით 156 მ მდებარე-
ობს პინიანიენისა და პოხიანიკურუს სადგურებს შორის ხელსინკიდან 93 კმ და-
შორებით.

მსოფლიოს 5 კმ-ზე უგრძესი სარკინიგზო გვირაბები

ცხრილი 1

რიგის №	გვირაბის დასახელება	ქვეყანა	მშენებ- ლობის წლები	სიგრძე მ-ში	ლიმიტ- აგთა რა- ცხვი
1	სიმპლონი I	შვეიცარია-იტალია	1893—1906	19760	1
2	სიმპლონი II პარალელური	შვეიცარია-იტალია	1912—1921	19750	1
3	დიდი აპენინის	იტალია	1920—1931	18510	2
4	სენ-გოტარდის	შვეიცარია	1872—1882	14984	2
5	ლეპანეგის	შვეიცარია	1906—1913	14615	2
6	ხაუ-სენისის	საფრანგეთი-იტალია	1857—1871	12849	2
7	ნელოვ კაკადურის	აშშ	1925—1929	12530	1
8	არლტეგის	ავსტრია	1880—1884	10270	2
9	მოუატი	აშშ	1923—1927	9900	1
10	შიმიკუს	იაპონია	1924—1928	9702	1
11	რიკენის	შვეიცარია	1904—1910	8604	1
12	სელკირკის	კანადა	1910—1914	8565	2
13	გრენხერბერგის	შვეიცარია	1911—1915	8563	1
14	ტაუერის	ავსტრია	1901—1909	8551	2
15	ოტირა	ახალი ზელანდია	1898—1912	8529	1
16	რონკო	იტალია	1883—1899	8298	2
17	ხაუ-შტეინი II	შვეიცარია	1911—1915	8134	2
18	კოლ-დე-ტედა	იტალია	1898—1900	8093	2
19	როდერის	აშშ	1913—1916	8050	2
20	კარაუნკენის	ავსტრია	1902—1906	7976	2
21	ბარგალო	იტალია	1883—1887	7971	1
22	სომპორტი	საფრანგეთი-იტალია	1913—1928	7820	1
23	ტანა	იაპონია	1918—1934	7807	1
24	ხუაიკი	აშშ	1855—1874	7610	2
25	იუნგტრუბერ-იონისი	შვეიცარია	1897—1912	7311	შეტრიანი ლიანავი
26	მონტე-ადონე	იტალია	1920—1931	7135	2
27	სან-დიე	საფრანგეთი	1934—1937	6872	1
28	მარიანოპოლისისი	სიცილია	1879—1884	6180	1
29	ტურჩინო	იტალია	1889—1894	6147	2
30	ვოხენისი	ავსტრია	1902—1906	6339	2
31	მონტ-დორისი	საფრანგეთი-შვეიცარია	1910—1915	6104	2
32	კოლ-დე-ბრანსისი	საფრანგეთი	1925—1928	5939	1
33	ალბულა	შვეიცარია	1898—1903	5866	შეტრიანი ლიანავი
34	ტოტლუი	ინგლისი	1899—1893	5660	2
35	ჰე-ოტიტანა	სიცილია	1832—1835	5455	1
36	გრავეხალსისი	ნორვეგია	1897—1903	5312	1
37	პიუნიმორენისი	საფრანგეთი-ესპანეთი	1913—1929	5118	2

ბევრი გვირაბი არის ნორვეგიის რკინიგზის ქსელზე. საკმარისია აღი-
ნიშნოს უბანი ნარვიკი — შვეციის საზღვარი სიგრძლივით 42 კმ, სადაც თავმოყრი-

ლია 21 გვირაბი და მრავალი თოვლმფარავი ვალერეები. მეორე მსოფლიო ომის დასაწყის ფაზაში ყველა ეს გვირაბები მრავალჯერ იყო დანგრეული რკინიგზის ამ უბნის ხელიდან ხელში გადასვლის დროს.

ნორვეგიის რკინიგზის გვირაბების რიცხვს ეკუთვნის აგრეთვე გრავეხალის ერთლიანდაგიანი გვირაბი სიგრძით 5312 მ. როგორც ფინეთში ისე შვეიციაში გვხვდება სატროსნო გზებზე აგებული პატარა კვეთის გვირაბები.

მნიშვნელოვანია აგრეთვე გვირაბების რიცხვი პოლონეთის რკინიგზების ქსელზე უმოაერესად ზედა სილენიიდან და სლოვაკიიდან პოლონეთში მიმავალ ხაზებზე. ამ გვირაბების უმრავლესობა დანგრეული იყო 1939 წ. გერმანელი ჯარების შექრის დროს პოლონეთში.

ჩეოსლოვაკიის რკინიგზის ქსელზე არის 196 გვირაბი საერთო სიგრძით 54,8 კმ.

ბევრი გვირაბი არის აგრეთვე უნგრეთში.

რუმინეთში შეიძლება აღინიშნოს ბუმბეშტი — ლივაზენის რკინიგზის მთიანი უბანი სიგრძით 30 კმ, რომელზედაც აგებულია 38 გვირაბი.

რუმინეთის გვირაბებიდან ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანია ორლიანდაგიანი გვირაბი ტელიუ სიგრძით 4372 მ. გვირაბი მდებარეობს ბრაშოვ—ბუხეუს უბანზე და ჰქვევს კარპატებს დაახლოებით 2000 მ სიმაღლეზე ზღვის დონიდან.

დიდი სამამულო ომის წლებში მკვეთრად გაიზარდა გვირაბების და გვირაბების სახის ნაგებობათა მნიშვნელობა.

საერთოდ ცნობილია დიდი ჩაღრმავების მეტროპოლიტენების გვირაბების ის განსაკუთრებული როლი, რომელსაც ისინი ასრულებდნენ წარსულ ომში მტრის ავიაციის თავდასხმის დროს.

სსრ კავშირში ომის წლებში შექმნილი გვირაბების აღმდგენი სპეციალური ნაწილები მოკლე ხანში დაეუფლენ გვირაბების აღდგენის ტექნიკის ახალ რთულ არეს. პირველ ეტაპში, ომის პირობებში, წარმოებდა დროებითი აღდგენა. მუშაობის გადაუდებლობა აიძულებს მშენებელს სწრაფად მიიღოს და განახორციელოს გაბედული და ორიგინალური გადაწყვეტილებანი. დროებითი აღდგენის შემდეგ წარმოებს კაპიტალური აღდგენა, რომელიც ჩვეულებრივ სრულდება მატარებლების მოძრაობის პირობებში და ამიტომ მოითხოვს ინჟინერისაგან გულმოდგინედ მოფიქრებულ კონსტრუქციებს და მუშაობის მეთოდებს.

მ მ რ ე მ ბ ა ნ ე ყ რ უ ი ლ ე მ ბ ა

გვირაბების გამმოკვლევა და პროექტირება

თავი II

წყალგახასიაჩარის გადაკვეთის სიმაღლე და გვირაბში შესასვლელად- ვის განლაგება

წყალგახასიაჩარის გადაკვეთის სიმაღლის შერჩევა და გვირაბში შესასვლელების განლაგება ძიებისა და პროექტირების მეტად საგულისხმეორო ამოცანას შეადგენს, მოითხოვს დიდ გამოცდილებას და ადგილობრივი ყველა პირობების გულდასმით შესწავლას. ეს ამოცანა უშვებს უაზრავ შესაძლებელ ამოხსნას, მაგრამ სწორი იქნება ის, რომელიც უზრუნველყოფს არა მარტო გვირაბის, არამედ მთელი გადასასვლელი უბნის მეტად ეკონომიურ საამშენებლო და საექსპლოატაციო პირობებს.

მას შემდეგ, რაც რომ ამოხსნილი იქნება საკითხი გვირაბის მდებარეობის სიმაღლის შესახებ, მისი შესასვლელების ზუსტი დანიშვნა ძნელ ამოცანას აღარ შეადგენს.

§ 4. წყალგახასიაჩარის გადაკვეთის სიმაღლე

ქედის გადაკვეთის სიმაღლის მიხედვით უღელტეხილის გვირაბები გაიყოფა ძირისა და ქედის გვირაბებად (ნაკ. 28, 24, 26, 29, 31). ეს დაყოფა პირობითია, რადგან ამ ორი სახის გვირაბებს შორის ზუსტი განსაზღვრება საკმაოდ ძნელია. გვირაბის ამათუიმ კატეგორიაზე მიკუთვნება მისი შესასვლელების აბსოლუტურ ნიშნულებზე დამოუკიდებლად წარმოებს.

გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ზანძილს ვერტიკალზე გვირაბში შესასვლელიდან გასაქრელი მასივის წვერომდე, რაც განსაზღვრავს ნაგებობაზე ქანის ფენის სისქეს. მცირე სიმაღლის მასივებში გათხრილ მთელ რივ გვირაბებს შესაბამისად მცირე ამალლება აქვთ ზღვის დონედან და მაინც წვეროვან გვირაბებს ეკუთვნიან, რადგან ვაყვანილი არიან მთის ზედა ნაწილში.

ნათქვამის საილუსტრაციოდ მოვიყვანოთ ორი მაგალითი:

ჩრდილოეთ-დონეცის რკინიგზის როდაკოვო-ლიხაიას უბნის საუღელტეხილო გვირაბი აგებულია ვაკე ადგილას, აქვს ლიანდაგის მხოლოდ ნიშნული 136 მ, მისი მაქსიმალური ჩაღრმავების სიღიღეა 68 მ და ძირის გვირაბს წარმოადგენს.

სასომხეთის ჯაჯურის საუღელტეხილო გვირაბი სამთო პირობებშია ტრასირებული, მისი გზის უდიდესი სიმაღლის ნიშნული 1842 მ აღემატება; უდიდესი სიღიღეა 156 მ და წვერის გვირაბების ტიპს ეკუთვნის.

გვირაბის უშალღესი წერტილი მისი ვრძივი პროფილის გარეგნობის მიხედვით იმყოფება ან თვით ნაგებობაში, ან და ერთ-ერთ შესასვლელთან. დიდი სიგრძის გვირაბის ვრძივი ღერძის ვერტიკალური გვეგმილის ნაპირა წერტილების ნიშნულებს შორის სხვაობა შეიძლება ფრიად მნიშვნელოვანი იყოს.

მთის მასივის გადაკვეთის ნიშნულის გადიდებასთან ერთად მცირდება გვირაბის სიგრძე. გვირაბის სიგრძის ზრდის ინტენსიურობა შესასვლელი წერტილების დადაბლებით სხვადასხვანაირია სხვადასხვა ტოპოგრაფიულ პირობებში. რაც უფრო წყალგასაყარი ქედის გვერდითი ფერდობები ციცაბოა, მით უფრო ნელა მცირდება გვირაბის სიგრძე.



ნაკ. 28.

რკინიგზის წინასწარი ძიების დროს (1914 წელს), წყალგასაყარი ქედის გადაკვეთა დასახული იყო 4993 მ სიგრძის საუღელტეხილო გვირაბით, რომლის შესასვლელის ნიშნული ჩრდილოეთის მხრიდან იქნებოდა 2245 მ და სამხრეთის მხრიდან 2256 მ. სამხრეთის პორტალის 2027 მ ნიშნულამდე, ე. ი. სულ 229 მ-ით დადაბლებით, გვირაბის სიგრძე იზრდებოდა 9067 მეტრამდე, ხოლო 1871 მ ნიშნულის შემთხვევაში, ე. ი. 385 მ დადაბლებით, გვირაბის სიგრძე მიაღწევდა 13335 მეტრს.

გვირაბში შესასვლელების განლაგების სიმაღლის შერჩევაზე გადამწყვეტ გავლენას ახდენენ შემდეგი ფაქტორები: მთის ქედის ტოპოგრაფიული, ჰიდრომეტეოროლოგიური, კლიმატური და გეოლოგიური პირობები და აგრეთვე ეკონომიური მოსაზრებები.

ქედის რელიეფის პირობები უნდა განვიხილოთ გვირაბთან ღია მისასვლელების აგების ტექნიკური შესაძლებლობის მიხედვით მოცემული ზღვრული ქანობით და ხაზის განვითარების დასაშვები ხერხის გამოყენებით.

ფერდობების დაქანების მსგავსად, ჰორიზონტალების კლაკნილობა გაცილებით უფრო სწრაფად იზრდება, ვიდრე მათი სიმაღლე მთავარი ველის დონედან და, მაშასადამე, უფრო სწრაფად უარესდება მისასვლელების ტრასირების პირობები.

გვირაბის მაღლა გაყვანისას ტრასის გადასვლა მთავარ ველზე ან შეუძლებელია, ან მეტად ძნელი. ამიტომ ხაზის განვითარებისათვის ველის ერთის მხრივ გვერდითი ხეობებით სარგებლობა გვიხდება. გვერდითი ხეობების გადაკვეთა კი თავის მხრივ მით უფრო რთულია და ძვირი, რაც უფრო მაღლა გადის ხაზი.

აქ უთუოდ მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ ის, რომ მთის ქედის ფერდობების დაქანება ჩვეულებრივად მცირეა ქვედა ნაწილებში და მეტია მაღლებში; ამიტომ გვირაბის სიგრძის შემცირება მისი შესასვლელების ნიშნულთა ზრდაზე სწრაფად ხდება.

საინტერესოა აღინიშნოს, რომ კავკასიის ერთერთი

როგორც 28 ნაკეთზე წარმოდგენილ მაგალითებიდან ჩანს. წვეროს გვირაბის ვარიანტი ხაზის მეტად რთულ განვითარებას მოითხოვს, გვერდით ველებში შესვლით. ძირის გვირაბის ვარიანტის დროს კი მისასვლელების ტრასირების ამოცანა ძალიან მარტივად არის გადაწყვეტილი.

რკინიგზის გვირაბის განლაგების სიმაღლის შერჩევისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ წვევის სახეც: ელექტროწვევის დროს მისასვლელების და თვით გვირაბის ქანობი შეიძლება მნიშვნელოვნად მეტი იყოს, ვიდრე ორთქლით წვევის შემთხვევაში, რაც ულელტეხილის უფრო მაღლა გადაკვეთის საშუალებას იძლევა. სწორედ ამ მდგომარეობაში საშუალება მისცა მშენებლებს ლეჩბერგის გვირაბის სიგრძე, რომელიც სკრის ბერნის ალპებს, შეემცირებინათ 19-დან 13 კმ-მდე. საფრანგეთსა და ესპანეთს შორის პირინეის სოფელქეტროწვევის მპორტის და პუიშორენსის გვირაბების მაღალი განლაგება უნდა მიეკუთვნოს უპირატესობას.

ჰიდრო-მეტეოროლოგიურსა და კლიმატურ პირობებს მნიშვნელობა აქვთ პირველ რიგში მუდმივი თოვლის ხაზის სიმაღლისა და ნალექების რაოდენობის თვალსაზრისით.

ზღვის დონედან მუდმივი თოვლის ხაზის სიმაღლე მსოფლიოს უმთავრეს ქედებისათვის შემდეგ სიდიდეებს შეადგენს:

ალპები	2000÷3000 მ
პირინეის სამხრეთი ფერდობი	. 2800 მ
პირინეის ჩრდილოეთი ფერდობი	. . . 2530 მ
კავკასიის ქედი—შუა ნაწილში	. 3190÷3320 მ
აშ შტატების კლდოვანი მთები .	. 3000÷4000 მ
კორდილიერები	. 4800÷5200 მ
ჰიმალაის მთები	. 5000÷6000 მ

წლიური ნალექების რაოდენობა დამოკიდებულია როგორც ადგილმდებარეობის სიმაღლეზე ზღვის დონედან, ისე გეოგრაფიულ განედზე და მთელ რიგ კლიმატურ პირობებზე.

მე-2 ცხრილში მოყვანილი მონაცემები ნათქვამის ერთგვარ სურათს იძლევა.

მუდმივი თოვლის სიმაღლეს და წლიური ნალექების რაოდენობას უმთავრესად მნიშვნელობა აქვთ მისასვლელი უბნების შესაძლო თოვლის ზევისაგან დაცვის თვალსაზრისით.

ასეთი დაცვის მიზნით ხშირად მიმართავენ სპეციალურ თოვლისაგან დასაცავ ფარდულებს-გალერეიებს, რომელთა აგება და ექსპლოატაცია მნიშვნელოვან ხარჯს მოითხოვს.

რაიონის მეტეოროლოგიური პირობების შესწავლისას აგრეთვე მხედველობაში უნდა მივიღოთ თოვლის ფენის საშუალო სიმაღლე და თანაფარდობა თოვლისა და წვიმის ნალექებს შორის. არა ნაკლებად საკულისხმიეროა ვიცოდეთ საშუალო წლიური და უმთავრესად საშუალო ზამთრის ტემპერატურები, გაბატონებული ქარის მიმართულება, ძალა და ტენიანობა.

გეოლოგიურ ფაქტორებიდან მისასვლელების აგებისა და ექსპლოატაციის პირობებზე დიდ გავლენას ახდენენ ფერდობების მდგრადობის ხარისხი, მეწყერის შესაძლებლობა, ქვის ჩამონგრევა, ჩამონაყარი და სხვა დეფორმაციები. აგრეთვე მხედველობაში უნდა მივიღოთ რაიონის გაყინულობის და სეისმური პირობები.

ცხრილი 2

ნალექების რაოდენობა შხოფლიოს უმთავრეს ქედებზე

ქედის დასახელება	მეტეოროლოგიური სადგურის სიმაღლე ზღვის დონედან მ-ში	წლიური ნალექების რაოდენობა მმ-ში
გლარნის ალპები .	2500	2448
ტიროლის ალპები	1500	2510
ალგეის ალპები .	1000	2500
ჩრდ. ამერიკის მთიანი რაიონები		
პაინტერ ლამარი (უაიშინგის შტატი) .	2000	300
ფრისკო (იუტას შტატი) .	2200	200
ლოა (იუტას შტატი) .	2100	170
ხა-ფრანცისკოდან სიერა-ნევადას მთებზე გადახვლისას		
კოლფაქსი . .	738	1245
ჟოდევორტი	1245	117
ემიგრანტი	1594	1359
ტროქი	1774	702
სუშიტი	2139	1219

გვირაბის მდებარეობის სიმაღლის ცვლილებასთან ერთად შეიძლება მკვეთრად შეიცვალოს მისი გაყვანის გეოლოგიური პირობებიც.

აგრეთვე გათვალისწინებული უნდა იყოს მთის ნიაღვრებით ლიანდაკის გარეცხვა და მოლამვა.

დაბოლოს, უნდა გვახსოვდეს, რომ ხაზის ძალიან მაღლა მდებარეობა (4000 მ-ზე მაღლა ზღვის დონედან) მგზავრებში ეგრეთწოდებულ მთის ავადმყოფობას იწვევს.

ეკონომიური მოსაზრებანი უმთავრესად მდგომარეობს საამშენებლო და საექსპლოატაციო ხარჯების შედარებაში. რაც უფრო მაღლა მდებარეობს გვირაბი, მით მოკლეა იგი, და, მაშასადამე, იაფიც. სამაგიეროდ იზრდება მისასვლელების აგების და საექსპლოატაციო ხარჯები.

ეკონომიურად მიზანშეწონილია ქედის გადაკვეთის ის სიმაღლე, რომლის დროსაც მიიღება უმცირესი საამშენებლო და წლიური საექსპლოატაციო ხარჯები. აგრეთვე გათვალისწინებული უნდა იყოს საექსპლოატაციო ხარჯების დინამიკა გზის მუშაობის ცალკეულ ეტაპებზე.

მაგრამ ჩვენს პირობებში არ შეგვიძლია ვიხელმძღვანელოთ შხოლოდ „სარგებლიანობის“ მოსაზრებებით. საექსპლოატაციო საზომების გაუარესება ხშირად იწვევს ისეთნაირ დანაკარგებს, რომელთა გამოსახვა მუდამ არ შეიძლება ფულადი ფორმით. ამიტომ გვირაბის მდებარეობის სიმაღლის საბოლოოდ და-

ნიშნა უნდა ეყრდნობოდეს არა მარტო ვარიანტების ეკონომიურ შედარებას არამედ ამათუიმ გადაწყვეტილების მიზანშეწონილობის სახელმწიფოებრივ შეფასებაზედაც შეძლებისდაგვარად სახალხო მეურნეობის ყველა ფაქტორის ნებდევლობაში მრღებით.

ევროპის მნიშვნელოვან სიგრძის გვირაბებს შორის ყველაზე მაღლა მდებარეობს გვირაბი იუნგფრაუ-იოხ, რომელიც გახსნილი იყო 1912 წ. შვეიცარიაში კბილოვან ელექტრულ გზაზე მეტრიანი ლიანდით. გვირაბის უმაღლესი ნიშნული ზღვის დონიდან არის 3422 მ; გვირაბის სიგრძე 7311 მ. მაგრამ ეს გვირაბი არ ეკუთვნის ულელტეხილის ტიპის გვირაბებს, რადგან მდებარეობს მთლიან აღმართზე, რომელიც მიმართულია მწვერვალ იუნგფრაუსაკენ ნიშნულით 4166 მ.

ნორმალური ლიანდის ულელტეხილის გზებზე, სიმაღლის მიხედვით, პირველი ადგილი უკავია ერთერთ გვირაბს სასონიეთში, რომლის შესავლის უმაღლესი ნიშნული სამხრეთის მხრიდან უდრის 1843 მ. მას მოსდევს 1929 წ გახსნილი გვირაბი პიუიმორენს პირენეებში სიგრძით 5118 მ. ნიშნულებით: 1563 მ სამხრეთ და 1428 ჩრდილოეთ პორტალებთან. შემდეგ მოდიან: გვირაბი ფარნაუ გერმანიაში სიგრძით 3170 მ და უნაღლესი ნიშნულით 1400 მ და გვირაბი ალბერგ ავსტრიაში სიგრძით 10270 მ, ნიშნულით 1392 მ ჩრდილოეთ პორტალებთან.

გვირაბები მნიშვნელოვნად მაღლა მდებარეობენ ამერიკის რკინიგზებზე, განსაკუთრებით სამხრეთ ამერიკაში. ეს აიხსნება, როგორც ზევით იყო აღნიშნული, მდინეი თოვლების უფრო ნაღალი ხაზით. მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ 1893 წ პერუში აგებული ვალერის გვირაბი, სიგრძით 2800 მ, რომელიც ჰკვეთს კორდილერებს 4768 მ სიმაღლეზე. მეორე გვირაბი სიგრძით 1173 მ, ირავე პერუს რკინიგზებზე კორდილერებს ჰკვეთს 4470 მ სიმაღლეზე. ამ გზების ექსპლოატაციის დროს განსაკუთრებით ძვალსაჩინოდ გამოიყოფა, დიდი სიმაღლეების მანეე ზეგაველენა მგზავრების ორგანიზმზე, რაც იწყვედა მთის ავადმყოფობის მასიურ ნოვლენებს.

ჩვენს დროში აშკარა უპირატესობა ენიჭება დაბლა განლაგებულ გვირაბებს. ასეთი მიდრეკილება ტარდება არა მარტო ასაშენებელ გზების მიმართ, არამედ მთელ რვ შემთხვევებში ექსპლოატაციაში მყოფ გზებზე; ქედის ღია გადაკვეთას ცვლიან გვირაბებით და მაღლა განლაგებულ გვირაბს დაბლა განლაგებულთ.

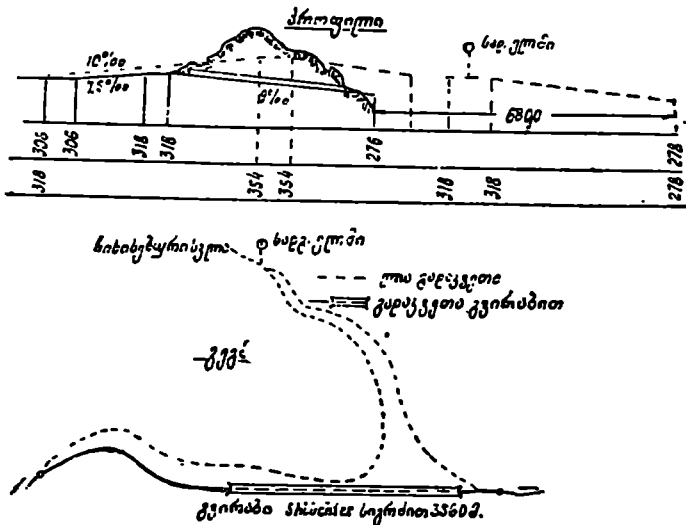
§ 5. ღია გადაკვეთის შეცვლა გვირაბით

ქედის ღია გადაკვეთის შეცვლა გვირაბით მოხდა 1886—1890 წლებში ჩვენს ერთ-ერთ რკინიგზაზე. გზის ულელტეხილის უზნის უმაღლესი ნიშნული 931 მეტრიდან 774 მეტრამდე შემცირდა, ქანობი კი—46%⁰⁰დან 29%⁰⁰მდე.

ღია გადაკვეთის ასეთივე შეცვლა გვირაბით, რომლის სიგრძეა 3500 მ, ჩატარდა გერმანიაში XX საუკუნის დასაწყისში ხაზზე ფრანკფურტი-მაინზე-ბე-ბრა (ნაკ. 29). ამის შედეგად ხაზი დადაბლდა 36 მეტრით, შემცირდა 6,8 კმ, მანძილით, და რაც მთავარია გააუქმეს უზანი ჩიხის შესასვლელებით.

ამერიკულ პრაქტიკიდან აღსანიშნავია შემდეგი სამი საშუალო.

1. 1892 წელს დიდმა ჩრდილოეთის რკინიგზამ გადააკვეთა კლდოვანი მთების კასკადის ქედი სტივენსის უღელტეხილში ღია ხაზით ნიშნულით 1237 მ



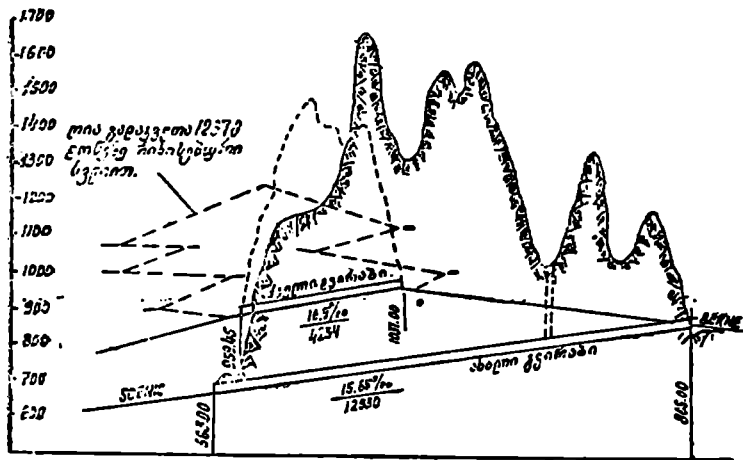
ნაკ. 29.

(სურ. 30). საუღელტეხილო უბანს ჰქონდა ჩიხბის შესასვლელი და ქანობი 40‰ . 1900 წელს ხაზი რეკონსტრუირებულ იქნა 4234 მ სიგრძის პირველი კასკადის გვირაბის აგებით, რომელიც მდებარეობს 959,45—1031 მ სიმაღლეზე. ამავე დროს უკუაგდეს ჩიხიანი შესასვლელი; მაქსიმალური ქანობი მისასვლელბთან 22‰ მდე შემსუბუქდა; ქანობი გვირაბში $16,9\text{‰}$ უდრიდა.

2. 1913—1916 წლებში კანადის—დიდი ოკეანის რკინიგზაზე როდჯერის უღელტეხილის, ნიშნულით 1310 მ, ღია გადაკვეთა შეცვლილ იქნა ორლიანდავიანი და ზღვის დონედან 1110 მ მდებარე როდჯერის გვირაბით სიგრძით 8050 მ. გვირაბით გადასვლამ უღელტეხილი დაადაბლა 200 მ-ით, რამაც საშუალება მისცა გაეუმჯობინათ გრძელი თოვლისაგან საცავი ფარდულები, და მასთან ერთად მნიშვნელოვნად შეაპყვირა 22‰ ქანობიანი უბანი.

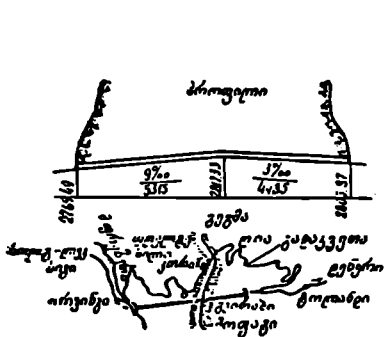
3. 1923—1927 წლებში კოლორადოს შტატის დენვერ-სოლტ-ლეკ სიტის რკინიგზის ხაზზე ააკეს მოფატის გვირაბი 9800 მ სიგრძის და უღელტეხილის წერტილის ნიშნულით 2817,33 მ (ნაკ. 31). გვირაბმა შესცვალა 1909 წელს აგებული კორონის უღელტეხილის ღია გადაკვეთა, რომლის ნიშნულია 3540 მ და ქანობი 40‰ -მდე აღწევს.

ქანობის შემსუბუქების გარდა საგვირაბო გადასასვლელმა მნიშვნელოვნად გააადვილა აქამდე საექსპლოატაციოდ ძნელი სამთო უბნები და დიდად შეამცირა მანძილი ღენვერსა და სოლტ-ლეკ სიტის შორის.

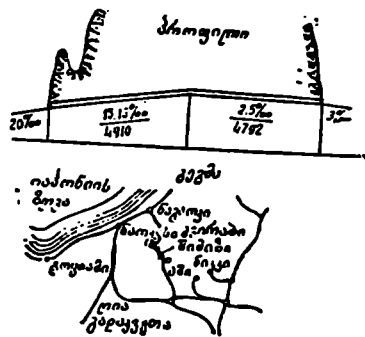


ნაკ. 30.

ასევე იაპონიაში 1924—1928 წლებში ტაკასაკი-ნაგოკას უბანზე უზუსტესად აღწერილი ლია ვადაკეთა შეკვლილ იქნა 9702 მ სიგრძის შიშის გვირა-



ნაკ. 31.



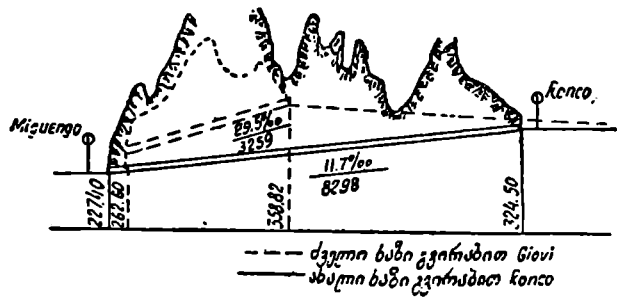
ნაკ. 32.

შით (ნაკ. 32). ამავე დროს კბილოვანი უბანი 66% ქანობით გაუქმდა; ახალი-ბაზის უდიდესი ქანობია 20%⁰; ხაზს მომსახურებას უწევს ელწვევა; მანძილი ტაკასაკიდან ნაგოკამდე შემცირდა 98 კმ-ით.

§ 6. მალა მდებარე გვირაბების შეცვლა დაბლა მდებარე გვირაბებით

კიდევ უფრო მრავალია მალა მდებარე გვირაბების შეცვლის შემთხვევები უფრო გრძელი და დაბლა მდებარე გვირაბებით. ქვემოთ მოყვანილი მაგალითები წარმოდგენას გვაძლევენ ხაზის ამგვარი რეკონსტრუქციის შესახებ.

1853 წელს იტალიაში ხაზზე გენუა-ტორტონა აგებულ იქნა 3259 მ სიგრძის უღელტეხილის გვირაბი ჯიოვი, $29,5\text{‰}$ კანობზე, რომლის უმაღლესი ნიშნული 358,82 მ.



ნაკ. 33.

1889 წელს უღელტეხილის ხაზი დაადაბლეს 8298 მ სიგრძის გვირაბის—რონკოს აგებით, რომელიც მდებარეობს $11,7\text{‰}$ კანობზე უმაღლესი წერტილის ნიშნულით 324,50 მ (ნაკ. 33).



ნაკ. 34.

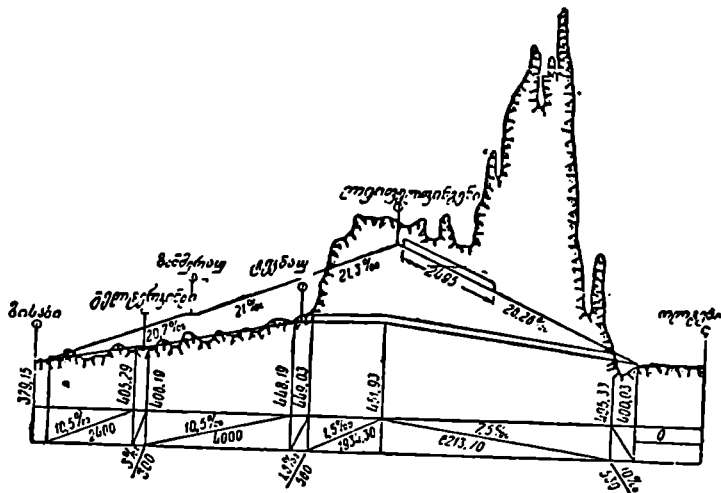
1920—1931 წლებში იტალიაში ბოლონია—ფლორენციის ხაზზე აგებულ იქნა ორლიანდაიან გვირაბებს შორის უდიდესი—დიდი აპენინის გვირაბი, რომლის სიგრძეა 18510 მ, ხოლო უმაღლესი წერტილის ნიშნული 322,46 მ (ნაკ. 34).

ამ გვირაბის აგებამდე ქელის გადაკვეთა განხორციელებული იყო 617 მ სიმაღლეზე მდებარე 2725 მ სიგრძის პრაჩიას გვირაბით.

შვეიცარიაში ბაზელ-ოლტენის ხაზზე 1857 წელს აგებული 2495 მ სიგრძის ხაუნსტეინ I გვირაბი უდიდესი ნიშნულის 561,80 მ 1915 წელს შესც-

ვალეს ხაუნესტინ II გვირაბით, რომლის სიგრძეა 8134 მ და ულელტეხილის წერტილი 451,93 მ (ნაკ. 35). ხაზის ასეთმა დადაბლებამ საშუალება მისცა შეემსუბუქებინათ უდიდესი ქანობი 26,3‰-დან 10,5‰-მდე.

1929 წ. აშშ-ში დაამთავრეს მეორე კასკადის გვირაბი სიგრძით 12530 მ, რომელიც კლდოვან მთების კასკადის ქედს ჰკეუთს 865 მ სიმაღლეზე. მან შესცვალა გაცილებით მაღლა მდებარე მცირე სიგრძის გვირაბი, რომლის შესახებ ზემოთ იყო მოხსენებული (ნახ. 30). გვირაბი ერთლიანდაგიანია და რკი-



ნაკ. 35.

ვიგზის გვირაბებს შორის უგრძესია ამერიკაში. გვირაბის მშენებლობასთან ერთად კვლევა-ძიება მიმდინარეობდა უფრო დაბალი ხაზების პროექტების შესადგენად და 1927 წ ასეთი 6 ვარიანტი წარმოადგინეს. სპეციალურმა კომისიამ შეარჩია უპოკლესი მთგანი 46,67 კმ სიგრძით და 366 მ უმაღლესი ნიშნულით. თუმცა გავიდა 20 წელზე მეტი, პროექტის განხორციელებას კი ჯერ არ შესდგომიან.

სხვა პროექტებიდან აღსანიშნავია 12849 მ სიგრძის მონ-სენის გვირაბის შეცვლის პროექტი გაცილებით დაბლა მდებარე 22200 მ სიგრძის გვირაბით. აქ ზღვრული 27,5‰ ქანობი 13‰-მდე მცირდება, ხოლო ულელტეხილის წერტილი ნიშნულით 1290 მ, დაბლდება 1070 მ-მდე.

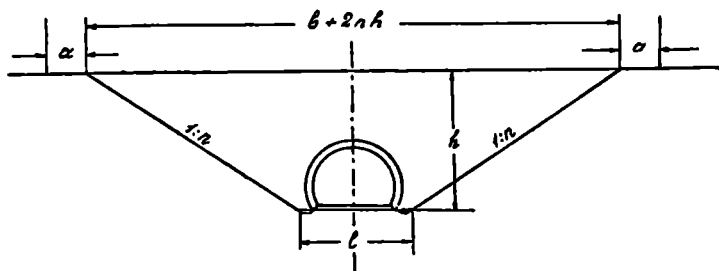
§ 7. გვირაბებში შესასვლელების განლაგება

იმის შემდეგ, როცა გადაწყდება საკითხი გვირაბის მდებარეობის სიმაღლის შესახებ გვირაბში შესასვლელების ზუსტად დანიშვნას ხშირად გვიყარნახებენ რელიეფი.

ასეთ მდგომარეობას ვხვდებით, როდესაც სარკინიგზო ხაზი მიდის მაღლობის ძირთან, რომელიც იწყება ციცაბო და მაღალი ფერდობებით, რაც სპობს მისასვლელი პრილების მოწყობის საჭიროებას. უმეტეს შემთხვევებში

კი, გასაქრულ მთის მასივს უფრო დამრეცი შუბლის ფერდობები აქვს და მათში შექრა კრილით იწყება, რომლის განსაზღვრული სიღრმის მიღწევის შემდეგ იწყება გვირაბი.

მისასვლელი კრილის ზღვრული სიღრმის საკითხის გადაწყვეტისას მხედველობაში უნდა იყოს მიღებული:



ნაკ. 36.

ა) კრილისა და გვირაბის გრძივი ერთეულის სააღმშენებლო ღირებულება;

ბ) კრილის ექსპლოატაციის პირობები მოძრაობის უშიშროების თვალსაზრისით.

კრილის და გვირაბის 1 გრძივი მეტრის სააღმშენებლო ღირებულების შედარება ხდება ფორმულით (ნაკ. 36).

$$(bh + nh^2)k_{\text{კ}} + (b + 2nh + 2a)k_{\text{გ}} = k_{\text{კ}} + ck_{\text{გ}},$$

სადაც: b —კრილის სიგანეა მეტრებში,

h —კრილის სიღრმეა მ-ში,

n —კრილის ფერდობების დახრის მაჩვენებელი,

$k_{\text{კ}}$ —კრილის 1 კუბ. მ. დამუშავების ღირებულება,

a —კრილის ბორცვიდან გზის მიერ გამოყოფილი ზოლის სიგანე მ-ში,

$k_{\text{გ}}$ —კრილისათვის გამოყოფილი 1 კვ. მ მიწის ღირებულება,

$k_{\text{გ}}$ —1 გრძ. მ გვირაბის აგების ღირებულება, პორტალების ღირებულების ჩათვლელად.

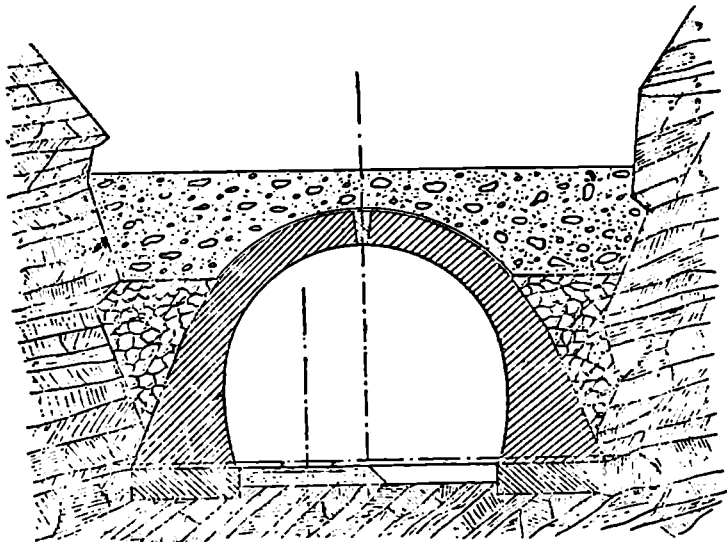
$k_{\text{გ}}$ —გვირაბის ზევით გამოყოფილი მიწის 1 კვ. მ ღირებულება,

c —გვირაბს ზევით განყოფილი ზოლის სიგანე, მ-ში.

ზოლის „ a “ სიგანის დანიშვნისას, რომელიც იზომება კრილის ბორცვიდან, გათვალისწინებული უნდა იყოს კავალიერები, წყალგადასაყვანი და თოვლისაგან დასაცავი მოწყობილობანი.

გამოსაყოფი მიწის ღირებულების გამოანგარიშებისას მხედველობაში უნდა იქონიოდ, რომ უბანი კრილის საზღვრებში სავსებით გამოუსადეგარია, ფართობი კი გვირაბის ზემოთ, გარდა შუბლის ფერდობისა, უმეტეს შემთხვევაში მთლიანად ან მისი მნიშვნელოვანი ნაწილი წინანდებულად გამოსადეგია. მაგრამ მთელ რიგ შემთხვევებში აუცილებელია გვირაბის ზევით ხენის აკრძალვა მასივის გაშრობის და წყალგადასაყვანი ნაგებობების მოწყობის მიზნით.

გეოლოგიური პირობების გავლენა იმუხხრივ გამოვლინდება, რომ მყარ კლდოვან ქანებში იზრდება კრილის კუბიკური ერთეულის დამუშავების ღირებულება, მაგრამ მასთან ერთად მცირდება სამუშაოთა მოცულობაც უფრო ციკაბო ფერდობების დაშვების გამო. საგვირაბო სამუშაოებისათვის კი მაგარი ყამირები უფრო ხელსაყრელია, ვინაიდან გამომუშავების კუბიკური ერთეულის ღირებულების გადიდება კომპენსირდება მუშაობის მეთოდის გამარტივებით და



ნაკ. 37.

დროებითი სამაგრის გაიაფებით. აგრეთვე ძლიერ მნიშვნელოვანია გამომუშავების და წყობის შემცირებაც განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც გამომუშავება შეიძლება დატოვებულ იქნას მუდმივი სამაგრის გარეშე.

რბილსა და მიწიან ყამირებში კრილის დამუშავება იაფია, მაგრამ იზრდება სამუშაოთა მოცულობა უფრო დამრეცი ფერდობების მოწყობით. გვირაბის გაყვანა კი იწვირდება და სამუშაოთა მოცულობა აგრეთვე იზრდება დროებითი სამაგრის გაძლიერებისა და უფრო მძლავრი სამაგრის გამოყენების გამო.

ამგვარად, საკითხის გადაწყვეტა შეიძლება ზემოთ ჩამოთვლილი ყველა ფაქტორის საკმაოდ რთული ურთიერთ შეხამებით.

ლიანდაგთა რიცხვის გავლენის შესახებ საჭიროა აღინიშნოს შემდეგი.

ორლიანდაგიან კრილში, ერთლიანდაგიანთან შედარებით, სამუშაოთა მოცულობის გადიდება ინტენსიურობა დამოკიდებულია კრილის სიღრმეზე. რაც მეტია კრილის სიღრმე, მით ნაკლებად შესამჩნევი ხდება მოცულობებს შორის შედარებითი განსხვავება. ეს გამომდინარეობს კრილის ძირითადი მოცულობის (ნაკ. 36) ფორმულიდან:

$$v = bh + nh^2,$$

სადაც მარჯვენა ნაწილის მეორე წვერი დამოკიდებული არ არის კრილის სი-
განეზე. მაგალითად, 10 მ სიღრმის ორლიანდაგიანი კრილის კვეთის ფართობი
ასეთივე სიღრმის ერთლიანდაგიანი კრილის კვეთის ფართზე 20%-ით მეტია.
20 მ სიღრმის დროს კი კვეთის ფართობის ზრდა სულ 11% შეადგენს.

გვირაბებში კი ერთ და ორლიანდაგიან პროფილებს შორის განსხვავება
სამუშაოთა მოცულობაში უფრო მუდმივია და დაახლოებით 60% შეადგენს.

ამგვარად, კრილის და გვირაბის ღირებულების შედარებისას ორლიანდა-
გიანი ხაზები უფრო ხელსაყრელია კრილებისათვის და მათი სიღრმე ამ შემთ-
ხვევაში უფრო მეტი შეგვიძლიან ავიღოთ ვიდრე ერთლიანდაგიანის შემთხვე-
ვაში.

კრილის სიღრმის ზღვრები, რომლის დროსაც მათი შედარება ღირებუ-
ლების მხრივ კიდევ შეიძლება გვირაბებთან 15—30 მ ფარგლებში მერყეობს.
კრილის გრძივი ერთეულის ღირებულება 15 მ-ზე ნაკლები სიღრმის დროს,
ჩვეულებრივ პირობებში, თითქმის ყოველთვის მუდამ გვირაბის იგივე გრძივ
ერთეულზე ნაკლებია; 30 მ-ზე მეტი სიღრმე კი მუდამ შებრუნებულ სურათს
გვაძლევს. ამიტომ ამ ორი ნაგებობის გამოთვლა და ღირებულებათა შედარება
სწორედ აღნიშნულ ფარგლებში უნდა ხდებოდეს.

მაგრამ, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, საკითხი მისასვლელი კრილის ზღვრუ-
ლი სიღრმის შესახებ არ სწყდება მხოლოდ ეკონომიური მოსაზრებებით. ღრმა
კრილი არახელსაყრელი გეოლოგიური პირობების დროს შეიძლება უკიდურესად
არასასურველი გახდეს ხაზის ექსპლოატაციის და მოძრაობის უშიშროების
უზოუნველყოფის თვალსაზრისით. ჩამონგრევების, მეწყერის და ფერდობების
სხვა დეფორმაციების შესაძლებლობამ შეიძლება შეამციროს მისასვლელი კრი-
ლის სიგრძე და უკვე მცირე სიღრმეების შემთხვევაში გადაწყვიტოს საკითხი
გვირაბის სასარგებლოდ.

მრავალი მაგალითის მოყვანა შეიძლება, როდესაც მისასვლელი კრილის
არახელსაყრელი გეოლოგიური პირობები დროთა ვითარებაში აიძულებდნენ
გვირაბების დაგრძელებას, მათი წამოწევით მისასვლელი კრილის ფარგლებში.
ასე, მაგალითად, ერთ-ერთი ორლიანდაგიანი გვირაბი კავკასიაში, აგებული
1882—1883 წწ., დასავლეთ მხრიდან დაგრძელებულ იქნა 90 მეტრით 1903 წელს
და 1931 წელს აღმოსავლეთიდან 89 მეტრით, მაშინ როდესაც მისი თავდა-
პირველი სიგრძე სულ 70 მ შეადგენდა. დასავლეთ მხრიდან დაგრძელება გა-
მოწვეული იყო შუბლის ფერდოს ჩამოცურებით, აღმოსავლეთ მხრიდან კი—
ნახევარკრილის ფერდოს ხშირი და დიდი ზომის ჩამონგრევებით, რომელიც
ტუფობრეკიებში არის გაკრილი.

კიდევ უფრო მრავალი შემთხვევა გვხვდება, როდესაც ღრმა კრილში,
მისი ექსპლოატაციის პროცესში ღია წესით აგებენ საგვირაბო ნაგებობას—
გალერეას (ნაქ. 37).

ასეთი ნაგებობები მრავლად გვხვდება ა/კავკასიის რკინიგზებზე სომ-
ხეთის ფარგლებში; ისინი იგრეთვე ხშირად გვხვდება ციმბირის მაგისტრალე-
ბის მთიან უბნებშიაც.

ზემოთ მოყვანილი მოსაზრებების გარდა გვირაბში შესასვლელი ადგილების შერჩევისას აგრეთვე მხედველობაში უნდა მივიღოთ შესასვლელი უბნების გეოლოგიური პირობები, გვირაბში შესასვლელების მახლობლად სააღმშენებლო მოედნების განლაგებისათვის საჭირო ადგილების თანაპოვნეობა, ყველა დამხმარე ნაგებობებით, მისასვლელი გზების მოწყობის შესაძლებლობა ან მოედნებთან, წყლით მომარაგებით უზრუნველყოფა, სილის, ხრეშის, ქვის კარიერების მახლობლობა. ამას გარდა გრძელი გვირაბებისათვის საგულისხმეოა გამომუშავებიდან გამოტანილი ყამირის დაყრის ადგილის შერჩევა.

_____.

თ ა ზ ი III

გ ვ ი რ ა ბ ე ზ ი ს ტ რ ა ს ი რ ე ბ ა

§ 8. წინასწარი შენიშვნები

ყველა გეოდეზიური სამუშაოები, რომლებიც დაკავშირებულია გვირაბის გაყვანასთან, სამ ძირითად ოპერაციად დაიყოფა:

ა) გვირაბის ღერძის მიმართულების და სიგრძის განსაზღვრა;

ბ) ამ ღერძის გადატანა გვირაბში,

გ) გამომუშავების გრძივი პროფილის და ვანივი კვეთების დაკვლევა.

პირველი ოპერაცია—საკუთრივ ტრასირება—ძიების ამოცანას შეადგენს, უკანასკნელი ორი ოპერაცია კი სრულდება გვირაბის დამუშავებისდა მიხედვით და მიჰყვება გამომუშავების წინსვლას.

გვირაბის გეოდეზიური სამუშაოები მეტად საპასუხისმგებლო და ძნელია, მასთან განსაკუთრებულ სიზუსტეს მოითხოვს. საგვირაბო საქმის პრაქტიკამ მრავალი შემთხვევა იცის, როდესაც პირველი შეხედვით ყველაზე უმნიშვნელო შეცდომები იწვევდნენ მეტად მძიმე შედეგებს: ნაგებობის საპროექტო გეგმის შეცვლას; დროის დაკარგვას, ზედმეტ ხარჯებს.

გვირაბის ტრასირების სიძნელის ხარისხზე გადაწყვეტი გავლენა აქვს შემდეგ ფაქტორებს:

ა) ადგილის რელიეფს, მიდგომას. გეოდეზიური სამუშაოების წარმოებისათვის, მცენარეულ ფენას;

ბ) გვირაბის მოხაზულობას გეგმაში—სწორხაზობრივი გვირაბები იკვალება ადვილად და მარტივად, ვიდრე მრუდხაზოვანი;

გ) გვირაბის სიგრძეს; გვირაბის ტრასირების სიძნელე იზრდება მისი სიგრძის ზრდასთან ერთად.

ამ ფაქტორებით და მათი ურთიერთშეერთებით ისაზღვრება გეოდეზიურ სამუშაოთა ის ხერხები, რომელთა გამოყენებაც მიზანშეწონილია ყოველ კერძო შემთხვევაში.

გვირაბის ღერძის შერჩევასთან დაკავშირებული საკითხების სწორად გადაწყვეტისათვის შესწავლილი უნდა იყოს რაიონის საერთო ტოპოგრაფია ჰორიზონტალუბში. ასეთი გეგმის გადაღება გეოდეზიის ჩვეულებრივი მეთოდებით ძნელად მისაწვდომ ადგილებში მეტად გართულებულია, ძვირია, ბევრ დროს მოითხოვს, ზოგჯერ კი შეუძლებელიც არის. ასეთ შემთხვევებში იყენებენ ფოტოგადაღებას, მასთან გეგმის შედგენისათვის სავალდებულო სურათებს გა-

დიღებენ როგორც თვითმფრინავიდან ან დირიჟაბლიდან (აერო-ფოტოგადაღება), ისე დედამიწიდანაც (ზედაპირული ფოტო-თეოდოლიტური გადაღება). სურათების სათანადო დამუშავების შედეგად მიიღება ჩვეულებრივი გეგმა ჰორიზონტალებში, რომლის სიზუსტე შეიძლება მეტად მაღალიც იყოს.

კარგ შედეგებს იძლევა ფოტოგადაღების და ჩვეულებრივი გეოდეზიის მეთოდთა შეერთება. ადგილზე აწარმოებენ დამახასიათებელი წერტილების გარკვეულ დანუსხვას, რომელთა მდებარეობა ზუსტად წესდება თეოდოლიტური გადაღებით. ამის შემდეგ აწარმოებენ საერთო საგეგმო ხედის აერო-ფოტო გადაღებას. ფოტოსაპროექციო აპარატის საშუალებით ასწორებენ აეროსაგეგმო ფოტოსურათის მასშტაბს. ჰორიზონტალების შემდგომი დანუსხვა ადგილზე ჩვეულებრივი ტაბოგრაფიული საშუალებით სრულდება.

ვარიანტების შესარჩევად აერო-ფოტოგადაღება საუცხოვო მასალებს გვაძლევს. თავისი სისწრაფით, უშიშროებით და სიიაფით ეს ხერხი ყველა უპირატესობით სარგებლობს ჩვეულებრივ გეოდეზიის მეთოდებთან შედარებით, მასთან ეს უპირატესობანი იზრდება ადგილის სირთულისა და მიუწევდომელობის მიხედვით.

კერძოდ, აერო-ფოტოგადაღება გამოიყენეს 1932 წელს არდონის ხეობაში კავკასიის საუღელტეხილო რკინიგზის კვლევის დროს.

აერო-ფოტოგრაფირების და ფოტო-თეოდოლიტური გადაღების მეთოდების დაწვრილებითი განმარტება სპეციალურ ლიტერატურაშია გაშუქებული; აქ კი შეეჩერდებით ჩვეულებრივი გეოდეზიის გზა-ხერხებზე, მასთან დაწვრილმანებას გვერდს აუხვევთ და მთავარ ყურადღებას მიექცევთ იმ თავისებურებას, რომლებიც თანსდევს მათ გამოყენებას საგვირაბო საქმეში.

ასრებობს გვირაბების ტრასირების შემდეგი ხერხები:

ა) ტრასირება უშუალოდ ნაგებობის ზემოთ; |

ბ) ტრასირება მასივის შემოვლით პოლიგონის საშუალებით;

გ) ტრასირება ტრიანგულაციის საშუალებით.

გვირაბის ტრასირების დამთავრების შემდეგ გადაღებულ უნდა იქნეს და წვრილებითი გეგმა ჰორიზონტალებში ნაგებობის მისასვლელი და შესასვლელი უბნების ფარგლებში. თუ კი გვირაბი ღრმად არ არის მოთავსებული, მაშინ გეგმა ვადილება მისი ღერძის გასწვრივ. დაწვრილებითი გეგმა აუკლებელია მთიანი და წყალგადასაყვანი არხების, ყამირის ჩამონგრევის ადგილების, სამუშაო მისასვლელი ლიანდაგების და მომავალი საამშენებლო მოედნის ყველა დროებითი ნაგებობის დასანუსხავად.

თუ სამუშაოთა ორგანიზაციის გეგმით გათვალისწინებულია შუალედური შახტების ან გვერდითი წოლხვრელების მოწყობა, მაშინ აგრეთვე საჭიროა ამ დამხმარე გამომუშავებათა გაყვანის ადგილების დაწვრილებითი გეგმის შედგენა ჰორიზონტალებში.

§ 9. ტრასირება უშუალოდ ნაგებობის ზემოთ

ეს ხერხი უმარტივესია და გამოიყენება გეგმაში არართული მოხაზულობის გვირაბებისათვის, რელიეფის ხელსაყრელი პირობების, ღია და ადვილად

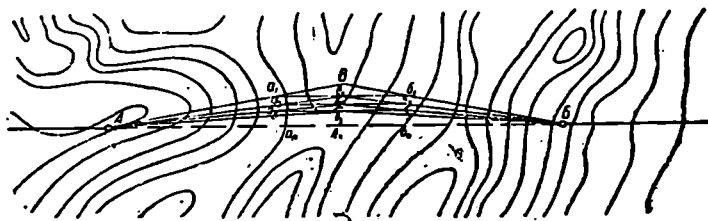
მისაწვდომი ადგილის შემთხვევაში, გვირაბის სიგრძე მნიშვნელოვანი შეიძლება იყოს.

შესაძლოა შეგვხვდეს ორი შემთხვევა:

- ა) გვირაბის ღერძი სწორხაზოვანია;
- ბ) გვირაბის ღერძი მრუდხაზოვანია.

1. გვირაბის სწორხაზოვანი ღერძის დაკვალვა.

ნაკ. 38. A და B წერტილებში დანიშნულია შესასვლელები გვირაბში (ნაკ. 38); საჭიროა მისი სწორხაზოვანი ღერძის ტრასირება. ამოცანა ხაზის ჩეულებრივ



ნაკ. 38.

გაყვანაზე დაიყვანება, რისთვისაც საკმარისია გექონდეს სამი სარკე, გვირაბის მნიშვნელოვანი სიგრძის დროს კი ღურბინდი ან თეოდოლიტი.

ტრასის გამყვანი დგება B წერტილში ულელტეხილზე ისე, რომ შეიძლება ბოლეს გვირაბში შესასვლელი ორთავე A და B წერტილის დანახვა.

A და B წერტილებში იდგმება კარგად შესამჩნევი ნიშნები. შემდეგ ტრასის გამყვანი ათისთავეებს აგზაენის ურთიერთ თვალსაჩინო a_1 და b_1 წერტილებში BA და BB ხაზებზე. ათისთავეები მობრუნდებიან პირისპირ, მიუთითებენ ტრასის გამყვანის დგომის ადგილზე (a_1 წერტილი) ისე, რომ იგი იყოს a_1, b_1 ხაზზე და ამავე დროს არ ჰკარგავდეს ნიშნებს A და B წერტილებში. ასევე ათისთავეები გადადიან a_2 და b_2 წერტილებში, ტრასის გამყვანი კი a_2 წერტილში და ა. შ. მანამდე, სანამ სამთავე არ დადგება ერთ $Aa_n Bn Bn$ სწორხაზზე, რომელიც ძვეს გვირაბის ღერძის ზემოთ.

A და B წერტილებში იდგმება სიგნალები საკმაო სიმაღლის, 5—10 მ და ზეტი, ანძების სახით, რაც დამოკიდებულია გვირაბის სიგრძეზე. შემდეგ ამ სიგნალებს სცვლიან საეიზირო მუდმივი ტიპის ნიშნებით, ამიტომ დროებითი სიგნალები არ იდგმება ზუსტად გვირაბში შესასვლელ წერტილებში, არაჰედ 25—50 მ დაშორებით, რომ გვირაბის დამუშავებისას ისინი დაბრკოლებებს არ ქმნიდნენ.

საკმაო სიგრძის გვირაბის შემთხვევაში, როცა ულელტეხილიდან ძნელდება შესასვლელი სიგნალების შემჩნევა, ულელტეხილზე უნდა მოეწყოს საკეიპი-ლური კოშკურა, რომელსაც ობსერვატორიას უწოდებენ; იგი შეიძლება იყოს ხისა და ჰქონდეს ძლიერი თეოდოლიტი, რომლის საშუალებითაც წარმოებს ტრასირება. ობსერვატორია უნდა მდებარეობდეს შეძლებისდაგვარად თვით გვირაბის ღერძზე ან ცოტათი გვერდზე. ამას აღწევნ წინასწარი ტრასირებით

თეოდოლიტის საშუალებით, მასთან სარგებლობენ გვირაბის ლერძის მიმართულების აზიმუტით.

რელიეფის პირობების გამო შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ უღელტეხილიდან არა ჩანს გვირაბში შესასვლელი წერტილები. მაშინ მიმართავენ ვიზირებას პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით, როგორც ეს ჩანს 39 ნაკვეთიდან. სწორლერძიანი, განსაკუთრებით გრძელი გვირაბებში შემთხვევაში, რომელიც იტრასება აღწე.

რილი წესით, წარმატებით იყენებენ ტელეფონს, ამ უკანასკნელ დროს კი მოკლე ტალიანი რადიოკავშირს.



ნაკ. 39.

2. გვირაბის

მრუდხაზობრივი ლერძის ტრასირება.

გვირაბის მრუდზე მდებარეობისას მისი ლერძის ტრასირებისათვის იყენებენ ან მხებთა მრავალკუთხედის, ან თანმიმდევრობითი კორდების ხერხს.

მხებთა მრავალკუთხედის ხერხის გამოყენებისას წინასწარ გვირაბის ტრასის გადიტანენ გეგმაზე ჰორიზონტალებში და განსაზღვრავენ მრუდის რადიუსს. შემდეგ მრუდს დაყოფენ ცალკეულ რკალებად ისეთნაირად, რომ შათი შესაბამისი ცენტრალური კუთხეები მოსახერხებელი იყოს მრავალკუთხედის ასაგებად.

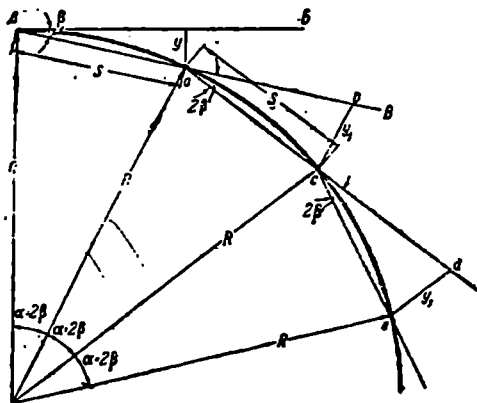
მრავალკუთხედს აგებენ მისი გვერდების, როგორც მრუდის ცალკე უბნების ტანგენტის ხაზების გატარებით..

მხებებიდან მრუდზე წერტილთა გატანა გეოდეზიის ჩვეულებრივი ხერხებით წარმოელს, მასთან იყენებენ კოორდინატებს;

$$x = R \cdot \sin \alpha; z$$

$$y = R \cdot (1 - \cos \alpha).$$

ცალკეულ წერტილთა მდებარეობა. ერთიმეორეზე და მოუკიდებლივ განისაზღვრება ისე, რომ შეცდომა ერთი



ნაკ. 40.

წერტილის განსაზღვრისას გავლენას არ ახდენს შემდეგ წერტილთა სიზუსტე. დიდი რადიუსების და კუთხეების შემთხვევაში მრუდი გამოდის ძლიერ ჩნიშვნილოვანი სიგრძის, მრუდის შუასთან ახლო. მდებარე წერტილთა გამოსატანად საჭიროა ავმართოთ ძლიერ დიდი მართობები, რომელთა შემთხვევაში მოსალოდნელია დიდი შეცდომები. ამის თავიდან ასაცილებლად მრუდის დაყოფას

აწარმოებენ ნაწილებად: კუთხის სიდიდეს არჩევენ ისეთნაირად, რომ მოცემულ რადიუსის შემთხვევაში მრუდის სიგრძე იყოს 50, 100 მ და ა. შ. გეოდეზიის კურსში მოცემულია კუთხეების და ბისექტრისების ცხრილები 50 და 100 მ სიგრძის მრუდისათვის სხვადასხვა რადიუსის შემთხვევაში. ეს ცხრილები ძლიერ მოსახერხებელია გამოსაყენებლად და მკვლევარს თავიდან აცილებენ ბევრ ანგარიშს.

მნებთა მრავალკუთხედის წესით ხშირად სარგებლობენ მისი სიმარტივისა და საკმარისი სიზუსტის გამო. ხშირად ამ ხერხს იყენებენ მარყუქული გვირაბების ტრასირების დროსაც.

აღწერილი ხერხის გამოყენება ძნელდება ან შეუძლებელი ხდება გადაკვეთილი რელიეფის მეტად შეზღუდულ პირობებში. ამ შემთხვევაში იყენებენ თანმიმდევრობით (გაგრძელებული) ქორდების ხერხს.

თეოდოლიტს დააყენებენ A ტანგენსზე (ნაკ. 40), აიღებენ მიმართულებას AB მხების გაშლაზე. ამავე A წერტილიდან მოზომავენ ნებისმიერი S სიგრძის Aa ქორდას AB მკვეთის მიმართულებით. ამისათვის სარგებლობენ გეომეტრიიდან ცნობილი წესით: კუთხე $BAE = \beta$ მკვეთსა და მხებს შორის მოცემული Aa ქორდის შესაბამისი ცენტრალური კუთხის ნახევარს უღრის.

Aa ქორდის სიგრძეს ნებისმიერად შეარჩევენ: 5, 10, 20, 30 მ და ა. შ., რაც დამოკიდებულია იმ რადიუსზე, რომლითაც აღიწერება გვირაბის ღერძი, და იმ ზოლის სიგანეზე, რომლის გადაღებაც მოსახერხებელია. ცხრილებით ან გამოთვლით პოულობენ ნებისმიერი სიგრძის და რადიუსის რკალისათვის ცენტრალურ α კუთხეს და მოზომავენ ამ კუთხის ნახევარს, ე. ი. β -ს. ნახაზიდან ჩანს, რომ

$$y = \frac{S^2}{2R}.$$

ამის შემდეგ AB მიმართულებით მოზომავენ მანძილს

$$ab = S = Aa$$

და აღნიშნავენ b წერტილს; ნახაზიდან ჩანს, რომ

$$y_1 = \frac{S^2}{R} = 2y.$$

ამავე დროს კუთხე:

$$\beta = \frac{S \cdot 180}{2\pi R} = 103137,5 \frac{S}{R} \text{ წამი.}$$

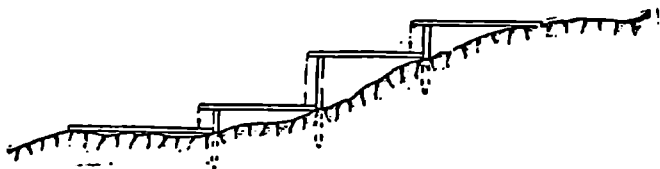
ფოლადის საზომის დაყოფათასათავეს a წერტილთან ათავსებენ და S რადიუსით მიწაზე შემოხაზავენ ერთგვარ რკალს. შემდეგ ამავე წესით b წერტილიდან y_1 რადიუსით შემოხაზავენ მეორე რკალს პირველთან გადაკვეთამდე. რკალთა გადაკვეთა მოგვეცემს საძიებელ c წერტილს მრუდზე.

ამგვარადვე პოულობენ შემდეგ e წერტილს და ა. შ. კონტროლისათვის აწარმოებენ მეორე დაყოფას, მასთან ისევე A წერტილიდან იწყებენ და მეორე

ს, ქორდით სარგებლობენ. ამ დროს საჭიროა, რომ ცნობილი შუალედების შემდეგ მრუდის წერტილები ამ ორ დანაყოფზე თანხედებოდეს, ე. ი. მრუდის გარკვეულ სიგრძეში ორთავე დანაყოფის ჯერადი რიცხვი ხვდებოდეს.!

ამ ხერხში აუცილებელია შეცდომათა დაგროვება, რადგან წერტილები ერთიგორის საშუალებით მოიძებნება, და ერთი მათგანის განსაზღვრისას მიღებული შეცდომები გადაეცემა ყველა მომდევნო წერტილებს. ამის თავიდან აცილების მიზნით მრუდის თითოეულ წერტილისათვის ქორდა ცალკე მოიზომება საწყის A წერტილიდან, და ახალი წერტილების მდებარეობა წინაღ დანიშნულ წერტილებზე დამოუკიდებლივ მოიძებნება. ასეთი ხერხის სიძნელე და სიწველე გამოისყიდება მისი დიდი სიზუსტით.

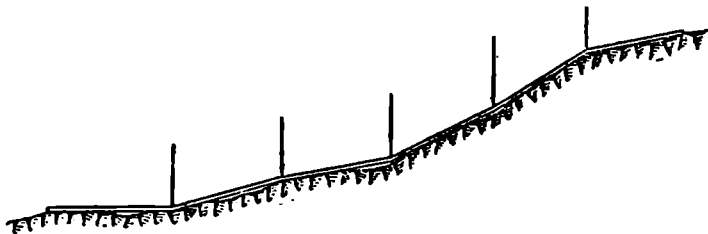
ამ ხერხის დროს ცხრილების გამოყენება (მაგალითად, ფეოდოროვის ცხრილებით სარგებლობა), რომლებიც გვაძლევენ y გადაადგილებათა და მობრუნების β კუთხეთა მზა სიდიდეებს სხვადასხვა რადიუსისა და ქორდისათვის, არსებითად აადვილებს და აჩქარებს მუშაობას.



ნაკ. 41.

3. გვირაბის სიგრძის განსაზღვრა

განმარტებული წესით ტრასირებული გვირაბის სიგრძის განსაზღვრა დასახული ღერძის. ჰორიზონტალური გეგმილის გაზომვით წარმოებს დედამიწის ზედაპირზე. ამისათვის გამოიყენება ფიცარნაგი, რომლის ცალკეული ნაწილები



ნაკ. 42.

ჰორიზონტალურ საფეხურებად არის დაწყობილი (ნაკ. 41). ასეთ ფიცარნაგზე გაზომვისას წერტილების გადატანა საფეხურიდან საფეხურზე შეველის საშუალებით წარმოებს. ეს ხერხი საკმარისად ზუსტ შედეგებს იძლევა, მაგრამ ზოროზობია და ძვირი. ამიტომ ხშირად ფიცარნაგს უშუალოდ დედამიწაზე იგებენ ისე, რომ ცალკე მონაკვეთები ახლო მიჰყვებოდნენ ზედაპირის უსწორმასწო-

რობას (ნაკ. 42). ამ დროს ფიცრებს ლურსმნებით დააკრამენ მიწაში ჩასობილ პალოგებზე.

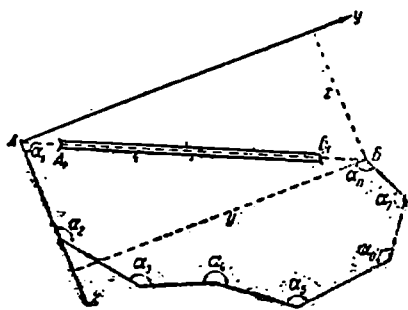
ფიცარნაგზე გადატეხვის წერტილებს შორის მანძილების გაზომვით და მათი სიმძლევების ნიველირებით განსაზღვრის შემდეგ, გამოითვლიან გაზომილი მანძილების ჰორიზონტალურ დაფუძნას. ცხადია, რომ ამ მანძილთა ჯამი შეადგენს გვირაბის ღერძის სიგრძეს, დაგეგმილს ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე. ყველა გაზომვა სამჯერ მაინც უნდა ჩატარდეს და თან დიდი სიზუსტით.

ღერძის გაზომვისას ჩატარებული ნიველობა შეიძლება გამოყენებულ იქნას გვირაბის ზემოთ მალლობის გრძივი პროფილის მისაღებად და გვირაბში შესასვლელების ნიშნულების განსაზღვრისათვის. საჭიროა მხოლოდ, რომ ნიველობა ჩატარდეს ორმაგი ჩაკეტილი სვლით.

§ 10. ტრასირება მახვიის შემოვლით პოლიგონის საშუალებით

ძნელ და მიუდგომელ რელიეფის შემთხვევაში იზრდება შეცდომების შესაძლებლობა გვირაბის სატრასო ღერძის მიმართულების განსაზღვრის დროს. ამ შემთხვევებში, ვსარგებლობთ რა პოლიგონის მეოთხით, სამუშაოები გადა-

გვაქვს გვერდით—ადგილებში, სადაც მეტი საშუალება გვაქვს გეოდეზიური გადაღების ჩასატარებლად. თუ რაიონის რელიეფი ამის საშუალებას გვაძლევს, შეიძლება დაიკვალოს მეორე პოლიგონი და ამით ჩაკეტოს პირველი. მაგრამ მეტად გადაკვეთილ ადგილში მეორე პოლიგონის დაკვალვა ხშირად მოითხოვს დიდ გადახრას გვერდით, და ამას ერიდებიან. ამ შემთხვევაში პოლიგონი ღიაა, რადგან მისი ჩამკეტი გვერდია გვირაბის ღერძი.



ნაკ. 43.

პოლიგონის საწყისი და საბოლოო გვერდები უნდა ეხებოდეს გვირაბის შესასვლელებში სატრასო ღერძის წერტილებს.

ადგილზე პოლიგონის წეროების დანიშნით და რაიმე ნიშნებით მათი დამაგრების შემდეგ, გაზომვენ კუთხეებსა და გვერდებს. სავლე სამუშაოების დამთავრების შემდეგ პოლიგონი გადააქვთ ქალაღზე. ამ მიზნით იყენებენ გეოდეზიაში კარგა ცნობილ სწორხაზობრივ კოორდინატთა სისტემას. აბსცისთა ღერძს მიმართავენ მერიდიანზე პლუსით ჩრდილოეთისაკენ, მის პერპენდიკულარულად გაატარებენ ორდინატთა ღერძს პლუსით აღმოსავლეთისაკენ— მოხერხებულობისათვის ზოგჯერ აბსცისთა ღერძს მიმართავენ პოლიგონის ერთ-ერთი გვერდის გასწვრივ, ხშირად მისი პირველი გვერდის გასწვრივ, რომელიც ეხება გვირაბში შესასვლელს. შემდეგ გამოითვლიან პოლიგონის თითოეული წვეროს კოორდინატებს (ნაკ. 43). როცა გვაქვს პოლიგონის უკანასკნელი წერ-

ტილის x და y კოორდინატები, განსაზღვრავენ გვირაბის ღერძსა და პოლიგონის პირველ გვერდს შორის შექმნილ α_1 კუთხის ტანგენსს:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{y}{x},$$

და პოულობენ თვით α_1 კუთხის სიდიდეს. უცნობად გვრჩება გვირაბის ღერძსა და პოლიგონის უკანასკნელ გვერდს შორის შექმნილი α_n კუთხე. მისი პოვნა ადვილია პოლიგონის შიგა კუთხეთა ჯამიდან.

$$\sum \alpha = 180^\circ(n-2),$$

მისი ყველა ცნობილი კუთხეების ჯამის გამოკლებით.

როცა გვაქვს α_1 და α_n კუთხეები აწარმოებენ საგდულთა ჩალაგებას იარაღის საშუალებით და მიმართავენ გვირაბის ღერძს. :

პოლიგონის ჩამკეტი გვერდის სიგრძე სწორკუთხა სამკუთხედის ჰიპოტენუსად განისაზღვრება:

$$AB = \sqrt{x^2 + y^2}$$

ამის შემდეგ ადვილი საპოვნელია გვირაბის A_1B_1 სიგრძე, რისთვისაც AB სიგრძეს უნდა გამოვაკლოთ AA_1 და BB_1 მონაკვეთები, რომლებიც იმავე სწორზე მდებარეობენ.

პოლიგონის გადაღებისას დიდი სიზუსტეა საჭირო, განსაკუთრებით იმ შემთხვევებში, როდესაც პოლიგონი გვირაბის გათხრამდე ჩაუყეტავია და მისი შენეწმება შეუძლებელია. გულმოდგინე მუშაობის გარდა გადაღების სიზუსტეს ადიდებენ პოლიგონის გვერდებისა და კუთხეების მრავალჯერადი, განმეორებითი გაზომვით. რაც ნაკლებია პოლიგონის გვერდთა რიცხვი, მით ნაკლები ცდომილება უნდა იყოს გადაღების დროს. მაგრამ გვერდთა რიცხვის შემცირება მათი სიგრძის გადარებას იწვევს. რაც მხოლოდ გარკვეულ ზღვრამდეა დასაშვები, რადგან გრძელი გვერდების გაზომვისას დიდდება ცდომილება განივ გადახრაზე. მეტად მიზანშეწონილად თვლიან გვერდის სიგრძეს არა უგრძესს 300 მ-ზე, მასთან გაზომვისას ხაზი უნდა დაისარყოს ყოველ 50 მ შემდეგ. პოლიგონის თითოეული გვერდი ოთხჯერ მაინც უნდა გაიზომოს თანმიმდევრობით შოპირდაპირე მიმართულებით. ზოგჯერ გაზომვას მ-ჯერ და მეტჯერ აწარმოებენ. ცდომილება, როცა გაზომვას ლენტით აწარმოებენ, მერყეობს გაზომილი სიგრძის 0,0005—0,001 ზღვრებში. კუთხეთა გაზომვა მ-ჯერ მაინც უნდა წარმოებდეს, ზოგჯერ კი 16-ჯერ. ამ დროს იზომება როგორც პოლიგონის შიგა კუთხეები, ისე დამატებითიც 360°-მდე. კუთხეების თეოლოლიტით გაზომვის საშუალო ცდომილება 20—30" ზღვრებში მერყეობს.

საუკეთესო გარანტიას შესაძლო შეცდომებისაგან წარმოადგენს ორი ან რამდენიმე პოლიგონის დაკვალვა. ამ დროს ხშირად საწყისი და საბოლოო გვერდები საერთოა ყველა პოლიგონისათვის, რითიც საშუალება გვძლევს α_1 და α_n კუთხეთა სიდიდეების შედარებით გამოვსაშკაროთ შესაძლო განსხვავებანი. როდესაც ეს გვერდები არ თანხედებიან, მაშინ პოლიგონების შემოწმების სიზუსტე მოწმდება მათი ჩაკეტვით.

§ 11. ტრასირება ტრიანგულაციის საშუალებით

ძნელად მისაწვდომ ადგილებში, როდესაც გვირახს აქვს საკმარისი სიგრძე, ან მთელი რიგი მოკლე გვირახების ჯგუფი განლაგებულია ერთიმეორის მახლობლად. ზემოთ განმარტებული ტრასირების ხერხები უკვე საკმარისად ზუსტი არ არის. ამ შემთხვევებში მიმართავენ ტრიგონომეტრიულ საშუალებებს სპეციალური საგვირაბო ტრიანგულაციის სახით. გავისენეთ, რომ ყოველგვარი ტრიანგულაცია სამკუთხედთა განუწყვეტელ ქსელს წარმოადგენს, რომელშიაც უშუალო გაზომვით განსაზღვრავენ კუთხეებს და მხოლოდ ერთ რომელიმე გვერდს. ქსელის დანარჩენი სამკუთხედების გიერდების სიგრძეები ტრიგონომეტრიული გამოთვლებით განისაზღვრება. ამგვარად, ტრიანგულაციაში გრძელი ხაზების გაზომვა ადგილზე შეცვლილია კუთხეების უფრო ზუსტი გაზომვით და ტრიგონომეტრიული გამოთვლებით. გვირახის სატრასო ღერძი ჩაირთვება ქსელის ელემენტების სისტემაში და განისაზღვრება როგორც სიგრძით, ისე მიმართულებით.

ნატურაზე სატრიანგულაციო ქსელის პუნქტების დანიშვნას წინუსწორებს რელიეფის შესწავლა რუკაზე და ადგილის დათვალიერება.

სამკუთხედების გვერდების გამოთვლისათვის ერთ-ერთი მათგანის—ფუძის ანუ ბაზისის—ზუსტი სიგრძე უნდა ვიცოდეთ. რადგან ბაზისის სიგრძე უშუალო გაზომვით განისაზღვრება და დიდი სიზუსტით უნდა იქნეს განსაზღვრული, ამიტომ მისი დაკვალვისათვის და გაზომვისათვის მოსახერხებელი სწორი (ვაკე) ადგილი უნდა გვექონდეს. მთიანი რელიეფის პირობებში ასეთი ადგილი მუდამ როდი მოიძებნება სატრასო გვირახის მახლობლად. ბაზისის დაკვალვა გვიხდება გვირახის გვერდით. გადასვლა ბაზისიდან გვირახის ქსელზე საგანგებო დამხმარე სამკუთხედთა სისტემით წარჩობს; ამ ქსელს საბაზისო ქსელი ეწოდება.

წრიული ბაიკალის გვირახთა ურეტესობის ტრასირება, რომლებიც სკრიან თითქმის მიუწვდომელ ადგილებს და რთული მოხაზულობა აქვთ გეგმაში, სატრიანგულაციო ქსელით წარმოებდა, რომელიც იკვალებოდა ტბა ბაიკალის ყინულზე.

ადგილის მძლავრმა გადაკვეთილობამ და გვირახის მახლობლად სწორი (ვაკე) მოედნის უქონლობამ შეიძლება სრულიად მოსპოს ბაზისის უშუალო გაზომვის საშუალება. ასეთ შემთხვევებში მისი სიგრძის განსაზღვრისათვის მიმართავენ სპეციალურ პოლიგონურ სელას.

საგვირაბო ტრიანგულაციის ბაზისის სიგრძე გაცილებით მცირეა, ვიდრე ეს მიღებულია II, III და IV კლასის სახელმწიფო სატრიანგულაციო ქსელებში. ეს სიგრძე უნდა ესაბამებოდეს გვირახის ქსელის სამკუთხედის გვერდების ზომებს. რაც უფრო უახლოვდება ბაზისის სიგრძე ამ სამკუთხედების გვერდთა სიგრძეს, მით ნაკლებია ცდომილებები. საგვირაბო ტრიანგულაციის მაგალითები გვჩვენებს ბაზისის სიგრძის მერყეობას 400 მ-დან რამდენიმე კილომეტრამდე. გრძელი გვირახების დროს მეორე საკონტროლო ბაზისია საჭირო, თუ ამის ნებას იძლევა ადგილის რელიეფი.

ბაზისის სიგრძის გაზომვას ხშირად აწარმოებენ სტრუვეს მეთოდით—ხის კვერთხით დაკიმულ თასმაზე. უფრო ზუსტი და მასთან ერთად უფრო სწრაფი

შეთოდი იედერანისა იმ ნაკლავანებით ხასიათდება, რომ ეტალონირებისათვის საპიროა 2^ე მ სიგრძის განსაკუთრებული კომპარატორის აგება ადგილზე.

საგვირაბო ქსელის დაკვალივს, თუ ეს მოახერხებელია, საელენოტო ტრიანგულაციის II, III და IV კლასის ქსელით სარგებლობენ, მასთან ამ ქსელის გამოყენებას ხარისხი ყოველ კერძო შემთხვევაში სხვადასხვაა, რაც დამოკიდებულია ნაელ რაც აღილობრივ პირობებზე. შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ სრულად საქირია არ თუას ბაზისის გამოკე, მისი სახელმწიფო ტრიანგულაციის ალბათ. ასე იყო, მაგალითად, 1950 მ სიგრძის სინპლანის გვირაბის ტრიანგულაციის სადაც სამეუთხეების ქსელა ჩაბთულა იყო შევიტარის სახელმწიფო ტრიანგულაციის არსებულ ქსელში. ასე ე იყო 14605 მ სიგრძის ღვინველი გვირაბის ტრიანგულაციის დროსაც.

იძლება აკრუთე აღმოჩნდეს, რომ საქირია არ იქნეს სამეუთხეების ნაღიასი ქსელი მთელი გვირაბის განწვრივ, არამედ საქირიასა სატრიანგულაციო სამეუთხეების ჩატარება მხოლოდ გვირაბში შესასვლელთან. ასეთ მაგალითს იძლევა 5355 მ სიგრძის ალბელას ვერო ლიანდიანი გვირაბის ტრიასირება სვეიცარიანი.

პრაქტიკანი უფრო ხელსაყრელად ითვლება ტოლგერდა სამეუთხედები, მაგრამ რადგან ეს ყოველთვის შესაძლებელი არ არის, ამიტომ მისდევენ წესს, რომ ის გვერდები, რომლებიც შემდეგ შევლენ გაანგარაშებაში, შეძლებისდაგვარად ერთნაირა სიგრძისა იყვნენ და დამაკავშირებელი კლბიები არ იყვნენ 4^ე მზე მკირე. მხოლოდ გაშინაკლის შემთხვევებში დაუშვებენ 30° კუთხეებს და არაეჭვარ შემთხვევაში ამაზე ნაკლებს.

დიდა სამეუთხედები მიკირებე ხელსაყრელია, რადგან ამ შემთხვევაში მკირდება საველ სამეუთხეები და კამერალური უპრობლები. ამას გარდა, დიდი სამეუთხედების შემთხვევაში მათი როდენობა ნაკლებულ დართობზე ნაკლებია, რაც ზრდის საბოლოო შედეგების სისუსტეს. გამოთვლილი გვერდის ცდომილება იზრდება ბისიიდან ამ გვერდის გაბოკოუი სამეუთხედთა რიცხვის კვადრატული ტესვის პროპორციულად. შესრულებულ საგვირაბო ტრიანგულაციებში სამეუთხედების გვერდების სიგრძე ნერყეობს 30 მ-დან რამდენიმე კილომეტრამდე.

უკეთესი ხელვისათვის საეიზირო ხანება რაც შეიძლება მაღლა უნდა გადროდნენ დედაბიის ზედაპირიდან, მასთან მბედველობაში უნდა ვაქონიოთ, რომ ატმოფეროს ქვედა ფენები მკლად გაყვანილია წყლის ორთქლით და მტერიოთ. ამ მიზნით იარაღის დაყენების პუნქტები ადგილის მაღალ წერტებაში იაინება, რაც მოახერხებელი არის, აკრუთე. დაკვრვებებისათვის.

ადკლზე შეკრჩული წერტილები საგანგებო ნიშნებით მაგრდება—ცენტრებიო და სიგნალიზიო. ცენტრები მოეყუბა ტრიგონომეტრიული პუნქტის დიდისნით შენარჩუნებისათვის. ყოველი ცენტრი შესდგება ორი ნაწილსაგან: გარეთა, რომელიც მიწის დონეზეა მოწყობილი, და შიწისქვეშა (საიდუმლო), რომელიც პირველის ქვემოთ კეთდება, მასთან ყაშირის გაყინვის დონის ქვემოთ.

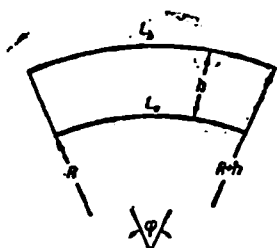
სიგნალები ორი ტიპისა კეთდება: ჩვეულებრივი ხის ცალმაგი პირაპიდის სახით, როდესაც დაკვირვებანი მიწიდან წარმოებ, და ობსერვატორიის ან

კოშკის სახით (ქვის ან ხისა), რაც საშუალებას იძლევა იარაღის მიწის ზემოთ მალა დაყენებისათვის.

აღნიშნული ნიშნებზე მოწყობის პრინციპები და მათი კონსტრუქცია, გეოდეზიის კურსშია განმარტებული.

კუთხეების გასაზომად შეიძლება ჩვეულებრივი ტიპის თეოდოლიტების გამოყენება, მაგრამ უფრო საპასუხისმგებლო შემთხვევებში, როცა საქმე გვაქვს გრძელ გვირაბებთან, უფრო სრულყოფილ იარაღებს იყენებენ, რომელთა ღირსება შემოწმებულია მრავალ სამუშაოზე ჩვენში და საზღვარგარეთ. ასეთებია მოსკოვის ქარხნის „გეოფიზიკა“ იარაღები, საზღვარგარეთულიდან — თეოდოლიტი № 1 კარლ ცეისის(იენა) ფირმის, თეოდოლიტი № 2. ბამბერგის ფირმის, თეოდოლიტი № 57-ე. შპრენგერის ფირმის, კერნის ათწამიანი უნივერსალი და სხ.

ტრიგონომეტრიული ქსელის ყველა გამოთვლები წარმოებს გეოდეზიაში კარგად ცნობილი ხერხებით. საჭიროა მხოლოდ აღინიშნოს, რომ სამკუთხედის სიმკირის გამო და, ამას გარდა იმიტომ, რომ კუთხეთა გაზომვის შეცდომები მუდამ სფერიულ სიქარბეზე მეტია, საგვირაბო პრაქტიკაში სამკუთხედები შეიძლება ბრტყლად მივიჩნიოთ. ამით თავიდან ავიცილებთ სფერიული ტრიგონომეტრიის ფორმულების გამოყენების საჭიროებას, რაც მეტად გაართულებდა გამოთვლებს. საჭიროა მხოლოდ შეეულის გადახრის შესწორებების შეტანა; გადახრა გამოწვეულია მთის მასივების მიზიდულობით.



ნაქ. 44.

სატრიანგულაციო მუშაობისას გეომეტრიული ნიველოზა ხშირად ზედაპირის დაკვეთილობის გამო შეუძლებელია. ასეთ შემთხვევებში ტელის პუნქტების სიმაღლეთა სხვაობას განსაზღვრავენ ტრიგონომეტრიული ნიველობით, ე. ი. ვერტიკალური კუთხეების გაზომვით.

თუ საგვირაბო ტრიანგულაციის გამოთვლისას ქსელის ელემენტების სიგრძე განისაზღვრებრდა მისი დაყვანით ზღვის დონემდე, გვირაბის სიგრძე დაყვანილი უნდა იყოს მის ფაქტიურ საშუალო დონეზე. მალა მდებარე გრძელი გვირაბისათვის

ზღვის დონედან საშუალო დონეზე გადასვლისას სიგრძის ნაზრდი შეიძლება მნიშვნელოვანი აღმოჩნდეს. გადასვლა შემდეგნაირად წარმოებს.

შემოვიღოთ აღნიშვნები (ნაქ. 44):

L_0 — გვირაბის სიგრძე, დაყვანილი ზღვის დონეზე;

L_h — გვირაბის სიგრძე, დაყვანილი საშუალო ნიშნულზე;

ΔL — გვირაბის სიგრძის ნაზრდი L_0 -დან L_h -ზე გადასვლისას;

h — გვირაბის საშუალო ნიშნული;

R — მიწის სფეროიდის საშუალო რადიუსი;

φ — გვირაბის სიგრძის შესაბამისი მიწის ზედაპირის რკალის ცენტრალური კუთხე.

გვექნება:

$$L_0 = \pi \frac{R\varphi}{180^\circ}; \quad L_h = \pi \frac{(R+h)\varphi}{180^\circ};$$

$$\Delta L = L_h - L_0 = \pi \frac{(R+h)\varphi}{180^\circ} - \frac{\pi R\varphi}{180^\circ} = \pi \frac{h\varphi}{180^\circ},$$

მაგრამ, რადგან

$$\pi = \frac{\varphi}{180^\circ} = \frac{L_0}{R},$$

ამიტომ ნაზრდი შეადგენს:

$$\Delta L = \frac{\pi h \varphi_0}{180^\circ}$$

ანუ

$$\Delta L = \frac{h L_0}{R}.$$

L_0 -დან L_h -ზე გადასვლისათვის გვექნება გამოსახულება:

$$L_h = L_0 + \Delta L = \pi \frac{R\varphi}{180^\circ} + \frac{h L_0}{R} = L_0 \left(1 + \frac{h}{R} \right).$$

რაც შეეხება დედამიწის სფეროიდის საშუალო რადიუსს უნდა აღინიშნოს, რომ გეოდეზიური ცხრილების უმეტესობა შედგენილია ბესელის მიხედვით (1841 წ.) $R = 6366738$ მ-თვის, როგორც ყველაზე ადრინდელისათვის უფრო საიმედოდ კი ითვლება ქეიფორდის (1910 წ) მონაცემები, რომელს მიხედვითაც $R = 6367648$ მ.

მაგალითად, ზღვის დონედან 1200 მ სიმაღლეზე მდებარე 10 კმ სიგრძის გვირაბისათვის სიგრძის ნაზრდი შეადგენს:

$$\Delta l = \frac{h L_0}{R} = \frac{1200 \cdot 10000}{6366738} = 1,89 \text{ მ.}$$

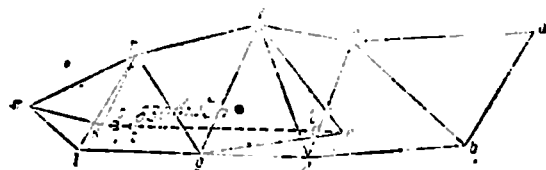
განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო შემთხვევებში ღრმად მდებარე, გრძელი გვირაბების ტრასირებისას იყენებენ ორ დამოუკიდებელ ტრიანგულაციულ ქსელს, რომლებიც შესრულებულია ტრიანგულიაციონების ორი პარტიის მიერ ერთიმეორისაგან დამოუკიდებლად: ქსელებს აქვთ საერთო პუნქტები გვირაბში შესასვლელთან და ურთიერთ კონტროლს ანხორციელებენ მიღებული მიმართულებისა და სატრასო ღერძის სიგრძისას. ორი ქსელის გამოყენების მაგალითის სახით შეგვიძლია მივუთითოთ 14984 მ სიგრძის სენ-გოტარდის გვირაბის ტრასირების სამუშაოებზე.

§ 12. საგვირაბო ტრიანგულაციის მაგალითი

გვირაბის ზედა მალლობი თუმცა მისაწვდომია გადასვლებისათვის, მაგრამ მისი ზედაპირი იმდენად დასერილია, რომ უშუალო გაზომვები ხაზის სიგრძისა არ მოგვცემდა სათანადო სიზუსტეს. ამის გამო, გვირაბის ვიმართულებისა და სიგრძის განსაზღვრისათვის გამოიყენეს ტრიანგულაცია.

ადგილზე შეარჩიეს 11 სტრუქტურული პუნქტი, რამაც შეადგინა 9 ს. მ. კუთხიანი ქსელი (ნაკ. 45). მათი გეგმების სიგრძე იწყობდა 1.200-1600 მ-მდე. პუნქტები ადვილზე ვერ დროებითი სიზღვემით იყო ჩაღრმავებული, ხოლო შემდეგ მღვრივით.

ქსელის შაზისი შერჩეული იყო. გვირახიდან საკმარის ნაწილზე, მდინარე მტკვრის მიდამოებში, ბორჯომის შარავანზე, რადგან გვირახის მასობრივად



ნაკ. 45.

არ აღმოჩნდა გასივლითისათვის საკმარისი ბოსაქვრებზე და სკა მოედანი. ქსელის მეორე ბოლოში საკონტროლო ბაზისის დანიშვნა შეუძლებელი აღმოჩნდა რელიეფის პირობების გამო.

ბაზისი გაზომეს სტრუქტურის ხერხით — ხის კვერთხით დაკიმულ თანხაზე. ბაზისი გაზომეს სანჯერ, მაგრამ გაანგარიშებისათვის იძლეოდა განაზომე, რომელთაგანაც მიიღეს მისი საშუალო სიგრძე 2603,51 მ.

ბაზისის გაზომვის შემდეგ დაიწყეს საკუთხედების კუთხეთა გაზომვა. ამ ნიშნით გამოიყენეს კერძის ევოლოციური თვისი ნონიუსით; უკანასკნელთა სიზუსტე აღწევდა 10 წამს. თითოეულ კუთხეს 20-ჯერ ზომავდნენ, მასთან 10 განაზოვა წარმოებდა მილის ერთ მდებარეობის დროს და 10 — მილის ზენიტზე გადაყვანისას. ყველა ათეულა ღიშების სხვადასხვა ნაწილზე წარმოებდა; კუთხის სიდიდე განისაზღვრებოდა როგორც ყველა ჩატარებული გაზომვის საშუალო სიდიდე.

რადგანაც ანსოლუტურად ზუსტი გაზომვა შეუძლებელია, ამიტომ ათეულური სანკუთხედის შინაგან კუთხეთა ჯამი 180°-საგან განსხვავდებოდა რომელიც სიდიდით.

გაზომვის დროს დაწყებული შეცდომები განაწილებული იყო თანაბრად შესაძლების სამკუთხედების სამივე კუთხეზე, ამგვარად კუთხეთა ჯამი სამკუთხედში იწყობოდა იყო 180°-მდე.

როდესაც ცნობილი ვახდა ბაზისის სიგრძე და ქსელის ყველა სამკუთხედის კუთხეთა სიდიდე, შეუძლებელი გვირახის ღერძის მიმართულებისა და სიგრძის განსაზღვრა. ამისათვის ისარგებლეს khf ობსკურულით, მასთან მასში განსაზღვრეს kh , hf , fc გვერდები და khf და hfc კუთხეები. შემოთხე kc გვერდი წარმოადგენს გვირახის საძაბებელ ღერძს, ckh კუთხე კი ამ ღერძის kh გვერდის მიმართ მიმართულების კუთხეს.

შემოიღოთ აღნიშვნები:

$ke = L$, $\angle kch = \alpha$, $\angle khf = \beta$ და $\angle hfc = \gamma$. ობსკურული ყველა გვერდების გვერდების ჯამს თუ ავიღებთ kh გვერდზე და მის პერპენდიკულარულ მიმართულებასზე, ნეკვევ ორ განტოლებას მივიღებთ:

$$hf \cdot \cos \beta - fc \cdot \cos (\beta + \gamma) + L \cdot \cos \alpha - kh = 0;$$

$$hf \cdot \sin \beta - fe \cdot \sin (\beta + \gamma) - L \sin \alpha = 0.$$

ამ განტოლებათა ამოხსნით ვიპოვიით:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{hf \cdot \sin \beta - fe \sin (\beta + \gamma)}{fe \cdot \cos (\beta + \gamma) - hf \cos \beta + kh};$$

$$L = \sqrt{[hf \sin \beta - fe \sin (\beta + \gamma)]^2 + [fe \cos (\beta + \gamma) - hf \cos \beta + kh]^2}.$$

ამ ფორმულებში შევსავალა fe , hf და kh სიდიდეები ქსელის სამკუთხედების გვერდებისა და მათი მოპირდაპირე კუთხეთა სინუსების ფარდობათა ტოლობიდან განისაზღვრება (სინუსების თეორემიდან). მართლაც 45 ნაკვეთიდან გვაქვს:

$$a) \frac{bc}{ab} = \frac{\sin (bac)}{\sin (acb)}; \quad b) \frac{dc}{bc} = \frac{\sin (cbd)}{\sin (bdc)}; \quad \text{ვ) } \frac{df}{dc} = \frac{\sin (dcf)}{\sin (cfd)};$$

$$d) \frac{gf}{df} = \frac{\sin (gdf)}{\sin (dgf)}; \quad e) \frac{fe}{gf} = \frac{\sin (efg)}{\sin (feg)}; \quad \text{ვ) } \frac{hf}{gf} = \frac{\sin (hgf)}{\sin (ghf)};$$

$$b) \frac{gh}{gf} = \frac{\sin (gfh)}{\sin (glh)}; \quad \text{თ) } \frac{lh}{gh} = \frac{\sin (hgl)}{\sin (glh)};$$

$$o) \frac{ml}{lh} = \frac{\sin (mlh)}{\sin (lmh)}; \quad \text{კ) } \frac{kh}{ml} = \frac{\sin (kmh)}{\sin (mkh)}.$$

და ა, ბ, გ, დ, ე ტოლობათა გადამრავლებით:

$$fe = ab \frac{\sin (bac) \sin (cbd) \sin (dcf) \sin (gdf) \sin (efg)}{\sin (acb) \sin (bdc) \sin (cfd) \sin (dgf) \sin (feg)}.$$

ასევე ა, ბ, გ, დ და ზ ტოლობებიდან გვექნება:

$$hf = ab \frac{\sin (bac) \sin (cbd) \sin (dcf) \sin (gdf) \sin (hgf)}{\sin (acb) \sin (bdc) \sin (cfd) \sin (dgf) \sin (ghf)}.$$

დაბოლოს ა, ბ, გ, დ, ე და თ ტოლობებიდან მივიღებთ:

$$kh = ab \frac{\sin (bac) \sin (cbd) \sin (dcf) \sin (gdf) \sin (gfh) \sin (hgl) \sin (mlh) \sin (kmh)}{\sin (acb) \sin (bdc) \sin (cfd) \sin (dgf) \sin (ghf) \sin (glh) \sin (lmh) \sin (mkh)}.$$

აქ ab — უშუალოდ გაზომვებით ნაპოვნი ბაზისის სიგრძეა. გვირაბის ღერძის მინარტულების განმსაზღვრელი α კუთხე $61^{\circ} 24' 28,96''$ ტოლი აღმოჩნდა, ხოლო სიგრძე $L = k = 4125,64$ მ. მაგრამ ეს მანძილი ჯერ კიდევ არ გვაძლევს გვირაბის სიგრძეს, რადგან k და e წერტილები გვირაბში შესასვლელეთან კი არ იყო აღებული, არამედ მათგან დაშორებით (ნაკ. 45). ამას გარდა, გვირაბის დასკლეთი ბოლო $st = 141,08$ მ ფარგლებში შრულდზე ძეკს.

გვირაბის ნაშვილი სიგრძე მიიღება ტოლობით:

$$so = L - (eo + kt) + st.$$

თავი IV

გვირაბის ტრასის საინჟინერო-გეოლოგიური გამოკვლევები

§ 13. საინჟინერო-გეოლოგიური გამოკვლევების ამოცანები და მეთოდები

თავისუფალ სივრცეში აგებულ ნაგებობებისაგან განსხვავებით, გვირაბი აიგება მთის მასივის ტანში. ამიტომ მასივის ბუნებრივი პირობები მნიშვნელოვნად საზღვრავენ ნაგებობის დამთავრების ვადებს, მის ღირებულებას და იმ საშუალებებსა და მეთოდებს, რომელთა გამოყენებაც მეტად ეფექტურ შედეგს მოგვცემს. აქედან ცხადია, ყველა ის რთული მოთხოვნილებანი, რომელსაც წარუდგენს გვირაბთა მშენებლობა საინჟინერო გეოლოგიას.

მასივის სრული შესწავლისათვის საინჟინერო-გეოლოგიურმა კვლევებმა შეეძლევი საკითხები უნდა დაამუშაოს:

- ა) მთის მასივის მდგრადობა;
- ბ) გვირაბის მიერ გაჭრილი მთის ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები;
- გ) მიწისქვეშა წყლები საგვირაბო გამომუშავების ზონებში;
- დ) გამომუშავების მიწისქვეშა აირები;
- ე) გამომუშავების ტემპერატურა;
- ვ) მთის ქანების წნევა.

გვირაბის ტრასის გამოკვლევის - სავლე - სამუშაოებს წინ უნდა უსწრებდეს ყველა ლიტერატურული მონაცემების და რაიონში წინათ ჩატარებულ გეოლოგიური კვლევების მონაცემების შესწავლა. ცხადია, რომ რაც უფრო მეტად იქნება რაიონი შესწავლილი გეოლოგიური თვალსაზრისით, მით სწორი იქნება გეოლოგიური ექსპერტიზის დასკვნები. ამას მოჰყვება გეოლოგიური კვლევა-ძიება, რომლის საფუძველზედაც შეადგენენ საერთო შეხედულებას ადგილის აგებულების შესახებ და დასახვევ შემდგომი დაწვრილებითი კვლევების პროგრამასა და მეთოდებს.

საერთო გეოლოგიური ავეგმვა სავსებით საკმარისი არ არის გვირაბის ტრასის შერჩევის საკითხის გადასაწყვეტად. აქ საჭიროა უფრო ზუსტი და დაწვრილებითი ცნობები გვირაბის მდებარეობის სიღრმის, ქანების სიმძლავრისა და თვისებების შესახებ, რომლის მიღება შეიძლება მხოლოდ უშუალოდ მასივის სიღრმეში შექრით. უამისოდ შეუძლებელია ადგილის ტექტონიკის შესახებ თუნდაც ერთი მეტად არსებითი ცნობის დამყარება და სულ არ შეიძ-

ლებს გაგება მიწისქვეშა წყლების რეჟიმისა და სხვა პირველხარისხოვანი გეოლოგიური ფაქტორებისა.

საგვირაბო საქმეში გამოყენებული საველე კვლევების მეთოდები არაფრით არ განსხვავდებიან საინჟინერო გეოლოგიის ჩვეულებრივი ხერხებისაგან, რომელთა მოკლე აღწერა ქვემოთაა მოყვანილი.

შურფეა — კვლევის ერთ უძველესთაგანი და მარტივი ხერხია; ამ ხერხის ღირსება აქვს, რომ გასასვლელი ქანები და მათი ჩაწოლის პირობები უშუალოდ თვალთ არის შესამჩნევი. შურფვის ნაკლად ითვლება მათი მცირე სიღრმე (რამდენიმე ათეული მეტრი), რითაც მხოლოდ ყაშირის ზედა ფენებში გავდივართ

შახტები შურფვის მეთოდის შემდგომ განვითარებას წარმოადგენს; მათი გათხრა შეიძლება დიდ სიღრმეზე (რამდენიმე ასეული მეტრი); ისინი იძლევიან საუცხოვო შედეგებს, მაგრამ მოითხოვენ დიდ დროსა და მნიშვნელოვან ხარჯებს.

წოლხერელეში გამოიყენება მთის ფერდოში გვირაბის გათხრისას, მასთან ამ დროს წოლხერელები კუთხით მიემართება ნაგებობის ღერძისადმი.

წოლხერელები კვლევის კარგ მეთოდს წარმოადგენენ, მაგრამ მეტად ძვირი ჯდება. ზოგიერთ შემთხვევაში საძიებო წოლხერელს გაიყვანენ გვირაბის ტრასაში, მასთან მას იყენებენ შემდეგ მიმმართველი სასვლელის სახით.

საგვირაბო საქმეში საველე კვლევის ძირითად მეთოდად მიღებულია ბურღვა. იყენებენ ხელით და მანქანით ბურღვას. ხერელის დიამეტრი არ უნდა იყოს 7,5 სმ-ზე მცირე. რეკომენდირებულია ხერელთა შემდეგი დიამეტრების გამოყენება:

როდესაც ხერელის სიღრმეა 100—150 მ

$$d = 10 \div 15 \text{ სმ;}$$

როდესაც ხერელის სიღრმეა 150—200 მ

$$d = 20 \div 25 \text{ სმ;}$$

როდესაც ხერელის სიღრმეა 200—400 მ

$$d = 25 \div 30 \text{ სმ.}$$

ამ მეთოდის ნაკლია შედეგების ნაკლები სიზუსტე.

უკანასკნელ ხანებში ერთგვარ გამოყენებას პოულობს კვლევის ფიზიკური მეთოდები: ელექტრული, მაგნიტომეტრიული, რადიომეტრიული. აქუსტიკური და სხვა, რომელთა აღწერა სპეციალურ ლიტერატურაშია მოცემული. მაგრამ ეს მეთოდები მასივის გეოლოგიის ზოგიერთი საკითხის მხოლოდ საერთო სურათს გვაძლევენ და შეიძლება გამოყენებულ იქნან დაწვრილებითი კვლევის დამატებებად. ღრმად მდებარე (500 მ-ს ზევით) გვირაბებისათვის კი, როდესაც ქანის სიღრმეში უშუალო შეკრა შეუძლებელია ან და უაღრესად ძნელია და საჭიროებს დიდ თანხებს, კვლევის ფიზიკური მეთოდებია მხოლოდ მოსახერხებელი და ღია ადგილების დაწვრილებათ კვლევასთან ერთად იძლევიან იმ მასალებს, რომლის საფუძველზე დაისმის გეოლოგიური პროგნოზი.

კვლევის ზუსტი და სერიოზული დაყენებით გეოლოგიური პროგნოზი უძრავლეს შემთხვევაში ახლოსაა სინამდვილესთან და მშენებელთა აღმოსავალ მასალას წარმოადგენს, ყაშირის დამუშავების წესის, დროებითი სამაგრის სი-

სტეპის და მდინეი სასაგრის ტიპის სწორი შერჩევისათვის შავრამ სავიერაბო საქმის იატორიამ იცის ავრეთვე შექმნევები, როდესაც გეოლოგიური დასკვნები ძლიერ განსხვავდნოდნ სინაქლილისაგან და შეტდომები რწვევდნ ნუშობანი დიდ გარაულებებს.

§ 11. შიისმასივის მდგრადობა

ცნობელი მრავალი შეთხვევა, როდესაც მასივი, რომელშიაც გაყვანილია გვირაბი, განიცდის დაცურებას, ძვრას და ჩამონგრევას, რითაც საფრთხეს უქმნის ნაგებობის შალიანობას, ხშირად კი იწვევს მის წგრევას.

ასეთი მოვლენები უმთავრესად ასახითებას შოების ფერდობებს, რაც მხედველობაში უნდა გვქონდეს გვირაბის ტრასის დაკვალის დროს. აქ პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს ფერდობის რელიეფს, ქერქის ფენის სიმძლავრესა და ხასიათს, ფენიანობის პირობებს და ქანის ბმის ძალებს, ყანიის წყლების რეჟიმს, ჩამოცურების სიბრტყეთა არსებობას.

ნეწყერის მოვლენების მრავალრიცხოვანი კლასიფიკაცია ხელოვნური და არასრულია ამ მოვლენაზე უვად მოქმედი ფაქტორების გამო. აღვნიშნავთ მხოლოდ, რომ მასების თვითადაცრა შეიძლება მოხდეს:

ა) ზედაპირული ფენის ფერდობის ძირითად ქანებთან შეხების სიბრტყეებზე;

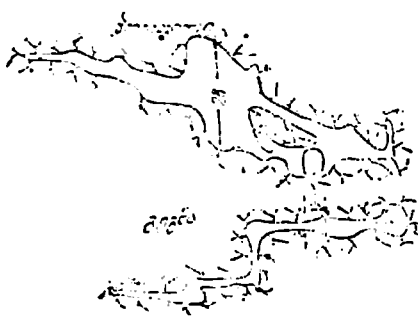
ბ) თვით ფენის შიგნით იმ ადგილებში, რომლებიც ქმნიან სრიალის სიბრტყეს, როცა ნატანები საკმარისად მძლავრია.

გ) თვით მასივის ქანებში, რომლებიც ქმნიან ფერდობს.

ზოგჯერ მასივი სავსებით მდგრადია გვირაბის მშენებლობამდე და ძვრას განიცდის აგების შემდეგ, რაც გამოწვეულია მიწისქვეშა წყლების რეჟიმის შეცვლით გაორწონების გავლენით.

შსავსი მოვლენების მოსალოდნელობის შენახვევაში საჭიროა გვირაბის ტრასის მასივის სიღრმეში გადაწევა, ნაგებობას მოსალოდნელი დეფორმაციის ზონიდან ავილებიანათვის.

ჩამონგრევების და დანლის მიზეზად გვირაბის გაქრის ან და ექაპლოატაციის პროცესში შეიძლება აგრეთვე იყოს მთის მასივის შიგნით კარსიული სივარეულები. ეს გამოქვაბულის და ღრულის სახის სივარეულენი გამოწვეულია წყლის გამსხნელი ან მექანიკური მოქმედებით. ზეტი მნიშვნელობა აქვს განსნელ მოქმედუნას. კარსტული პროცესების განვითარების რაიონი მიწისქვეშა წყლების სიღრმით ისახლცრება. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს თანამრეგნა და ანგიდრიტებს, ხალო მის შემდეგ კიროვან და დოლომიტოვან ყამირებს, რომელნიც ადვილად გამოიტუტებიან. გვირაბების მშენებ-



ნაკ. 46.

ლონის ჩვენი და საზღვარაღეთული პრაქტიკის მრავალრიცხოვანი მაგალითები გვიჩვენებენ, რომ კარსტიული სივარდიანი ნიშნულაგანდ ართლებენ საწარმოო პროცესებს. თუ კარსტიული სივარდიანი განომუშავების ქვემოთაა, ხშირად ვხვდებით ხიდის აგება გვირახის სახით. ასე მაგალითად, ურალის ერთ-ერთი გვირახის გასრის დროს კარსტიულ ქვევითა მნიშვნელოვანი წოლხვრული შემხვევით წიახვდა ნიშნულაგანი ზონის კარსტიულ განომუშავულს წყაროთი, რომელიც იკარგებოდა მათივე სიღრმეში. საჭირო წიქნა ამ ადგილას თაღოვანი ხიდის აგება, ხერტით 4,50 მ და მასზე გვირახში მუქმივე სათავრის რგოლის დაყარება. ასეთ შემთხვევებში საჭიროა აკრუთვე გვირახის თაღის ზეოთ სივარდიანი სტრუქტურა მოყვება. რაც გამოიწვევს სამუშაოების გაძვარებას.

45 ნაკვეთზე ნახვრენია ერთ ერთი დიდი გვირახით გაჭრილი მასივის სიღრმეში კარსტიული სახეები.

ზოგიერთ შემთხვევაში კარსტიული სივარდიანები დროთა ვითარებაში შეიქცევა კარსტიული, სარიტების და ცელესტინების ნატანებით, რომლებიც გამოტუტულია მოსახერხებელი ქანებიდან. ეს ნატანები არღვევენ გამომუშავების სასურველ ერთგვაროვნობას და შეიძლება ნიხვზი გახდნენ დიდი ადგილობრივი წნევისა დროებით და მცდევე სამაგრზე.

არამდგრად მასივებში გამოქვეშე ექპის რამდენიმე მაგალითი, რომელსაც თან მოჰყვა გამომუშავების დარღვევა, მოყვანილია ჩვენი შრომის ნეორე ნაწილში.

§ 15. ევირახით გაჭრილი ქანების თვისებები

გამომუშავებით გაჭრილი მთის ქანების თვისებები და მათი ჩაღრმავების პირობები საკულისხმეოა საევირახო სამუშაოების შთელი მსულებლობისათვის. მთის წნევის, გათხრის მეთოდებას, მუღივე სამაგრის კონსტრუქციისა და კვეთის საკითხების გადაჭრა შეიძლება მხოლოდ ქანების თვისებურ-მექანიკური თვისებების ცოდნით. ამავე დროს უნდა განვიხილოთ ცნება „ქანიწარება“, „ქნი მასივში“ და მთედველობაში ვიქონიოთ სინანდვილესთან ეს მიხლოება, რომელსაც გვაძლევს ლაზორატორიული გამოკვეთვა. ნატურის მასსტების მკვეთრი შემცირება ამ კვლევების დროს იწვევს ეოთგვარ, ზოგჯერ შეტად დიდ ცდონილებას.

ბუნებრივი პირობების გამო ერთი დიდივე სახელწოდების ორ ქანს შორის განსხვავება მათი თვისებების მიხედვით შეიძლება. გაცილებით ნეტო იქოს, ვიდრე სხვადასხვა პეტროგრაფიული ბუნების ქანებს შორის.

ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებს თვალსაზრისით მთის ქანები უნდა დიფერენს: მყარ, პლასტიკურ, ფხვიერ და დენად. მთის გეოგრაფიების პირობებში ხშირად საქმე გვაქვს მყარ ქანებთან, იშვიათად ოიხებთან და გამოხალის შემთხვევაში გვიხდება გამომუშავების გაყვანა დნარშიცა ორი ჯგუფის უნიერებში.

პლასტიკურ მთის ქანებიდან აქვებლისათვის უღიდესი მნიშვნელობა აქვს ოიხას, რომელსაც ვაწინაა სემარისი ტენიანაა. ტენიანობას შემცირებასთან ერთად. თინის თვისებება თქნაიან უხლოვდებიან ქვარი ქანების თვისებებს.

ფხვიერი ქანები ხშირად დაცემენტებულია რომელიმე შემკვრელი ნივთიერებით, მიწისქვეშა წყლების და სიმძიმის ძალის ზეგავლენით და დამუშავებისას ემსგავსებიან მყარ ქანებს.

მცურავი ქანები არსებითად თხევად სხეულებს წარმოადგენენ და ჰიდროდინამიკის კანონებს ემორჩილებიან.

ქვემოთ განხილულია მთის ქანების და განსაკუთრებით მყარი მთის ქანების მთავარი თვისებები, რადგან, ერთის მხრივ, მხედველობაშია მიღებული მათა დიდი მნიშვნელობა სამთო გვარაბებისათვის, და მეორეს მხრივ, დანარჩენი ჯგუფების ყამირების შექანიკაში დიდი ლიტერატურის არსებობა.

1. მთის ქანების ფიზიკური თვისებები

ქანის სიმაგრე გინისაზღვრება მასში წვეტის შექრისადმი წინაღობით. ეს თვისება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ბურღვის წარმატებაზე და ლიებულებაზე, და მასთან ერთად ფეთქებად ნივთიერებათა ხარჯზე. დიდ სიძნელეს წარმოადგენს დამუშავების დროს შეხედრილი კვარციანი ქანები. ეს ჩანართები აჩლუნგებენ ფოლადის ბურღებს და შეუძლიათ გამოიწვიონ მათი სრიალი, გამრუდება და ჩასოღვა.

ასეთი თვისებები აქვს მაგალითად მრავალ გენისს, რომლებიც სილნარისაგან იქმნებიან და სხ. გაყვანისათვის საკმარისად ძნელია ნატეხი ქანებიც, რომლებიც დაცემენტებულნი არიან კვარცის ან კაყის ცემენტით.

ქანთა სიმაგრე განისაზღვრება ან მოოსის შკალით, ან უფრო ზუსტად განსაკუთრებული ხელსაწყოს — როზივალის სკლერომეტრის საშუალებით.

როზივალის მიხედვით, თუ კორუნდის სიმაგრეს 100%-ად მივიღებთ, მაშინ ზოგიერთი ქანის სიმაგრე ცვლილებას განიცდის ზღვრებში:

მეტად მყარი გრანიტები . . . . .	. . . 70—80%
გრანიტები . . . . .	. . . 30—70%
პორფირები . . . . .	. . . 34—102%
ანდეზიტები . . . . .	. . . 15—50%
ტრაქიტები . . . . .	. . . 20—35%
ბაზალტები . . . . .	. . . 20—39%
კირკვეები . . . . .	. . . 0,4—5,1%
სილნარები . . . . .	. . . 7—42%
კვარცატები . . . . .	. . . 107%
წყალმარი სილნარები . . . . .	. . . 7—36%

მაგარი მთის ქანების ფორიანობას გავლენა აქვს წყალჟონვალობაზე და სიმტკიცეზე. სილისა და თიხის ფორიანობა ცვლადი სიდიდითა და დამოკიდებულია წნევაზე. წნევის გადიდებისას ფორების მოცულობა მცირდება, და პირიქით. „ჰემპარიტი“ ფორიანობის განსაზღვრისას მხედველობაში მიიღება დახურული ფორებიც, რომლებსაც კავშირი არა აქვთ სხვა ფორებთან და ნაპრალებთან. ამისაგან განსხვავებით ზოგჯერ ფორიანობა განისაზღვრება წყლის შთანთქმით, და მაშინ ხილული ფორიანობის სახელწოდებას ატარებს.

მთის ქანების დანაპრალება დიდ გავლენას ახდენს მათ წყალჟონვალობაზე, სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე. ნაპრალები შეიძლება იყოს ხილული და ფარული შეუიარაღებელი თვალისათვის. ფარული ფორებისა და ნაპრალების აღმოჩენად ატარებენ ცდებს შეღებვაზე. ქანების ნიმუშებს 5×4×3-დან

7×5×4 სმ მდე ზომით გამოაშრობენ და 48 საათით აფავსებენ ადვილად გა-
მაზავებელ მღებავ ხსნარში. ამ ნიმუშების ამოღებისა და გაშრობის შემდეგ
მათ ამსხვრევენ ან დახერხავენ და განსაზღვრავენ დანაპარალების ხარისხს.

პარლების თანახმად ქანები დანაპარალების ხარისხის ჭიხედვით ხუთ კლასად
შეიძლება დაეყოთ, მასთან საზომად ითვლება ნაპარალების რაოდენობა
3×3 მ ზომის გამოაშვარავებულ კვადრატულ ზედაპირზე.

I კლასი. ნაპარალები ქანის ზედაპირზე არ მოიპოვება. შესაძლოა მცირე
ზომის ჩაცემენტებული ნაპარალები 600—1200 მმ მანძილზე ერთიმეორისაგან.

II კლასი. მცირე ნაპარალები ქანის ზედაპირზე, რომლებიც არაფრით
არ არის ამოვსებული ან ამოვსებულია თიხის ნატანებით. ნაპარალებს შორის
მანძილი მერყეობს 300-დან 900 მმ-დე. შესაძლოა ნაპარალები სამ სიბრტყეში.
უკანასკნელ შემთხვევაში ქანი ჩამოიცილება ლოდებად.

III კლასი. უფრო განვითარებული ნაპარალები 150—600 მმ მანძილზე
ერთიმეორისაგან. ნაპარალების სამ სიბრტყეში განლაგებისას ქანი ლოდებად
ჩამოშორდება, რაც ამცირებს ფეთქებად ნივთიერებათა ხარჯს ფეთქებადი სა-
მუშაოების დროს.

IV კლასი. ნაპარალები 75—300 მმ მანძილზე ერთიმეორისაგან. გარდა
ჩვეულებრივი ნაპარალებისა, შესამჩნევია ერთი ან რამდენიმე უფრო განიერი
ნაპარალი, რომლებიც ჩვეულებრივად ამოვსებულია თიხით. თიხით შეიძლება
ამოვსებული იყოს უფრო წვრილი ნაპარალებიც. განიერი ნაპარალების არსე-
ბობა ნებას გვაძლევს ამოვიღოთ ქანი წვრაქვის საშუალებით.

V კლასი. ნაპარალების დიდი რაოდენობა 50—150 მმ მანძილზე ერთი.
მეორისაგან, ღია და ჩვეულებრივად აღვსილი თიხოვანი ნივთიერებით. ამ
კლასის ქანები ადვილად დაიყოფიან ცალკეულ ნაწილებად.

ქანების ფენოვანობა გამოვლინდება მათი ცალკე ფენებად ჩილა-
გებაში, მასთან ფენების შეხების სიბრტყეზე შესამჩნევია ან სუსტი კავშირი
ნაწილაკებს შორის, ან ეს კავშირი სრულიადაც არ არსებობს. ამას გარდა,
ფენოვანი ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები ერთნაირი არაა სხვადასხვა
მიმართულებით.

ქანის და რბილებად განისაზღვრება წყლით გატენილი ნიმუშის
კუმშვისადმი, გაჭიმვისადმი, ხლეჩვისადმი და ა. შ. წინალობია უფარდობით
ასეთივე ნიმუშების წინალობისადმი ჰაეროვან-შშრალ მდგომარეობაში. ეს ფარ-
დობა ერთზე მცირეა ან ერთის ტოლია იმისდა მიხედვით, უარესდება ქანის
წინალობის თვისება წყლით გატენთვის დროს თუ არა. უმთავრესად რბილ-
დება თიხიანი ქანები. კრისტალური და გამოუფიტავი ქანები კი წყლით გა-
ტენთვისას ჰკარგავენ თავის წინალობის ნაწილს არა უმეტეს 10%, ე. ი. ასეთი
ქანებისათვის $\eta \geq 0,9$.

გამოფიტვა მთის ქანისა განისაზღვრება მისი შემადგენელი ნაწილების
წინალობით მექანიკურ და ქიმიურ გაფხვიერებისადმი ატმოსფეროს, მიწისქვეშა
ტენის და ორგანიზმების ზეგავლენით. ორთქლით წვევისას გვირაბებში ამ ფაქტო-
რებს ემატება გამაფალი მატარებლების ორთქმავლების მიერ წარმოქმნილი კვამ-
ლის აირები. ქანების გამოფიტვის ხარისხი განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს
გამოშუშავების უსამაგროდ დატოვებისას. გამოფიტვისადმი ქანების წინალობა

დამოკიდებულია მის მდგენელ ნაწილთა ქიმიურ მედეგობაზე და მარკვლების დატენვების ხარისხზე.

2. შთის ქანების შექანიკური თვისებები

შთის ქანების შექანიკური თვისებები განისაზღვრება მათი სიმაგრით, ე. ი. კენჭის, ვაკიქისა, ძიისა, ლუქისა და გრვებისადმი წინაღობის უნაღობის თვისებები მეტად ფართო ზღვრებში იცვლება ანაგობის, შემადგენლობის, სიმკვრივის, ტენიანობისა და სხვა პირობების მიხედვით.

მეტად დაწკრილებით არის შესწავლილი და გამოკვლეული ქანების წინაღობა ერთობლივანი კუმშვის დროს. ამავე დროს დეფორმაციის წნევაზე დამოკიდებულების დაატრამები გვიჩვენებს, რომ შთის ქანები არ ეზორჩილება ჰუქის კანონს, და მათი დრეკადობის ზღვარი ემთხვევა დროებით წინაღობას. სხვადასხვა ქანები დეფორმაციის სხვადასხვა სიდიდებს გვაძლევენ. ამას გარდა, დრეკადობის ზოლული სხვადასხვა ქანისათვის ცვლადი სიდიდეა და დამოკიდებულია წნევაზე. უკანასკნელმა მდგომარეობამ აიძულათ შემოგლოთ ხარისხობრივი დამოკიდებულება:

$$\epsilon = \frac{\sigma^n}{E};$$

სადაც: ϵ — ფარდობითი დამოკლება,
 σ — ძაბვა,

E — დრეკადობის ზოლული კუმშვის დროს.

n -ის მნიშვნელობა სხვადასხვაა, სხვადასხვა ქანისათვის: მაგალითად, გრანიტისათვის $n=1,4$.

უფრო მუკვიანებით წარმოდგენილი იქნა დამოკიდებულება:

$$\sigma = \frac{E}{A+B \cdot \epsilon},$$

სადაც:

$$A = \frac{1}{E}; \quad B = \text{const.}$$

ამგვარი მონაცემების მიხედვით, წარმოდგენილი იქნა აგრეთვე შემდეგი ფორმულა:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \cdot \frac{1 - \frac{1-2\mu}{3} \left(B\sigma + C \sqrt{\frac{2}{3} \cdot V \sigma^3} \right)}{1 - B \cdot \sigma}$$

სადაც: μ — პუასონის ფარდობა;

B — საშუალო ვაკიქის ან კუმშვის მახასიათებელი კოეფიციენტი;

C — პროპორციულობის კანონიდან გადასრის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი.

წარმოდგენილი ფორმულების პრაქტიკულად გამოყენების სირთულის გამო საგიგრაი მკვლევარი გულისხმობს, რომ 200 კგ/სმ²-მდე ძაბვის შემთხვევაში E შეიძლება ჩაითვალოს ზუღშივე სიდიდედ და, ამგვარად, ანგარიშისათვის გამოყენებულ იქნას ჰუქის კანონი.

მთის ქანების უმნიშვნელოფანება მეტაბოლური თვითებები

ცხრილი 8

ქ ა ნ ი	დროებითი წინაღობა კუმშვისადმი კგ/სმ ² -ში	დრეკადობის მოდული	ბუხარის ფარდობა	ავტორი ან გეგმავარი
თბილისი ფიქალი (ნაბტა „აგერიკანკა“, დონბასი)	270	$1,80 \cdot 10^4 \pm 8000$	$0,19 \pm 0,01$	პ. დუდუკოს დინიკოს ლაბკაციანი (1933 წ.)
თბილისი ფიქალი (ნაბტა „კონსტანტინოვსკი“, დონბასი)	870	$1,50 \cdot 10^4$	0,16	ივანოვ
თბილისი ფიქალი (გროშინო, დონბასი)	153 - 183	$1,40 \cdot 10^4 \pm 6000$	$0,15 \pm 0,01$	
„ (ჩაფენი, დონბასი)	630	$0,55 \cdot 10^4 \pm 6000$	$0,20 \pm 0,01$	
სიღნაღი (ნაბტა „ცენტრალნაია“, სტალინო, დონბასი)	310	$8,3 \cdot 10^4$	0,41	
სიღნაღი (ნაბტა „კარლ“, დონბასი)	—	$8,83 \cdot 10^4$	$0,07 - 0,09$	
ლიდის კარკა (დონბასი)	410	7 10^4	0,40	
ჭვანჭვინის კირქვა (ჩუჭი)	—	$4,71 \cdot 10^4$	0,302	ლ. ბუბნის (1943 წ.)
სიღნაღი ფიქალი (იფრი)	—	$2,75 \cdot 10^4$	0,50	ივანოვ
ჭვანჭვინის სიღნაღი თვითილან	—	—	0,26	გ. სტეპანოვი (1939 წ.)
დიბაბი	—	—	0,23	ივანოვ

მთის ქანების ტექნიკურად დახასიათებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს პუასონის ფარლობის სიდიდეს:

$$\mu = \frac{e^1}{e}$$

სადაც: e^1 — კუბიკის ფარლობითი განივი გაფართოება,

e — კუბიკის ფარლობითი გრძივი დამოკლება.

მე-3 ცხრილში მოყვანილია ზოგიერთი მთის ქანის დროებითი წინაღობის დრეკადობის მოდულის და პუასონის ფარლობის მნიშვნელობები ჩვენ და უცხოელი მკვლევარების მიხედვით.

მე-3 ცხრილიდან ჩანს, რომ პუასონის ფარლობა, მთის ქანებისათვის შეკრებულ ზღვრებში 0,07-დან 0,44-მდე.

როდესაც მოგვეპოება პუასონის ფარლობა, შეგვიძლია ვანვსაზღვროთ სიღრმეში წარმოქმნილი გვერდითი წნევა ხელუხლებელ ქანებში. ამ მხრივ საინტერესოა სინესტის სხვადასხვა სიდიდის მქონე თიხის კუბიკზე და სილის ნიმუშებზე ჩატარებული ცდები. ამ ცდებმა ისეთივე დრეკადი დამოკლებულება დაამყარეს კავშირიან ფხვიერ ყაშირებში, როგორც მაგარ მთის ქანებში. თუ კუბიკი შეკუმშვის დროს მოკლებული იქნება გვერდითი მხარეებზე გაფართოების საშუალებას, მაშინ იგი დააწყება მის შემზღუდავ კედლებს. როდესაც ცნობილია პუასონის ფარლობა, შეგვიძლია გამოვითვალოთ გვერდითი წნევა და, პირიქით, გვერდითი წნევის მიხედვით განვსაზღვროთ პუასონის ფარლობა:

$$\mu = \frac{\eta}{1+\eta}$$

სადაც: η — გვერდითი წნევის კოეფიციენტი.

ამ ხერხით ისარგებლეს თიხისა და სილის პუასონის ფარლობის გამოსათვლელად (ცხრილი 4). ამგვარად, საინტერესოა და საგულისხმეოა ქანების მექანიკური თვისებების შესწავლა ორლერძიან და ყოველმხრივ კუმშვის დროს. ორლერძიან კუმშვაზე ცდების დროს ქანებს შეუძლიათ გაფართოება თავისუფალ მხარეს, ე. ი. ქანები ჩაყენებულია ისეთსავე პირობებში, როგორც იქნება მათი ღია გამომუშავების დროს.

ც ხ რ ი ლ ი 4

თიხისა და ხილის პუასონის ფარლობა

ქ ა ნ ე ბ ი	პუასონის ფარლობა μ
ყვითელი ნალექი თიხა . .	0,366
ზღვის ლურჯი თიხა . . .	0,392
სილა	0,200

ამ მხრივ მნიშვნელოვნად ითვლება ცდები მყარ ქანებზე, რომლის დროსაც 10 სმ გვერდიანი ქანის კუბი თავსდება ფოლადის ფორმაში ორი ღია გვერდით. ერთი მხრიდან ქანი იკუმშება ზუსტად მორგებული ტვიფრით, მეორე

მხრიდან კი ქახს შეუძლია თავისუფლად გაგანიერება. 970 კგ/სმ² წნევის დროს სილნარის კუბიკს მოვარდა 1,5 სმ სისქის ლინზა, ე. ი. სროლის მსგავს მოვლენას ჰქონდა ადვილი, რომელიც დაწვრილებით არის აღწერილი ქვე-
მოთ. სხვა ქანებმაც იგივე სურათი მოგვცეს, მაგრამ სხვა წნევის დროს.
წნევა, რომლის დროსაც წარმოებდა ნგრევა, გვიჩვენებს, რომ ქანების
სიმტკიცე ორმხრივ კუშშვის დროს ერთ მხრივ კუშშვის სიმტკიცეზე
მეტია.

ქანების მექანიკური თვისებების შესწავლა ყოველმხრივი კუმშვის დროს
ააშკარაებს მათ თვისებებს იმ მდგომარეობაში, რომელშიაც ეს ქანები იმყოფ-
ებიან მნიშვნელოვან სიღრმეში. ცდებისთვის ხშირად იღებენ ცილინდრული
ფორმის ნიმუშებს, რომლებსაც ათავსებენ ფოლადის ვაზნებში მტკიცე კედლე-
ბით და კუმშავენ ზუსტად მორგებული ფოლადის დეჟშით.

გამოცდებმა ყოველმხრივ კუმშვაზე გვიჩვენეს, რომ ყველა მთის ქანები
მცირდება მოცულობაში. თხვიერ და პლასტიკურ ქანებში მცირდება ფორე-
ბი, რის გამოც ეს ქანები მეტად იკუმშებიან. ყოველმხრივ შეკუმშული მთის ქა-
ნების ნგრევა ხდება ძაბვების გავლენით, რომლებიც დიდად აღემატებიან დროე-
ბით წინააღმდეგობას ერთღრმადიან კუმშვის დროს. დროებით წინააღმდეგობა
ქანები ყოველმხრივ კუმშვის დროს დრეკად. სხეულების მსგავსად იქცევიან და
ტვირთის მოშორებისთანავე თითქმის სავსებით აღიდგენენ თავდაპირველ მო-
ცულობას, გარდა მოცულობის იმ შემცირებისა, რომელიც განუწვეულია ფო-
რების შემკიდროებით. ყოველმხრივ შეკუმშულ ქანებს აქვთ პოტენციული
ენერჯის მარაგი, რომელსაც გასცემენ ტვირთის მოხსნის შემდეგ. ეს თვისება
არსებითია გამოამუშავებაში ქანების დაძაბული მდგომარეობის შესწავლისათვის.
ყოველმხრივ კუმშვის მდგომარეობა საკმარისად ვრცლად არის შესწავლილი
თხვიერი, მწარალი და პლასტიკური ქანებისათვის მრავალი ცდით. მყარი მთის
ქანები კი ამ მხრივ საკმარისად შესწავლილი არ არის.

მეტად დიდი ყოველმხრივი კუმშვის დროს ქანები ფარულ პლასტიკუ-
რობის მდგომარეობაში იმყოფებიან. მრავალმა ცდამ ძირითადად დაადასტუ-
რა ჰიპოთეზა დიდ სიღრმეზე მთის ქანების პლასტიკური მდგომარეობის შესა-
ხებ; ალთა განსხვავება უმთავრესად შეეხება სიღრმის საკითხებს, რომელზე-
დაც ქანები გამოავლინებენ ამ მდგომარეობას. უკანასკნელი ცდებით (1930 წ.)
დამტკიცდა, რომ ის სიღრმე, რომელზედაც მთის ქანები მყარ მდგომარეობი-
დან გადადიან პლასტიკურში, ყოველ შემთხვევაში დიდად აღემატება ყოველ-
გვარი მიწისქვეშა საშუალოების ჰორიზონტებს.

მიწისქვეშა საშუალოებისათვის დიდ ინტერესს წარმოადგენს მთის ქანების
გაქიმვისადმი წინააღმდეგობის ხარისხის განაზღვრა. მიუხედავად მცირერიცხოვანი
კვლევებისა, ამ მხრივ უნდა ჩათვალოს, რომ მთის ქანები გაქიმვის დროს ისე,
როგორც კუმშვის შემთხვევაში, სავსებით როდი ემორჩილებიან ჰუკის კანონს.
მყარი მთის ქანები გაქიმვისას იძლევიან მხოლოდ დრეკად დეფორმაციას და
ირღვევიან პლასტიკურ მდგომარეობაში გადაუსვლელად. დროებითი წინააღმდე-
გობისადმი გაცილებით მცირეა კუმშვისადმი დროებით წინააღმდეგობაზე, ნასთან

ამ წინალობათა ფარდობა სხვადასხვა შევლევართა მონაცემებით მერყეობს მეტად დიდ ზღვრებში: 1:6-დან 1:20-მდე (იხ. ცხრ. 5) და რაიმე კანონზომიერების შემჩნევა შეუძლებელია.

ც ხ რ ი ნ.

გაქიმვის დროებითი წინაღობის ფარდობა კუმშვის დროებით წინაღობასთან ზოგიერთი კანონისათვის

ავტორი ან მკვლევარი	$\frac{R_p}{R_c}$
• კად. დინნიკის ლაბორატორია; ქანები დონბასის სხვადასხვა რაიონებიდან:	
თიხოვანი ფიქალები . . .	1:6—1:30
კირჭვა . . .	1:6
სილაჭვა . . .	1:12
სილოვანი ფიქალი . . .	1:14
კობი . . .	1:26
რინე . . .	1:30
ბრინე . . .	1:60—1:80
გარშვალდი	
გრანიტისათვის . . .	1:35,4
პორფირებისათვის . . .	1:30,0
სილაჭვისათვის . . .	1:34,3
კირჭვისათვის . . .	1:16,9

კვლევები გვიჩვენებს აგრეთვე აცალიებით მცირე დრეკადობის მოდულს გაქიმვისას, ვიდრე კუმშვის დროს. პუასონის ფარდობა კი, პირიქით, აკად. დინნიკის ლაბორატორიის მონაცემების მიხედვით, დიდდება გაქიმვის დროს.

საინტერესოა აგრეთვე მოხავემები მთის ქანების ძვრაზე და ლუნვაზე მუშაობის გამოკვლევების შესახებ, უშკირესი წინალობაა გაქიმვის დროს, შემდეგ მოდის დროებითი წინალობა ძვრისადმი, შემდეგ კი ლუნვისადმი, უფრო მტკიცე კი კუმშვის დროს.

გამოჩვენების სრული დახასიათებისათვის და სამაგრის დრეკად გარემოში მუშაობის საკითხის გადასაწყვეტად უნდა განისაზღვროს ე. წ. ქანების დრეკადი კუმშვის კოეფიციენტი. დრეკადი კუმშვის k კოეფიციენტი არის ძალვა კგ-ში, რომელიც საჭიროა 1 სმ გვერდებიან აბსოლუტურად მყარ კუბიკზე მოსაღებად, რომ იგი შეეწინააღმდეგოს 1 სმ-ის სიღრმეზე საკვლევე ქანში, ე. ი.

$$k = \frac{\sigma}{\gamma} \text{ კგ/სმ}^3,$$

სადაც: σ —არის ქანის ძაბვა კგ/სმ²-ში, მასში მყარი სხეულის წრევისას,
 γ —ქანის ჯდენა სმ-ში.

ფორმულა გვიჩვენებს, რომ ჯდენა პროპორციულია წარმოქმნილ წნევისა, მასთან ნაგულისხმევია, რომ ქანის კუმშვა გარკვეულ წერტილში მხოლოდ ამ წერტილზე მოდებული ადგილობრივი ტვირთით არის გამოწვეული. ვინკლერის ეს დაშვება, როგორც ჩანს, გულისხმობს, რომ დრეკადი კუმშვის მოვლენა ემორჩილება ძალთა ქმედების დამოუკიდებლობის პრინციპს. სინამდვილეში კი ცდებით დამტკიცებულია, რომ პირდაპირი პროპორციულობა დატვირთვისა და ჯდენას შორის არ არსებობს და დამოკიდებულება σ და γ -ს შორის უფრო რთული კანონით გამოისახება. მაგრამ კვლევის შედეგად მოწოდებული ფორმულები, რთული დამოკიდებულებისა და ძალთა ქმედების დამოუკიდებლობის პრინციპის გამოუყენლობის გამო, უხერხულია პრაქტიკულად სახმარად.

ყველა ჩატარებული გამოკვლევები ამბობენ, რომ k დამოკიდებულია ფენის ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებზე, ჩაფლობის პირობებზე და ფენის თვისებებსა და სიმძლავრეზე. ამის გარდა, არსებითი მნიშვნელობა აქვს დატვირთვის გადაცემის მოედნის ფართობს და ძაბვის სიდიდეს. k არ არის ნულმივი სიდიდე და E და μ -ს მიხედვით k -ს სიდიდის თეორიული გამოკვლევა მუდამ როდია მიღებული დასაშვებად. k საიმედო რომ იყოს, მისი სიდიდე ექსპერიმენტალურად უნდა იყოს განსაზღვრული უშუალოდ ცდებით ბუნებრივ ან სრულიად მის ანალოგიურ პირობებში.

მე-6 ცხრილში მოყვანილია k -ს მნიშვნელობები სხვადასხვა ქანისათვის. უნდა აღინიშნოს, რომ k -ს მნიშვნელობები მე-6 ცხრილში პირობითია სხვადასხვა ქანებისათვის, რადგან ცდის პირობები, კერძოდ კი საცდელი შტამპის ზომები, ცხადია, ერთნაირი როდი იქნება ყველა მოცემულ შემთხვევისათვის. იმავე დროს, შტამპის ზომების გადიდებასთან ერთად, მცირდება კუმშვის დრეკადობის კოეფიციენტი. რაზეც β კუთხით მოქმედი დატვირთვით გამოწვეული წნევის გავრცელების პირობების მიხედვით, არსებობს თეორიული დამოკიდებულება დრეკადი ჯდენის კოეფიციენტსა და ფართობს შორის:

$$k = \frac{E}{h} \text{ ან } k = \frac{E}{r \cdot \text{ctg } \beta},$$

სადაც: E —ყამირის ნორმალური დრეკადობის მოდული;

β —წნევის გავრცელების კუთხე;

r —დატვირთვის ფართობის რადიუსი.

თიხიანი ყამირებისათვის არსებობს დამოკიდებულება:

$$k = \frac{1+E}{2a+r},$$

სადაც: E —ფორიანობის კოეფიციენტი;

a —კუმშვადობის კოეფიციენტი.

მაგრამ ორთავე მოყვანილი ფორმულა, რომლებიც ხაზობრივ დამოკიდებულებას გვაძლევენ k და $\frac{1}{r}$ შორის, ეწინააღმდეგება ცდების შედეგებს, რომლებიც

შიის ქანების ღრეკადი კუმშვის კოეფიციენტი

ქ ა ნ ბ ი	ზ კგ/სმ ² -ში	აეტორი ან მკვლევარი
სუსტი სილა ბუნებრივი, ჩაწოლის პირობებში დედაიწის ხედაპარზე .	1,0	მიულერი, ბრაუნშეიგი
არალო-კასპიის თიხა შურფში, რომე- ლოც ჳ მ სიღრმეზე წყლით არის ამოვსებულა	2,2	პერიშკინი, აქსამიტნი (ვოლგა- დონის არხის ტრასა)
მტვრისებრი თიხნარი 4,5 მ სიღრმეზე	2,5—3,0	ციტოვიჩი
პლასტიკური გრენტი (თიხა)	4,0	მაიორი
წერილი სუფთა სილა შურფში 3 მ სიღრმეზე, ტენიანობა 3—4%	6,0	პერიშკინი, აქსამიტნი (ვოლგა- დონის არხის ტრასა)
მკიდრად ჩაწოლილი მსხვილი სილა 4,5 მ სიღრმეზე	10,0—12,5	ჟაზარუს ვიტე
კანგლომერატები	10—50	ვედოკიმოვ - როკოტოვსკი („გეო- ლოგიის საფუძვლები გვირაბის გაყვანისას“)
ტუფი	12 30	ივივე
თიხოვანი ფიქალი	20 - 65	
მკიდრო კირქვები	40—65	
დოლომიტები	50—75	
სილიანი ფიქალი	50 60	
სილაქვა	80—250	
გნეისები	250—500	
გრანიტები	500—800	
კვარცის პორფირები	600—800	
ბაზალტები	600—1500	
დიორიტები	650—900	
სიენიტები	650—900	
გაბრო	800—1200	

მლებიც უფრო რთულ დამოკიდებულებას იძლევიან ამ სიდიდეებს შორის. ცდები ცხადყოფს, რომ ყამირზე ძაბვის გაღივებასთან ერთად მცირდება დრე-ჯადი კუმშვის კოეფიციენტი.

მხედველობაში უნდა ვუკონიოთ აგრეთვე და ჰვირთვის დინამიურობის გავლენა ამ კოეფიციენტზე: რყევისა და დატყმის დროს დამოკიდებულება სიდიდესა, დატვირთულ ფართობსა და ძაბვას შორის კიდევ უფრო რთულია.

§ 16. მიწისქვეშა წყლები

მიწისქვეშა წყლების მეტად შესაძლო მოდინების განსაზღვრა გამომუშა-ეების ცალკეული ჯბნების ფარგლებში, მათი წარმოქმნის, ტემპერატურის და ქიმიური შემადგენლობის გამორკვევა საინჟინერო-გეოლოგიური გამოკვლევის საგულისხმინრო ამოცანას წარმოადგენს.

გამომუშაებაში მომდინარე წყლების რაოდენობა შეიძლება ირყეოდეს მეტად დიდ ზღვრებში. იყო შემთხვევები, როდესაც ადგილი ჰქონდა სავსებით მშრალ გამომუშაებას, როდესაც ბურღვისათვის საჭირო წყალს გარედან ეზიდებოდნენ, აგრეთვე შეგვიძლია მოვიყვანოთ მაგალითი, როდესაც გვირაბში შესული წყლის რაოდენობა კატასტროფიული იყო და იწვევდა კოლოსალურ უბედურებას. მიწისქვეშა წყლების მდინარების რამდენიმე ციფროვანი მონა-ცემი მოყვანილია ჩვენი შრომის მეორე ნაწილში.

მიწისქვეშა წყლები განსაკუთრებით დიდ სიძნელეებს იწვევენ შუალედური შახტებიდან გვირაბის დამუშაების დროს და, აგრეთვე წოლზვრელებში რომ-ლებსაც დაქანება აქვთ სანჯრევისაკენ. ასეთ შემთხვევებში ბუნებრივი ჩა-დინების არარსებობა საჭიროს ზღის დაიდვას მძლავრი ტუმბოები და ძალიან დიდი მოდინების შემთხვევაში შეიძლება გამომუშაების წყლით ამოვსება. ეს უნდა გავითვალისწინოთ როგორც გვირაბის გრძივი პროფილის დაგეგმვისას, ისე სამუშაოთა ორგანიზაციის პროექტის დამუშაების დროსაც.

გვირაბის წყლების წარმოშობა შეიძლება იყოს სხვადასხვანაირი. წყალმა შეიძლება შეაღწიოს განომუშაებაში მასივის ზემოდან — მდინარეებიდან, ტბე-ბიდან; შეიძლება შეაღწიოს წყალგამტარი ფენების გადაკვეთისას; აგრეთვე გვხვდება (კალკულური დალმავალი ან აღმავალი წყაროები; დაბოლოს, წყალმა შეიძლება შეაღწიოს ცალკეულ მიწისქვეშა დაგროვებიდან.

მიწისქვეშა წყლების არსებობის მრავალსახა პირობები შეიძლება დავი-ყვანოთ სამ ძირითად სახეზე:

1. ფენის წყლები, რომლებიც შეაღწევენ წყალგამტარი ქანების ფორებით;
2. ნაპრალების წყლები, რომლებიც შეაღწევენ ქანების ნაპრალებით;
3. კარსტის წყლები, რომლებიც შეაღწევენ მეტად ან ნაკლებად გამო-ტუტული ქანების სიკარიელებით.

მოდინების ინტენსიურობა დამოკიდებულია წყალშემკრები აუზის სი-დიდებზე, წნევის სიმაღლეზე და გზაზე შეხვედრილ მთის ქანების შეღწევალო-ბის ხარისხზე. უმეტეს შემთხვევებში მიწისქვეშა წყლებია მოდინება ხასიათ-დება ღია ნახლეტი ნაპრალების არსებობით და იფარგლება დარღვევათა შე-დარებით მცირე ზონებით.

გვირაბისა და ზედაპირული წყლების ურთიერთ კავშირზე წყალგამტარ და ნაპრალოვან ქანებში მოძინება შეიძლება გახადოს ზუღმივე და ისე უხვი, რომ აუტილებელი გახდეს დიდი სიძნელებების გადალახვა, როგორც გვირაბის მშენებლობის, ისე მისი ექსპლუატაციის დროსაც.

მიწისქვეშა წყლის ცალკეული საცავების მოულოდნელმა გახსნამ, მათი დიდი მოცულობისა და დაწინების შემთხვევაში, შეიძლება დიდი უბედურება გამოიწვიოს. მოულოდნელი წყლის გარღვევების წინასწარი ცოდნით კი შეიძლება მათი სწრაფი ლიკვიდაცია და ამიტომ ასეთ შემთხვევაში ისინი საშიშროებას არ წარმოადგენენ.

ქანების წყალუხვობა, როგორც წესი, ამცირებს გამომუშავების მდგრადობას. ზოგიერთი ქანები, როგორც მერგელები, თიხები და ქვიშა, წყლის თანაპოვნეობის დროს ხდებიან უკიდურესად არამეკიდარი, ზოგჯერ მცურავი, და დიდ წნევის ახდენენ სამაგრებზე.

ქანების სიმკვიდრის დარღვევა შეიძლება მოხდეს აგრეთვე ზოგიერთი შემადგენელ ნაწილებს წყლით გამორეცხვის, გამოტუტვის და მათი ფორიან და ჟონად მასებზე გარდაქცევას შედეგად. მგალითად, სიმპლონის გვირაბის გაყვანის დროს, გამომუშავებაში მოდენილ წყალს გამოჰქონდა სულფატები, რომელთა რაოდენობასაც, თაბაშირზე გადაანგარიშებით, ერთი წლის განმავლობაში უნდა შეედგინა არა ნაკლებ 10000 მგ.

წყლის არსებობა ზრდის მრავალი ქანის პლასტიკურობას და ფენების დახრილობისას წარმოქმნის დასრიალების სიბრტყეებს, რითაც იწვევს შთისწმენის ადგილობრივ ზრდას.

არაპასურველად ითვლება ცხელი ნაკადულები, რომელთაც შეუძლიათ ჰაერის ისედაც მაღალი ტემპერატურის გადიდება და მისი ტენიანობის ზრდა.

მიწისქვეშა წყლების მაღალი ტემპერატურა შესამჩნევია აღმავე ნაკადულებში, რომლებიც ნაპრალებს ამოჰყვებიან დიდ სიღრმიდან. სიმპლონის გვირაბში შესამჩნევი იყო ასეთი ნაკადულები 55° ტემპერატურამდე. იაპონიის ზოგიერთ გვირაბში წყლის ტემპერატურა 50°-მდე აღწევდა.

გვირაბში მიწისქვეშა წყლების მოღინება ზამთარში განსაკუთრებით მკაცრი ჰავის მიდამოებში, მნიშვნელოვან გართულებებს იწვევენ ნაგებობის ექსპლუატაციაში. ყინულის ლოლუების წარმოქმნა იწვევს გაბარიტის დარღვევას და მოითხოვს სისტემატიურ გასუფთავებას. ამას გარდა, წყობის ნაპრალებში შეღწეული წყალი იყინება და ანგრევს სამაგრს.

მიწისქვეშა წყლების ქიმიურ შემადგენლობას მნიშვნელოვან აქვს გვირაბის სამაგრის წყობაზე ზემოქმედების თვალსაზრისით. სხვადასხვა შენაერთების აგრილი ხარისხის განსაზღვრისათვის ზუსტი რიცხობრივი ნორმები დღევანდლად კიდევ არ არსებობს.

მიწისქვეშა წყლებში მეტად ხშირად შეხვედრილი ქიმიური ნივთიერებანი, სპაგრისათვის მავნებლობის ხარისხის მიხედვით, შეიძლება სამ ჯგუფად დაყოს (ჯხრილი 7).

წყლის ზეგავლენით მთელი რიგი ქანები იცვლიან თავიანთ ქიმიურ შემადგენლობას, რასაც მოსდევს მოცულობის გადიდება. მეორეს მხრივ, თაბაშირის მნიშვნელოვანი ხსნადობა იწვევს სულფატური წყლების წარმოქმნას, რომლებიც აგრეთვე ამომჰმელად მოქმედობენ ხსნარებსა და ბეტონებზე. მკა-

მიწისქვეშა წყლების მავნე და უვნებელი შენარევები

რიგის №	განსაკუთრებით მავნე	მავნე	უვნებელი
1	გოგირდმჟავა H_2SO_4	ქლორიტები $CaCl_2, MgCl_2, FeCl_2$	ამიაკი NH_4OH
2	მარილმჟავა HCl	თაბაშირი $CaSO_4$	მწვევი ტუტეები $NaOH, KOH$
3	სულფატები $Na_2SO_4, MgSO_4, FeSO_4$	გოგირდოვანი მჟავა H_2SO_3	ტუტეების ქლორიდები $NaCl, KCl$
4	ამონიუმის მარილები NH_4Cl	ქლორკირი $Ca(ClO)_2$	კარბონატები RCO_3
5	გოგირდწყალბადი H_2S	თვისუფალი ნ.ხშირმჟავა CO_2	
6	შაბი $RM(SO_4)_2$	მაგნეზია MgO	
7	ფენოლი C_6H_5OH	ორგანიული ცხიმები	
8	„ ცხიმები	ჩამდინარე წყლები	
9	გუმინმჟავები		

ვე ხასიათის მსგავსი წყლები წარმოიქმნებიან პირიტის შემცველი ქანების დაშლისა და გამოტუტვის დროს.

§ 17. მიწისქვეშა აირები

გვირაბის გათხრისას ხშირად გვხვდება მავნე და საშიში მიწისქვეშა აირები. მავნე ზემოქმედება ამ აირებს აქვთ ადამიანის ორგანიზმზე, გვირაბის სამაგრის წყობაზე, სალიანდაგო და სხვა მოწყობილობაზე. განსაკუთრებით არახელშემწყობია ძლიერად აალებადი აირები, რომლებიც ხანძრის საშიშროებას ქმნიან, და აირები, რომელთაც ახასიათებს ფეთქებადი თვისებები.

გამომუშავებაში მეტად ხშირად გვხვდება ნახშირწყალბადოვანი აირება, ნახშირმჟავა აირები, გოგირდოვანი წყალბადი და აზოტი.

ნახშირწყალბადოვან გაზებიდან განსაკუთრებით ხშირად ვხვდებით მეთანს (CH_4), ეგრეთწოდებულ მალაროს ანუ ქაობის გაზს. ჩვეულებრივ, ეს გაზი გამოიყოფა ნათობიან, ნახშიროვან, ბითუმიან და ზოგჯერ მარილიან ფენებში გაყვანილ გამომუშავებაში. მიწისქვეშა მეთანის თანაპოვნიერება შეიძლება გამოწვეული იყოს აგრეთვე, უმთავრესად მეცნარეთა ნარჩენების ნახშირწყლების დაშლით. მცირე კუთრი წონის გამო მეთანი გროვდება გამომუშავების ზედა ნაწილებში. თალის ქვეშ. მეთანი შხაპიანი გაზი არ არის, მაგრამ წვადია და ჰაერში შერეული საშიშია აფეთქებების და ხანძრის თვალსაზრისით. სურამის გვირაბის აშენების დროს მეთანი გამოიყოფოდა ქანების ბზარე-

ბიდან და ალთან შებენით წანსვე ფეთქდებოდა. საკმაოდ ხშირი იყო ნუშების სიღამწერის და დასახიჩრების შემთხვევები.

მეთანის უხვ გამოყოფას აფეთქებების, ზანძრების და ადამიანების მსხვერპლის თანხლებით ადგილი ჰქონდა დიდი აპენინის გვირაბის აგების დროს.

აგრეთვე საკმაოდ ხშირად გამოიყოფა ნახშირმჟავა გაზი (CO_2) და დიდი კუბური წონის გამო გროვდება კვეთის ქვედა ნაწილში; ეს გაზი ადვილად შედის ყველა სიცარიელეებში და ბზარებში. მისი წარმოშობა უნდა მიეკუთვნოს ნიკენარეების და ცხოველების ნარჩენების დანახშირების პროცესს; მისი მოულოდნელი გამოყოფა დიდი რაოდენობით ხალხისათვის საშიშროებას წარმოადგენს. სიმპლონის გვირაბის მშენებლობის დროს ნახშირმჟავა გაზის მოულოდნელმა გამოსვლამ გამოიწვია ორი მუშის დაღუპვა.

გოგირდწყალბადი (H_2S) თუმცა შხამიანია, მაგრამ უმნიშვნელო რაოდენობით გამოყოფის დროსაც კი ადვილად გაიგება ძლიერი სუნით და დროულად ღდება საფრთხის თავიდან აცილებლა, ეს გაზი მანვე გაველენას ახდენს წყობაზე, რადგან შლის ღულაბს, განსაკუთრებით კირისას.

ახოტი (iv) ზოგჯერ გამოდის უფრო ახალი ამოფრქვეული ქანების გაედის დროს. თუმცა ის არ ეხმარება სუნთქვას, მაგრამ საშიშროებას არ წარმოადგენს, რადგან გამოიყოფა ჩვეულებრივ უმნიშვნელო რაოდენობით; ჰაერზე მსუბუქია და მისი დაგროვება ხდება გამომუშავების ზედა ნაწილში.

§ 18. გვირაბის გამომუშავების ტემპერატურა

1. წინასწარი შენიშვნები

იმ მაქსიმალური ტემპერატურის განსაზღვრა, რომელსაც შეიძლება შეხედეს მშენებელი გვირაბის გათხრის დროს, საგულისხმეოა მუშაობისათვის სათანადო მომზადების საქმეში. მშრალ ატმოსფეროში ადამიანს შეუძლია მუშაობა $+45^{\circ} \div 50^{\circ}$ მდე; ნესტიანი ჰაერის დროს მუშაობა $+40^{\circ}$ დროსაც კი შეუძლებელი ხდება და მიმართავენ ქანის ხელოვნურ გაცივებას.

მე-8 ცხრილში მოყვანილია მაქსიმალური ტემპერატურა შენიშნული. მთელი რიგი გვირაბების გათხრის დროს. შედარების მოხერხებულობისათვის გვირაბები განლაგებულია მათი სიღრმის შემცირების მიხედვით.

მიწის ქერქის ტემპერატურის დამოკიდებულება ჰაერის ტემპერატურაზე აღნიშნული შეიძლება იყოს განსაზღვრულ სიღრმემდე, რომელიც ფართო ზღვრებში იცვლება ადგილმდებარეობის პირობებით. მიწის ზედაპირის თითოეულ პუნქტზე განსაზღვრულ სიღრმეზე არსებობს მუდმივი ტემპერატურის სარტყელი, როგორც ქვემოთ ტემპერატურა თანდათან მატულობს. ასე მაგალითად, პარიზის ობსერვატორიის სარდაფში 28 მ სიღრმეზე არსებული თერმომეტრი უკვე 1783 წლიდან უჩვენებს ერთიდაიგივე ტემპერატურას 11,81°.

მუდმივი ტემპერატურის სარტყლის სიღრმე თავდაპირველად დამოკიდებულია გეოგრაფიულ განედზე. ეკვატორთან, სადაც ტემპერატურის რყევა უმნიშვნელოა, მუდმივი ტემპერატურის სარტყელი 1—2 მ სიღრმეზეა. შეიძლება ეს სიღრმე იზრდება და კონტინენტალურ ქვეყნებში (შუა განედში), სადაც წლიური ტემპერატურის რყევა მნიშვნელოვან სიდიდეს აღწევს, მუდმივი ტემპერატურის სა-

გვირაბის სახელწოდება	გვირაბის სიგრძე მ-ში	გვირაბის უმეტესი წარბილის სიღრმე მ-ში	გვირაბზე დაწალი კაბის ღირებულება მ-ში	მაქნიმალური ტემპერატურა გვირაბში ც-ში
სიმლონი I	19780	705	2136	55,4
სენ-გოტარდი	14954	1154	1706	35,0
მონ-სენისი	12819	1204	1654	30,1
ლეჩბერგი	14605	1214	1560	34,2
ბოსრუკი	4776	734	1300	10,5
ვლხეინი	6339	530	1000	12,8
გრენხენბერგი	5565	515	900	26,5

რტყელი 30—40 მ სიღრმეზეა. ნაგრამ, როგორც მე-8 ცხრილიდან ჩანს, უდიდესი ტემპერატურა გვირაბში მულამ როდი გამოხევა ქანების ზედადარე ფენის უდიდეს სისქეს. სიღრმესთან ერთად ტემპერატურას ზრდის კანონზომიერების ეს დარღვევა გამოწვეულია მთელი რიგი მეორეხარისხოვანი ფაქტორების გავლენით, რის შესახებაც დაწვრილებით ქვემოთ იქნება ნათქვამი.

არ შევიჩნდებით სიღრმის ტემპერატურის წარმოშობ მრავალრიცხოვან თეორიებზე და ჰიპოთეზებზე, რომლებიც დაწვრილებით მოცემულია სპეციალურ ლიტერატურაში, გადავალთ მის განსაზღვრულ გვირაბის ხერხელის ზონაში.

2. გეოთერმიული საფეხური

სიღრმითი ტემპერატურის ზრდის საზომად ორი სიდიდეა მიჩნეული

ა) გეოთერმიული საფეხური; ანუ სიღრმე მეტრებში, რამდენზედაც უნდა ჩავიდეთ, რომ ტემპერატურა აიწიოს 1°-ზე;

ბ) გეოთერმიული გრადიენტი ანუ გრადუსების რიცხვი, რომელზედაც აიწივს მთის ქანების ტემპერატურა ყოველ 100 მ ზე ჩაღრმავებისას.

გეოთერმიული გრადიენტის გამოყენება აუფრო მოსახერხებელია, ვიდრე გეოთერმიული საფეხურისა, რადგან პირველის სიდიდე პირდაპირ პროპორციულია ტემპერატურის ზრდის ინტენსიობისა. გეოთერმიული საფეხურის სიდიდე კი ამ ინტენსიობის უკუპროპორციულია. მაგრამ საგვირაბო საქმეში განსაკუთრებით ვავრცელებულია გეოთერმიული საფეხური და, ამიტომაც, მთელი შემდგომი განმარტება შეეხება ამ საზომს. ლიტერატურაში რეკონენდებული საშუალო გეოთერმიული საფეხური 33 მ ამ შემთხვევაში ნორმად არ შეიძლება იქნას მიღებული, ვინაიდან მთელი რიგი სხვადასხვა მდგომარეობებზე დამოკიდებულებით, როგორც ეს ზემოთ იყო აღნიშნული, ეს სიდიდე დიდ მერყეობას განიცდის და ყოველ გვირაბისათვის მნიშვნელოვან შესწორებებს საჭიროებს. მე-8 ცხრილის მონაცემები ამტკიცებენ ნათქვამს.

სიღრმითი ტემპერატურის ცვლილების ინტენსივობაზე* არსებითი გავლენა აქვს შემდეგ ფაქტორებს:

- ა) ადგილის რელიეფს;
- ბ) მიწისქვეშა წყლების რაოდენობასა და ტემპერატურას;
- გ) ქანების ტენიანობას და თბოგამტარობას;
- დ) ქანების პეტროგრაფიულ შემადგენლობას, სტრუქტურას და სიღრმის პირობებს;

ე) ზღვის, ტბის ან მდინარის წყლის თავმოყრას მთის მასივის მახლობლად. ყოველივე ამასთან გეოთერმიული საფეხური გარკვეული ადგილისთვისაც კი არ არის მუდმივი. მრავალრიცხოვანი დაკვირვებებით დამტკიცებულია, რომ ტემპერატურა დიდ სიღრმეზე იზრდება მის ზევით მდებარე ფენის სიმართლის არაპირდაპირ პროპორციულად. ამ მხრივ დამახასიათებელია მე-9 ცხრილში მოყვანილი მონაცემები.

ცხრილი 9

* გეოთერმიული საფეხურები ზოგიერთი ქვეყნისათვის

ადგილმდებარეობა	ზედა სიღრმენი მ-ში	გეოთერმიული საფეხური მ-ში	ქვეითა სიღრმენი მ-ში	გეოთერმიული საფეხლო მ-ში
ჰამბურგი—ნეინგამი—გერმანია	0—250	86,4	950—1040	29,2
შლადებახი—გერმანია	86—336	87,5	936—1236	35,2
გრენტეილი, დასავლეთი ვირჯინია აშშ	610—914	48,2	1067—1341	35,1
ბაი სიტი, მიჩიგანი—აშშ	897—546	44,7	894—1053	41,8
ვოლკანო, დასავლეთ ვირჯინია აშშ	152—405	49,2	1143—1365	28,8
სად. ჯონდელ—რეი—ბრაზილია	1228—1503	74,1	1685—1871	54,7

ადგილმდებარეობის რელიეფის გავლენა გეოთერმიული საფეხურის სიდიდეზე შემოჭმებულია დაკვირვებებით, როგორც მადნების დამუშავებისას, ისე გვირაბების გაყვანის დროსაც, მასთან ამ ფაქტორის გავლენა მნიშვნელოვანია. მცირედ დაკვეთილი ადგილის ქვემოთ გეოთერმიული საფეხურის ზრდა უფრო თანაბრად მიმდინარეობს, ვიდრე რთულ რელიეფიანი ზედაპირებზე ქვემოთ. მთის მასივს მეტად დიდი დასერილობის შემთხვევაში თავს იჩენს ფერდობების გამაგრებელი გავლენა და შესაძინევი გეოთერმიული საფეხურის ზრდა. გვირაბების ლიტერატურაში არსებობს მითითებები იმაზე, რომ გეოთერმიული საფეხურის სიდიდე მთიან ადგილებში შეიძლება ავილოთ 33% -ით მეტი, ვიდრე ვაკე ადგილებში.

ასეთი მითითების შესაბამისად მიღებულია გეოთერმიული საფეხურის მნიშვნელობები, გვირაბებით გაკრილი ზოგიერთი მთის მასივებისათვის:

მონ-სენისათვის	50 მ
არხორტის ულელტეხილი (კავკასიის მთავარი ქედი)	45 მ
სურამისათვის	44,70 მ
სენ-გოტარდისათვის	44 მ
სიმპლონისათვის	43,50 მ

კიდევ უფრო გამაგრებელი გავლენა აქვს მუდმივი თოვლით და ყინულით დაფარულ მთის ქედებს.

გეოთერმიული საფეხურის სიდიდეზე შესამჩნევ გავლენას ახდენს აგრეთვე მიწისქვეშა წყლები და მათი ტემპერატურა. ბოსრუკის გვირაბის გაჭრის დროს შეხვედრილმა წყლის დიდმა რაოდენობამ გამოიწვია გამომუშავების ფაქტიური და ანგარიშით მიღებულ ტემპერატურებს შორის დიდი სხვაობა. ყაშირის მაქსიმალური ტემპერატურა გამოთვლილის 51° ნაცვლად იყო $10,5^{\circ}$. დაბალი ტემპერატურა აღნიშნული იყო ბოსრუკის მთის მასივის სწორედ ყველაზე ამაღლებულ ნაწილში ნიშნულით 2008 მ ზევით მდებარე 1300 მ სისქის ქანში.

კარავენკენის გვირაბის გაყვანის დროს მინიმალური ტემპერატურა დაემთხვა წყლით ყველაზე მდიდარ უბნებს. გვირაბ ვოხენში წყაროების გამაგრებებელ მოქმედების წყალობით ქანების უმაღლესი ტემპერატურა აღწევდა მხოლოდ $12,8^{\circ}$. ყველაზე დიდი სისქის 1000 მ დამწოლი ქანის (კირქვები) ქვეშ ტემპერატურა $9,4^{\circ}$ -ს არ აღემატებოდა.

სიმპლონის გვირაბში მიწისქვეშა წყლების მოქმედება იყო ორგვარი: ზევიდან ჩამდინარე წყალი ქანებზე მოქმედებდა გამაგრებლად, იმ დროს როდესაც ქვევიდან ზევით ამომავალი იუვენიალური წყლები გამომუშავების ტემპერატურას აღიდებდნენ.

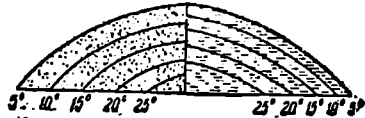
აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ძლიერ ფენოვან ანტიკლინალის ფორმაციები, მის ქვევით მდებარე ქანების ტემპერატურას სწევნ მალა, ვინაიდან ფენა

სახურავის ან თაღის სახით წყლისათვის ბუნებრივ ბარიერს წარმოადგენს.

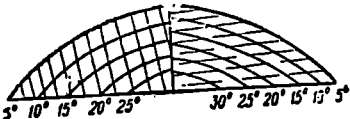
გეოთერმიული საფეხურის სიდიდეზე არსებითი გავლენა აქვს მთის ქანების თბოგამტარობას, რაც მეტიათ თბოგამტარობა, მეტია გეოთერმიული საფეხური. მთლიანი ქანები, რომელთაც სითბოს დიდი გამტარობის უნარი აქვთ, უფრო დიდი გეოთერმიული საფეხური აქვთ, ვიდრე ფენიან ქანებს (ნაკ. 47). სწორედ ასევე, ვერტიკალურად განლაგებული ფენებიან ქანებისათვის გეოთერმიული საფეხური მეტია, ვიდრე ჰორიზონტალურ ფენებიან ქანებისათვის, რადგან სითბოს გამტარებლობა ფენების გასწვრივ უფრო მეტია, ვიდრე სივანეზე (ნაკ. 48).

სიმპლონის გვირაბში წარმოებულმა დაკვირვებებმა გვიჩვენეს, რომ ნაოქებიან ფენებში უფრო დიდი გეოთერმიული საფეხურია, ვიდრე ჰორიზონტალურად მდებარე ქანში და მხოლოდ დისლოკაციებთან დაკავშირებით აღვილი ჰქონდა რყევებს 30—60 მ ზღვრებში.

ასევე ფიქალებს ნაკლები თბოგამტარობა აქვთ და, ამიტომ ნაკლები გეოთერმიული საფეხურიც გააჩნიათ, ვიდრე გნეისებსა და გრანიტებს (ნაკ. 49).

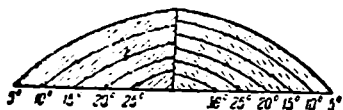


ნაკ. 47.



ნაკ. 48.

ქანების თბოგამტარობასთან უშუალო კავშირშია ქანების ტენიანობის საკითხი. როგორც ცნობილია, ნესტიან კლდეს უფრო მეტი თბოგამტარობა აქვს, ვიდრე მშრალს, და საერთოდ ტენიანი ქანების გეოთერმიული საფეხური 4—10%-ით მეტია, ვიდრე მშრალი ქანებისა (ნაკ. 50).



ნაკ. 40.

მშრალე მერგელები, სილა და სხვა ფხვიერი ქანები მათი ფორების ჰაერით გაჯღენთვის გამო დაბალი თბოგამტარი არიან და, ამიტომაც ადაბლებენ გეოთერმიულ საფეხურს. სწორედ ასევეა გაყინული ყამირი, რომელიც სითბოს ცუდი გატარია და თან უმნიშვნელო გეოთერმიული საფეხური აქვს.

მახლობლად წყლის დიდი აუზის—ზღვის, ტბის და ან კიდევ მდინარის—სიახლოვე აგრეთვე ამცირებს გეოთერმიულ საფეხურს.

მიწისქვეშა საწვი აირების არსებობით შეიძლება გადიდდეს მათს ქანების ალკალბრივი ტემპერატურა. ასე, მიავლითად, რიკენის გვირაბის გაყვანისას ნეჟანის (CH₄) აალებამ ქანების ტემპერატურა გააიღა 66,6°-მდე. ასეთივე წედევებით ხასიალდება დიდი ძალის შის წნევეც; აქ ქანების ტემპერატურის ზოლა გამოწვეულია შიგაძალების მექანიკური შუშაობით.

დაბოლოს, გეოთერმიულ საფეხურზე შიორეხარისხოვანი და თან ძნელად გააათვალისწინებელი გავლენა აქვს ვულკანის მახლობლობას, თუნდაც ჩამქრალი იყოს იგი. იგივე გავლენა აქვს კიმიურ პროცესებს თვით მასივში, ქვანახშირის საბადოების მახლობლობას და, დაბოლოს, რადიოაქტიური ნაკადულების არსებობას.

წინასწარი ორიენტირებისათვის სამთო საქმეში გეოთერმიული საფეხურების შემდეგი სიდიდეების აღებაა მოწოდებული.

ბიტუმინი რაიონებისათვის 6-დან 28 მეტრამდე, საშუალოდ 15 მ.

ნახშირიან რაიონებისათვის 18-დან 55 მეტრამდე, საშუალოდ 30 მ.

მადნიან რაიონებისათვის 35-დან 114 მეტრამდე, საშუალოდ 45 მ.

3. მოსალოდნელი ტემპერატურის განსაზღვრა

როგორც ზემოთ ვნახეთ, სიღრმის ტემპერატურის ზრდაზე მრავალი ფაქტორი მოქმედობს, რომლებიც არღვევენ პოვლენის კანონზომიერებას. ყველა ამ ფაქტორის შეტანა გაანგარიშებაში მოსალოდნელი ტემპერატურის ორიენტებითი მნიშვნელობის მისაღებათ პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამიტომ, შის წნევის სიღრმეში ტემპერატურის განსაზღვრის ძირითადი სიდიდე—გეოთერმიული საფეხური—მიახლოებით გამოითვლება, მასთან ეყრდნობიან მის საშუალო მნიშვნელობებს მოცემულ უბნისათვის და შესწორებები შეაქვთ ყველა ადგილობრივ თავისებურებებში.

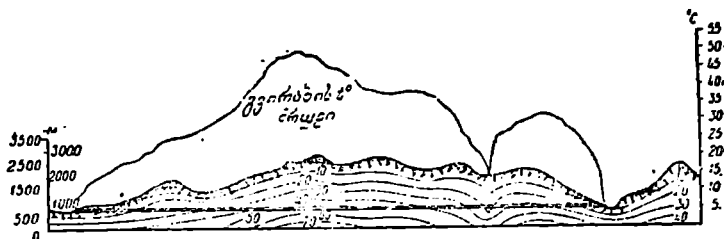
• შიგა ტემპერატურის განრიგების კანონის ნათლად წარმოდგენისათვის საზოგადოდ სარგებლობენ მრუდეებით. მასივის შიგნით ერთნაირი ტემპერატურის წერტილებზე გატარებულ მრუდეებს იხოგეთერმები¹ ეწოდება.

¹ აგრეთვე გვხვდება სახელწოდებები: გეოთერმები და გეოთერმები.

იზოგეოთერმების ღუნვა ზუსტად არ მისდევს მთის მასივის ზედაპირის ღუნვას (ნაკ. 51); მაღლობების ქვემოთ იზოგეოთერმები მიწის ზედაპირზე ციკაბოდ იზრდებიან (მაღლებიან), ციკაბო ჩავარდნების ქვემოთ კი უფრო მდოვრულად ეშვებიან (ნაკ. 51). აქედან გამომდინარეობს, რომ გეოთერმიულ საფეხურს მაღლობის სხვადასხვა ადგილას სხვადასხვა მნიშვნელობა აქვს.

იზოგეოთერმებს კენიგსბერგერის მეთოდით აგებენ, რომელსაც გაანგარიშებაში შეჰყავს რელიეფის გავლენა და ადგილმდებარეობის საშუალო წლიური ტემპერატურები. იზოგეოთერმების ასაგებად შემდეგი მონაცემებია საჭირო:

- ა) ადგილმდებარეობის განედი და სიგრძედი;
- ბ) ჰაერისა და ნიადაგის საშუალო წლიური ტემპერატურები;
- გ) გვირაბის გასწვრივ ზოლის გეგმა ჰორიზონტალებში სივანით არა ნაკლებ 4 კმ.
- დ) მაღლობის გრძივი პროფილი გვირაბის გასწვრივ
- ე) ადგილმდებარეობის განივი პროფილები, რომლებიც ტოლმანძილებზეა გადაღებული გვირაბის ღერძის გასწვრივ;



ნაკ. 51.

ვ) გეოლოგიური ჰორიზონტის გვირაბის ღერძის გასწვრივ;

ზ) გეოთერმიული საფეხური მოცემული ადგილისათვის.

გვირაბის ზემოთ სხვადასხვა პუნქტებში ჰაერისა და ნიადაგის საშუალო წლიური ტემპერატურები ამ მიზნით საგანგებოდ მოწყობილი მეტეოროლოგიური პუნქტების უშუალო დაკვირვებით აიღება, ან გამოითვლება აეროთერმიული საფეხურით და ემპირიული მონაცემებით.

აეროთერმიული საფეხური ან სიმაღლე მეტრებში, რომელზედაც უნდა ავიდეთ ატმოსფეროში, რომ ტემპერატურა შემცირდეს 1° -ით, დაახლოებით 200 მ უდრის. ამ სიდიდის უფრო ზუსტი მნიშვნელობა აეროთერმიული გრადიენტის სახით, ე. ი. გრადუსებით, რომელზედაც მცირდება ტემპერატურა 100 მეტრზე ასეღისას, მოცემულია კენიგსბერგერისა და ბიჟლბერგის მიერ; მათ ეს სიდიდე $0,57^{\circ}$ -ად განსაზღვრეს. როდესაც ცნობილია ტემპერატურა უფრო დაბლა განლაგებულ პუნქტებში აეროთერმიული საფეხურის სარგებლობით ადვილად გამოვითვლით ტემპერატურას პროფილის სხვადასხვა წერტილებისათვის გვირაბის ზემოთ.

ჰაერის ტემპერატურიდან ნიადაგის ტემპერატურაზე გადასვლისათვის კენვისბერგერის ცხრილით სარგებლობენ (ცხრილი 10).

ცხრილი 10

ჰაერის ტემპერატურიდან ნიადაგის ტემპერატურაზე გადასვლა

სიმაღლე ზღვის დონიდან მეტრებში	ჰაერის ტემპერატურა ცელსიუსის გრადუსებში	ნიადაგის ტემპერატურა ცელსიუსის გრადუსებში
0	t_1	$t_1 + 0,8$
500	t_2	$t_2 + 1,0$
1000	t_3	$t_3 + 1,3$
1500	t_4	$t_4 + 1,7$
2000	t_5	$t_5 + 2,3$
2500	t_6	$t_6 + 3,0$

მაღლობის გრძივი პროფილი გვირაბის ღერძის გასწვრივ ისეთ სახეზე დაიყვანება, რომელიც გეოთერმიული საფეხურის გამოთვლისას საშუალებას გვაძლევს გავითვალისწინოთ რელიეფის ყველა თავისებურება ნაგებობის ორთავე მხარეს. ამ მიზნით გამოისახება ადგილის განივი პროფილები, რომლებიც გადაღებულია ნაგებობის ორთავე მხარეს თანატოლ 0,5—1 კმ მანძილებზე სიგრძივი მიმართულებით. ამ განივი პროფილების სიგანე შესრულებული საშუაობების მონაცემების მიხედვით მნიშვნელოვან ზღვრებში მერყეობს. ასე, მაგალითად, სენ-გოტარდის გვირაბისათვის ადგილის ზოლად 9 კმ აიღეს, ე. ი. 4,5 კმ ორთავე მხარეს ნაგებობის ღერძიდან, ხოლო მოსალოდნელი ტემპერატურების განსაზღვრისას სიმპლონის გვირაბში ამ ზოლად 2 კმ აიღეს. ამჟამად ზოლის სიგანედ 4 კმ მიღებული და მას ზრდიან მხოლოდ გვირაბის დიდ სიღრმეზე მოთავსების შემთხვევაში. გამოითვლება ყოველი განივი პროფილის ფართობი და გამოანგარიშდება მათი ტოლდონი სწორკუთხედის სიმაღლე. ეს სიმაღლე გვირაბის მოცემულ პუნქტისათვის ადგილის საშუალო სიმაღლე იქნება განივ პროფილის მთელ სიგანეზე. გამოთვლილი საშუალო სიმაღლეების გვირაბის გრძივ პროფილზე მოზომვით მიიღებენ გრძივ პროფილს საშუალო ნიშნულებით. ამ პროფილზე, იციან რა გეოთერმიული საფეხურები მოცემულ ადგილისათვის ან გვირაბის ცალკეული უბნებისათვის, დასახავენ იზოგეოთერმებს ყოველი 10° შემდეგ და, მერე, მათ შორის ყოველი 5° შემდეგ. შემდეგი რელიეფის გავლენის უფრო სრული აღრიცხვა იზოგეოთერმის მოხაზულობაზე კენვისბერგერის მისი „გამომდინარე სინუსოიდის“ წესით აწარმოებს, რომლის აღწერილობა მოყვანილია სპეციალურ ლიტერატურაში.

სურამის გვირაბისათვის გეოთერმიულ საფეხურად აღებული იყო 30 მ. ზევითმდებარე ფენის უდიდესი 366,39 მ სიმაღლის, მუდმივი ტემპერატურის სარტყლის 8,53 მ სიღრმის და ადგილის საშუალო წლიური 8,2° ტემპერატურის პირობებში ქანის ტემპერატურა გვირაბში უნდა ყოფილიყო:

$$t = 8,2 + \frac{366,39 - 8,53}{30} = 8,2 + 11,92 = 20,12^{\circ}$$

ქანების ფაქტიური ტემპერატურა მერყეობდა 17—20° შორის და მხოლოდ ერთ ადგილას მიაღწია 23°.

მრავალრიცხოვანი დაკვირვებების შედეგად, რაც ჩატარდა სენ-გოტარდის გვირაბში, შედგენილი იყო ემპირიული ფორმულა გამომუშავების ტემპერატურის განსაზღვრისათვის ($\pm 2,5^\circ$ მიახლოებით):

$$\delta = \sqrt{41,6593 - 0,1517 h + 0,0001195 h^2} + 6,45 + 0,0106 h,$$

სადაც: δ —მიწის ტემპერატურის ნაზრი ცელსიუსის გრადუსებში,
 h —სიღრმე მიწის ზედაპირიდან გამომუშავებამდე მ-ში.

ეს ფორმულა აგრეთვე გამოიყენეს სურამის გვირაბის ტემპერატურის განსაზღვრისათვის $h = 366,39$ მ დროს, რის შედეგადაც მიიღეს:

$$\delta = \sqrt{41,6593 - 0,1517 \cdot 366,39 + 0,0001195 (366,39)^2} + 6,45 + 0,0106 \cdot 366,39 = 11,78^\circ,$$

ქანის ტემპერატურა გვირაბში იყო:

$$t = 8,2 + \delta \pm 2,50 = 8,2 + 11,78 \pm 2,50 = 19,98 \pm 2,50^\circ,$$

ე. ი. მოსალოდნელი ტემპერატურა მერყეობდა 17,48—22,48° შორის, რაც სრულიად საკმარისად უახლოვდება ფაქტიურად დაკვირვებულ ტემპერატურებს 17—23° და დიდად არ შორდება გეოთერმიული საფეხურით განსაზღვრულ სიდიდეს.

სამთო საქმეში ქანების ტემპერატურის განსაზღვრისათვის სხვადასხვა სიღრმეზე იყენებენ ფორმულას:

$$t = \frac{t_2 (H - H_1)}{gr},$$

სადაც: t —საძიებელი ტემპერატურა,

H —გამომუშავების სიღრმე,

H_1 —მუდმივი ტემპერატურის არეს სიღრმე,

t_2 —საშუალო წლიური ტემპერატურა,

gr —გეოთერმიული საფეხური.

როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, აქ წარმოდგენილია პირდაპირი პროპორციულობა სიღრმისა და საშუალო წლიურ ტემპერატურებს შორის, რასაც, როგორც ზემოთ იყო ნაჩვენები, სინამდვილეში ადგილი არა აქვს.

51 ნაკეთზე ნაჩვენებია სიმპლონის გვირაბის იზოგეოთერმები და ტემპერატურის მრუდი.

არხოტის საულელტეხილო გვირაბისათვის (ტრანსკავკასიის რკინიგზისათვის) უდიდესი ტემპერატურა შემდგენიარად გამოითვალა აკადემიკოსმა ლ. ე. ვინსონ-ლესინგმა. სიმპლონის და სენ-გოტარდის გვირაბების პირობათა შედარების საფუძველზე გეოთერმიული საფეხურის სიდიდედ მიღებული იყო 45 მ, საშუალო წლიური ტემპერატურა კი გუდაუთის მეტეოროლოგიური სადგურის მიხედვით, რომელიც 530 მეტრით დაბლაა არხოტის უღელტეხილზე,

უღრის 3,4°, ხოლო აეროთერმულ გრადიენტად აღებული იყო 0,5°. ჰაერის ტემპერატურა უღელტეხილზე შეადგენდა:

$$3,4^\circ - \frac{530}{100} \cdot 0,5 = 3,40 - 2,65^\circ = 0,75^\circ,$$

ზღვის დონედან 2886 მ. ნიშნულიან უღელტეხილის ნიადაგის ტემპერატურის განსაზღვრისათვის ინტერპოლაციით შემოაქვთ შესწორება მე-10 ცხრილს თანახმად:

$$3,0 + \frac{3,0 - 2,3}{2500 - 2000} \cdot (2886 - 2500) = 3,0^\circ + 0,54^\circ = 3,54^\circ.$$

მაშასადამე, ნიადაგის ტემპერატურა უღელტეხილზე შეადგენდა:

$$0,75^\circ + 3,54^\circ = 4,29^\circ.$$

გვირაბის 1494 მეტრის მაქსიმალურ სიღრმეზე გათხრისას უდიდესი ტემპერატურა გვირაბში შეადგენს:

$$t = 4,29 + \frac{1494}{45} = 4,29 + 33,20 = 37,49^\circ.$$

იზოგეოთერმების აგებისას მასივის გრძივი პროფილი შეასწორეს რელიეფის გათვალისწინებით ორ-ორი კილომეტრიანი ზოლით გვირაბის ღერძის თითოეულ მხარეს. გეოთერმული საფეხურის მიღებული სიდიდის და პროფილის ცალკეულ ადგილებში ნიადაგის ტემპერატურის შესაბამისად მასივში განსაზღვრეს ერთნაირი ტემპერატურიანი წერტილები, დაწყებული 10°-დან და ყოველ 5° შემდეგ. ამ წერტილების მდოვრული მრუდით შეერთებით მიიღეს იზოგეოთერმები.

§ 19. მთის წნევის წინასწარი პროგნოზი

მთის წნევის განსაზღვრა საკმაოდ ძნელია, იგი ზუსტად არ ამოიხსნება გვირაბში ქანების გათხრის შემდეგაც კი, მითუმეტეს არ შეიძლება უდავო სიზუსტის მოთხოვნა წინასწარი პროგნოზისავე. წინასწარი დასკვნები მუდამ სააღბათო გულღების ხასიათს ატარებენ, ისინი დამყარებული არიან მთელ რიგ პირობით დაშვებებზე და, მხოლოდ დაახლოებითი ორიენტაციის მიცემა შეუძლიათ ნმენებლისათვის. მთის წნევის რაოდენობრივი გამოვლინების გარდა საჭიროა მისი ხასიათის და მიმართულების ცოდნა, რომელიც შეიძლება იყოს შვეული და შეუძლია იმოქმედოს ზემოდან ან ქვემოდან, გვერდიდან ან სივრცით. მტად ხშირად გვხვდება ვერტიკალური წნევა, რომელიც მიმართულია ზემოდან ქვემოთ და რომელიც ზოგჯერ უზარმაზარი სიდიდისაა.

წნევა ქვემოდან ზემოთ იშვიათად გვხვდება და გამოწვეულია ან სუსტი ყაშირების ამობურცვით გამომუშავების გვერდითი კედლების დაწნევისას, ან წარმოადგენს თიხიანი ყაშირების ამობურცვის შედეგს, და ან დაბოლოს, წარმოიქმნება ზოგიერთი ქანის კიმიური ცვლილებების შედეგად.

გვერდითი წნევა წარმოიშვება თიხოვან ფხვიერ და ძოკავ ყაშირებში, მეტად დანაპრალბულ ქანებში და დახრილა; დაუნევის შემთხვევაში.

წნევა გვირაბის ლერძის გრძივად შეგვხვდება საკმაოდ იშვიათად და შეიძლება გამოწვეული იყოს გამოქუშაეების ქერში ქანების ჩაწოლის განსაკუთრებული პირობებით. უფრო ხშირად ამ სახის წნევას ადგილი აქვს უშუალოდ გვირაბში შესასვლელთან. უკანასკნელ შემთხვევაში ის განხილული უნდა იყოს, როგორც მისაველი კრილის შუბლის ფერდობის ყაშირების გადაადგილების შედეგი.

წნევის სიდიდე და მიმართულება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ადგილმდებარეობის ტექტონიურ დახასიათებაზე.

ყველა ის დეფორმაცია, რომლებიც განიცადა მთის ქანვა თავისი გეოლოგიური არსებობის განმელობაში, ასე თუ ისე ასახული იქნებიან მის თვისებებში. ტექტონიური დარღვევები შეიძლება მოგვევლინოს ნაოქების, ნახლეტების, ნაწევების და წყვეტილობის სახით. ყველა ეს დარღვევები, იმისა და მიუხედავად იწვევენ თუ არ იწვევენ მთლიანობის წყვეტილობას, ზრდიან მთის წნევას და მიწისქვეშა საშუაოებისათვის ხელისშემშლელ პირობებს წარმოადგენენ. ტექტონიური პროცესებითვე აიხსნება ქანების დაბზარულობა და ზოგჯერ კი მათი მეტამორფიზმიც, რომელიც ხელს უწყობს მთის წნევის ზრდას და ჰქმნის გამოქუშაეების ჩამონგრევის ხელშეწყობ პირობებს.

გასაკრელი მასივის ნაოქიანობის მიმართ მშენებელს უნდა აინტერესებდეს გვირაბი გადის სინკლინალში თუ ანტიკლინალში. სინკლინალებში მოსალოდნელია დიდი მასების დარღვევის შემთხვევები. შებრუნებითი ანტიკლინალები გვირაბის გავლისათვის უფრო ხელშემწყობ პირობებს წარმოადგენენ. როგორც გვიჩვენებს ლევისონ-ლესინგის და ზაიცევის ცდებმა, ანტიკლინალის ნაოქი იძლევა ჩალუნვის ნაკლებ არეს და ძაბვის ნაკლებ ადგილობრივ გადამეტებას¹.

ანტიკლინალების და სინკლინალების ლერძის მიმართულებით შესაძლებელია ქანებში გამჭიმავი ძაბვების წარმოშობა, და თუ ეს ძაბვები აღფატება სიმტკიცის ზღვრებს, მაშინ მოსალოდნელია დამსხვრევის ზონის თანაპოვნიერება, რაც მნიშვნელოვნად აუარესებს გამოქუშაეების მდგრადობის პირობებს. მაგრამ თუ გამჭიმავი ძაბვები ქანების სიმტკიცის ზღვარზე ნაკლებია და არ არსებობენ დამსხვრევის ზონები, მაშინ ანტიკლინალის ლერძზე მკვებარე გამოქუშაეება უფრო ხელშემწყობ პირობებში იქნება, ვიდრე მის ფრთაში გავლილი გამოქუშაეება. ციკაბოდ მდგარი ფენები გვაძლევენ ნაკლებ ვერტიკალურ წნევას და გვერდითს კი მეტს; პირიქით, დამრეცი ფენების შემთხვევაში ვერტიკალური წნევა სკარბობს გვერდითს.

მთის წნევის თეორიები და მისი გამოთვლის მეთოდები დაწვრილებით განხილულია VIII თავში.

¹ Ф. Левинсон-Лессинг и К. Зайцев, „К вопросу о давлении в толлах“ პეტროგრა-დი, 1915, 33. 26.

გვირაბების განლაგება გეგმაში

§ 20. გვირაბების დაპროექტების პირობები გეგმაში

გვირაბების განლაგება გეგმაში უნდა ჩატარდეს იმ მოთხოვნათა დაცვით, რომლებსაც წარუდგენს ტექნიკური პირობები მოცემული ხაზის ტრასას.

გვირაბი შეიძლება მთლიანად მდებარეობდეს სწორზე ან მრუდზე, ან ერთდროულად მას შეიძლება ჰქონდეს როგორც სწორხაზობრივი, ისე მრუდხაზობრივი უბნები.

მრუდზე მდებარე გვირაბებს შემდეგი ნაკლი აქვთ:

ა) რთულდება გვირაბის ტრასირების პირობები და მისი ღერძის გადატანა ნაგებობაში; იზრდება შესაძლო გეოდეზიური ცდომილებების დაშვების საშიშროება.

ბ) იზრდება ქანის გამომუშავების და სამაგრის წყობის მოცულობა, რადგან გაბარიტული პირობებით მრუდზე გვირაბის განივი კვეთის ზომების გადიდება;

გ) რთულდება დროებითი სამაგრის სამუშაოთა წარმოება და მუდმივი სამაგრის მოწყობა.

დ) უარესდება როგორც ბუნებრივი, ისე ხელოვნური ვენტილაციის პირობები, რაც მნიშვნელოვნად აძნელებს ნაგებობის ექსპლოატაციას, განსაკუთრებით ორთქლით წვეის დროს;

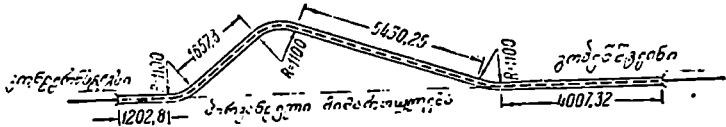
ე) დიდდება ჰაერის წინაღობა მატარებლის მოძრაობისადმი, რაც უარყოფით გავლენას ახდენს გვირაბში დასაშვებ ქანობის სიღიღებზე.

ყველა ეს ნაკლი მით უფრო შესამჩნეველ ხდება, რაც უფრო გრძელია გვირაბი და ნაკლებია სიმრუდის რადიუსი. მაგრამ არ შეიძლება გვირაბის აუცილებლად სწორხაზზე დაგეგმვა. გასაქრელი მასივის გეოლოგიური პირობები და ტექნიკურად უკეთესი და ეკონომიურად სასარგებლო მისასვლელი უბნების მოწყობა ხშირად უფრო ხელსაყრელად ხდის გვირაბის მრუდზე დაგეგმვას. პრაქტიკამ იცის შემთხვევები, როდესაც გეოლოგიური პირობების გამო ცვლიდნენ ტრასას მშენებლობის პროცესში და ამრუდდნენ წინასწარ სწორხაზობრივად დაგეგმილ გვირაბებს. ასეთ მოვლენას ჰქონდა ადგილი 14605 მ სიგრძის ლეჩბერგის გვირაბის გაყვანისას შევიცარიაში (ნაქ. 52).

ხშირად მეტად მოკლე სიგრძის გვირაბებსაც კი მრუდზე აგებენ.

გვირაბის მრუდეთა რადიუსები უნდა აკმაყოფილებდეს ნორმალურ ლიანდაგიანი რკინიგზის ხაზის ტრასისადაში წარდგენილ ტექნიკურ მოთხოვნილებებს-

ერთლიანდაგიან რკინიგზის დაგეგმვის ტექნიკური პირობებით (1946 წ.) ძირითადი ნორმების სახით შემდეგი სტანდარტული სიდიდის მრუდეთა



ნაკ. 52.

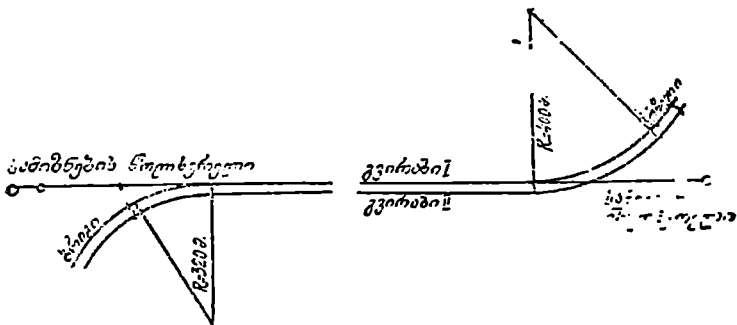
რადიუსებია მიღებული: 4000, 3000, 2000, 1800, 1500, 1200, 1000, 800, 700, 600, 500, 400, 350 და 300 მ.

განსაკუთრებით რაულ სამთო პირობებში და გზათა საინჟინეროს განსაკუთრებული ნებართვით დაიშვება მაგისტრალურ ხაზებზე 250 მ რადიუსის გამოყენება და ადგილობრივ მნიშვნელობის ხაზებზე კი 200 მ.

გამომუშავების და სამაგრის ზედმეტი გადიდების თავიდან ასაცილებლად, განიავების პირობების გაუმჯობესებისა და მოძრაობისადმი წინააღმდეგობის შემცირების მიზნით სასურველია, რომ გვირაბში მრუდის რადიუსი 600 მ-ზე ნაკლები არ დაინიშნოს.

§ 21. გვირაბის ტრასის მაგალითები

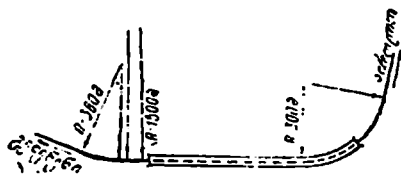
მთლიანად სწორზე განლაგებული უდიდესა სარკინიგზო გვირაბია 18510 მ სიგრძის დიდი აპენინის გვირაბი იტალიაში (ნაკ. 34). მას მოსდევს



ნაკ. 53.

გვირაბები: მონ-სენის 12849 მ სიგრძისა, მეორე კასკადური 12530 მ სიგრძისა (ნაკ. 30), მოლატის 9800 მ სიგრძისა (ნაკ. 31), შიმიტუს 9702 მ სიგრძისა იაპონიაში (ნაკ. 32) და სხ.

მრუდხაზოვანი გვირაბების მაგალითებზე გადასვლით შეენიშნაეთ, რომ მთლად მრუდზე მხოლოდ უზნიშნელო სიგრძის გვირაბი ძვეს. ხშირად საქმე, გვაქვს ისეთ გვირაბებთან, რომ-



ნაკ. 54.

ლებიც ნაწილობრივ მრუდზე მდებარეობენ და ნაწილობრივ სწორზე, მასთან მრუდზე უბნები უმეტესად გვირაბში შესასვლელებთან არის განლაგებული. ასეთებია გეგმაში: 3998 მ სიგრძის სურამის გვირაბი, 19780 მ სიგრძის სიმპლონის გვირაბი (ნაკ. 53), 14984 მ

სიგრძის სენ-გოტარდის გვირაბი (ნაკ. 54) და სხ.

§ 22. სპირალური გვირაბები

წრიულ მარყუევებზე მდებარე გვირაბებს საზოგადოდ სპირალური გვირაბები ეწოდება. თუ გვირაბი ასრულებს სრულ ბრუნვას 360°-ზე, მას მარყუევოვანს უწოდებენ. მარყუევოვან გვირაბებში ტრასის ორი პუნქტი სხვადასხვა დონეზე არიან და იკვეთებიან გეგმაში; ამ შინაარსით უნდა გვესმოდეს სიტყვა



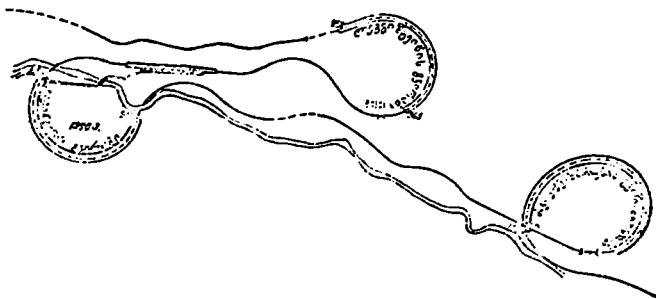
ნაკ. 55.

სპირალი და სინამდვილეში გვირაბის ტრასა სრულიადაც არ წარმოადგენს ნამდვილ სპირალს. ყველაზე დიდი სპირალური გვირაბია 1557 მ სიგრძის ფრეჯიოს გვირაბი სენ-გოტარდის სამხრეთ მისასვლელზე (ნაკ. 58).

სპირალური გვირაბები ხელსაყრელია რელიეფის მეტად მძიმე პირობებში ხაზის განვითარებისათვის, როდესაც ხაზის ეს განვითარება საჭიროა მთის მასი-

ვის შიგნით ვაწარმოოთ. სპირალური გვირაბის თვით დანიშნულება აწესებს მის გრძივი პროფილის ერთჯანობიან მოხაზულობას.

ერთჯანობიანი გვირაბის გაქრა, როგორც ქვევით დავინახავთ, წყლის მოშორების პირობებით ხშირად საკეროა ვაწარმოოთ ერთი მიმართულებით.



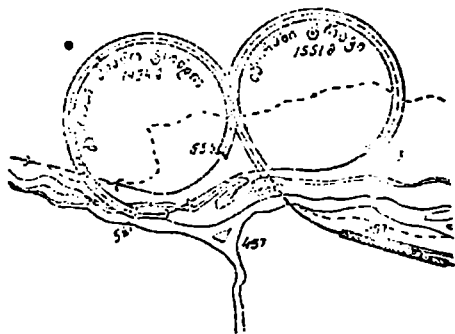
ნაკ. 56.

ამისათვის, ნუნებლობის დროის შემცირების მიზნით, შეძლებისდაგვარად ამცირებენ სპირალური გვირაბის სიგრძეს. ხშირად საკითხი სწავლება ერთ უბანზე ორი ან და ჯგუფი სპირალური გვირაბების მოწყობით, მათ შორის ღია უბნებით, საიდანაც სწარმოებს მუშაობა მათი გასაქრელად.

სპირალური გვირაბების დაგეგმვა ხოკრულ მრუდებზე სწარმოებს სხვადასხვა რადიუსების შეხამებით, რაც დამოკიდებულია ადგილის რელიეფზე, ლიანდის სივანეზე და მოცემულ ტექნიკურ პირობებზე.

სპირალური გვირაბები ფართოდ არის გამოყენებული მთის რკინიგზების ტრასირებაში (ნაკ. 55—59).

პირველად სპირალური გვირაბები გამოიყენეს სენ-

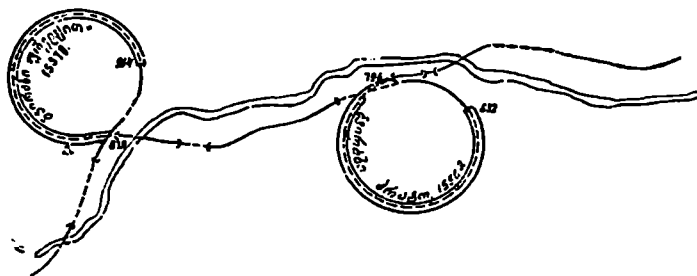


ნაკ. 57

გორტარდის საუღლტეხილო გვირაბთან მისასვლელებში. აქ უღლტეხილის ორთავე მხარეს არის 7 სპირალური გვირაბი, რომელთა საერთო სიგრძეა 9830 მეტრი, ჩრდილოეთის მისასვლელ უბანზე ხაზი განვითარებულია ცნობილი ვაზენის მარყუქით (ნაკ. 56) სამი სპირალური გვირაბით: 1487 მ სიგრძის პფაფენშპრუნგის გვირაბით, 1090 მ სიგრძის ვატიუნგის გვირაბით და 1095 მ სიგრძის ლევიშტეინის გვირაბით. ნიშნულების სხვაობა პფაფენშპრუნგის გვირაბის ჩრდილოეთ პორტალსა და ლევიშტეინის გვირაბის სამხრეთ პორტალს

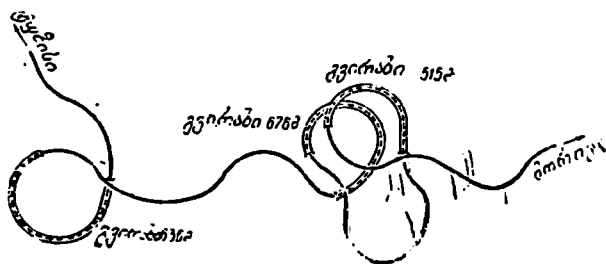
შორის შეადგენს $990 - 774 = 216$ მეტრს. სწორხაზობრივ მიმართულებით კი. ეს ორი პუნქტი ერთიმეორისაგან დაშორებულია მხოლოდ 1712 მეტრით.

საუღელტეხილო გვირაბის სამხრეთ მხრიდან მისასვლელი ხაზის განვითარება განხორციელებული იყო ოთხი სპირალური გვირაბის დახმარებით:



ნაკ. 58.

ორი ქვევითა: პიანო-ტონდო სიგრძით 1494 მ და ტრაეი სიგრძით 1551 მ. (ნაკ. 57); და ორი ზევითა; ფრედუო სიგრძით 1557 მ და პრატო სიგრძით 1556 მ (ნაკ. 58) აქ გვაქვს დიდი სიმაღლის გადალახვის უფრო მოხერხებული მაგალითი მოკლე მანძილზე: გვირაბი ტრაეის სამხრეთ შესასვლელი გვირაბ პიანოტონდოს ჩრდილოეთ შესასვლელზე მხოლოდ 230 მ არის დაშორებული ხო-



ნაკ. 59.

ლო მათ ნიშნულთა შორის სხვაობა $556 - 460 = 96$ მ-ის ტოლია; გვირაბ პრატოს სამხრეთი შესასვლელი გვირაბ ფრედუოს ჩრდილო შესასვლელს დაცილებულია 1175 მ-ით სწორი მიმართულებით ნიშნულთა $914 - 796 = 118$ მ სხვაობით.

შემდეგი მაგალითია შვეიცარიის გზის მეტრიანი ლიანდაგიანი ალბულას ტრასის განვითარება სამი სპირალისებური გვირაბის დახმარებით (ნაკ. 59).

ჩვენი რკინიგზის ქსელზეც არის მთელი რიგი სპირალისებური გვირაბებისა, რომლებიც ტრასირებულია ძლიერ რთულ ტოპოგრაფიულ პირობებში.

ფართე ფარგლებშია გამოყენებული სპირალური გვირაბები კავკასიის საუღელტეხილო რკინიგზის პროექტში, ხაზის განვითარების დროს.

თაპი VI

გვირაბის გრძივი პროფილი

§. 23. ხაერთო მითითებანი

გვირაბის გრძივი პროფილის დაგეგმვისას ყოველ კერძო შემთხვევაში უნდა დაწესდეს:

ა) გვირაბში დასაშვები უდიდესი ქანობი;

ბ) ქანობების მიმართულება და პროფილის ცალკეული ელემენტების სიგრძე.

გვირაბში დასაშვები უდიდესი ქანობის საკითხი განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იღებს რკინიგზის გვირაბებში ზოძრაობის სპეციფიკური პირობების გამო და შენდევ პარაგრაფში განმარტებული ხერხებით ამოიხსნება.

გრძივი პროფილის მიხედვით გვირაბებზე შეიძლება დაიყოს სამ ძირითად ტიპად:

ა) ჰორიზონტალური გვირაბები;

ბ) ორქანობიანი გვირაბები;

გ) ერთქანობიანი გვირაბები.

ნორმალური ლიანდის რკინიგზის დაგეგმარების ტექნიკური პირობების მიხედვით გვირაბის მოედანზე განლაგება დაუშვებელია. გვირაბის გრძივი ქანობი არ უნდა იყოს 3°/100-ზე მცირე და ყოველ შემთხვევაში არანაკლები 2°/100.

პრაქტიკულად არც არის საჭირო მთის ტიპის გვირაბის მთლიანად ჰორიზონტალურ მოედანზე განლაგება და თუ მაინც გვხვდება ასეთი ნაგებობანი, მათ მცირე სიგრძე აქვთ.

მოედანზე განლაგებული გვირაბის მაქსიმალური სიგრძე წყლის მოცილების მოსაზრებებით განისაზღვრება. ჰორიზონტალურ გვირაბებში წყალსარინი ღარის ფსკერს ანიჭებენ დაქანებას მოედნის შუა ნაწილიდან მის ორთავე ბოლოებისაკენ. მოედნის შუა ადგილას ღარის უმკირეს სიღრმედ 0,3 მ თუ მივიღებთ, ხოლო ღარის ფსკერის მინიმალურ ქანობად 2°/100, მაშინ 1 სიგრძის გვირაბის შემთხვევაში ღარის სიღრმე ბოლოებთან უდრის:

$$h = 0,3 + \frac{0,002 l}{2} .$$

წყლის მოდინების მიხედვით ღარის მინიმალური სიღრმე მოედნის შუა ადგილას შეიძლება იყოს 30 სმ-ზე მცირეც.

გვირაბის გრძელი ჰორიზონტალური უბნის შემთხვევაში მას დაჰყოფენ 50 — 100 მ სიგრძის ცალკეულ ნაწილებად-ბიფეხებად, წყლის დინების შესაბამისად. თითოეული ბიფეხის ზღვრებში ღარს დაბრიან გვირაბის გასასვლელისაკენ და თითოეული ღარის ბოლოში მოაწყობენ წყლის დამგრავებელ ქას, საიდანაც წყალს გადაქაჩავენ მეზობელ ბიფეხში. ბიფეხებად დაყოფის საჭიროება შეიძლება აღიძვრას როგორც გვირაბის მშენებლობის, ისე ექსპლოატაციის დროსაც.

მოედნის მოწყობა აუცილებელია მხოლოდ ქანობებს შორის გამყოფ უბანში; ასეთი პროფილი—ორქანობიანი გამყოფი მოედნით—გვხვდება მრავალ დადი სიგრძის რკინიგზის გვირაბებში.

ჩვენი ტექნიკურ პირობებით ჰორიზონტალური გამყოფი მოედნები დაიწყება 200-400 მ სიგრძის.

ამას გარდა ორ სხვადასხვა მხარეს მიმართულ ქანობს შორის მოთავსებული გამყოფი მოედანი აუცილებელი არ არის თუ ორი ქანობის საერთო სიდიდე არ აღემატება დასაშვებ ქანობს. ქრილების ანალოგიურად გვირაბებში გამყოფი მოედანი შეცვლილი შეიძლება იყოს ორი შებრუნებული მიმართულების ქანობით 2-დან 3⁰/₀₀-მდე.

§ 24. უდიდესი ქანობი გვირაბში

რკინიგზის გვირაბებში მატარებელთა მოძრაობის პირობები გაცილებით ძნელია, ვიდრე ღია უბანზე. ამიტომ მაქსიმალური ქანობის სიდიდე გვირაბში მუდამ მოცემული ხაზის ღია უბნისათვის მიღებულ ქანობზე მცირე უნდა იყოს. ეს მოსაზრება მუდამ მხედველობაში ჰქონდათ გვირაბების მშენებლობის დროს, როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთაც.

1889 წლის ნაგისტრალების დაპროექტების ტექნიკური პირობები ჰოითხოვდა, რომ გზების ღია უბნების უდიდესი ქანობი შემცირებულყო გვირაბში 1/2-ით მაინც, ე. ი. არანაკლებ 33%. მაგრამ ამ მოთხოვნისას ხშირად ცვლიდნენ ნორმებით, რომლებიც მიღებული იყო ცალკეული სააკინიგზო ხაზების მშენებლობის დროს.

ტექნიკურ პირობებში პირველად 1925 წ. მოიყვანეს ფორმულა გვირაბებში უდიდესი ქანობის განსაზღვრისათვის. ეს ფორმულა ამოხსნილი იყო ღია უბნებზე და გვირაბში წინალობისადმი წვევის ძალის ტოლობის პირობიდან. მოგვიანებით ეს ფორმულა უცვლელად გადადიოდა შემდგომ ტექნიკურ პირობებში და 1937 წლამდე გამოყენებული იყო რკინიგზის გვირაბების დაგეგმარების დროს.

ეს ფორმულა ასეთია:

$$i_m = i_0 - m(i_0 + v_0) - a - b - c,$$

სადაც: i_m —უდიდესი დასაშვები ქანობი გვირაბში;

i_0 —სახელმძღვანელო ქანობი ღია უბნებზე;

$m = 1 - \frac{\psi'_x}{\psi_x}$, მასთან ψ'_x —გადაპნის კოეფიციენტი ბორბლებსა და

რელსს შორის გვირაბებში; ψ_x —იგივე კოეფიციენტი ღია უბანზე;

ა₀ —მატარებლის ხვედრითი წინალობა ღია, სწორ, ჰორიზონტალურ უბანზე;

ა —ჰაერის დამატებითი წინალობა, დამოკიდებული გვირაბის სიგრძეზე;

ბ —ჰაერის დამატებითი წინალობა, დამოკიდებული გვირაბის გრძივი პროფილის გადატეხვაზე;

გ —ჰაერის დამატებითი წინალობა, დამოკიდებული მრუდეთა არსებობაზე გვირაბში.

მოყვანილ ფორმულაში შემავალი და ტექნიკური პირობებით წარმოდგენილი კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობანი არაფრით არ იყო დასაბუთებული. ასე, ψ კოეფიციენტის მნიშვნელობა მერყეობდა 0,117-დან 0,160-მდე, იგი მცირდებოდა გვირაბის სიგრძის, ტენიანობის და მატარებლის ორთქლმავალთა რიცხვის გადიდებასთან ერთად. დღემდე ψ კოეფიციენტის საკითხი საბოლოოდ არ არის გადაწყვეტილი და მისი სიდიდის დასაწესებლად დაწვრილებითი ცდები უნდა ჩატარდეს სხვადასხვა სიგრძის და სხვადასხვა ტენიანობის გვირაბებში, ამ ფაქტორის მნიშვნელობა კი მეტად არსებითია, რადგან გადაბმის კოეფიციენტის შემცირებას, რომელიც განსაზღვრავს საანგარიშო წვევის ძალის სიდიდეს და ნაკლებად იცვლება სიჩქარეზე დამოკიდებით, შეუძლია გამოიწვიოს მატარებლის იმ წონის შემცირება, რომელიც გათვალისწინებულია სახელმძღვანელო ქანობისათვის ღია უბანზე.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ ჰაერის დამატებითი წინალობისა და გადაბმის კოეფიციენტის გავლენის შესახებ ქანობის შემცირებაზე მეტად საჩვენებელია ერთქანობიანი გვირაბები იმ უბნებზე, სადაც ხელოვნურად არის განვითარებული ხაზი. სხვა გვირაბების პროფილების დაგეგმარების დროს კი გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს სხვა ფაქტორებსაც.

მაშასადამე, გვირაბებში ქანობის შემცირების სიდიდის საკითხი თეორიულად ჯერ არ არის გადაწყვეტილი. გვირაბში მატარებლების მოძრაობის პირობებზე ზეგამეულნი ბევრი ფაქტორები შესწავლის სტადიაში იმყოფებიან. ამიტომ რკინიგზების დაპროექტების ტექნიკური პირობებით¹⁾ რეკომენდებული ნორმები სუფთა ემპირიულ ხასიათს ატარებენ. ამ ნორმების თანახმად თუ გვირაბის სიგრძე 300 მ ნაკლებია სახელმძღვანელო ქანობი, მიღებული ხაზის ღია უბნებისათვის უცვლელი რჩება გვირაბებში. გვირაბის მეტ სიგრძის დროს სახელმძღვანელო ქანობი მცირდება ბორბლების რელსებთან გადაბმის კოეფიციენტის შემცირების და ჰაერის წინალობის ზრდის მიხედვით თანახმად მე-11 ცხრილისა.

ცხრილში 11 მოყვანილი ნორმები ეხება აგრეთვე ორმაგი წვევის შემთხვევასაც.

რკინიგზის გვირაბებში არსებული ქანობები განიზრევიან უკიდურესი სხვადასხვაობით და იცვლებიან 1-დან 34⁰/₁₀₀.

¹⁾ Технические условия проектирования однопутных железных дорог с паровой тягой. Трапжелдорвиздат, Москва, 1946 г.

გვირაბებში უდიდესი ქანობის განსაზღვრელი კოეფიციენტები

გვირაბის სიგრძე მ.	შშრალი და ვენტი- ლირებული ნესტიანი გვირაბები	უვენტილაციო ნესტიანი გვირაბები
300-დან—1000 მ-დე	0,90	0,85
1000-დან—3000 მ-დე	0,85	—
3000 მ ზეტა	0,75	—

მე-12-ე ცხრილში მოყვანილია ზოგიერთი შედარებით მნიშვნელოვანი რკინიგზის გვირაბებში ქანობების შემცირების მონაცემები.

ქანობების შემცირება ზოგიერთ რკინიგზის გვირაბში

გვირაბების სახელწოდება	სიგრძე მ	ლიანდა- გების რიცხვი	გრძივი პროფილის სახე	უდიდესი ქანობი %/oo	
				ლია უბანზე	გვირაბში.
სიმპლონი	19870	1+1	ორქანობიანი	10	7
დიდი აპენინი	18510	2		12	5,77
სენ-გოტარდი	14984	2		26	5,82
ლკბერგი	14605	2		27	7
რიკენი	8604	1	ერთქანობიანი	20	15,75
გრენენბერგი	8563	1	ორქანობიანი	15	13
როწყო	8298	2	ერთქანობიანი	16	11,17
საღენსტეინი II	8134	2	ორქანობიანი	10,5	7,5
კარავანკენი	7976	2		21,1	6
სომპორტი	7820	1		43	34
პიუიმორენსი	5118	2		43	34

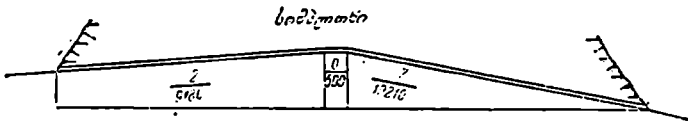
სახელმძღვანელო ქანობის ისეთივე შემცირება, როგორც გვირაბში, ხდება გვირაბის მისავეალზეც კვედა პორტალის მხრიდან, მე-13-ე ცხრილში მოყვანილ სიგრძეზე.

გვირაბის მიხავალის ხეობა, რომელზედაც ხდება სახელმძღვანელო ქაობის შემცირება

დატვირთული მიმართულების სახელმძღვანელო ქანობი ‰	მაგისტრალური გზები	ადგილობრივი მნიშვნელოვანი გზები	დატვირთული მიმართულების სახელმძღვანელო ქანობი	მაგისტრალური გზები	ადგილობრივი მნიშვნელობის გზები
3-4	1000	700	10	500	400
5	900	600	11	450	400
6	800	500	12	400	400
7	700	450	13-14	—	350
8	600	400	15-20	—	300
9	600	400			

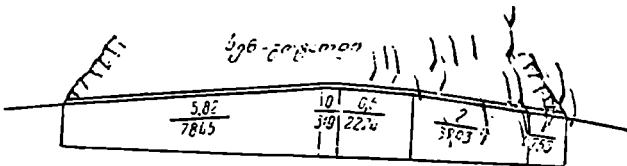
§ 25. ორქანობიანი გვირაბები

მსოფლიოში მეტად გრძელი გვირაბების უმეტესობას ორქანობიანი პროფილი აქვს, მასთან მთის გვირაბებში ქანობები ანალოგიით მიდიან შესასვლელ წერტილებიდან შუისაკენ. მოპირდაპირე ქანობთა მიმართულება შეიძლება



ნაქ. 60.

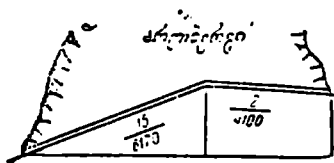
ერთგვაროვანი ან ტეხილი იყოს. ტეხილი პროფილის დროს დაცული უნდა იყოს წესები, რომლებიც ნაკარნახეცია ნატარებლის წყვეტისაგან დაცვის მოსა-



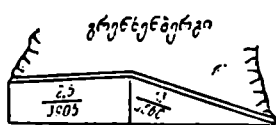
ნაქ. 61.

ზრებებით. ამ მხრივ გვირაბის გრძივი პროფილი დაგეგმარებული უნდა იყოს იმ მოთხოვნათა შესაბამისად, რომლებიც წარდგენილია ხაზის გრძივი პროფილის ტექნიკური პირობებით.

§ 23-ში ნათქვამის შესაბამისად ჩვენი გვირაბების დაგეგმარებისას გამოყენებული მოედანი შეიცვლება შებენიერი ქანობებით 2—3⁰/100. ისინი წარმოქმნიან ამოზნექილ პროფილს, რომლის დროსაც მეტად სრულყოფილად შესრულება წყლის არიდების პირობები.

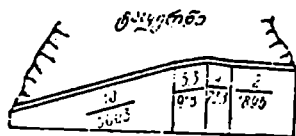


ნაკ. 62.

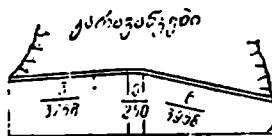


ნაკ. 63.

31, 32, 34, 35 და 60—65 ნაკვეთებზე ნაჩვენებია მეტად მნიშვნელოვანი ორქანობიანი გვირაბების გრძივი პროფილები.



ნაკ. 64.

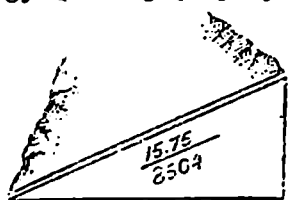


ნაკ. 65.

ორქანობიანი გვირაბის უპირატესობას წარმოადგენს წყლის ადვილი მოშორება გვირაბის მშენებლობის დროს.

§ 26. ერთქანობიანი გვირაბები.

ზრავლადა ერთქანობიანი გვირაბებიც, თუმცა ისინი ორქანობიანზე ნაკლებად გვხვდება. ან შეუთხვევად ქანობს შეიძლება ჰქონდეს ერთნაირი ან ტუხილი პროფილი. ერთქანობიანს მიეკუთვნება ისეთი გვირაბებიც, რომლებსაც ერთ ბოლოდან აქვთ ჰორიზონტალური მოედანი, მას მოსდევს ქანობი ერთმხრივ მიმართული.



ნაკ. 66.

ცხადია, ერთქანობიანი იწინებს ყველა სპირალური გვირაბი.

ერთქანობიანი გვირაბების არსებით ნაკლს წარმოადგენს არიდების სიძნელე გვირაბის მშენებლობის დროს ზედა მხრიდან წყლის, აგრეთვე ქანის გატანის სიძვირე აღმართზე გამომუშავების წინწყევის მიხედვით. ამის გამო გამომუშავების უდიდეს

ნაწილს გვირაბის ქვედა მხრიდან გადიან, მასთან მიმართული წოლხვრელების შეხვედრა გვირაბის ზედა შესასვლელის მახლობლად გადააქვთ.

29, 30, 33 და 66 ნაკვეთებზე ნაჩვენებია მეტად მნიშვნელოვანი ერთფერადიანი გვირაბების გრძივი პროფილები.

გრძელ ერთჯანობიან გვირაბებში შესასვლელ წერტილთა ნიშნულებს შორის სხვაობა შეიძლება მეტად მნიშვნელოვანი გამოდგეს. ასე, მაგალითად, მეორე კასკადური გვირაბის აღმოსავლეთის პორტალი მის დასავლეთის პორტალზე 202 მეტრით მაღლა მდებარეობს (ნაკ. 30). ნიშნულებს შორის დიდი სხვაობა ხელს უწყობს გვირაბის ბუნებრივად განიავებას. მასთან ერთად გვირაბის სწორ ხაზზე განლაგებისას ანგარიში უნდა გაეწიოს მუდმივ გამომქოლაე ჰაერის მოძრაობას, რაც აბრკოლებს ყოფიან თვით ნაგებობაში და, ამას გარდა, ერთგვარი უარყოფითი გავლენა აქვს ხსნარებისა და ბეტონების გამყარების ნორმალურ პირობებზე. გამქოლი ჰაერის ძალის შემცირების მიზნით მილზენბურგის გვირაბში პირველი 250 მეტრი მრუდზე მოათავსეს, შესასვლელლებთან კი მოწყობილი იყო დიცრული კარები.

გვირაბის განივი კვეთი

§ 27. გვირაბის განივი კვეთის ელემენტები

გვირაბის განივი კვეთი შესდგება ორი ელემენტისაგან:

- ა) საშუქის კვეთის ფართობისა და
- ბ) სამაგრის კვეთის ფართობისაგან.

ამ ორი ფართობისა და სამაგრის და ყამირის შორის ამოყორილი სიცალიერის ფართობის ჯამი გამომუშავეების ფართობს შეადგენს.

საშუქის კვეთი იფარგლება შიგა მოხაზულობის ხაზით და იძლევა, გვირაბის პროფილის სასარგებლო ფართობს რომელიც უზრუნველყოფს მოძრავი შემადგენლობის თავისუფლად გატარებას.

მუდმივი სამაგრის კვეთი იტევს კონსტრუქციას, რომელსაც გადაეცემა მთის ქანების წნევა და ამ ქანებს იცავს გამოფიტვისაგან, ამით დაცულია გვირაბის სასარგებლო კვეთის ფართობის მუდმივობა.

გამომუშავეების ფართობი შემოზღუდულია გამოგრევის ხაზით და განსაზღვრავს დასაძუშავებელი ყამირის მოცულობას.

თუ გვირაბი სპრის მთლიან, მყარ და მღეგ ქანთა სისქეს, მაშინ შეიძლება მისი უსაზღვროდ დატოვება. ამ შემთხვევაში გამომუშავეების მთელი ფართობი სასარგებლო ფართობი იქნება.

ზემოთ ჩამოთვლილი სამი ელემენტის მიხედვით სხვადასხვა ტიპის საგვირაბო პროფილის რაოდენობითი შეფასება შეიძლება შემდეგ სიდიდეთა განხილვის საშუალებით.

1. სასარგებლო F_n ფართობის ფარდობა მუდმივი სამაგრის კვეთის F_0 ფართობთან. ეს ფარდობა გვირაბის პროფილის სასარგებლო ფართობის იმ რაოდენობას გვიჩვენებს, რაც წილად ხედება მუდმივი სამაგრის კვეთის ერთეულ ფართობს. ამ ფარდობას მუდმივი სამაგრის კვეთის ეკონომიურობის კოეფიციენტი ვუწოდოთ და K ასოთი აღვნიშნოთ; მაშინ გვექნება:

$$K = \frac{F_n}{F_0} .$$

ცხადია, რაც უფრო დიდია ეს კოეფიციენტი, მით რაციონალურია გვირაბის პროფილის ტიპი. მხედველობაში უნდა ვიკონიოთ, რომ K კოეფიციენტი

სამაგრის ეკონომიურობის ამომწურავი მაჩვენებელი როდი იქნება, რადგან აქ გათვალისწინებული არ არის არც სამაგრის მასალა, არც სხვა ისეთი ფაქტორები, რომლებსაც გავლენა აქვთ მის ღირებულებაზე. K კოეფიციენტი სამაგრს შეაფასებს მხოლოდ მისი კვეთის ფართობის ეკონომიურობის თვალსაზრისით. K კოეფიციენტი სრულ შეფასებას იძლევა მხოლოდ ისეთ სამაგროთა შედარებისას, რომლებსაც დანარჩენი პირობები ერთნაირი აქვთ.

2. გამომუშავების F_B ფართობის ფარდობა სასარგებლო ფართობთან. ეს ფარდობა გვიჩვენებს გვირაბის პროფილის სასარგებლო ფართობის ერთეულზე წილხვედრილ გამომუშავებული ქანის რაოდენობას. ამ ფარდობას გამომუშავების სიჭარბის კოეფიციენტი ვუწოდოთ და M ასოთი აღვნიშნოთ; ამნაირად გვექნება:

$$M = \frac{F_B}{F_n}.$$

ცხადია, რომ რაც უფრო მცირე იქნება ეს კოეფიციენტი, მით ეკონომიური იქნება გვირაბის პროფილი¹.

ეს ორი კოეფიციენტი ერთნაირ პირობებში უფრო სწორი მაჩვენებლები იქნება მოცემული გვირაბის პროფილის გამოსადგომისა, როგორც გვირაბის მოხაზულობის მხრივ, ისე სამაგრის ტიპის მიხედვითაც.

სამაგრის ტვირთშიდავ ელემენტთა შემცირება არცერთ სხვა ნაგებობაში არ ასრულებს ისეთ ხელსაყრელ როლს სამუშაოების ვადის და ღირებულების შემცირების მხრივ, როგორც გვირაბებში. ზედმეტი მკვდარი ფართობი იწვევს არა მარტო ზედმეტი წყობის მოცულობას, არამედ იძლევა გამომუშავების მოცულობის უსარგებლოდ გადიდებასაც.

ამგვარად, არსებობს გარკვეული დამოკიდებულება სამაგრის კვეთის ეკონომიურობის კოეფიციენტსა და გამომუშავების სიჭარბის კოეფიციენტს შორის. პირველის გადიდება იწვევს მეორის შემცირებას. მხოლოდ გვირაბის სიგრძის გრძივ ერთეულის ღირებულებაზე ამ კოეფიციენტების სიდიდეთა გავლენის ყოველმხრივ გათვალისწინებით შესაძლებელი ხდება გვირაბის პროფილის ტიპის ეკონომიურად სწორი შერჩევა.

გვირაბის შიგნითა მოხაზულობა ისეთნაირად დაიგეგმება, რომ, ჯერ ერთი, დაკმაყოფილდეს გაბარიტული ნორმები და, მეორე—უზრუნველყოფილი იყოს მულმივი სამაგრის სტატიკური მუშაობის საუკეთესო პირობები. მეორე მოთხოვნის დაკმაყოფილება ხშირად შეუძლებელია მუშაობის მოცულობის მნიშვნელოვნად გადიდების გარეშე, რის შესახებაც დაწვრილებით მოხსენებულია IX თავში.

გაბარიტის საკითხები განსაკუთრებით აქტუალურია რკინიგზის გვირაბებისათვის, და მათთვის მიძღვნილია § 28. ავტო-საკაპანო და სანაოსნო გვირა-

¹) ადგილი შესამჩნევია, რომ $M = 1 + \frac{1}{K}$, მაგრამ გამომუშავების სიჭარბის მიხედვით პროფილების შედარებისას გაცილებით მოსახერხებელი და ნათელია ვიქონოთ M სიდიდე იმ სახით, როგორც იგი წარმოდგენილია ჩვენს მიერ.

ბების გაბარიტები კი დაშუშავებულია XII და XIII თავებში, რომლებიც მი-
ღწენილია ამ ტიპის გვირაბების დაგეგმარების თავისებურებისადმი.

რკინიგზის გვირაბის განივი კვეთი გათვალისწინებულია ერთი ან ორი-
ლიანდაგისათვის. ორზე მეტი ლიანდაგის კვეთები გეხვდება თითქმის მხოლოდ
გადასასწრები სადგურების ფარგლებში, რომლებიც მოეწყობა გრძელ გვირა-
ბებში. ზოგიერთ შემთხვევაში ტექნიკური და ეკონომიური ხასიათის მთელი
ოიგი მოსაზრებები, რის შესახებაც ქვემოთ იქნება ნათქვამი, გვიძულებს ორ-
ლიანდაგიანი ერთი გვირაბის ნაცვლად ავაგოთ ორი ერთლიანდაგიანი გვირა-
ბი, მასთან ისინი მოვათავსოთ პარალელურად და ახლო მანძილზე ერთიმეო-
რისაგან.

§ 28. რკინიგზის გვირაბების შიგა მოხაზულობა

1. გაბარიტები

რკინიგზის გვირაბების შიგა მოხაზულობა დაწესებულ გაბარიტებს უნდა
აკმაყოფილებდეს. გაბარიტებს გვირაბებისათვის ისეთი ვარაუდით აგებენ, რომ
უზრუნველყონ ქსელზე მიღებული მოძრავი შემადგენლობის თავისუფალი გა-
ვლა და, ამას გარდა, ჰქონდეთ ერთგვარი ღრეჩოები მოძრავ შემადგენლობებსა
და ნაგებობის შიგა ზედაპირს შორის. ღრეჩოების დანიშნისას მხედველობაში
აქვთ შემდეგი მოსაზრებები:

- ა) შესაძლო არასიზუსტე სამაგრის მოხაზულობაში;
- ბ) გადახრები ლიანდაგების განლაგებაში;
- გ) მოძრავი შემადგენლობის რყევები;
- დ) ნორმირებული დაშვებები და გაცვეთა მოძრავ შემადგენლობაში;
- ე) უსწორობანი როგორც მოძრავ შემადგენლობაში, ისე ლიანდაგის ცალ-
კეულ ელემენტებში იმ ფარგლებში, რომლებიც საფრთხეს არ უქმნიან მოძრა-
ობის უსაშიშროებას;
- ვ) კავშირგაბმულობის ხაზების და იზოლატორების განლაგების საჭიროება;
- ზ) ხალხის თავისუფალი გაელის შესაძლებლობა მოძრავ შემადგენლობასა
და გვირაბის კედლებს შორის მატარებლის შემთხვევით გაჩერების დროს;
- თ) გვირაბში არაგაბარიტული ტვირთების გატარების შესაძლებლობა;
- ი) გვირაბის შეკეთების და რეკონსტრუქციის ზოგიერთ სამუშაოს ჩატა-
რება მატარებლების მოძრაობის შეუწყვეტლივ.

1945 წლამდე ჩვენში ხმარებაში იყო 1934 წელს დამტკიცებული გაბა-
რიტები: ერთლიანდაგიან გვირაბებისათვის (ОСТ—6435) СТ—1 (ნაკ. 67) და
ორლიანდაგისათვის СТ—2 (ნაკ. 68).

ამასთან ერთად ნორმალურა ლიანდის რკინიგზის გვირაბებისათვის შე-
ვიძლია ვისარგებლოთ გაბარიტებით, რომელიც მოყვანილია 69 და 70 ნაკე-
თებზე. ეს უკანასკნელები წარმოადგენენ СТ—1 და СТ—2 გაბარიტების კონ-
ბინაციას 2—С გაბარიტთან. ამ გაბარიტების გამოყენების დროს, საპროექტო
სამაგრები პრაქტიკულად დაიყვანება СТ—1 და СТ—2 გაბარიტებზე, რად-
გან საგვირაბო სამაგრის ჩვეულებრივი მრუდხაზობრივი კონსტრუქციები
ნებას არ იძლევიან გამოვიყუთოთ რეკომენდარებული პროფილების მრავალ-

კუთხოვანი მოხაზულობანი. 69 და 70 ნაკეთებზე წარმოდგენილი გაბარიტები უმთავრესად გამოიყენება არაგაბარიტული გვირაბების რეკონსტრუქციისა და აღდგენის საკითხების გადაწყვეტილას.

აღნიშნული სპეციალური გაბარიტების გარდა რაიმე შეზღუდვის გარეშე გვირაბებისათვის დაიშვება 2—C გაბარიტის გამოყენება.

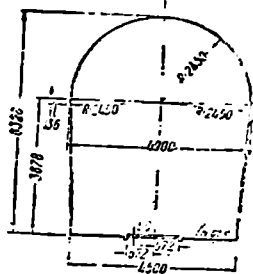
CT—1 და CT—2 გაბარიტები ითვლის-წინებენ ელექტროწვევის შემოღებას და ამიტომ თავის სიმაღლით მნიშვნელოვნად აღემატებიან უწინდელ ნორმებს. თუ კი ელექტროწვევის შემოღების შესაძლებლობა ზედა სადენით საცხებით გამოირიცხვება, მაშინ გვირაბის სიმაღლე გზათა სამინისტროს საგანგებო ნებართვით შეიძლება შემცირდეს 500 მილიმეტრით CT—1 და CT—2 გაბარიტების სიმაღლესთან შედარებით.

ძველი გაბარიტების მიხედვით აგებული გვირაბები ამ უკანასკნელის მიღების შემთხვევაში სპეციალური პროექტებით მოეწყობა ელექტროწვევისათვის. მაგალითის სახით შეგვიძლია მოვიყვანოთ ა/კ რკინიგზის ერთ-ერთი საულელტეხილო უბნის გვირაბები, სადაც ელექტროწვევა შემოღებულია 1932 წ.

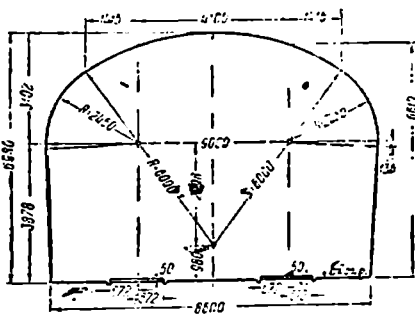
აღსანიშნავია, რომ ჩვენი გვირაბების გაბარიტები უკანასკნელ დრომდე მეტად განიერი იყო და მოძრავ შემადგენლობასა და სამაგრს შორის ღრეჩოები უფრო დიდი იყო, ვიდრე ეს გათვალისწინებულია საზღვარგარეთული ნორმებით. პროფილების სიკარბის საკითხი მრავალჯერ დაინსვა, რის დროსაც სანიმუშოდ მოჰყავდათ ევროპის გვირაბების მშენებლობისა და ექსპლოატაციის პრაქტიკა. ასე, მაგალითად, სურამის გვირაბის მშენებ-

ლობისას ყოფილ გზათა სამინისტროს წინაშე მშენებლობას დასმული ჰქონდა საკითხი გვირაბის პროფილის შემცირების შესახებ. მაგრამ ღირებულებისა და მშენებლობის ხანგრძლივობის მნიშვნელოვნად შემცირების მიუხედავად, რომელიც ამ დროს იყო მოსალოდნელი, კვეთის შემცირების ნება არ დართეს. უფრო მოგვიანებით ჩვენი გვირაბების გაბარიტების შემცირების საკითხი დაისვა 1913—1916 წლებში ჩრდ. დონეცის რკ. გზაზე გვირაბის მშენებლობის დროს.

თავისთავად ცხადია, რომ ექსპლოატაციის თვალსაზრისით ფართო გვირაბი უკეთეს პირობებს გვაძლევს.

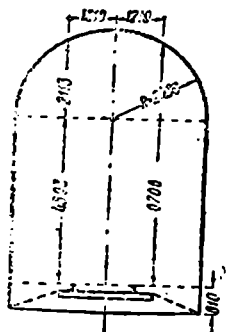


ნაკ. 67.

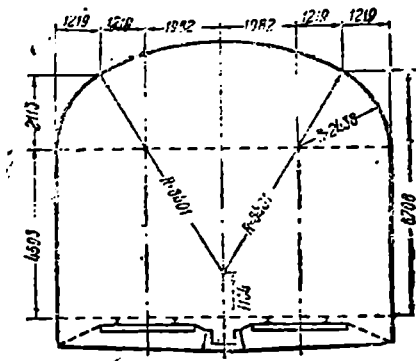


ნაკ. 68.

ქვემოთ არსებული გვირაბების შიგნითა ზღვრული მოხაზულობანი (ნაკ. 71 და 72). 1920 წლის გაბარიტებთან შედარებით გაიზარდა სიმაღლე რელსის თავიდან კამარას ქუსლამდე 305 მმ-ით ერთლიანდაგიან გვირაბებისათვის და 631 მმ-ით ორლიანდაგიანიათვის; უცვლელი დარჩა გვირაბის სიგანე და მისი ზე-ეთა ნაწილის მოხაზულობა.



ნაკ. 71.



ნაკ. 72.

1946 წ. ჩვენში შემოღებულია ერთლიანდაგიანი რკინიგზების დაპროექტების ტექნიკური პირობები, რომელშიაც ნათქვამია: რკინიგზის შთის და წყალქვეშა გვირაბების განივი კვეთი უნდა აკმაყოფილებდეს გვირაბების გაბარიტს (ОСТ — 6435).

2. მრუდეებში გვირაბების განივი კვეთების ზომების გადიდება

ლიანდაგის მრუდე უბნებზე, რადიუსით 2000 მ და ნაკლები გვირაბის განივი კვეთის ზომები გადიდებული უნდა იყოს ორი მოსაზრებით:

ა) მოძრავი შედადგენლობის გრძივი ღერძის ლიანდაგის ღერძიდან გადახრის გამო;

ბ) მრუდზე გარეთა რელსის ამალეების გამო, რომელიც იწვევს მოძრავი შედადგენლობის გადახრას ვერტიკალური მდებარეობიდან.

მრუდის რადიუსის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის საჭირო გაგანიერებათა სიდიდეები მოკვანილია მე-17 ცხრილში.

მე-17 ცხრილის ციფრები გამოთვლილია დამრგვალებით 5 მმ-მდე.

მრუდეთა რადიუსების შუალედური მნიშვნელობების დროს, რომლებიც მოთავსებული არ არის მე-17 ცხრილში, მიიღება გაგანიერების უახლოესი უდიდესი სიდიდე.

მე-17 ცხრილში შემავალ გაგანიერების ასოით გამოსახულებების მნიშვნელობებია:

$$\text{გრაფა 1} \quad . a = \frac{72000}{R};$$

გრაფა 2 . $a + \frac{d_2}{2} = \frac{72000}{R} + \frac{4350}{160} - \frac{h}{2}$;

გრაფა 3 . $c + d_1 = \frac{36600}{R} + \frac{5400}{1600} h$;

გრაფა 4 . $b = \frac{36000}{R}$;

გრაფა 5 . $b = c = \frac{a}{2} = \frac{36000}{R}$,

სადაც $a = b + c$, მასთან b არის ვაგონის გამოშვებული კუთხის გადასვლა მრუდის გარეთ;

$c = \frac{L^2}{8R}$, სადაც თავის მხრივ $l = \frac{L}{1,4}$ არის ურიკების ტაბიკებს შორის

მანძილი; $L = 24$ მ წარმოადგენს 2—B გაბარტიის მთლიანი გამოყენებით აგებული ვაგონის ჰორიზონტალური გეგმის სწორკუთხა ნაწილის სიგრძეს;

ცხრილი 17

გვირაბების მრუდეებში გავანთრების ნორმები

R-ის ტოლ ან მასზე მეტი რადი- უსების დროს მ.შ.	ჰორიზონტალური მანძილების გადიდება მმ-ში				
	გვირაბში ლინდა- გების ღერძებს შო- რის		ლიანდაგის ღერძსა და გვირაბის კედელს შორის		
	გარეთა რელსის აუმალ- ლებლად	გარეთა რელსის აშალ- ლებით	გარეთა რელსების ამაღლებების შემთხვ.		გარეთა რე- ლსებია აუ- მაღლებლად მრუდის ორ- თავე მხარეს
			მრუდის შიგნიდან	მრუდის გარედან	
	1	2	3	4	5
a	$a + \frac{d_2}{2}$	$c + d_1$	b	$b = c = \frac{a}{2}$	
2000	35	170	345	20	20
1500	50	220	445	25	25
1200	60	230	455	30	30
1000	70	240	460	35	35
800	90	260	470	45	45
700	105	275	475	55	55
600	120	290	485	60	60
500	145	315	495	75	75
450	160	330	500	80	80
400	180	350	515	90	90
350	205	375	525	105	105
300	240	410	545	120	120
250	290	460	565	145	145
200	360	530	605	180	180

d_1 —ვაგონის წერტილების პორიზონტალური გადახრები შეეუღიდან ლიანდაგის მრუდე ნაწილებში 5400 მმ სიმაღლეზე რელსის თავიდან;

d_2 —იგივე 4350 მმ სიმაღლეზე;

h —გარეთა რელსის ამალევა მრუდზე.

ორიგინალური ხერხი გამოიყენა მოსკოვის მეტროპოლიტენის მშენებლობამ გვირაბების პროფილების გადიდებისას მრუდეებში. გვირაბის სიმაღლის მნიშვნელოვნად გადიდების თავიდან აცილების მიზნით გარეთა რელსი მეტროპოლიტენში ამალებულია მხოლოდ საჭირო ამალეების ნახევარზე, ამალეების მეორე ნახევარზე კი დადობლებულია შიგნითა რელსი.

3. მრუდეებში გვირაბების გაგანიერების ან ვარიშის მაგალითები

მაგალითი 1. ერთლიანდაგიანი გვირაბი ძვეს $R=250$ მ რადიუსის მრუდზე. განესაზღვროთ ვაბარტის საჭირო გაგანიერება. გამოვიტვალოთ ლიანდაგის ღერძის გადახრა გვირაბის ღერძიდან და ავაგოთ გვირაბის პროფილი.

გვირაბის კედლის გადახრას მრუდის შიგნითა მხრიდან, როდესაც მრუდის რადიუსი $R=250$ მ, ეპოულობთ მე-17 ცხრილის მე-3 გრაფაში:

$$c+d_1=565 \text{ მმ.}$$

მრუდის გარეთა მხრიდან გადახრას ეპოულობთ მე-4 გრაფაში:

$$b=145 \text{ მმ.}$$

გვირაბის სრული სივანე თალის ქუსლების ღონეზე შეადგენს:

$$565+4900+145=5610 \text{ მმ.}$$

გვირაბის ღერძი არ შეიძლება დაემთხვეს ლიანდაგის ღერძს, რადგან მანძილები ლიანდაგის ღერძიდან გვირაბის ერთსა და მეორე კედლამდე არ არის თანატოლი (ნაყ 73). გაგანიერებული გვირაბის სიმეტრიის ღერძი მრუდის ცენტრისაკენ გადინაცვლებს სიდიდით:

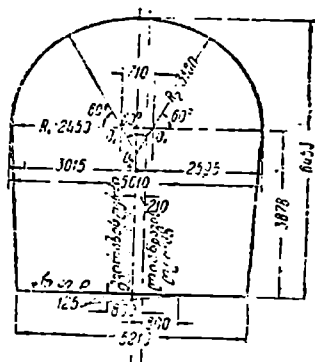
$$c+d_1-b = \frac{565-145}{2} = 210 \text{ მმ.}$$

ამავეს უდრის მანძილი ლიანდაგის ღერძიდან გვირაბის ღერძამდე. მანძილი ლიანდაგის ღერძიდან გვირაბის კედლამდე მრუდის შიგნითა მხრიდან თალის ქუსლის ღონეზე შეადგენს:

$$2450+565=3015 \text{ მმ,}$$

მრუდის გარეთა მხრიდან ეს მანძილი უდრის:

$$2450+145=2595 \text{ მმ.}$$



ნაყ. 73.

გვირაბის პროფილას მოხაზულობას ისეთნაირად ვაგებთ, რომ კვეთის ფართობი მიიღოს უმცირესი გადიდება. მეტად ხელსაყრელია გვირაბის თალის აგება ხოკრული მრუდით, რომელიც სამი ცენტრიდან იქნება აღწერილი; ეს ცენტრები წარმოქმნიან ტოლგვერდა $O_1O_2O_3$ სამკუთხედს.

O_1 და O_2 ცენტრებიდან აღწერილი მრუდეების რადიუსები იქნება $R_1 = 2450$ მმ, ხოლო O_3 ცენტრიდან:

$$R_2 = 2450 + c + d_1 + b = 2450 + 565 + 145 = 3160 \text{ მმ.}$$

როგორც 73-ე ნაკვეთიდან ჩანს, სამი ცალკეული მრუდის შესაბამისი კუთხეები ურთიერთ თანატოლია და თითოეული უდრის 60° . ხოკრული მრუდის თითოეული უბნის მოჭიმვაზე ქორდები მრუდის მოცემული უბნის რადიუსის ტოლია. ეს მდგომარეობა მნიშვნელოვანად ამარტივებს აგებას.

გარეთა რელსის თავი მრუდში თალის ქუსლის დონედან დაშორებული უნდა იყოს 3878 მმ-ით ვერტიკალზე; შიგნითა რელსისათვის ეს სიმაღლე უნდა იყოს:

$$3878 + 125 = 4003 \text{ მმ.}$$

ნაგალითი 2. ორლიანდაგიანი გვირაბი $R = 550$ მ რადიუსის მრუდზე მდებარეობს. განესაზღვროთ გაბარტის საჭირო გაგანიერება, გამოვთვალოთ ლიანდაგის ღერძის გადანაცვლება გვირაბის ღერძას მიმართ და ავაგოთ გვირაბის პროფილი.

გვირაბის გაგანიერების სიდიდეს მრუდზე $R = 550$ მ ვლებულობთ მე-17 ცხრილის მიხედვით, მაგრამ ვინაიდან მასში ასეთი რადიუსი არ გვაქვს, ესარგებლობთ გაგანიერების უახლოესი მნიშვნელობით, ე. ი. $R = 500$ მ-ის შესაბამისი გაგანიერებით.

გვირაბის კედლის გადანაცვლება ლიანდაგის ღერძიდან მრუდის შიგნითა ნხარეს მე-17 ცხრილის მე-3 გრაფის მიხედვით შეადგენს:

$$c + d_1 = 495 \text{ მმ,}$$

ხოლო გადანაცვლება მრუდის გარეთა მხრიდან მე-4 გრაფის მიხედვით იქნება:

$$b = 75 \text{ მმ.}$$

მანძილი ლიანდაგების ღერძებს შორის მე-2 გრაფის მიხედვით უნდა გადიდდეს შემდეგნაირად:

$$a = \frac{d_2}{2} = 315 \text{ მმ.}$$

მანძილი ლიანდაგების ღერძებს შორის შეადგენს:

$$4100 + 315 = 4415 \text{ მმ.}$$

გვირაბის სრული სიგანე თალის ქუსლების დონეზე იქნება:

$$9000 + (c + d_1) + b + \left(a + \frac{d_2}{2}\right) = 9000 + 495 + 75 + 315 = 9885 \text{ მმ.}$$

რელსის თავის დონეზე გვირაბის სრული სიგანე იქნება:

$$8600 + 495 + 75 + 315 = 9485 \text{ მმ.}$$

გვირაბის ღერძი არ შეიძლება დაემთხვეს ლიანდაგშორისის ღერძს, რადგან მანძილი ამ უკანასკნელიდან გვირაბის ერთსადაიმეორე კედლამდე თანატოლი არ არის (ნაკ. 74).

გავანიერებული გვირაბის სიმეტრიის ღერძი მრუდის ცენტრისაკენ გადაინაცვლებს სიდიდით:

$$\frac{c+d_1-b}{2} = \frac{495-75}{2} = 210 \text{ მმ.}$$

მანძილი ლიანდაგის ღერძიდან გვირაბის კედლამდე მრუდის შიგნითა მხრიდან თალის ქუსლის ღონეზე (ე. ი. 3878 მმ ღონეზე გარეთა რელსის თავიდან) შეადგენს:

$$2450 + 495 = 2945 \text{ მმ.}$$

მრუდის გარეთა მხრიდან ეს მანძილი იქნება:

$$2450 + 75 = 2525 \text{ მმ.}$$

კონტროლისათვის შევამოწმოთ გვირაბის სრული სიგანე თალის ქუსლის ღონეზე:

$$2945 + 4415 + 2525 = 9885 \text{ მმ.}$$

გვირაბის პროფილის მოხაზულობას ისეთნაირად ავაგებთ, რომ კვეთის ფართობმა მინიმალური ზრდა მოგვეცეს. მეტად ხელსაყრელად ითვლება გვირაბის თალის აგება სამი ცენტრიდან აღწერილი ხოკრული მრუდის სახით. ეს ცენტრები ჰქმნიან O_1, O_2, O_3 ტოლგვერდა სამკუთხედს; თითოეული წრიული რკალის კუთხე 60° უდრის.

O_1 და O_2 ცენტრებიდან აღწერილი მრუდეების რადიუსები იქნება: $R_1 = 2450$ მმ, ხოლო O_3 ცენტრიდან

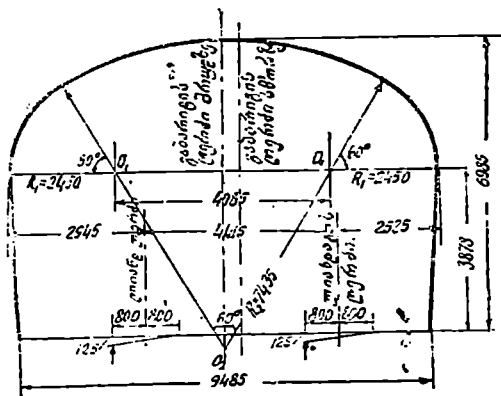
$$R_2 = R_1 + O_1O_2.$$

$O_1O_2O_3$, სამკუთხედის O_1O_2 ჰორიზონტალური გვერდი უდრის:

$$O_1O_2 = 4100 + (c + d_1) + \left(a + \frac{d_2}{2} \right) + b = 4100 + 495 + 315 + 75 = 4985 \text{ მმ}$$

რადგან $O_1O_2 = O_1O_3$, მივიღებთ:

$$R_2 = R_1 + O_1O_2 = 2450 + 4985 = 7435 \text{ მმ.}$$



ნაკ. 74.

გვირაბის თაღის კლრტის ამაღლება თაღის ქუსლის დონედან ნაგებობის ღერძზე უღრის სხვაობას R_2 -სა და ტოლგვერდა სამკუთხედის სიმაღლეს შორის

$$R_2 - \frac{O_1 O_2}{2} \sqrt{3} = 7435 - \frac{4985}{2} \sqrt{3} = 3107 \text{ მმ.}$$

მავე წერტილის ამაღლება ორთავე ლიანდაგის გარეთა რეღსების თაღიდან იქნება:

$$3878 + 3107 = 6985 \text{ მმ.}$$

ამგვარად, გვირაბის პროფილის სიმაღლის გადიდება შეადგენს სულ:

$$6985 - 6980 = 5 \text{ მმ,}$$

რაც მიუთითებს გვირაბის ახალი მოხაზულობის აგების მიღებული ხერხის ხელსაყრელობაზე.

§ 29. ოჩო ერთლიანდაგიანი გვირაბის შედარება ერთ ორლიანდაგიანთან

საკითხი ლიანდაგთა რიცხვის შესახებ გვირაბში მთელ რიგ ამოხსნებს დაუშვებს. გვირაბი შეიძლება იყოს ერთლიანდაგიანი ან ორლიანდაგიანი, ან ერთი ორლიანდაგიანი გვირაბის შეცვლა შეიძლება ორი ერთლიანდაგიანით.

ერთლიანდაგიან უბნებზე ხშირად გვხვდება როგორც ერთლიანდაგიანი, ისე ორლიანდაგიანი გვირაბები. ორლიანდაგიან გზებზე კი გვირაბები უშეტეხად აიგება ორი ლიანდაგით. 1910 წელს საერთაშორისო რ.კ. გზების კონგრესის მიერ ბერნში რაციონალურად ცნობილი იქნა 5 კმ-ზე უკრძესი გვირაბების შენება ორი ლიანდაგით მიუხედავად ლიანდაგთა რიცხვისა მოკემულ ხაზზე, ხოლო 5 კმ-ზე უმოკლესი გვირაბები: ერთლიანდაგიან ხაზებზე—ერთი ლიანდაგით და ორლიანდაგიანზე—ორი ლიანდაგით. მასთან ერთად ორლიანდაგიანი გვირაბების შესახებ ხშირად ისმება საკითხი მათი ორი ერთლიანდაგიანი გვირაბით შეცვლის შესახებ, რომლებიც ერთიმეორის პარალელურად უნდა მდებარეობდნენ და თან მკირე მანძილით იყვნენ დაშორებული ერთი-ორისაგან.

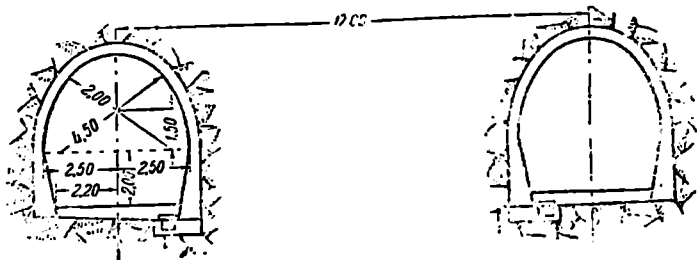
ერთი ორლიანდაგიანი კვეთის ორი ერთლიანდაგიანით შეცვლა პირველად ჩატარდა სიმპლონის გვირაბის მშენებლობისას (ნაკ. 75). ამის შემდეგ ასეთი ვარიანტის შესწავლა მიმდინარეობს გრძელი გვირაბების მშენებლობის ყველა შემთხვევაში და თუმცა იშვიათად, მაგრამ აქა-იქ ხორციელდება. მაგალითის სახით შეგვიძლია მოვიყვანოთ გერმანიაში 1915—1916 წლებში აგებული 2700 მ ორი ერთლიანდაგიანი ფერსტის გვირაბი სიგრძის.

პარალელურად განლაგებული ორი ერთლიანდაგიანი გვირაბის მშენებლობისას სამუშაოთა წარმოების პირობების დაწვრილებითი აღწერა ჩვენი შრომის მეორე ნაწილშია მოყვანილი, აქ მიუთითებთ მხოლოდ მის ძირითად თავისებურებაზე და უპირატესობაზე.

ერთ-ერთი გვირაბის გაყვანასთან ერთად მისგან დაშორებით დაამუშავენ მისი პარალელური მეორე გვირაბის მიმართველ წოლხვრელს. გარკვეულ მინძილებზე ეს ორი გამომუშავება ერთიმეორეს უერთდება განივი სასვ-

ლელებით. პარალელური წოლხერელის არსებობა აადვილებს და დააჩქარებს პირველი გვირაბის გამოტყევის.

განივი გამომუშავებით შეერთებული ორი დამოუკიდებელი სასვლელი გაცილებით კარგ პირობებს ქვანთან ქანის და მასალის ტრანსპორტისათვის. მასთან ერთად უმჯობესდება განივებისა და წყლის მოშორების პირობები საშუალოთა წარმოების დროს და, რაც განსაკუთრებით საგულისხმეოა, უმჯობესდება გამომუშავების გაცივების პირობები ქანების მაღალი ტემპერატურის შემთხვევაში. იზრდება მუწავობის წარმოების უსაშიშროება შესაძლო ჩაზვავებისა და დატბორვისას, დაბოლოს აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ ერთლიანდაგიანი კვეთის შემთხვევაში გამომუშავების ღეფორმაციის შესაძლებლობა ნაკლებია.



ნაკ. 75.

ორი პარალელური გვირაბის ღერძებს შორის მანძილი უნდა იყოს 15-დან 25 მ-მდე, რის განსაზღვრისას საფუძვლად იღებენ იმ აუცილებლობას, რომ თითოეული გამომუშავება მღებარეობდეს მოსაზღვრე გამომუშავების გარშემო შექმნილი დაძაბული ზონის გარეშე.

ორი ერთლიანდაგიანი გვირაბის უპირატესობა ერთ ორლიანდაგიანთან განსაკუთრებით დიდდება მძიმე გეოლოგიური პირობების დროს. გამომუშავების კვეთის და მშენებლობის დროის შემცირების გამო მთის წნევა ერთლიანდაგიან გვირაბში გაცილებით ნაკლებია. კლიტეში თალის ერთიდაიგივე სისქის შემთხვევაში და ერთლიანდაგიან ძაბვების დროს წნევის ელიპსის სიმაღლე (ე. ი. დატვირთვის სიღიღე) ერთლიანდაგიან გვირაბებისათვის შეიძლება მივიღოთ დაახლოებით ორჯერ მეტად, ორლიანდაგიან გვირაბთან შედარებით.

ორი ერთლიანდაგიანი გვირაბის ვარიანტის უპირატესობა აგრეთვე ნათელი ხდება მოცემულ უბანზე ერთლიანდაგიანი მოძრაობის დროს, როცა მეორე ლიანდაგის საჭიროება შეიძლება წარმოიშვას შეკვლე ტვირთბრუნვის გადიდების გამო. ასეთ შემთხვევებში პირველ რიგში ამთავრებენ ერთ-ერთ გვირაბს, მასთან პარალელურ წოლხერელს არ გააგანიერებენ მეორე ლიანდაგის დაგებად. ასეთი მაგალითის სახით შეიძლება ჩაითვალოს ორი პარალელური სიმპლონის გვირაბის მშენებლობა, პირველი მათგანი საექსპლოატაციოდ გაიხსნა 1906 წელს, მეორე კი—1921 წელს. ამით თავიდან იცილებენ

მნიშვნელოვანი სახსრების უსარგებლოდ დაბანდებას, რასაც ადგილი აქვს ერთლიანდაგიან უბანზე ორლიანდაგიანი გვირაბის მშენებლობისას.

ორი ერთლიანდაგიანი გვირაბის სქემის ნაკლს წარმოადგენს მათი განივი კვეთის დიდი საერთო ფართობი ორლიანდაგიან გვირაბის კვეთთან შედარებით. ამას გარდა, გამომუშავების ყველაზე ძვირი ნაწილის—ორი მიმართული წოლხვრელის გაკრა ზრდის ნაგებობის საერთო ღირებულებას. მაგალითად, ალპების საშუალო პირობებისათვის ორი ერთლიანდაგიანი გვირაბის ღირებულება ერთი ორლიანდაგიანი გვირაბის ღირებულების 130% შეადგენს. სწორედ ამის გამო 14605 მ სიგრძის ლეჩხერგის გვირაბის (1906—1913 წწ) და 2565 მ სიგრძის გრენხენბერგის გვირაბის (1911—1915 წწ) მშენებლობის დროს დასმული საკითხი ერთი ორლიანდაგიანი პროფილის სასარგებლოდ გადაწყდა.

მასთან ერთად საექსპლოატაციო თვალსაზრისით ერთლიანდაგიანი გვირაბი შევიწროებული კვეთის გამო ადგილს უთმობს ორლიანდაგიან გვირაბს; ჰქმნის რა უფრო ცუდ პირობებს როგორც განიავების მხრივ ისე შესაკეთებელი სამუშაოების წარმოებისათვის.

საგვირაბო ტექნიკის განვითარება, რომელიც ძლევეს ყველაზე მძიმე პირობებს და ამცირებს მშენებლობის ღირებულებასა და დროს, აგრეთვე წარმოადგენს ორლიანდაგიანი გვირაბის ვარიანტის ხელშემწყობ ფაქტორს. ამ ფაქტორს უნდა უმაღლოდეს კერძოდ ის მდგომარეობაც, რომ იტალიელებმა 18510 მ სიგრძის დიდი აპენინის გვირაბის მშენებლობის დროს (1920—1931 წწ) მიუხედავად განსაკუთრებით ძნელი გეოლოგიური პირობებისა, უპირატესობა მიანიჭეს ორლიანდაგიან კვეთს.

§ 30. ძირითადი დებულებანი

მთის ქანების მიერ გვირაბის გამომუშავების დროებითი ან მუდმივ სა-
მაგარზე წარმოებულ წნევას მთის წნევა ეწოდება.

გვირაბის გამომუშავების დაწყებამდე მთის მასივის ქანები წონასწორობაში არიან. მაგრამ ეს წონასწორობა დაძაბულია, რადგან ქანის ყოველი ნა-
წილაკი განიცდის წნევას, რომელიც გამოწვეულია, როგორც ზემოთ მდებარე
ქანების წონის ძალებით, ისე ტექტონური ხასიათის მიზეზებითაც.

გვირაბის გამომუშავების ჩატარებით ქანების წონასწორობა ირღვევა. ეს
დარღვევა გამოიხატება ან დროებით ან მუდმივ სამაგარზე დაწნევით, ან და
გამომუშავების დეფორმაციით, თუ უკანასკნელი არ არის გამაგრებული. მხო-
ლოდ ზოგიერთი მთლიანი და მაგარი ქანები არ ამქლავებენ წონასწორობის
დარღვევის შესამჩნევ ნიშნებს, ინარჩუნებენ რა თავიანთ საწყის მდებარეობას
და არ იწვევენ გვირაბას პროფილის ფორმის ცვლილებას.

მთის წნევის საკითხების თეორიული კვლევა პირველად ჩატარეს გონომ
და შულცმა 1840—1850 წლებში. მათ შემდეგ მთის წნევის თეორიის შექმ-
ნაზე და მისი გამოთვლების მეთოდებზე მთელი რიგი სწავლულები და პრაქ-
ტიკოსები მუშაობდნენ. მათი რიცხვიდან აღსანიშნავია: ლობრეინსკი, ლევისონ-
ლესინგი, პროტოდიაკონოვი, დინიკი, დავიდენკოვი ჩვენში და რიტერი, გეი-
მი, ენგესერი, ტრომპეტერი, კომერელი, შაკლერი—სახლვარგარეთ. ჩატარე-
ბულია დიდი შრომა, მიღწეულია დიდი წარმატება, მოიპოვება ვრცელი ლიტე-
რატურა, მაგრამ მიუხედავად ამისა, მთის წნევის ამოცანა ჯერაც არ არის სა-
ესებით ამოხსნილი. სხვადასხვა პრინციპებზე დამყარებული მრავალრიცხოვანი
თეორიები ხან შეავსებენ და ხან გამორიცხავენ ერთიმეორეს და არცერთმა მათ-
განმა არ მოგვცა მთის წნევის სიდიდის გამოთვლის სწორი და ამომწურავი
მეთოდი. ამის ახსნას უნდა ეძიებდეთ გვირაბის გამომუშავების გარეშე მთის
მასების წონასწორობის პირობების განმსაზღვრელი ფაქტორების მეტად მრავ-
ალრიცხოვნობაში. ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში საქმე გვაქვს მდგომარეობის
განუმარებელ თავისებურებასთან და მეტად ძნელ ამოცანას შეადგენს სხვა-
დასხვა ფაქტორების განსაკუთრებული გავლენის შეფასება. უვარგისი და უსა-
ფუძვლოა მსჯელობა ანალოგიების წესით და მეტად თუ ნაკლებად ვრცელი
განზოგადობა.

მთის წნევის საკითხებს შეისწავლიან: ა) პრობლემის თეორიული განხილვით სამშენებლო მექანიკის და დრეკადობის თეორიის კანონების საფუძველზე, მასთან ექსტრემალურად გამოყენება კვლევის ექსპერიმენტალური მეთოდები ლაბორატორიებში;

ბ) მიწისქვეშა გამომუშავებაში წარმოებული უშუალო დაკვირვებებით.

ამ მეთოდების შეხამება ამჟღადრებს გამოკვლევის საშუალებებს და ამაღლებს ნიღბული შედეგების სამართლიანობას.

როგორც IV თავში იყო აღნიშნული, მთის წნევა შეიძლება მიმართული იყოს ზემოდან ქვემოთ, გვერდებიდან, ქვემოდან ზემოთ და გამომუშავების გასწვრივ. განსაკუთრებით ხშირად საქმე გვაქვს ზემოდან ქვემოთ მიმართულ წნევასთან, უფრო ნაკლებად გვერდით ძალებთან და მეტად იშვიათად ქვემოდან ზემოთ მიმართულ წნევასთან. მათი გრძივი წნევა უშთავრესად შესაძინებელია გამომუშავების შესასვლელ ნაწილებში, პორტალის ზედა ფერდობების დეფორმაციის გავლენის ფარგლებში.

მათი წნევის გამოთვლას არსებული თეორიები და ექსპერიმენტალური მეთოდები პირველყოფილსა ითვალისწინებენ ზემოდან ქვემოთ მიმართულ წნევას. გაცილებით ნაკლები ურადღებია ეთმობა ფეოდიოთ წნევას. გამომუშავების ფუძიდან წავეის შესახებ სულ რაძდენიმე შრომა არსებობს. მათი გრძივი წნევის საკითხმა ჯერ ვერ ჰპოვა თავისი მკვლევარი.

დღემდე წარმოდგენილი მთის წნევის განსაზღვრის თეორიები და მეთოდები შეზღუდნიარად შეიძლება დაიყოს:

ა) თეორიები, რომელთა მიხედვითაც მათის წნევის სიდიდე პირდაპირ პროპორციულია დაწნევი ქანების ფენის სიძალისა (კულმანი, გეიმი და სხ.); შემდგომ განმარტებებში ჩვენ მათ ვუწოდებთ დამწნევი მასივის სრული სიძალის თეორიას;

ბ) თეორიები, რომლებიც დამყარებულია ფხვიერ სხეულთა წონასწორობის კანონებზე (ფორჰაიმიერი, ბირბაუმიერი, ენგესერი და სხ.). ამ თეორიების მიხედვით მთის წნევის სიდიდე დამოკიდებულია მხოლოდდამხოლოდ გამომუშავების სიგანეზე, კუთარ წონაზე და გათხრის დროს ქანებს შორის სიგანახნის კუთხეზე. ზოგიერთი ამ თეორიათაგანი იმ დასკვნამდე მიღის, რომ გამომუშავების დროს გამომუშავების ზემოთ წარმოიქმნება წონასწორობის ბუნებრივი თალი;

გ) თეორიები და ნეთოდები, რომლებიც ამოხსნილია ქანის ნაწილაკებს შორის ბნის ძალების გათვალისწინებით და, რომლებიც საარგებლობენ ქანებისა და საშაგრების მოქმედებაზე დაკვირვებით. ყველა ეს თეორიები მიუთითებენ გამომუშავების ზემოთ წონასწორობის ბუნებრივი თალის წარმოქმნაზე (პროტოლადაკოვი, ოიტერი, კომერელი, სიუჟე და სხ.);

დ) დრეკადობის კანონებზე დამყარებული თეორიები (შმიდი, კიუნი, ლენკი და სხ.);

ე) წნევის განსაზღვრელი მეთოდები, რომლებიც დამყარებულია გამომუშავებაში უშუალოდ წარმოებულ გახომებებზე (დავიდენკოვი, უანსტენლეი და სხ.).

თეორიათა პირველი ჯგუფი მთის წნევას ჰიდროსტატიკურ წნევას ამს-
გავსებს. ეს სამართლიანია მხოლოდ სილიანი ყაშირების მიმართ, რომლებიც
გაუქმებულია წყლით. ამ თეორიის გამოყენების ცდა მყარ, პლასტიკურ და
ფხვიერ ქანებისადმი გვირავის საკმაოდ დრამად გათხრისას აბსურდს იწვევს.

თეორიული და ლაბორატორიული კვლევების უნეარობა შეიხვევა ფხვიერ
ყაშირებს და მათ საფუძვლად აქვთ ხახუნის ძალების წონასწორობის კანონები.
ამ კანონების გამოყენება მყარი სხეულებისადმი მთელ რიგ პირობით დაშვებუ-
თანაა დაკავშირებული, რომლებიც მნიშვნელოვნად აღვირებენ საბოლოო ამო-
ხსნების სიზუსტის ხარისხს. მყარი კლდოვანი ქანები შეიძლება დაფუძნდნოთ
მხოლოდ დრეკად ძაბვათა კანონებს, მასთან ამ შემთხვევაშიაც, როგორც ამას
ქვემოთ დავინახავთ, თავიდან ვერ ავიცილებთ ზოგიერთ დაშვებებს, თუკა
მათი გავლენა შედეგების სიზუსტეზე საკმარისად ნაკლებია.

საკითხი კიდევ უფრო რთულდება მრავალი შუალედური პირობებით,
როდესაც ქანის მიკუთვნება არ შეიძლება არც სავსებით ფხვიერ და არც სა-
ესებით დრეკად სხეულისადმი.

§ 31. ქანების დაძაბული მდგომარეობა მასივში განმეშვავების დაწყებამდე და მისი დამთავრების შემდეგ

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, გამომუშავების დაწყებამდე ქანის ნაწი-
ლაკებზე მოქმედი ძალები და წინააღობის ძალები დაძაბული წონასწორობის
მდგომარეობაში არიან. გამომუშავებისას მკვეთრად ირღვევა ეს პირობები და
წარმოიქმნება მასთან დაკავშირებული ქანების დეფორმაციის მრავალგვარი
მოვლენები.

ქანების დაძაბული მდგომარეობა მთის მასივში განისაზღვრება ზემოთ
მდებარე მასების წნევით და ტექტონური ხასიათის მიზეზებით. ქანების დაძა-
ბული მდგომარეობის ყველა კვლევა განიხილავს განსაკუთრებით ძაბვებს, რო-
მლებიც გამოწვეულია ზემოთ მდებარე მასების წონის ძალებით. ტექტონური
დარღვევების გავლენა კი არაფრით არ განისაზღვრება.

სიღრმის ზრდასთან ერთად იზრდება ზემოთ მდებარე ქანების წონა, მას-
თან ერთად კი იზრდება ძაბვები. ყოველ მთის მასივისათვის ფენების სისქის
გარკვეული სიმაღლე არსებობს, რომლის დროსაც ქანი საკუთარი წონა აღე-
მატება მის სიმუქიციეს, ამის გამო ქველა ფენები უნდა დაიფშენეს. მაგრამ,
რადგან ქანები ყოველმხრივ შებოქალ მდგომარეობაში არიან, ამიტომ ცალკე-
ულ ნაწილაკთა გვერდითი გადახრა და, მაშასადამე, ქანის დაფშენაც შეუძლე-
ბელი ხდება. ზემოთ მდებარე მასების წნევა გამოვლინდება ცალკეულ ნაწილა-
კებს შორის კავშირის დარღვევით და შიგახახუნის იზღწნად შემცირებით, რომ
წარმოიქმნება დაუზსხვრეველი გადაფენვა. ამნხირად, ყოველი მთის ქანი გარკ-
ვეულ სიღრმეზე, მის სიზაგრეზე დამოკიდებულებით, ფარულ პლასტიკურობის
მდგომარეობაშია.

მთის ქანების პლასტიკური მდგომარეობა დიდ სიღრმეებზე დადასტურე-
ბულია მრავალი ლაბორატორიული გამოკვლევით. დიდი წნევის დროს ყოველ-
მხრივ შეკუმშული ნიმუშები პლასტიკურ მდგომარეობაში გადადიან, მასთან
ეს გადასვლა ნაწილაკების დაკრისტალებით და უმსხვრეველი სრიალით წარ-
მოებს. საკითხი ამიუხსნელია მხოლოდ იმ სიღრმეების მიმართ, რომლებზედაც

ამ პლასტიკურ მდგომარეობას აქვს ადგილი სხვადასხვა ქანებისათვის. მხოლოდ ერთი ოამ არის უდავო, რომ ეს სიღრმეები დიდად აღემატებიან ყოველგვარ მიწისქვეშა სამუშაოებს ყველაზე დაბალ ჰორიზონტებს, და ადამიანის მიერ მიღწეულ დონეზე ქანები მყარია და არა პლასტიკური.

ვან · ხ ა ი ზ ი სიღრმეს, რომელზედაც ქანები იძენენ პლასტიკურ თვისებებს, 12 კმ-ით განსაზღვრავს. ა დ ა მ ს ი ს ცლებით ეს სიღრმე 18 კმ შეადგენს.

ამასთან ერთად აღსანიშნავია, რომ ქანების შინაგანი დაძაბულობის მდგომარეობა „მთის სროლის“ (Стрепняние) მოვლენით დასტურდება, რაც კარგად არის ცნობილი სამთო და საგვირაბო საქმის პრაქტიკიდან. სროლა გამოვლინდება ქანის კერპისებრი ნამსხვრევების ავარდით, რომლებსაც ზოგჯერ მნიშვნელოვანი ზომები აქვთ: ფართობით 2 მ².მდე და სისქით 10 სმ.მდე. მოვლენას ჩვეულებრივად თან ნოჰყვება ძლიერი, სროლის მსგავსი ხმა. ნატეხების განშრევებისას იზრდება მათი მოცულობა და ისინი უკვე არ ეტევიან ძველ ადგილებში.

სროლა შესამჩნევია მთის ყველა ქანში, უმეტესად კი უფრო მაგარ, მყიფე, ერთგვაროვან და მასიურ ქანებში: გრაინიტებში, გენისებში, პორფირებში, დიორიტებში, დიბაზებში, სილნარებში, თიხიან ფენებში, დოლომიტებში, მკვირვ კირქვებში.

მთის სროლის მეტად შესაძლო განმარტებად უნდა ჩაითვალოს ქანის დრეჯადი გადაართობა განონუშაგებრსაკენ. მაგრამ სროლის მოვლენის დაკავშირება მხოლოდ დანწინევი ფენის სისქესთან არ შეიძლება, რადგან აგი გამოვლინდება სხვადასხვა და ზოგჯერ მეტად მცირე სიღრმეზე. არის შემთხვევები, როდესაც სროლა შესამჩნევი იყო ღია ქვის სატებ სამუშაოებზე. უკანასკნელ შემთხვევებში მოვლენის მიზეზები უნდა მივაკუთვნოთ გაუწონასწორობულ დარჩენილ ძაბვებს, რომლებიც გამოწვეულია ტექტონური დარღვევებით ქანის მთელი წინა არსებობის განმავლობაში.

სროლა განსაკუთრებულად ფართო ზღვრებში იყო შესამჩნევი სიმპლონის გვირაბის¹ გაყვანისას. მას აგრეთვე ადგილი ჰქონდა სენ-გოტარდის, ვატინგენის, კარავენკენის, ვოპენის და სხ. გვირაბებში.

მასივში ქანების ძაბვის განსაზღვრისათვის მიწის ზედაპირიდან H სიღრმეზე გამოვყოთ მართკუთხა პარალელოპიპედი, რომლის წახნაგები ერთის ტოლია (ნაკ. 76). დაძაბული მდგომარეობა დახასიათდება σ_x , σ_y და σ_z მთავარი ძაბვებით სანი თანაპერპენდიკულარული მიმართულებით. $x-x$ მიმართულება ემთხვევა სინძიმის ძალის მიმართულებას და ძაბვა

$$\sigma_x = \gamma H,$$

სადაც: γ —ზეწოთ მდებარე ქანების მოცულობითი წონაა.

σ_y და σ_z ძაბვათა სიდიდეები დრეკადობის თეორიის ძირითადი ტოლობებიდან მიიღება, მასთან

$$\sigma_y = \sigma_z.$$

¹ Andreae C., Der Bau langer teuffliegender Gebirgstunnel, Berlin 1926, 83-82-61.

უბიერი სხეულებისათვის, სიბრტყის ამოცანის შემთხვევაში, გვაქვს:

$$\sigma_y = \sigma_x = \sigma_z \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ \pm \frac{\varphi}{2} \right),$$

სადაც: φ —შიგახახუნის კუთხეა, მთელი $\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ \pm \frac{\varphi}{2} \right)$ გამოსახულება კი—რენკინ-კულონის კოეფიციენტია.

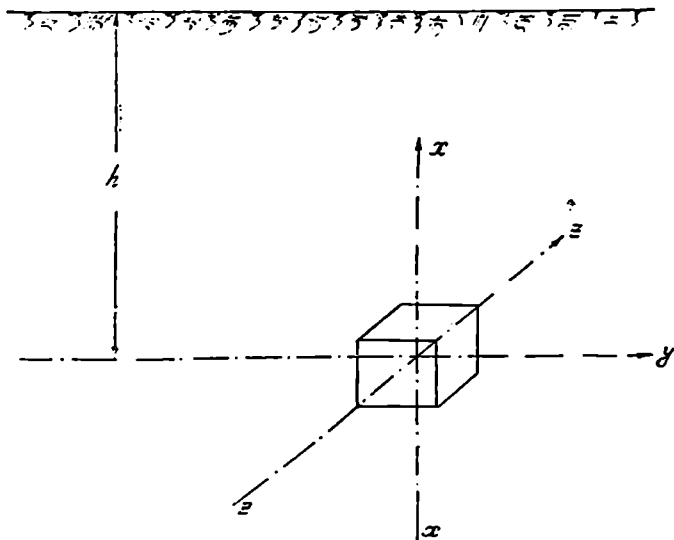
ჰიდროსტატიკური წონასწორობის პირობებისათვის, როდესაც შიგახახუნის კუთხე $\varphi = 0$, გვაქვს:

$$\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ \pm \frac{\varphi}{2} \right) = 1,$$

და, ნაშასადამე,

$$\sigma_y = \sigma_x = \sigma_z.$$

შიგახახუნის φ კუთხის შიგაწინალობის β კუთხით შეცვლის შემთხვევაში რენკინ-კულონის კოეფიციენტი ძალაში რჩება მთლიანი და მყარი ქანებისთვისაც.



ნაკ. 76.

გვირახის მიერ გაჭრილი მასივის დაძაბული წონასწორობის დარღვევა გამოვლინდება გამომუშავების გარშემო მდებარე მთის ქანების დეფორმაციით. დეფორმაცია განისაზღვრება ერაგვარი ზონით გამომუშავების გარშემო, რომელიც განსაზღვრავს მთის ქანების მდგრად წონასწორობას გარეთა მხრიდან.

ეს დეფორმაციები გამოვლინდება ნაპრალების, ქანების ამოზნექილობის, გან-
შრეების და ნაჭრების ამოვარდნის სახით. ამ მოვლენათა ინტენსიურობა მე-
ტად ფართო ზღვრებში მერყეობს და ცნობილ პირობებში მათ შეუძლიათ გა-
მოიწვიონ ზოგჯერ კატასტროფული ზომის ჩამონგრევა. ზემოთ მდებარე ფე-
ნის შეღარებით მიკრე სისქის დროს გამომუშავების დეფორმაციები იწვევენ
ზედაპირის ჯდენას, რაც მეტად საშიშია მიწისზედა ნაგებობისათვის.

დეფორმაციის ხასიათი და ინტენსიურობა მრავალ ფაქტორზეა დამოკი-
დებული. ამ ფაქტორების ვალენის ხარისხის დანაწილდება მეტად ძნელია,
პირველხარისხოვან როლს ასრულებს ქანების ფიზიკო-მექანიკური თვისებები
და მათი ჰიდროგეოლოგიური პირობები. შემდეგ მოდის გამომუშავების ზო-
ნები და ამაი მდებარეობა ქანების ჩაწოლის ელემენტების მიმართ ზედაპირი-
დან, გამომუშავების სიღრმე, გათხრის ხერხები და სიჩქარე, დროებითი სამაგ-
რის სისტემა.

დეფორმაციების ზონა გამომუშავების გარშემო ქანებას მდგომარეობის მი-
ხედვით შეიძლება მუდმივი იყოს მეტად დიდი დროით ან შეიძლება ატარებ-
დეს დროებით ხასიათს. უკანასკნელ წებთხვევაში, რაც დამახასიათებელია ნაქ-
ლებად მდგრადი ქანებისათვის, ჩამონგრევის კონტური ირლევება ახალი დეფორ-
მაციებით და უკანასკნელთა ზონას აქვს თანდათან გაფართოების მისწრაფება,
სანამ არ მიიღებს მდგრად ზომებს.

დეფორმაციის ზონაში მდებარე ქანის თითოეული ნაწილაკის მდგომარე-
ობა ორ ფაზას გაივლის. პირველ ფაზაში ეს ნაწილაკები, ძალეათა გადაჯგუ-
ფების გამო, იძენენ ძაბვებს, რომლებიც განსხვავდებიან იმ ძაბვებისაგან, რომ-
ლებიც მათ ჰქონდათ გამომუშავების დაწყებამდე. მეორე ფაზაში, ქანების
ნაწილაკები, თავისუფალი სივრცის არსებობის გამო გამომუშავების სახით,
ჰკარგავენ თავიანთ დამაბულ მდგომარეობას და ფართოვდებიან ნაკლები წინა-
ლობის მხარეს.

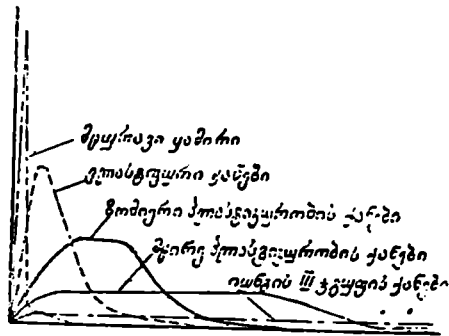
ის ზონა გამომუშავების გარშემო, რომლის ფარგლებშიც ნაწილაკები
ჰკარგავენ თავიანთ დამაბულ მდგომარეობას, „ტრომპეტერის ზონის“ სახელ-
წოდებას ატარებს ამ საკითხის პირველი მკვლევარის გვარის მიხედვით.

ამგვარად, ტრომპეტერის ზონის ფარგლებში, ქანები თავისუფლდებიან
გარეშე ვალენისაგან და იღებენ რაიმე გარეშე ძალებების უქონლობის დროს
არსებულ ზომებს. ქანი განიერდება გამომუშავებული სივრცის მხარეს და გას-
ცეშს პოტენციალური ენერჯიის იმ მარაგს, რომელიც მან მოაგროვა ტრომპე-
ტერის ზონის გარეთ შეკუმშვის დროს ზემოთ მდებარე მასების წნევით. ქანის
გადასვლა ზედა წნევის არეღან წნევისაგან თავისუფალ არეში უეცრად წარ-
მოებს, ნისი მღვამარეობის თანდათანობითი და ელასტიკური ცვლილების გა-
რეშე, და დაკავშირებულია ნაპრალების წარმოქმნასთან.

ტრომპეტერის ზონის ვავრცელება გამომუშავების ზედაპირიდან მასივი-
სიღრმეში იმ რიგ ფაქტორებზეა დამოკიდებული, როგორც მთის წნევის სი-
დიდე, და ფართო ზღვრებში მერყეობს. დაკვირვებათა მონაცემები და ცალკე-
ული კვლევები ხშირად მიუთითებენ ამ ზონის 0,5—3,0 მ ფარგლებში შექრახე.

ტრომპეტერის ზონის წარმოქმნასთან დაკავშირებულია მთის წნევის
გამოვლინების ხასიათი დროის მიხედვით.

ტრომპეტერის ზონის არსებობისას მთის წნევა სწრაფად კი არ გამოვლინდება გამომუშავებისას, არამედ იზრდება თანდათანობით, დროის მიხედვით. ამისდამიხედვით განსხვავდება მთის პირველადი და დადგენილი წნევა. პირველადი წნევა წარმოიქმნება ქანების გაგანიერების გამო გამომუშავებისაკენ, მათი თავდაპირველი ძაბვისაგან განტვირთვის შედეგად. გაგანიერებისას ქანი დასკდება, ირღვევა, ჩამოინგრევა და სამაგრებით შეკავებული აწევა ამ უკანასკნელებს. პირველადი წნევის გამოვლინების ინტენსიურობა პოტენციალური ენერჯის იმ რაოდენობაზეა დამოკიდებული, რომელიც ქანმა დააგროვა ზემოთ მდებარე მასებით შეკუმშვის დროს. ზოგად შემთხვევაში წნევის ზრდა საესებით კანონზომიერ სასიათს ატარებს: თავდაპირველად წნევა თანდათან იზრდება ერთგვარ, ნორმულ პირობებისათვის მაქსიმალურ სიდიდემდე. შემდეგ დროის ერთგვარ ზუალედში წნევის ეს მაქსიმუმი რჩება მიღწეულ ღონეზე, ამის შემდეგ, მცირდება სწრაფად ან ნელა და მუდმივ სიდიდეს ინარჩუნებს განუსაზღვრელად დიდი დროის განმავლობაში. პირველადი წნევის ხანგრძლივობა განისაზღვრება მრუდის ფორმით, რომელიც შემოსახლურავს ტრომპეტერის ზონას და, მრუდის მდგრადობის პირობებით.



ნაკ. 77.

იზრდება ერთგვარ, ნორმულ პირობებისათვის მაქსიმალურ სიდიდემდე. შემდეგ დროის ერთგვარ ზუალედში წნევის ეს მაქსიმუმი რჩება მიღწეულ ღონეზე, ამის შემდეგ, მცირდება სწრაფად ან ნელა და მუდმივ სიდიდეს ინარჩუნებს განუსაზღვრელად დიდი დროის განმავლობაში. პირველადი წნევის ხანგრძლივობა განისაზღვრება მრუდის ფორმით, რომელიც შემოსახლურავს ტრომპეტერის ზონას და, მრუდის მდგრადობის პირობებით.

77-ე ნაკვეთზე ნაჩვენებია ქანების წნევის მრუდეები იუნგის მიხედვით. რაც უფრო სუსტია ქანები, მით მეტია პირველადი წნევის სიდიდე, ხოლო ამ წნევის დროის პერიოდი მოკლე.

§ 32. ზემოთ მდებარე მახვილს სრული სიმაღლის თეორიები

1. კულმანის თეორია

კულმანი მიწის წნევის თეორიის მიხედვით პოულბოს, რომ მთის წნევის სიდიდე დაფენვის სიმაღლეზე და ქანის ნაწილაკების ბმის ძალებზეა დამოკიდებული. აქედან კულმანი ასეთ დასკვნას იძლევა:

გვირაბის გაყვანის შესაძლებლობა სწყდება გარკვეულ სიღრმეზე, რომელიც დამოკიდებულია მუდმივი სამაგრის სიმტკიცეზე.

ასეთი დასკვნის დაუგერებლობა მტკიცდება სამთო და საგვირაბო საქმის მთელი გამოცდილებით, რასაც არ უარყოფს თვით ამ თეორიის ავტორი. გვერდითი წნევას კულმანი განსაზღვრავს, როგორც მიწის ნგრევის პრიზმის წნევას.

2. გეიმის თეორია

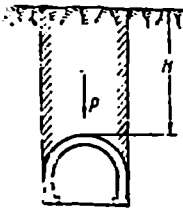
თავისი მთის წარმოქმნის თეორიის საფუძველზე გეიმი მთის წნევის საკითხში მივიდა დასკვნამდე, რომელიც ნაკლებად განსხვავდება კულმანის დასკვნისაგან.

გეიმის თეორიის მიხედვით მთის ქანების მიერ გვირაბის სამაგრზე წარმოებული წნევა უდრის მთელი ზემოთ მდებარე ფენის წნევას, რომელიც (ფენა) გვერდებიდან შემოსაზღვრულია ვერტიკალური საბრტყეებით: ეს უქანასკნელნი წარმოადგენენ გამოშუშავების კედლების გაგრძელებას (ნაქ. 78); ამნაირად

$$P = \gamma \cdot H,$$

სადაც: γ — ქანის მოცულობითი წონაა.

ასეთი შეხედულების საფუძველად მიღებულია მთის ქანების პლასტიკური დეფორმაციის ჰიპოტეზი, რომლის არსი წინა პარაგრაფში იყო განმარტებული.



ნაქ. 78.

გეიმის მიხედვით წნევა მთის მასივის შიგნით ჰიდროსტატიკის კანონებს ემორჩილება: იგი გამოვლინდება ყვილა მიმართულებით თანაბრად და ქანის ყოველი ნაწილაკი ერთნაირი ძალის მოქმედებას განიცდის. დიდ სიღრმეებზე, ყოველმხრივ შეკუმშვის და დიდი წნევების ზეგავლენით ქანი პლასტიკურ თვისებებს იძენენ. წარმოიქმნება დინამოშტამორფოზის მოვლია — „ქანები იწყებენ დენადობას, როგორც გლეტჩერის ყინული“. წონასწორობის პირველსავე დარღვევის შემთხვევაში

ფარული პლასტიკურობა ცხად სახეს იღებს და მთის წნევად გამოვლინდება.

გვერდითი წნევა გეიმის მიხედვით, როგორც ჩანს მისი თეორიის საფუძველად მიღებულ ძირითად პრინციპებიდან, უნდა გამოვლინდეს ისეთივე ძალით, როგორც ვერტიკალური.

გეიმის თეორიამ ჰმოვა როგორც მომხრეები, ისე მოწინააღმდეგენიც.

სიმპლონის გვირაბის მშენებლებმა გეიმის თეორიის წინააღმდეგ ძირითად არგუმენტად ის მოსაზრება წამოაყენეს, რომ ასეთი წნევა როგორც გამომუშავების ზემოთ მდებარე მთელი ქანის წონა, ყველა ღრმად გაყვანილ გვირაბებში უთუოდ გამოიწვევდა სამაგრის მთლიანად დანგრევას. ასე, მაგალითად, სენგოტარაის გვირაბის სამაგრის წყობა 1500 მ სიმაღლის ზემდებარე ქანის შემთხვევაში გეიმის თეორიის მიხედვით უნდა განიცდიდა წნევას 3000 კგ/სმ², ამავე ღროს სამაგრის მასალები, რომელთა ღრობითი წინალობაა 300 კგ/სმ², არავითარ დეფორმაციას არ განიცდის, ამის გარდა აღნიშნავენ რომ ზემდებარე ქანის სიმაღლის ცვლილებით 0-დან 2000 მ-მდე სიმპლონის გვირაბის ზოგიერთ უბნებზე სამაგრის წყობის სისქე მუდმივი რჩება. ამასთან ერთად პრაქტიკამ ბრავალი შემთხვევა იცის, როდესაც გვირაბები არაღრმად გაყვანილას (10, 20, 30 მ სიღრმეზე) ვერ უძლებდნენ მათზე წარმოებულ წნევას და ინგრეოდნენ. ყოველივე ამაში სამართლიანად ვხედავთ მტკიცების დაუსაბუთებლობას, რომ სამაგრს აწევა მთელი ზემდებარე ქანის სისქე.

უპასუხებდა რა ამ შენიშვნებზე, გეიმი აღნიშნავს, რომ მთის წნევა გამოვლინდება დაუყოვნებლივ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ გვირაბი გაცივლის შიგნითვე დამსხვრეულ ქანებში. უმსხვრეველი მასივის ქანებში კი მთის წნევის გარეგნულად გამოვლინებისათვის საკმარის დროა საკმარისი—10, 20, 50, და შეიძლება 100 წელიც კი.

მაგრამ აქ გეიმის მოწინააღმდეგეებს ეშველება 1500 მ-ზე მეტ სიღრმეზე მალაროების წარმატებითა ექსპლოატაციის პრაქტიკა მრავალი საუკუნის განმავლობაში. აღნიშნავთ, რომ ამჟამად მიღწეული მიწისქვეშა სამუშაოების უდიდესი სიღრმე 2441 მ შეადგენს (მალარო დიპ რობინზონ რანდ, სამხრეთ აფრიკის კაპშირი), ე. ი. თითქმის 2500 მ აღწევს. ქანების საშუალო კუთრ წონას 2,5 ტონად თუ მივიღებთ, მაშინ წნევა ასეთ სიღრმეზე ხელუხლებელ მასივში გეიმის თეორიით უნდა შეადგენდეს 625 კგ/სმ², რაც აღემატება საშუალო სიმაგრის ქანების დროებით წინააღმდეგობას.

როგორც წინა პარაგრაფში იყო აღნიშნული, ჰორიზონტები, რომლებზე დაც მოსალოდნელია მთის ქანების პლასტიკური თვისებების გამოვლინება, მრავალჯერ აღემატებიან აღნიშნულ სიღრმეებს, რომლებსაც კი მიადრია ადამიანი და, მამასადამე, მიუხედავად გეიმის მტკიცებობისა, აღწერილი მოვლენები საგვირაბო საქმის პრაქტიკას არაერთხელ საფრთხეს არ უქმნიან.

§ 22. ფხვიერ სხეულთა წონასწორობის კანონებზე დამყარებული თეორიები

1. ფორპგეიმერის თეორია

ფორპგეიმერმა თავისი კვლევების საფუძველად ფხვიერ სხეულთა წონასწორობის თეორიის შექმნა ცოცხალი დეალები მიიღო: როგორც კი გამოიშვებინა საპარკები შექმნილები, ძაბვები ავტომატურად განრიცხდებიან სამაგრზე დამწვევ მასაში, რას შედეგადაც სამაგრა განიტყრათება.

იგი გულანხობა, რომ სილაში წარმოიქმნება სრიალის ორი ვერტიკალური სიბრტყე და ყამირის დამწვევ მასა პრიზმატულია და ფუქით აწვება სამაგრს. ამ პრიზმის დაწვევისას სრიალის სიბრტყეებში წარმოიქმნება ხახუნი, რომელიც ასუტებს წვევას საძაგრზე. წვევა სადადე ხასითდება ჩანებელი პრიზმის წონისა და პრიზმის ქანს მეზობელ ნაწილებზე ხახუნის ძალის სხვაობით. ჩაშვებული პრიზმის განსახლკრულა სპალლას დროს ამ სიმაღლის ფუნქციის სახით გამოსახული წნევის სადადე მაქსიმუმს აღწევს. ეს მაქსიმუმი შეუღდენარად გამოისახება:

$$P = \gamma \cdot \frac{1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi}{\operatorname{tg} \varphi} \cdot \frac{b}{2} \quad \text{ტ/მ}^2,$$

სადაც: γ — ყამირის მოცულობითი წონა;

φ — შიგახახუნის კუთხე;

b — გამოიშვებების სიგანე.

თუ აღნიშნავთ:

$$k = \frac{1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi}{\operatorname{tg} \varphi},$$

მაშინ P -ს ფორმულა შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$P = \gamma \cdot k \cdot \frac{b}{2}.$$

გამოთვლების დროს აღმოჩნდა, რომ k მნიშვნელობები თითქმის არ იცვლებიან ხახუნის კუთხის ცვლილებებისას 25° -დან 45° -მდე. მხოლოდ მეტად ფხვიერ და მცოცავი ყაშირების შემთხვევაში k იცვლება მკვეთრად. ამის გააო ყაშირებისათვის, რომლებსაც კი მეტად უმნიშვნელო გადაბმა აქვთ, ფორპკეიმერის ფორმულა მიუღებელია.

2. ბირბაუმერის თეორია

ფხვიერ სხეულთა იგივე თეორიის მიხედვით ბირბაუმერმა ორი სხვადასხვა ფორმულა წარმოადგინა. ერთი მათგანის ამოხსნა გულისხმობს, რომ წნევას მთელი პრიზმი კი არ აწარმოებს, არამედ მისი სოლისებული ნაწილი. ამ შემთხვევაში წნევა შემდეგ ფორმულით გამოისახება:

$$P = \frac{1}{2} \gamma \cdot b \cdot \text{ctg } \varphi \quad \text{ტ/მ}^2 \quad (1).$$

თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას: $k_1 = \text{ctg } \varphi$, მივიღებთ:

$$P = \frac{1}{2} \gamma \cdot b \cdot k_1.$$

გამოთვლების დროს აღმოჩნდა, რომ k_1 მნიშვნელობები უფრო მკვეთრად იცვლებიან, ვიდრე k -ს მნიშვნელობები ფორპკეიმერის ფორმულაში. ამის შესაბამისად მკვერივი ყაშირების შემთხვევაში წნევა ბირბაუმერის ფორმულის მიხედვით 2-3-ჯერ ნაკლები მიიღება, ვიდრე ფორპკეიმერის ფორმულით.

მეორე ფორმულას ბირბაუმერი იძლევა იმ გულებების მიხედვით, რომ გამომუშავების ზემოთ წარმოიქმნება ჩამოცურების ორი სიბრტყე AM და BN (ნაკ. 79), რომლებიც ჰორიზონტთან $\psi = \frac{90^\circ + \varphi}{2}$ კუთხით არიან დახრილი.

ამ დროს ვერტიკალური წნევის სიდიდე გამომუშავების ერთეულ ფართობზე შემდეგნაირად გამოისახება:

$$F = \theta \cdot H \cdot \gamma, \quad (2)$$

სადაც $\theta < 1$ და განისაზღვრება გამოსახულებებიდან:

$$\theta = \left[1 - \frac{\lambda H}{b + 2 h \xi} \right] \xi^2$$

და

$$\theta = \left[1 - \frac{\lambda H}{\lambda \frac{H}{2} + \sqrt{\left(\frac{\lambda H + b}{2} \right)^2 + H h \xi^2}} \right],$$

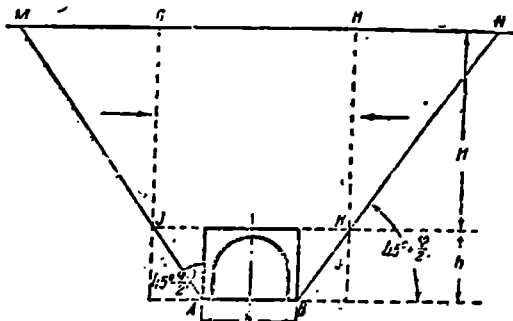
შასთან: b —გამომუშაების სიგანეა;
 h —გამომუშაების სიმაღლე;
 H —გვირაბის ზემოთ მდებარე მასივის სიმაღლე;

$$\lambda = \xi^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

$$\xi = \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

9-ს ორი გამოსახულება მის სხვადასხვა მნიშვნელობას იძლევა, რომელ-
 თაგანაც ბირბაუმერი მოუწოდებს უდიდესის აღებას.

ბირბაუმერის მე-(2)
 ფორმულა გამოთვლე-
 ბის დროს მთის წნე-
 ვის აშკარად კარბ მნი-
 შვნელობებს იძლევა.
 ამის გარდა, ხშირად
 გვირაბის გარკვეულ
 სიღრმეზე გაყვანისას
 და გამომუშაების გან-
 საზღვრული მალეების
 შემთხვევაში ეს ფორ-
 მულა ურთიერთ საწი-
 ნააღმდეგო შედეგებს
 იძლევა, შასთან წნევას
 მინუს ნიშნით ასახავს.



ნაკ. 79.

ბირბაუმერის მიხედვით გვერდითი წნევა ერთეულ ფართობზე გამოისა-
 ხება ფორმულით:

$$E = p \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right),$$

სადაც: p —ვერტიკალური წნევაა 1 მ²-ზე.

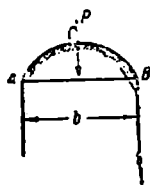
3. ენგესერის თეორია

ენგესერიც აგრეთვე გადუმბელად განიხილავს ქანებს, რაზედაც მის მიერ
 სპეციალურად მოწყობილი აპარატით ჩაატარა ცდები. ამ ცდების საფუძ-
 ველზე თეორიის ავტორი იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ უკვე გამომუშაების
 კერის მეტად მცირე დაწვევის შემთხვევაში ნაგებობის ზემოთ წარმოიქმნება
 ბუნებრივი ACB თალი (ნაკ. 80), რომლის წყალობითაც AB ზედაპირზე წნე-
 ვას არ აწარმოებს ზემოთ მდებარე მასა.

გამომუშაების ზემოთ მდებარე დამწინევი ფენის H სიმაღლის შემთხვე-
 ვაში წნევა სახურავზე უდრის:

$$P = b^2 \cdot \gamma \cdot \left[\frac{H \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}{2 H \cdot \operatorname{tg} \varphi + b \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)} + \frac{\operatorname{tg} \varphi}{6} \right].$$

დიდი H სიღრმეების შემთხვევაში და არა სავსებით მცირე ხახუნის და კუთხის დროს მნიშვნელოვანი მფორე წყერს შეიძლება ყურადღება არ მივაქციოთ, რაც განმარტივებულ გამოსახულებას გვაძლევს:



ნაკ. 80.

$$P = b^2 \gamma \left[\text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \frac{\text{ctg} \varphi}{2} + \frac{\text{tg} \varphi}{6} \right].$$

უქანასკნელი ფორმულა გვიჩვენებს, რომ წნევა და მოკიდებულია გამომუშავების სივანეზე და შიგახახუნის კუთხეზე და და მოკიდებული არ არის ქანის ზემდებარე ფენის H სიმაღლეზე¹.

ენგესერი ვერტიკალურ AC კედელზე მინიმალურ გვერდითი E წნევას (ნაკ. 81) იმ გულებით განსაზღვრავს, რომ ჩამონგრევის MC სიბრტყე ACN კუთხეს შუაზე ჰყოფს. ამ დროს მიიღება:

$$E = \left(v + \frac{h_0 \gamma}{2} \right) h_0 \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right),$$

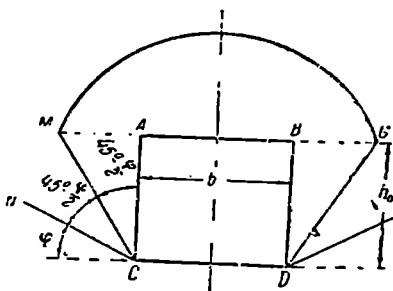
სადაც

$$v = \frac{H \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \left[b + 2 h_0 \text{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] \gamma}{2 H \text{tg} \varphi + \left[b + 2 h_0 \text{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}.$$

დიდი H სიღრმისა და არასავსებით მცირე φ კუთხის შემთხვევაში, შეიძლება მივიღოთ:

$$v = \frac{1}{2} \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \text{ctg} \varphi \left[b + 2 h_0 \text{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] \gamma.$$

ენგესერის თეორიის ამოხსნების შედეგების დაპირისპირებით პრაქტიკის მონაცემებთან გამომულავნდება ძირითადი ამონახსნების სისწორე. ამის გარდა, წარმოდგენილი ფორმულებით მიღებული მთის წნევის სიდიდეები უახლოვდება სხვა ავტორების ამონახსნების შედეგებს. მაგრამ თეორიაში აღვლილი აქვს მთელ რიგ სავეკო დებულებებს და გაურკვეველობას, და ყოველთვის საჭიროა ზედმიწევნითი შემოწმება მისი გამოყენების შესაძლებლობისა მოცემული გამომულავნების პირობებში.



ნაკ. 81.

¹ М. М. Протодакьянов, Давление горных пород и рудничное крепление, 1931.

§ 34. თეორიები, რომლებიც ითვალისწინებენ კავშირს ქანის ნაწილაკებს შორის და დამოკიდებული არიან დაკვირვებათა შედეგებზე

1. რიტერის თეორია

რიტერმა პირველმა გამოთქვა აზრი იმის შესახებ, რომ გვირაბის ღრმად გაყვანისას გამომუშავების კერზე წნევას აწარმოებს არა მთელი ზემოთ მდებარე მასა, არამედ ერთგვარი მრუდის შიგნით მდებარე ქანის ნაწილი. ეს მრუდი პარაბოლურია და წარმოადგენს საზღვარს წნევის ბუნებრივ თაღსა და დანარჩენ მასივს შორის.

რბილი ქანებისათვის, რომლის ნაწილაკებს შორის ადგილი აქვს ზმას, წნევა ზემოდან ქვემოთ გამომუშავების კერზე რიტერის მიხედვით (ნაქ. 82) უდრის:

$$R = P - U = \gamma \cdot b \left(\frac{b^2}{48u} - u \right) \text{ კვ,}$$

სადაც: P არის წნევის თაღს შიგნით ნოქტეული ქანის წონა კვ-ში;

U —ძალა კვ-ში, რომელიც საჭიროა ABC კონტურზე ქანის მოცილებისათვის;

u —ქანის ბმის კოეფიციენტი;

γ —1 მ³ ქანის წონა კვ-ში;

b —გამომუშავების სიგანე მ-ში.

პარაბოლის სინჯალღე, რომლის მიხედვითაც წარმოიქმნება წნევის თაღი, უდრის:

$$h = \frac{b^2}{16u} \text{ მ.}$$

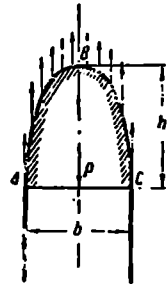
ამნაირად, წნევის პარაბოლის სიმაღლის განსაზღვრისათვის უნდა გვექონდეს წყვეტისადმი ქანის წინაღობის რიცხვითი მნიშვნელობანი. რბილი ყამირებისათვის ამგვარი მონაცემების უქონლობის გამო რიტერი უშვებს, რომ წყვეტისადმი γu წინაღობა ძვრისადმი γk წინაღობის ტოლია. უკანასკნელი სიდიდის განსაზღვრისათვის კი რიტერმა წარმოადგინა თავისი მეთოდი. მოგვიანებით რიტერის ფორმულის გამოყენებისათვის წარმოდგენილი იყო ცხრილები, რომლებიც იძლევა ბმის სიდიდეებს სხვადასხვა ყამირისათვის.

გვერდითი წნევას რიტერი კულმანის მსგავსად განსაზღვრავს, როგორც ჩამონგრევის მიწის პრიზმის წნევას.

რიტერის თეორიის კრიტიკულად განხილვისას შემდეგი შენიშვნები იბადება:

1. გადაუბმელი ყამირებისათვის რიტერის ფორმულა გამოუსადეგარია. სინამდვილეში ბმის ძალების უქონლობისას, ე. ი. $u=0$ დროს, მთის წნევა უდიდეს ზღვარს აღწევს, რადგან

$$h = \frac{b^2}{16 \cdot 0} = \infty.$$



ნაქ. 82.

ABC მრუდი A და C წერტილებზე გამავალ ორ შევეულ ხაზად იქცევა, რომელნიც ზემოდან დედამიწის ზედაპირით ისაზღვრებიან. ამნაირად, ამ შემთხვევაში სამაგრზე წნევას უნდა აწარმოებდეს მის ზემოთ მდებარე ქანის სრული სვეტი. მაგრამ ენგესერის, პრანტეს, იანსენის და სხვათა ცდებით დაწესებულია, რომ გვირაბის მნიშვნელოვან სიღრმეზე გაყვანისას მშრალ ფხვიერ ყამირებისთვისაც კი წნევა არ უღრის ზემოთ მდებარე ყამირის წონას.

2. ბაუშინგერის და განიშის მიხედვით აღებული წყვეტისადმი ქვების წინალობის სიდიდეების დროს, ან თუ მივიღებთ, როგორც ამას ხშირად სჩადიან, რომ ქვების წყვეტისადმი წინალობა კუმშვისადმი წინალობის 1:26 ტოლია, რიტერის ფორმულები აგრეთვე მიუღებელ შედეგებს გვაძლევს. ხშირად წნევა გვირაბის სამაგრზე უარყოფითი მიიღება, ხოლო გამოშუშავების სიგანე, რომლის დროსაც სახურავი შეიძლება ბრტყელი დარჩეს, უზომოდ დიდი მიიღება.

3. წყვეტისადმი წინალობის ძვრისადმი წინალობასთან გატოლება ნებისმიერია, რაც დამტკიცებულია მთელი რიგი კვლევებით. ასე, მაგალითად, პროტოდიაკონოვმა იპოვა, რომ ნოტიო სილისათვის ძვრისადმი წინალობა (0,010 კგ/სმ²) წყვეტისადმი წინალობას (0,003 კგ/სმ²) დაახლოებით სამჯერ აღემატება. ამ ორ სიდიდეს შორის კიდევ მეტი შესუსტამობა სხვადასხვა ყამირისათვის მოგვცა ფონ-ოტომ.

4. რიტერის თეორია ეყრდნობა მხოლოდ წონასწორობის პირობას ჩამოგლეჯის კონტურზე და სრულიად ყურადღებას არ აქცევს ძაბვებს მასივში გამოშუშავების ქერის ზემოთ,

რიტერი თავის შრომებში გვაძლევს ფორმულებს წნევისათვის წრიულ გამოშუშავების დროსაც, რომელიც, როგორც ცნობილია, მიღებულია ფარის ხეობით მუშაობის წარმოების დროს.

რიტერის მიხედვით ასეთი გამოშუშავების ერთეულ ფართობზე წარმოებული წნევა უღრის:

$$R = \gamma \left[\frac{1}{12} \cdot \frac{r^2}{u} + \frac{2}{3} u - \frac{3}{4} \cdot \frac{r^2}{2u + r} \right],$$

სადაც: r — განომუშავების რადიუსია;

u — ქანის ბმის კოეფიციენტი.

გამოთვლები ამ ფორმულის მიხედვით გვიჩვენებს, რომ გამოშუშავების წრიული მოახზულობის დროს წნევა გაცილებით ნაკლებია იმ გამოშუშავებასთან შედარებით, რომელსაც აქვს ჰორიზონტალური სახურავი, ასე, 5—6 მ დიამეტრის მქონე გამოშუშავებისათვის წნევა თითქმის ნახევარდება.

2. კომერელის თეორია

კომერელის თეორიის მიხედვით გამოშუშავების ქერში წარმოიქმნება ერთგვარი ჩამონგრევის არე, რომელიც შედგება არადაძაბული გაფხვიერებული ქანის მასისაგან, რომელიც აწევა დროებით ან მუდმივ სამაგრს. ჩამონგრევის ეს არე იფარვლება ცილინდრული ზედაპირით, რომლის კვალი გამოშუშავების გრძივი ლეჩძისადმი მართობულ ვერტკალურ სიბრტყეზე,

დიდი ცდომილების გარეშე პარაბოლად შეგვიძლია მივიღოთ. ამ პარაბოლის ზომები კომერელმა შემდეგნაირად განსაზღვრა.

ვთქვათ გამომუშავების B კლიტეში მუშაობის დაწყების წინ გატარებულია პორიზონტალური ABC სწორი ხაზი (ნაკ. 83). ვთქვათ გამომუშავების სიგანეა $2b_1$. დავეუშვათ, რომ ქანის დამუშავებისას ABC ხაზი ქვემოთ გადაადგილდა და $A'B'C'$ მდებარეობა დაიკავა.

ვთქვათ ნაპირა წერტილთა გადაადგილება:

$$AA' = CC' = c$$

შუა წერტილის გადაადგილება კი უდრის:

$$BB' = a.$$

საკმარისი სიზუსტით $A'B'C'$ ხაზი შეიძლება ჩავთვალოთ პარაბოლად. ამ პარაბოლის განტოლება კოორდინატთა B' სათავეს მიმართ იქნება:

$$y^2 = 2\rho_1(a-x); \quad (3)$$

როცა $y = b_1$, გვექნება: $x = c$ და (3) განტოლება ასეთ სახეს მიიღებს:

$$b_1^2 = 2\rho_1(a-c), \quad \bullet$$

საიდანაც:

$$2\rho_1 = \frac{b_1^2}{(a-c)} \quad (4)$$

$2\rho_1$ მნიშვნელობის (3) განტოლებაში ჩასმით, მივიღებთ:

$$y^2 = \frac{b_1^2}{(a-c)}(a-x).$$

საიდანაც:

$$x = a - \frac{(a-c)}{b_1^2} y^2 \quad (5)$$

თუ ავიღებთ გამომუშავებაში სივრცეს 1 მ სიგრძით და dy სიგანით, მაშინ ყამირის ნაწილაკების მოცულობის ელემენტარული ნაზრი გაფხვიერების შედეგად უდრის:

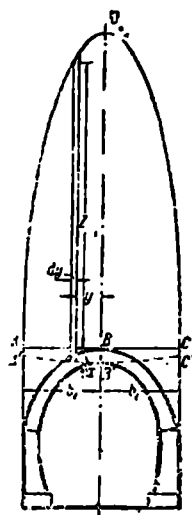
$$1 \cdot x \cdot dy,$$

იგივე სხეულის მოცულობა, როცა z არის სიმაღლე, dy —სიგანე და 1 მ სიგრძე, იქნება:

$$V_s = 1 \cdot z \cdot dy.$$

გამოსამუშავებელი ქანის ნარჩენი გაფხვიერება, რომელიც უბრალო გაზომვით განისაზღვრება, პროცენტებში გამოვხატოთ; ვთქვათ ეს არის $p\%$. მაშინ V_s მოცულობისათვის გაფხვიერების ზომა იქნება:

$$\frac{p}{100} V_s = \frac{p}{100} \cdot z \cdot dy.$$



ნაკ. 83.

ივყავა მოცულობის ნაზრდიც, ე. ი.

$$1 \cdot x \cdot dy = \frac{p}{100} \cdot z \cdot dy.$$

ამ გამოსახულებაში თუ ჩავსვამთ (5) განტოლებიდან განსაზღვრულ x -ის მნიშვნელობას, მივიღებთ:

$$\left[a - \frac{(a-c)}{b_1^2} y^2 \right] dy = \frac{p}{100} z dy,$$

საიდანაც

$$z = \frac{100}{p} \left[a - \frac{(a-c)}{b_1^2} y^2 \right] \quad (6).$$

უქანასკნელი არის პარაბოლის განტოლება, რომლის წვერო B წერტილიდან $100 \frac{a}{p}$ მანძილითაა დაშორებული.

როცა $y=0$, მაშინ (6) განტოლების მეორე წევრი ფრჩხილებში ნულად იქცევა და გვექნება:

$$z_0 = \frac{100 \cdot a}{p};$$

როცა $y=b_1$, მივიღებთ:

$$z_6 = \frac{100}{p} \left[a - \frac{(a-c)}{b_1^2} b_1^2 \right] = \frac{100 \cdot c}{p}.$$

შემდგომი გამოთვლების გამარტივებისათვის პარაბოლის (6) განტოლებას კომერელი ელიპსის განტოლებით ცვლის. ასეთი შეცვლის გავლენა საბოლოო ამონახსნების სიზუსტეზე უმნიშვნელოა.

ელიპსის განტოლება მართკუთხა კოორდინატებში ცენტრისა და ღერძების მიმართ:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

ამ შემთხვევაში ასეთ სახეს მიიღებს:

$$\frac{y^2}{b_1^2} + \frac{z^2}{h^2} = 1,$$

საიდანაც მოიძებნება ელიპსის კოორდინატები:

$$z = \sqrt{h^2 - \frac{h^2}{b_1^2} y^2};$$

აქ $h = z_0 = \frac{100 \cdot a}{p}$ — ჩამონგრევის თალის სიმაღლეა;

b_1 — გამომუშავების ნახევარი სიგანეა.

თუ მივანიჭებთ γ -ს სხვადასხვა მნიშვნელობებს თაღის სოლის მდებარეობის მიხედვით, ჩამონგრევის თაღის სიმაღლის სათანადო მნიშვნელობებს ვიპოვით.

ამგვარად ჩამონგრევის თაღის სიმაღლის განსაზღვრისათვის პარაბოლის ელიპსით შეცვლის გამო, საკმარისია ვიცოდეთ გვირახის გამომუშავების კლიტის მაქსიმალური დაწევის a სიდიდე და ქანის გაფხვიერების პროცენტის p სიდიდე.

როცა გვაქვს ელიპსის h და b_1 ნახევარღერძები, განესაზღვრავთ ელიპსის ADC ნახევარფართობს (ნაკ. 83):

$$\text{ფარ. } ADC = \frac{\pi}{2} \cdot b_1 \cdot h.$$

მთის წნევის სიდიდე გამომუშავების 1 გრძივ მეტრზე შეადგენს:

$$P = \gamma \cdot \frac{\pi}{2} b_1 h = \gamma \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{100 \cdot a \cdot b_1}{p} \approx 157 \gamma \cdot \frac{a b_1}{p},$$

სადაც γ —ქანის ერთეული მოცულობის წონაა.

თაღის კლიტის დაწევის a სიდიდის განსაზღვრისათვის კომპერელი მოუწოდებს განსაზღვრა აწარმოონ რაბიუს, მანტიელის და სხვათა ხელსაწყოებით სამაგრების ჯდენის გაზომვით, p სიდიდისათვის კი კომპერელა იძლევა შემდეგ ცხრილს:

სილა, ხრეში, ყორე .	$p = 1 - 1,5\%$
თიხიანი ყამირები .	$p = 2 - 4\%$
სილნარი, მერგელი .	$p = 4 - 5\%$
მყარი თიხნარი . .	$p = 6 - 7\%$
კლდოვანი ყამირები .	$p = 8 - 15\%$

მაგალითი. ქანი—ჩვეულებრივი თიხა, $p = 3\%$, სამაგრების ჯდენის გაზომვის მიხედვით $a = 0.5$ მ.

ჩამონგრევის ელიპსის სიმაღლე იქნება:

$$h = \frac{100 \cdot 0.5}{3} = 16,66 \approx 17 \text{ მ.}$$

როდესაც გვაქვს გამომუშავების სიგანე და h , ადვილი გამოსათვლელია ყამირის მოცულობა და, მაშასადამე, დატვირთვა სამაგრის 1 გრძ. მ-ზე.

გვერდითი წნევას კომპერელი კულონის პრინციპით განსაზღვრავს:

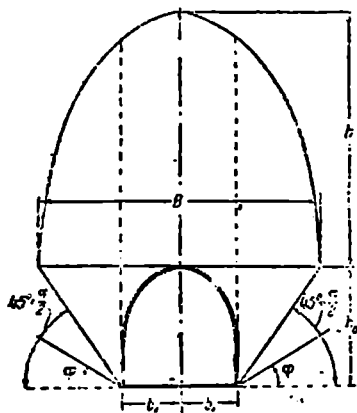
$$E = \frac{1}{2} \gamma h_0^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

ამ დროს ელიპსის ვერტიკალური ნახევარღერძი, ე. ი. ჩამონგრევის თაღის H სიმაღლე, უცვლელი რჩება; ჰორიზონტალური ნახევარღერძი კი იზრდება ჩამონგრევის ორი პრიზმის ზედა ნაწილის სიგანეთა ჯამით (ნაკ. 84):

$$B = 2 b_1 + 2 h_0 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

კომერელის თეორიის გამოყენებისას მთელი რიგი სერიოზული წინააღმდეგობანი წამოიჭრება, რომლებიც ზღუდავენ საბოლოო ამონახსნების პრაქტიკულ ღირებულებას. მთავარი წინააღმდეგობანია:

1. წარმოდგენილი ფორმულების გამოსაყენებლად უნდა გვქონდეს უკვე გავლილი გამომუშავება, სადაც განისაზღვრება ქერის დაწვევა. მაშასადამე, დაგეგმარებისას, როდესაც გამომუშავება ჯერ კიდევ გავლილი არ არის, კომერელის თეორია გამოუსადეგარია.



ნაკ. 81.

2. სამაგრთა ჩალუნვით წარმოებული გამომუშავების ქერის დაწვევის განსაზღვრა შეუძლებელია საკირო სიზუსტით, რადგან სამაგრთა დეფორმაცია მრავალ შემთხვევით მდგომარეობაზე დამოკიდებული.

3- ლაბორატორიული გზით განსაზღვრული გაფხვიერების კოეფიციენტი არ შეიძლება იყოს თანაბარი მთელი ჩამონგრევის თალის ფარგლებში და არ შეიძლება ზუსტად ესაბამებოდეს მთის ქანის გაფხვიერების ნამდვილ პირობებს, რადგან ლაბორატორიაში შეიძლება მივიღოთ მთის ქანების ნიმუშთა თვისებები, და არა მთელი მთის მასივისა.

4. სააღბათოა ის, რომ მთის ქანი დაფენვის ცნობილ პირობებში შეიძლება ჩამოშორდეს საერთო მასივს მთელი სრულიად გაუფხვიერებელი დიდი ზომის ნატეხით და მოგვეცეს მნიშვნელოვნად დიდი წნევა სამაგრზე, ვიდრე ეს მიიღება კომერელის ფორმულით. ასეთი შემთხვევის შესაძლებლობას თვით ავტორი ადასტურებს, მასთან ნოუწოდებს შესწორების შეტანას: „თუ ქანები ისეთია, რომ ქერის დაწვევისას შეიძლება წარმოიშვეს ჩამონგრევა ქანის შემადგენლობის დიდად გაფხვიერების გარეშე (მაგალითად, ნაპრალების წარმოქმნისას), მაშინ წნევის ელიპსის საანგარიშო H სიმაღლეს უნდა მიემატოს სათანადო დანამატი“¹ მაგრამ „სათანადო დანამატის“ სიდიდის დაწესება საკმარისი სიზუსტით შეუძლებელია და უთუოდ სუბიექტურ ხასიათს ატარებს.

3. პროტოლიაკონოვის თეორია

პროტოლიაკონოვის თეორია იმ დებულებიდან გამომდინარეობს, რომ მთის ქანებს მასაში შუალედური ადგილი უქირავთ მთლიანსა და ფხვიერ სხეულებს შორის, მასთან ხან ერთს და ხან მეორეს უახლოვდებიან. წნევის სიდიდის განსაზღვრისათვის მთის ქანებისათვის პროტოლიაკონოვი ფხვიერ

¹ О. Коммерель. Статистический расчет тоннелей. Изд. Управления работ ж. д. Меркса — Херсон, Харьков, 1915.

სხეულთა კანონებს იყენებს, მასთან ფხვიერ სხეულებს ცნობილ ზღვრამდე შეუყვრელ სხეულებად განიხილავს.

ნაწილაკებს შორის არსებული კავშირის აღრიცხვას პროტოდიაკონოვი ხახუნის კოეფიციენტის გადიდებით აწარმოებს, და შემდეგ ნამდვილი ხახუნის კოეფიციენტის ნაცვლად „წარმოსახეითი ხახუნის კოეფიციენტით“ სარგებლობს.

გამომუშაების ზემოთ წარმოქმნილი ხელოვნური AOB თაღის განხილვისას (ნაკ. 85), თეორიის ავტორი თვლის, რომ წონასწორობა შესაძლებელია და ჰეტად მდგრადია მაშინ, როდესაც თაღში წარმოიქმნება მხოლოდ ტანგენსური ძალები ძვრის ძალების გარეშე.

ვთქვათ თაღის ერთეულ ზედაპირზე მოქმედობს q' წნევა, რომელიც უდრის ფხვიერი სხეულის სვეტის γH წონას, მასთან H იმდენად დიდია, რომ შეიძლება უყურადღებოდ დაეტოვოთ სიმაღლეთა არათანაბრობა თაღის სხვადასხვა წერტილის ქვემოთ.

გამოვყოთ თაღის MO ნებისმიერი ნაწილი და კოორდინატთა სათავე კოვათავსოთ O წერტილში. თაღის ამ ნაწილზე შემდეგი ძალები იმოქმედებენ:

ა) O წერტილში—ჰორიზონტალური T რეაქცია, რომელიც სცვლის მორბობული მარჯვენა ნაწილის მოქმედებას;

ბ) x აბსცისის შუა ნაწილში თანაბარი ვერტიკალური წნევის qx ტოლქმედი ჰორიზონტალურ x გვეგმილზე,

გ) M წერტილში—თაღის ქვედა ნაწილის მხები W რეაქცია.

ეს ძალები M წერტილის მიმართ შემდეგ მომენტებს გვაძლევენ:

ა) $T \cdot y$ მოქმედებს საათის ისრის მოწინააღმდეგე მიმართულებით;

ბ) $qx \cdot \frac{x}{2} = \frac{qx^2}{2}$ მოქმედობს საათის ისრის მიმართულებით;

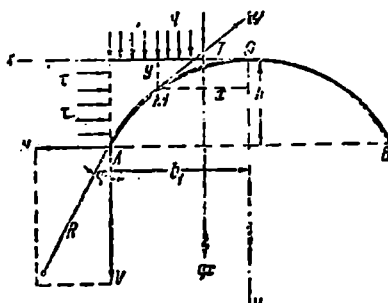
გ) $W \cdot O = 0$ (რადგან მხარი ნულს უდრის).

მომენტთა ჯამის გამოსახულება:

$$\frac{qx^2}{2} = T \cdot y \quad (7)$$

პარაბოლის განტოლებას წარმოადგენს; მაშასადამე, ზემოდან გამომუშაების შემომფარგლავი ბუნებრივი თაღი პარაბოლური მოხაზულობისაა.

თაღის წონასწორობის პირობები ქუსლში საშუალებას გვაძლევს განესაზღვროთ უცნობი T ძალა.



ნაკ. 85.

A ქულწი მოქმედობს მხები R ძალა, რომელიც იშლება მდგენელებად: V —ვერტიკალურ და X —ჰორიზონტალურად; V ძალა ქანის ნაწილაკებს აწვევდა საყრდენისაკენ, X ძალა ცდილობს ამ ნაწილაკების დაძრას.

ვთქვათ φ არის ხახუნის კუთხე, ხოლო ხახუნის კოეფიციენტი $f = \operatorname{tg} \varphi$. ამ დროს f ნამდვილი კი არ არის. არამედ „წარმოსახვითი“, რადგან საკუთარი ხახუნის გარდა იგი ითვალისწინებს ქანის ნაწილაკებს შორის ბმასაც. თალის წონასწორობისათვის საჭიროა, რომ N ძვრის ძალა fV ხახუნის ძალის ტოლი ან მასზე ნაკლები იყოს.

თუ ავიღებთ გეგმილთა ჯამს კოორდინატთა ღერძებზე, მივიღებთ:

$$N = T \text{ და } V = q \cdot b_1.$$

ნაწინააღმდეგე,

$$T \leq f \cdot q \cdot b_1;$$

როდესაც $T = f \cdot q \cdot b_1$ და ქანის ნაწილაკების მოძრაობისას, ადგილი ექნება მეტად არამდგრად თალს; ამიტომ უნდა გვქონდეს ერთგვარი მარაგი. ეს მარაგი მთელ რიგ ჰორიზონტალურ მძრავ τ ძალების სახით წარმოვიდგინოთ, რომლებიც მოქმედობენ თალის ნახევარზე. ჰორიზონტალური განბრჯენის ძალა უფრო ნაკლები იქნება და ასე დაწერება:

$$T + \tau \cdot h = f \cdot q \cdot b_1.$$

T -ს ამ მნიშვნელობას მე-(7) განტოლებაში თუ ჩავსვამთ, მივიღებთ:

$$\frac{qb_1^2}{2} = (fq b_1 - \tau h) h,$$

საიდანაც

$$\tau = qb_1 \cdot \frac{2fh - b_1}{2h^2}.$$

ჩანონგრევის თალის სიმაღლე ჰორიზონტალური τ ძალების მაქსიმალური მარაგის პირობიდან განისაზღვრება, ე. ი. აიღება შემთხვევა, როდესაც უზრუნველყოფილი იქნება თალის უდიდესი მდგრადობა. ამისათვის ავიღებთ პირველ წარმოებულს h -ით და მას ნულს გაუტოლებთ:

$$\frac{d\tau}{dh} = qb_1 \frac{h_1 - hf}{h^2} = 0; \quad b_1 = h \cdot f,$$

საიდანაც

$$h = \frac{b_1}{f} \quad (8)$$

სწორედ ეს არის ჩამონგრევის თალის სიმაღლის გამოსახულება პრაქტიკული კონოიდის მიხედვით.

წნევა გამომუშავების სიგრძის გრძივ ერთეულზე განისაზღვრება, როგორც ჩამონგრევის პარაბოლის ფართობის ნამრაველი ქანის მოცულობითი წონაზე:

$$P = \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot b_1 \cdot h \cdot \gamma = \frac{4}{3} b_1 \cdot h \cdot \gamma;$$

ამაში მე- (8) განტოლებიდან H -ის მნიშვნელობას თუ ჩავსვამთ, მივიღებთ:

$$P = \frac{4}{3} \cdot \frac{\gamma \cdot b_1^2}{f}$$

თავისი თეორიის შესამოწმებლად პროტოლიაკონოვმა 1912—1929 წლებში ჩაატარა ცდები ფხვიერ სხეულებზე. აილო სილა და ქერელას თესლი; სილა ჯერ მშრალი სახით აილო, შემდეგ კი სველი, რამაც საშუალება მისცა თვალყური ედევნებინა ქანის ნაწილაკებს შორის არსებული ბმისათვის.

ცდებმა არსებითად დაადასტურეს თეორიის დასკვნები და შემდეგი გვიჩვენებს:

1. გამომუშავების ზემოთ დამწევი ქანის ფენის H სიმაღლის დროს, რომელიც (8) ფორმულით მიღებულ ჩამონგრევის პარაბოლის H სიმაღლის ტოლია ან მასზე მცირეა, ჯერ ადგილი აქვს წნევის ერთგვარ ზრდას, შემდეგ კი მის მკვეთრ შემცირებას. ასეთ შემთხვევებში პროტოლიაკონოვი მოუწოდებს სიმარტივისათვის პარაბოლური თაღის სიმაღლე ქანის დამწევის ფენის ტოლად მიიღონ, ე. ი.

$$h = H \text{ და } P = \frac{4}{3} \cdot \gamma \cdot b_1 \cdot H.$$

2. როდესაც გვირაბი ჩამონგრევის პარაბოლის H სიმაღლეზე უფრო ღრმად გაჰყავთ, გამომუშავების ზემოთ მდებარე ქანის ფენის სისქე გავლენას არ ახდენს მთის წნევის სიდიდეზე.

3. პრინციპული განსხვავება ნამდვილ ფხვიერ სხეულებსა და ბმის მქონე ქანებს შორის მათ მიერ გამოვლინებულ წნევის თვალსაზრისით, არ არსებობს. განსხვავება შესამჩნევია მხოლოდ მოვლენის რიცხვითი მოქმედების თვალსაზრისით; ბმის მქონე სხეულებში უნდა გამოვიყენოთ „წარმოსახვითი“ ხახუნის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ხახუნის ძალებისა და ნაწილაკებს შორის ბმის ერთობლივ მოქმედებას.

მთის ქანებისათვის პროტოლიაკონოვმა ხახუნის „წარმოსახვით“ კოეფიციენტს „ქანების სიმაგრის კოეფიციენტი“ უწოდა.

სიმაგრის კოეფიციენტების სიდიდეთა საფუძვლად თეორიის ავტორი რეიხის მონაცემებს იღებს და ამ მონაცემებში შეაქვს დამატებები და დაზუსტებანი (ცხრილი 18).

საბოლოოდ პროტოლიაკონოვი მოგვიწოდებს აილონ ქანების სიმაგრის კოეფიციენტები ცხრილის მიხედვით.

სიმაგრის კოეფიციენტების შერჩევისას პროტოლიაკონოვი წინადადებას იძლევა თითოეული ქანი მიაკუთვნონ ამათუიმ კატეგორიას არა მარტო დასახელებით, არამედ მდგომარეობის მიხედვითაც, მასთან შედარონ ცხრილში მოყვანილ სხვა ქანთა სიმაგრეებს. გამოფიტული, დანგრეული, ნაწილობრივად დამსხვრეული დისლოკაციით გადათელილი ქანები დაბალი სიმაგრის კოეფიციენტის კატეგორიას უნდა მიეკუთვნოს.

ქანების ხიზაგრის კოეფიციენტები პროტოდიკონოვის მიხედვით

ქან-ბის კატეგორია	სიმაგრის ხარისხი	ქ ა ნ ე ბ ი	სიმაგრის კოეფიციენტი
I	უმალესი სიმაგრის ქანები	მეტად მაგარი, მკვრივი და ბლანტი კვარცები და ბახალტი, განსაკუთრებულ სიმაგრის სხვა ქანები	20
II	მეტად მაგარი ქანები	მეტად მაგარი გრანიტის ქანები, კვარცული პორფირი, მუტად მაგარი გრანიტები, კაყინი ფიქალები, ხეშოთ ნათქვამზე ნაკლებად მაგარი კვარციტები, ყველასე მაგარი სილაქები და კირქვები	15
III	მაგარი ქანები	გრანიტი (მკვრივი) და გრანიტის ქანები, მუტად მაგარი სილაქები და კირქვები, კვარცის მადნის საბადოები, მაგარი კონგლომერატი, მუტად მაგარი რკინის მადნები	10
III-a	იგივე	კირქვები (მაგარი), არამაგარი გრანიტი, მაგარი სილაქები, მაგარი მარმარილო, დოლომიტი, კოლჩედანი	8
IV	საკმარისად მაგარი ქანები	ჩვეულებრივი სილაქები რკინის მადანი	6
IV-a	იგივე	სილნარი ფიქალები, ფიქალიანი სილნარები	5
V	საშუალო ქანები	მაგარი თიხიანი ფიქალი, არამაგარი სილაქები და კირქვები, რბილი კონგლომერატი	4
V-a	იგივე	სხვადასხვა ფიქალები (არამაგარი), მკვრივი მერგელი	3
VI	საკმარისად რბილი ქანები	რბილი ფიქალი, რბილი კირქვები, ცარცი, ქეპარილი, თაბშირი, გაყინული ყამირი, ანტრაციტი, ჩვეულებრივი მერგელი, დანგრეული სილაქები, ქვიანი ყამირი	2
VI-a	იგივე	ხრეშიანი ყამირი, დანგრეული ფიქალი, ხრეში, მაგარი ქვანახშირი ($f=1,1-1,3$), გამყარებული თიხა	1,5
VII	რბილი ქანები	თიხა (მკვრივი), საშუალო ქვანახშირი ($f=1,0-1,4$), მაგარი ნალექი-თიხაყამირი	1,0
VII-a	იგივე	მსუბუქი სილიანი თიხა, ლორღი, რბილი ნახშირი ($f=0,6-1,0$)	0,8
VIII	მიწიანი ქანები	ნეშარა მიწა, ტორფი, მსუბუქი თიხამიწა, ნილიო სილა	0,6
IX	ფხვიერი ქანები	სილა, ჩამონაყარები, წვრილი ხრეში, ნაყარი მიწა, ამოღებული ნახშირი	0,5
X	დენადი ქანები	დენადი ყამირები, ჭაობის ყამირი, გათხიერებული ტბორი და სხვა გათხიერებული ყამირები ($f=0,1-0,3$)	0,3

აღსანიშნავია, რომ თუმცა პროტოდიაკონოვის მიხედვით ქანის სიმაგრის f კოეფიციენტი არის დაყვანილი შიგახაზუნის კუთხე, ე. ი.

$$f = \operatorname{tg} \varphi \text{ და } \varphi = \operatorname{arctg} f,$$

პრაქტიკულად ეს ხშირად არ ბართლდება.

ქანები, რომელთა სიმაგრის კოეფიციენტი $f > 2$, ხშირად ან სრულიად არ იჩენენ არავითარ გვერდითი წნევას, ან ჰორიზონტალური ძალები იმდენად უმნიშვნელოა, რომ შეიძლება მათი უგულვებელყოფა. ამიტომ, ასეთ შემთხვევებში აღარ ვუყურებთ ტოლობას f და $\operatorname{tg} \varphi$ -ს შორის და მათ მივიღებთ ნებისმიერად და ერთიმეორეზე დამოუკიდებლივ.

გვერდითი წნევის არსებობისას პროტოდიაკონოვი გულისხმობს, რომ გამომუშაების ზემოთ წარმოქმნება ახალი $A'O'B'$ თალი, რომელიც ეყრდნობა ჩამონგრევის პრინციპის ზედა წახნაგებს (ნაკ. 86).

$A'O'B'$ თალის H' სიმაღლე მე-(8) ფორმულის მიხედვით განისაზღვრება:

$$h' = \frac{L}{2f},$$

სადაც:

$$L = 2b_1 + 2a = 2b_1 + 2h_0 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

ამ დროს ვერტიკალური წნევა გამომუშაების ქერზე არ იცვლება და უდრის AOB პარაბოლაში მოქცეული ქანის წონას. ქანის მოცულობა $A'O'B'$ პარაბოლის შიგნით უდრის:

$$V = \frac{2}{3} Lh = \frac{1}{3f} \left[(2b_1)^2 + 4h_0 2b_1 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) + 4h_0^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right].$$

ხოლო AOB და $A'O'B'$ პარაბოლებს შორის მოქცეული ქანის მოცულობა შეადგენს:

$$\begin{aligned} V' &= \frac{1}{3f} \left[(2b_1)^2 + 4 \cdot 2 \cdot b_1 h_0 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) + 4h_0^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] - \frac{(2b_1)^2}{3f} = \\ &= \frac{4h_0}{3f} \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \left[2b_1 + h_0 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right]. \end{aligned}$$

დაუწინილი დატვირთვის სიმაღლის მისაღებად V' მოცულობას ვყოფთ ჩამონგრევის ორი პრიზმის სიგანეზე; ამ დროს გვექნება:

$$h_n = \frac{V'}{2 h_0 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)} = \frac{2}{3f} \left[2b_1 + h_0 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right].$$

ქანის წნევა h_0 სიმაღლის გამომუშავების მთელ გვერდითი კედელზე უდრის:

$$E = \gamma h_0 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \left\{ \frac{2}{3f} \left[2b_1 + h_0 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] + \frac{h_0}{2} \right\}.$$

გვერდითი კედლის ერთეულ ფართეულზე წნევა კი z მანძილზე გამომუშავების კერიდან შეადგენს:

$$\begin{aligned} e_1 &= \gamma (h_n + z) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \\ &= \gamma \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \left\{ \frac{2}{3f} \left[2b_1 + h_0 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] + z \right\}. \end{aligned}$$

პროტოდიაკონოვის თეორია იწვევს მთელ რიგ შენიშვნებს, რომელთაგანაც შემდეგს აღვნიშნავთ.

1. ძირითადი მე-(8) ფორმულა ადასტურებს სწორხაზობრივ დამოკიდებულებას ჩამონგრევის თალის სიმაღლესა და გამომუშავების სიგანეს შორის. სინამდვილეში ეს დამოკიდებულება უფრო რთულია; მეტად მცირე მალევისათვის წნევა გამომუშავების საფეხურზე სწრაფად მცირდება და ნულს უახლოვდება.

2. დახრილ და ვერტიკალურ ფენების შემთხვევაში და, აგრეთვე, სხვადასხვა ქანების მონაცვლე ფენების დროს მე-(8) ფორმულა სინამდვილისაგან დაშორებულ შედეგებს იძლევა.

3. მე-(8) ფორმულა მათი წნევის გადაჭარბებულ მნიშვნელობებს იძლევა მკერძი, რბილი ყამირებისათვის და შემცირებულს — სუქტი, რბილი ყამირებისათვის.

4. სიმაგრის კოეფიციენტების შერჩევა მუდამ რამდენამედ ნებისმიერია და სუბიექტურ ხასიათს ატარებს.

სიმაგრის კოეფიციენტების ცხრილი პროტოდიაკონოვმა შემდეგნაირად შეადგინა. შეაგროვა პრაქტიკული მონაცემები სიმაგრების არსებულ სახეებზე და ზომებზე, შეარჩია მათთვის დასაშვები ძაბვები და ამ მონაცემების შესაბამისად მიიღო სათანადო ქანების სიმაგრის კოეფიციენტები. ამის შემდეგ ნათელი ხდება პროტოდიაკონოვის მტკიცება: „ვინც კი ისარგებლებს ჩვენი ფორმულებით, დარწმუნდება, რომ იგი არასოდეს არ დაშორდება ქვემარტივებს“. სინამდვილეში პროტოდიაკონოვის ფორმულის გამოყენების შედეგები მუდამ შეესაბამება პრაქტიკის მონაცემებს, რადგან ფორმულაში f კოეფიციენტის მნიშვნელობები იმავე პრაქტიკით არის შერჩეული. მაგრამ

ამ დროს მიღებული სამაგრების ზომები იქნება საკმარისი, თუ მათ ექნება ჰარბი მარაგი—გამოუცნობია.

მიუხედავად აღნიშნული ნაკლოვანებისა, ამჟამად პროტოდიაკონოვის თეორიამ ჩვენში ფართო გამოყენება ჰპოვა, რაც აიხსნება მისი გამოყენების მოხერხებულობით და სიმარტივით.

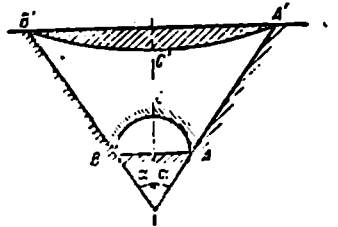
4. სიუკეს თეორია

არალრმად გათხრილი გვირაბებისათვის უდიდესი ყურადღების ღირსია სიუკეს თეორია, რომელიც შემდეგ დაშვებაზეა დამყარებული:

1. გვირაბის გამოქუშაების ზემოთ წარმოიქმნება მიწის თალი, რომელიც მეტად თუ ნაკლებად განტვირთავს მუდმივი სამაგრის თალს;

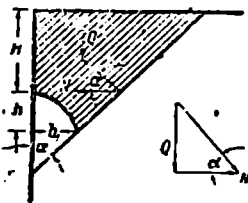
2. მიწის თალი უშუალოდ გვირაბის მუდმივი სამაგრის გარე წაანაგთან იწყება და შეიცავს გვირაბზე დამწნევი ყამირის მთელ სისქეს.

ამგვარად, სიუკე უშვებს ყამირის ჯდენის გავრცელებას მიწის ზედაპირამდე, და ამ შემთხვევაში მისი აზრით დაწეული მასა AA' და BB' ხაზებით იქნება შემოსაზღვრული (ნაკ. 87). დაყრდნობილი თალის ხერხით სამუშაოთა წარმოების კერძო შემთხვევაში AB ხაზი თალის ქუსლების დონეზეა. α კუთხეს, რომლითაც AA' და AB' ხაზები დახრილი არიან ვერტიკალთან, სიუკე ჯდენის კუთხეს უწოდებს. ამ კუთხის სადიდე დამოკიდებულია ყამირის თვისებებზე: ძვერავ ყამირებში იგი უწიშენელოა, სუსტში—სწრაფად იზრდება.



ნაკ. 87.

სიუკე გულისხმობს, რომ მთელი $ACBBA'$ პრიზმი მუშაობს, როგორც AA' და BB' ქუსლებიანი თალი და მასალის არასაკმარისი სიმტკიცის გამო თალს შეუძლია ფორმის შეცვლა საკუთარი წონის ზემოქმედებით. $ACBBA'$ თალში ძაბვების განსაზღვრისათვის სიუკე სარგებლობს ზღვრული წონასწორობის მეთოდით, გულისხმობს, რომ წნევის მრუდი არ უნდა გამოდიოდეს კვეთის შუალო მესამედიდან. მასთან ერთად სიუკე უშვებს, რომ თალის ქუსლებსა და კლიტეში წნევის მრუ-



ნაკ. 88.

დი შეიძლება მიუახლოვდეს შუა მესამედის ზღვარს, ხოლო შემდგომი გამარტივებისათვის უშვებს, რომ წნევის მიმართულება ქუსლებში AA' და BB' ხაზების ძარბობია. მაშინ მშ-ე ნაკეთიდან თალის განბრჯენი შეადგენს:

$$N = \frac{Q}{1g \alpha}$$

წნევის მრუდის შუა მესამედის ზღვართან მიახლოების შემთხვევაში დაბვა იქნება:

$$p = \frac{2N}{H} = \frac{2Q}{H \operatorname{tg} \alpha},$$

სადაც: H —ყამირის ფენის სისქეა გამომუშაების ზედა ნაწილიდან მიწის ზედაპირამდე;

Q —მიწის თალის $ACC'A'$ წონის ნახევარი.

ამოცანის გასამარტივებლად ნახევარკალო-

ტის მოცულობა მიიღება $\frac{2}{3} hb_1$ -ის ტოლი.

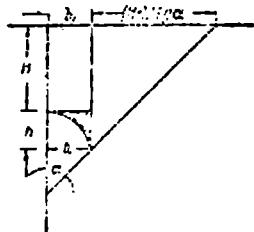
Q სიდიდე შენდები ფორმულით გამოითვლება (ნაკ. 89):

$$Q = D \left[Hb_1 + \frac{1}{3} hb_1 + (H+h) \frac{(H+h) \operatorname{tg} \alpha}{2} \right],$$

სადაც: b_1 —გამომუშაების მალის ნახევარია;

D —ყამირის სიმკვრივე;

h —გამომუშაების სიმაღლე,



ნაკ. 89.

გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ:

$$Q = D \left[Hb_1 + \frac{hb_1}{3} + (H+h) \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2} \right].$$

ამ დროს დაბვა შემდეგი ფორმულით გამოისახება:

$$p = \frac{2Q}{H \operatorname{tg} \alpha} = \frac{2D}{H} \left[\frac{b_1 \left(H + \frac{h}{3} \right)}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{(H+h)^2}{2} \right] \quad (9)$$

გვირახის საკმარის სიღრმეზე გათხრისას, როდესაც H ისე დიდია, რომ გამომუშაების h სიმაღლე შეიძლება უგულვებელყოთ, მე-(9) ფორმულა შემდეგ სახეს მიიღებს:

$$p = 2D \left[\frac{b_1}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{H}{2} \right] \quad (10)$$

როდესაც გვაქვს b_1 , h , H , α და D , შეგვიძლია განვსაზღვროთ მიწის თალის p დაბვა.

ვთქვათ r არის ყამირის დროებითი წინალობა კუმშვისადმი. მიწის თალს შეეძლო თავისთავად დგომა, თუ მოცემულ r წინალობის დროს მისი მოცულობითი წონა D -ს ნაცვლად ერთგვარი მცირე D' სიდიდის ტოლი იქნება. მაშასადამე, თუ $p > r$, მაშინ სამაგრზე დატვირთვის ის ნაწილი გადაეცემა, რომელიც ესაბამება ყამირის ერთგვარ ფიქტიურ მოცულობით წონას $D'' = D - D'$. ამ დატვირთვის სიდიდეს ადვილად განვსაზღვრავთ ძირითად მე-(9)

განტოლებიდან. რომელშიაც ρ -ს ნაცვლად r -ის მნიშვნელობას ჩავსვამთ და განვსაზღვრავთ მოცემული r -ის სათანადო D' -ს.

როგორც განმარტებულიდან ჩანს, მიღებული შედეგების სამართლიანობა დამოკიდებული იქნება გამომუშავების ნამდვილი პირობებისათვის მიღებულ D_1 α და r მნიშვნელობებზე. სიუჟე მოუწოდებს ეს მნიშვნელობები განსაზღვრონ უშუალო დაკვირვებებით და ცდებით გვირაბის გათხრისას. მეტად ზუსტად შეიძლება განისაზღვროს ყამირის D მოცულობითი წონა, რომელიც მერყეობს ზოვრებში 1500-დან 2000 კგ/მ³-მდე.

ჯდენის α კუთხის განსაზღვრისათვის პროფ. როზანოვმა მოუწოდა AD' და BE' სიბრტყეები მიიღონ ყამირის ჩაჰონგრევის სიბრტყეებად, და თან ისარგებლონ ფორმულით:

$$\alpha = \frac{90^\circ - \varphi}{2},$$

სადაც φ —ბუნებრივი დახრის კუთხეა.

მიწის თალის r წინაღობა კუმშვისადმი შეიძლება მიღებულ იქნას ზღვრებში ყამირზე დასაშვები წნევის 1,5-დან ოთხჯერამდე.

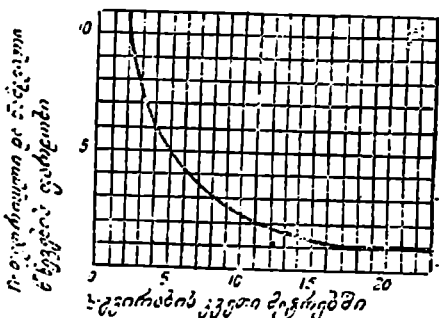
დაჟენვის არაერთგვაროვნობის შეთხვევაში უნდა ავიღოთ D_1 , α და r -ის საშუალო მნიშვნელობები, მასთან გაეითვალისწინოთ გადამწყვეტი ფენის გავლენა.

პარიზის მეტროპოლიტენის მშენებლობაზე წარმოებული დაკვირვებების შედეგად სიუჟემ მოგვცა მრუდი (ნაკ. 90). რომლის აგების დროს აბსცისთა ღერძზე მოზომილია გვირაბის განომუშავების b ხერხტები, ორდინატთა ღერძზე კი—თეორიულად სრული დატვირთვის სინამდვილეში დაკვირვებულთან μ ფარდობანი, მასთან μ ფარდობანი ნაწილთაგან მარაგით აიღო უშუალოდ დაკვირვებულთან შედარებით.

აღსანიშნავია, რომ სიუჟემ ეს მრუდი მიიღო იმ შემთხვევაში, როდესაც თალის ზემოთ მდებარე ფენის სისქე სულ 4—5 მ უდრიდა, მასთან გაურკვეველია, თუ ყამირში როგორ დაბეჭდეს ესაბამება იგი. ამიტომ ამ მრუდის გამოყენება 10 მ-ზე ღრმად გათხრილ გვირაბებისათვის უკვე დაუშვებელია.

§ 35. თეორიები, რომლებიც დამყარებულია დრეკადობის კანონებზე და განიხილავენ მრგვალი მოხაზულობის გამომუშავებას

უკანასკნელ ათწლეულებში წამოყენებულია მთის წნევის განსაზღვრის მეთოდები, რომლებიც დამყარებულია დრეკადობის თეორიის კანონებზე.



ნაკ. 90.

მაგრამ ნთელი რივი ნდგომარეობანი ზღუდავენ დრეკადობის კანონების გამოყენებას მთის ქანებისათვის, და მიღებული ამონახსნები მოკლებული არიან პრაქტიკულ ღირებულებას.

ამ მხრივ წარმოშობილი სიძნელეები უმთავრესად განოწვეულია მთის ქანების დრეკადი მუღმივების არარსებობით, რომლებიც კლით მიიღება. ამგვარი მონაცემების მიღება ხშირად პრაქტიკაში ხედება დიდსა და ზოგჯერ დაუძლეველ სიძნელეებს, მით უმეტეს, რომ ქანების თვისებები მასივში მზიწენლოვანად განსხვავდება ლაბორატორიაში განოცლილი ნაჭრის თვისებებისაგან. დრეკადი თვისებების მხრივ მთის ქანები ანიზოტროპიული სხეულებია, რომლებიც სიღრმესთან ერთად იცვლიან დრეკადობის მოდულსა და პუასონის კოეფიციენტს. დრეკადობის თეორიის მეთოდი კი, თელის რა ქანებს იზოტროპიულად, აწარმოებს რიგ დაშვებებს, რომლის დროსაც მიღებული შედეგების სამართლიანობა აუცილებლად მცირდება ამა თუ იმ ხარისხით. ამას გარდა, დრეკადობის თეორიის ძირითადი ამოცანა გულისხმობს, რომ მოცემულია სხეულის თავდაპირველი ფორმა. საკონტურო პირობების მკაცრი გარკვეულობის უარსებლობის შემთხვევაში, რომლებიც მეტად ხშირად ირღვევა გათხრილი ქანების დეფორმაციებით, ამოცანის ამოხსნის შედეგები მასივის ნებისმიერ წერტილში ძაბვის განსაზღვრისას ჰკარავს თავის მნიშვნელობას.

მხოლოდ ქანების მკაცრად განსაზღვრული დრეკადი თვისებებისა და დრეკადი მასივის იდეალური საკონტურო პირობების შემთხვევაში, დრეკადობის თეორიის განტოლებებით მიღებული ამონახსნები საკმარისად უტყუარია.

წარმოდგენილი ფორმულების პრაქტიკული გამოყენების სიძნელეების მიუხედავად დრეკადობის თეორიის გამოყენება მთის წნევის ამოცანის ამოხსნელად დიდ მეცნიერულ ინტერესს წარმოადგენს და ფართო პერსპექტივებს ხსნის მთელი პრობლემის გამოყენების საქმეში. წარმატებანი ამ მიმართულებით დამოკიდებულია მთის ქანების ფიზიკო-მექანიკური თვისებების შემეცნებათა ზრდაზე.

ქვემოთ მკითხველს ვაცნობთ შმიდის თეორიის არსს, აგრეთვე მოგვყავს კი უნისა და ლენკის შრომათა მოკლე განმარტება.

1. შმიდის თეორია

შმიდი განიხილავს მრგვალი კვეთის საგვირაბო განომუშავებას და ამოცანის ამოხსნისას უშვებს, რომ:

- ა) მთის მასივი იზოტროპიული სხეულია;
- ბ) დრეკადობის მოდულსა და პუასონის კოეფიციენტს შორის არსებობს პირდაპირი დამოკიდებულება.

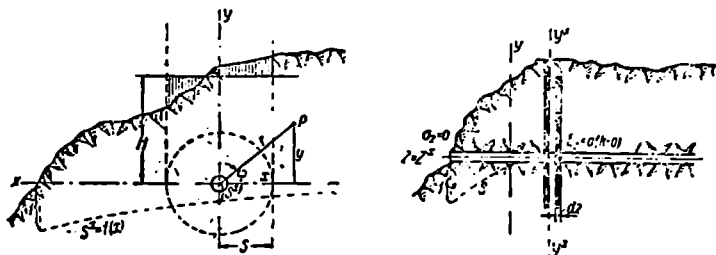
იმ ზღვრებში, რომლებშიაც დრეკადობის თეორიის თანამედროვე განვითარება უშვებს, შმიდი ანალიზურად ითვალისწინებს იმ ფაქტის გავლენას, რომ მთის ქანები წარმოადგენენ არასავსებით დრეკად სხეულებს.

გვირაბის მიერ გაჭრილი მთის მასივი დაყოფილ მთელ რიგ az სისქის ვერტიკალურ ფირფიტებად, რომლებიც გვირაბის ღრძის პორიზონტალური ჯეგმილის პერპენდიკულარულიებია (ნაკ. 91). ვთქვათ თითოეული ფირფიტა

მასივის ზედაპირზე შემოსაზღვრულია ჰორიზონტალური სიბრტყით. ასეთი დაშვება არ იწვევს შესაძენვე ცდომილებას, თუ მხედველობაში გვექნება, რომ გვირაბის ზემოთ მდებარე ქანის ფენის სისქე ჩვეულებრივ უაღრესად დიდია, შედარებით გვირაბის გამომუშავების ძაბვათა განაწილებაზე გავლენის ზონის განუფენილობასთან.

აგრეთვე დაეუფვებთ, რომ მასივის ფირფიტებისათვის აღნიშნული ღერძის პერპენდიკულარული სიბრტყეები, დრეკადი დეფორმაციის შემდეგ, ბრტყელი რჩება ან გადაინაცვლებს თავდაპირველი მდებარეობის პარალელურად.

განვალაგოთ X და Y სიბრტყეები მასივის ფირფიტების სიბრტყეში, Z ღერძი—კი ავილოთ გვირაბის გრძივი ღერძის მიმართულებით. x და y მი-



ნაკ. 91.

მართულებით Δx და Δy გადაინაცვლებათა z კოორდინატზე დამოუკიდებლობისა z მიმართულებით, და Δz გადაინაცვლების x და y კოორდინატებზე დამოუკიდებლობის გამო, გვექნება:

$$\frac{\partial(\Delta x)}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial(\Delta y)}{\partial z} = 0,$$

$$\frac{\partial(\Delta z)}{\partial x} = 0 \quad \text{და} \quad \frac{\partial(\Delta z)}{\partial y} = 0,$$

და ამნაირად სივრცითი ამოცანა ბრტყელ ამოცანად იქცევა. ეს მდგომარეობა საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ ერის ფუნქციები დრეკადობის ძირითადი განტოლების ამოსახსნელად მოცემულ ამოცანაში.

სირთულის გამო ამონახსნების შედეგად შიდა იძლევა ძაბვისა და დეფორმაციის ფორმულებს განომუშავებით დაურღვეველ შთის მასივში¹, ამავე დროს სარგებლობს სენ-ვენანის პრინციპით.

ამ დროს მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ, რომ ყოველი შთის მასივი ტექტონური პროცესების გამო დაძაბულია და დეფორმირდება. ამ მდგომარეობის აღრიცხვის დიდი სიძნელის გამო შიდა კმაყოფილდება აღნიშვნით,

¹. თეორიის სრული განმარტება იხ. Hans Schmid, Statische Probleme bei Tunnel und Druckstollenbaues und ihre gegenseitigen Beziehungen, Berlin 1926.

რომ ისტორიული მთის წარმოქმნის გამო წარმოშობილ დეფორმაციები კერძოდ გამოვლინდება ბმის ძალისა და მთის ქანების ზოგი სხვა თვისებებით.

გვირაბის გამომუშავების გარშემო დაბეჭდვის განსაზღვრისას შმიდი ორ შემთხვევას იკვლევს: გვირაბს, რომელიც არ არის გამაგრებული მუდმივი სამაგრი, და გვირაბს რომელსაც აქვს მუდმივი სამაგრი, და ორთავე შემთხვევისათვის გამოჰყავს დაბეჭდვის საანგარიშო ფორმულები. ეს ფორმულები გვიჩვენებს, რომ მასივში დარღვევითა გავრცელების ზონა ფაქტიურად მცირე ზღვრებით ისაზღვრება.

გაუმარებელი გამომუშავების კონტურზე გაშქიშავი დაბეჭდვის საკითხის განხილვისას შმიდი პოულობს, რომ ამ კონტურიდან დაშორებით წონასწორობის მდგომარეობა მასივში უახლოვდება წონასწორობის იმ მდგომარეობას, რომელიც მხოლოდ მკუშმავი ძალებით განისაზღვრება.

ამ დებულებიდან გამომდინარე, შმიდი პოულობს მაქსიმალურ ტანგენსურ დაბეჭდვას სიდიდეს გამომუშავების სახურავში, როცა $\rho = \left(\frac{r}{r}\right)^2 = 1$ და $\varphi = \frac{\pi}{2}$:

$$\sigma_r = \sigma_t (2 - \sigma) \left\{ 2H - \rho \left[1 + \frac{1 + 2m(1 + \sigma)}{(2 - \sigma)} \right] \right\} \geq 0.$$

ამავე დროს შმიდი აღნიშნავს, რომ რადიალური σ_r დაბეჭე მცირე გავლენას ახდენს მზის წნევის სიდიდეზე, რადგან ნორმალური დაბეჭდვის დადებითი მნიშვნელობანი არ არის დიდი. უარყოფითი ნიშნის ნორმალური დაბეჭე კი დადებით გავლენას ახდენს ტანგენსურ დაბეჭვითა სიდიდეზე.

გვირაბის გაყვანის სხვადასხვა შემთხვევისათვის N და S' კოეფიციენტთა მნიშვნელობების შეყვანით შმიდი იმ დასკვნამდე მიდის, რომ მთის ფერდობებში გათხრილ გვირაბებს, არალრმად დედაქიწის ზედაპირიდან, მუდამ გამჭიმავი დაბეჭე ექნებათ გამომუშავების კლიტეში. ღრვად გათხრილ გვირაბებში განქიშავი დაბეჭე წარმოიქმნება შეასვლელ უბნებში, როცა $\mu > 3$ და უბნებში, როკლებიც დაშორებულია შესასვლელებიდან, როცა $\mu > 4$. ყველა სხვა ერთნაირ პირობებში მთის ფერდობებში გათხრილი გვირაბები და, აგრეთვე, გვირაბების შესასვლელი უბნები უფრო მძიმე სამუშაო პირობებშია.

ჩამონგრევის თალის სიმაღლის განსაზღვრისათვის, ე. ი. ზონისათვის, რომელიც განიცდის გამჭიმავი ძაბვის ზეგავლენას და რომელსაც შმიდი „გაქიმულ სხეულს“ უწოდებს, იგი შემდეგ მიალოებით ფორმულას იძლევა:

$$h = (r - r) = r \left(\frac{1}{V \rho} - 1 \right).$$

შმიდის მიხედვით ჩამონგრევის თალის სიდიდე შეტად მცირეა იმ წნევისთან შედარებით, რომელიც ხშირად გვხვდება გვირაბების გაყვანისას. ამ მდგომარეობას შმიდი ხსნის ერთხელ დაწყებული ნგრევის განგრძობით, განსაკუთრებით გამომუშავების არათავისდროული და ცუდი გამაგრების დროს.

შმიდი განსაკუთრებით აღნიშნავს, რომ ჩამონგრევის თალის ზომები და ხასიათი არამარტო ზედაფენის სიმაღლეზეა დამოკიდებული, არამედ მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს μ და E სიდიდეებსაც. როცა $\mu = 4$ გამჭიმავი

ტანგენსური დაბევები არ არსებობს, და გვირახის გამომუშავეების გარშემო წარმოიშობა მეტად თუ ნაკლებად თანახარი მკუმშავი დაბევები.

გამომუშავეების გვერდითი კედლებში წარმოქმნილი დაბევებისათვის შმიდი იძლევა ფორმულას:

$$\tau_i = -\gamma H \left(3 - \frac{1-S}{S+\mu-1} \right),$$

მასთან

$$p = \left(\frac{\rho}{r} \right)^2 = 1 \text{ და } \varphi = 0.$$

როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, მკუმშავი დაბევები გვირახის გამომუშავეების გვერდებში გვირახის გათხრის სიღრმის პირდაპირპროპორციულია. დამოკიდებული არ არის პროფილის რადიუსზე და ორ-სამჯერ მეტია იმაზე, რომლებიც შესამჩნევია დაუნგრეველ მასივში გამომუშავეების გვერდებში ნგრევი მკუმშავი ძალების არსებობით შმიდი ხსნის სროლის მოვლენას და განიხილავს რა საკითხს ამ დაბევებზე მასივში წარმოქმნილი პლასტიკური დეფორმაციების საფუძველზე, ადასტურებს გვირახის მიერ დიდიხნის წინათ წარმოთქმულ აზრს.

ეთანხება რა იმ მდგომარეობას, რომ ქანები ყოველმხრივ წნევით იღებენ პლასტიკურ მდგომარეობას, ტერცავი მიუთითებს ბრანდზაერტის ცდებზე, რომლის შედეგები იმ გულეებამდე მიგვიყვანენ, რომ განსაზავება წნეგებს შორის, რომლის დროსაც ადგილი აქვს ქანის გადასვლას პლასტიკურ მდგომარეობაში, დედამიწის სტროს მნიშვნელოვან სიღრმეში გაცილებით მნიშვნელოვანია, ვიდრე ეს მოსალოდნელი იყო დიდიხნით გამეფებული შეზღუდულებით მთის ქანების სიმარჯის შესახებ.

ამ თვალსაზრისით გარკვეულია დასკვნები, რომლებიც მოჰყავს გვირახის შმიდის წნევის საკითხში.

გამომუშავეების ძირის შესახებ შმიდი იმ დასკვნამდე მიდის, რომ აქ დაბევების განრიგება ისევე წარმოებს, როგორც გამომუშავეების ქერში, მაგრამ ეს დაბევები ყოველთვის ნაკლებ საშიშროებას წარმოადგენს ქანის ძვრის ნაკლები შესაძლებლობის გამო.

სამარჯიანი გამომუშავეების განხილვისას შმიდი ცდილობს ამოხსნას ყველაზე რთული და ყველაზე საგულისხმიერო ამოცანა გვირახის განაგარიშების ზოგადი პრობლემით, მასთან იკვლევს საკითხს გვირახის სამარჯის და მის კონტურზე ფორმული ქანების ერთობლივ მუშაობაზე. ამ დროს შმიდი ხაზგასმით აღნიშნავს გვირახის სამარჯის ორნაკ როლს.

1. სამარჯმა უნდა შეაფერხოს ქანის მნიშვნელოვანი დეფორმაციები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ქანების ღრეკადი წონასწორობის დარღვევიდა, ამნაირად, შეამციროს ადგილობრივი წნევები. სხეანაირად რომ ვთქვათ, სამარჯი მუშაობს ე. წ. პირველადი მთის წნევის დაძლევაზე, რომელიც წარმოიქმნება ქანების პირველადი დეფორმაციით.

2. გვირახის ექსპლოატაციის პერიოდში მუდმივი სამარჯი საიმედო დასაყრდენს უნდა წარმოადგენდეს ქანების შესაძლო შემდგომი დარღვევის სა-

წინააღმდეგოდ და მან არა მარტო უნდა გაუძლოს ქანების მიერ წარმოებულ წნევას, არამედ ხელი უნდა შეუწყოს გამომუშავების გარშემო ქანების წონასწორობის დამყარებას. სხვანაირად რომ ვთქვათ, სამაგრი მუშაობს ე. წ. მეორად მთის წნევაზე.

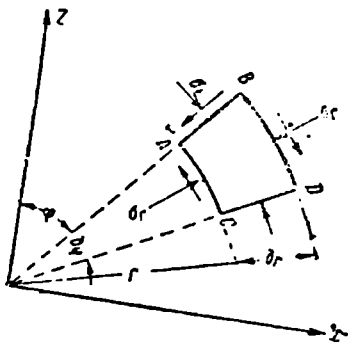
მეორადი მთის წნევის გამოვლინების ყველა შემთხვევაში, უმთავრესად გვირაბის ღრმად გათხრისას, ამოცანის ამოხსნა შეიძლება მხოლოდ პლასტიკური დეფორმაციის თეორიის საფუძველზე. თავის კვლევებში შმიდი ხსნის მხოლოდ პირველ ამოცანას, მასთან კმაყოფილდება გვირაბის სამაგრის მუშაობის საკითხის განხილვით ქანების დრეკადი დეფორმაციის ზღვრებით. დრეკადობის თეორიის ამ რთული ამოცანის ამოხსნის შედეგად შმიდი იღებს ძაბვების გამოსახულებებს მთის მასივში და გვირაბის მუდმივ სამაგრში მეტად რთული ფორმულების სახით.

მეორე ამოცანის ამოუხსნელად დატოვება ზღუდავს მიღებული ამონახსნების პრაქტიკულ ღირებულებას, რადგან მუდმივი სამაგრის მუშაობის ანალიზის დროს გათვალისწინებულია მხოლოდ პირველადი დეფორმაციის გავლენა ქანების დრეკადი მუშაობის ფარგლებში. ქანების წნევის გავლენა კი დრეკადობის ზღვრების იქით, რაც განსაკუთრებულად საგულისხმოა ფაქტორს წარმოადგენს, ამოუხსნელი რჩება.

2. კიუნის თეორია

კიუნმა გამოიკვლია საკითხი ქანების დაძაბულ მდგომარეობაზე, რომლებიც შემოვლებული არიან წრიული მოხაზულობის გამონატეხზე. მაგრამ ამ კვლევების შედეგად კიუნი არ იძლევა გარკვეულ გამოსახულებას მთის წნევის სიდიდისათვის, არამედ კმაყოფილდება მხოლოდ გამომუშავებაზე შემოვლებულ ქანებში არსებულ მოვლენათა დაწესებით.

გარეგანი p წნევის სიდიდეს კიუნი სთვლის მთელი ზემოთ მდებარე ქანის სისქის წონის ტოლად. ამოცანის ამოსახსნელად კიუნი სარგებლობს F ძაბვათა დიფერენციალური განტოლებით, რომლებიც ამოხსნილია დრეკადობის თეორიაში:



ნაკ. 92.

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \right) \left(\frac{\partial^2 F}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial r} \right) = 0.$$

ელემენტის AC და BD წახანავისადმი ნორმალური რადიალური ძაბვები (ნაკ. 92) გამოისახება ფორმულით:

$$\sigma_r = \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial r}.$$

AB და CD წახნაგებისადმი ნორმალური ტანგენსური ძაბვები იქნება:

$$\sigma_t = \frac{\partial^2 F}{\partial^2 r}.$$

$ABCD$ ელემენტის [თავდაპირველად სწორი კუთხეების დამრეცი მხებო ძაბვები იქნება:

$$\tau = -\frac{1}{r} \frac{\partial^2 F}{\partial r \cdot \partial \varphi}.$$

a ასოთი გამომუშავების რადიუსს თუ აღვნიშნავთ და საფუძვლად მივიღებთ პირობას, რომ გამომუშავების კონტურთან თანამთხვეველ ფართობებზე მოქმედი ძაბვები იქცევიან ნულად, ე. ი. თუ ზხედველობაში მივიღებთ, რომ $r=a$ დროს $\sigma_r=0$ და $\tau=0$, გვექნება:

$$F = \frac{p}{4} \cdot \frac{m}{m-1} (r^2 - 2a^2 \lg r) - \frac{p}{4} \cdot \frac{m-2}{m-1} \cdot \frac{(r^2 - a^2)^2}{r^2} \cos 2\varphi,$$

სადაც: $m = \frac{1}{\mu}$ არის პუასონის კოეფიციენტის შებრუნებული სიდიდე.

σ_r , σ_t და τ განტოლებებში F მნიშვნელობების ჩასმით და გაწარმოებით მივიღებთ:

$$\sigma_r = \frac{p}{2} \cdot \frac{m}{m-1} \cdot \frac{r^2 - a^2}{r^2} + \frac{p}{2} \cdot \frac{m-2}{m-1} \left(1 - \frac{4a^2}{r^2} + \frac{3a^4}{r^4} \right) \cos 2\varphi;$$

$$\sigma_t = \frac{p}{2} \cdot \frac{m}{m-1} \cdot \frac{r^2 + a^2}{r^2} - \frac{p}{2} \cdot \frac{m-2}{m-1} \left(1 + \frac{3a^4}{r^4} \right) \cos 2\varphi;$$

$$\tau = \frac{p}{2} \cdot \frac{m-2}{m-1} \left(-1 - \frac{2a^2}{r^2} + \frac{3a^4}{r^4} \right) \sin 2\varphi.$$

გამომუშავების კონტურიდან მნიშვნელოვან მანძილზე მდებარე წერტილისათვის, ე. ი. შემთხვევებისათვის, როდესაც r დიდია a -თან შედარებით და, მაშასადამე, $\frac{a}{r}$ ფარდობა ნულს უახლოვდება, ძაბვების გამოსახულებანი შემდეგ სახეს მიიღებენ:

$$\sigma_r = \frac{p}{2(m-1)} [m + (m-2) \cos 2\varphi];$$

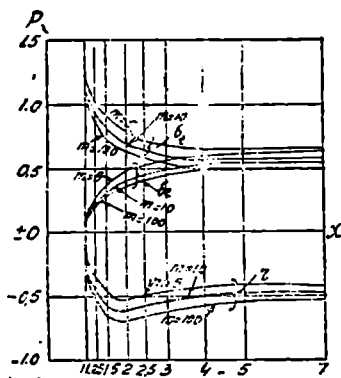
$$\sigma_t = \frac{p}{2(m-1)} [m - (m-2) \cos 2\varphi];$$

$$\tau = -\frac{p}{2} \frac{m-2}{m-1} \sin 2\varphi.$$

$\sigma = 0$ კუთხით აღებული კვეთებისათვის გვექნება:

$$\sigma_r = p; \quad \sigma_z = -\frac{p}{m-1}; \quad \tau = 0.$$

კიუნმა ჩაატარა მთელი რიგი რიცხვითი განსაზღვრები σ_z , σ_r და τ -სი გვირაბის კვეთის გარშემო მდებარე მრავალ წერტილებისათვის. 93-ე ნაკვეთზე აგებულია σ_r , σ_z და τ დაბვათა მრუდეები. m -ის სხვადასხვა მნიშვნელობების



ნაკ. 93.

ნანის ცნობილი პრინციპი.

ამნაირად: კიუნის კვლევებმა გვიჩვენა, რომ გვირაბის ხერელის გამოტეხვა იწვევს ქანში წინათ არსებული დაბვეების გადაჯგუფებას და ზრდის მათ გამოწეშავეების კონტურზე. ქანის ნგრევას თანსდევს მთის წნევა, მასთან დანგრეული ზონა ნაწილობრივ ან მთლიანად განიტვირთება.

3. ლენკის თეორია

ლენკი გამომდინარეობს მრგვალი ხერელის შემომსაზღვრელ ქანებში წარმოქმნილ დაბვათა იმავე ძირითად განტოლებებიდან, მასთან შემდგომი ამოხსნების მოხერხებულობისათვის კიუნის მიერ მიღებულ ქანის პორიზონტალური წნევის მნიშვნელობებს ნებისმიერ წერტილში, რომელიც უღრის

$\frac{p}{m-1}$, აღნიშნავს $p_h = \alpha p$ -ით. ამ დროს დაბვათა განტოლებები იქნება:

$$\begin{aligned} \sigma_r = p_h \left(1 - \frac{a^2}{r^2} \right) + \frac{p-p_h}{2} \left[1 - \frac{a^2}{r^2} + \right. \\ \left. + \left(1 - \frac{4a^2}{r^2} + \frac{3a^4}{r^4} \right) \cos 2\varphi \right]; \end{aligned} \quad (11)$$

$$\sigma_z = p_t \left(1 + \frac{a^2}{r^2} \right) + \frac{p - p_h}{2} \left[1 + \frac{a^2}{r^2} - \left(1 + \frac{3a^2}{r^2} \right) \cos 2\varphi \right]; \quad (12)$$

$$\tau = \frac{p - p_h}{2} \left(-1 - \frac{2a^2}{r^2} + \frac{3a^4}{r^4} \right) \sin 2\varphi \quad (13)$$

ნგრევის ზონის მიჯნები განისაზღვრება არეთი, სადაც ქანის მტკიცე k_x წინაღობა გადალახულია. ნგრევის საშიშროება წარმოიქმნება იქ, სადაც $\tau = 0$, ე. ი. როდესაც $\varphi = \pm \frac{\pi}{2}$, მასთან k_x ამ შემთხვევაში დაბეჭდვა სხვაობას უღრის:

$$k_x = \sigma_t - \sigma_r.$$

ამ გამოსახულებაში σ_t და σ_r მნიშვნელობების მე-(11) და მე-(12) განტოლებებიდან ჩასმით $\varphi = \pm \frac{\pi}{2}$ შემთხვევისათვის, მივიღებთ:

$$\sigma_t - \sigma_r = k_x = p - p_h - \left(\frac{a}{r} \right)^2 (p - 3p_h) + 3 \left(\frac{a}{r} \right)^4 (p - p_h).$$

თუ შემოვიღებთ აღნიშვნას:

$$\beta = \frac{k_x}{p} \quad \text{და} \quad \alpha = \frac{p_h}{p},$$

გვექნება:

$$\beta = 1 - \alpha = \left(\frac{a}{r} \right)^2 (1 - 3\alpha) + \left(\frac{a}{r} \right)^4 (1 - \alpha).$$

ამ გამოსახულებიდან პოულობენ ნგრევის ზონის r რადიუსს.

რადგან ქანის შესუსტების პროცესი დროის მიხედვით მასივის სიღრმეში ვრცელდება, ამიტომ ნგრევის ნაპოვნი ზონა ნაკლებად შესაძლებელია.

r განსაზღვრით და $\frac{r}{a}$ ფარდობის (11) განტოლებაში ჩასმით, რადიალური დაბვის $\sigma_r = p'$ სიდიდეს პოულობენ დანგრეულ ზონაში.

p' -ის განსაზღვრით და დანგრეული ზონის გარე და შიგა მოხაზულობაზე ტანგენსური დაბვის $p_t = p'(m - 1)$ ტოლად მიღებით პოულობენ რადიალური p_0 დატვირთვის სიდიდეს ხერხლის კიდეში, რაც წარმოადგენს მთის წნევას.

თანაბრად განრიგებული p' დატვირთვის დაშვებისას დაძაბული მდგომარეობა ხერხლის კონტურის ნებისმიერ წერტილში ერთნაირი იქნება. ერიის დაძაბვის ფუნქცია დაიწერება:

$$F = C_0 + C_1 lgr + C_2 r^2 + C_3 r^2 lgr.$$

მუდმივები შემდეგი პირობებით განისაზღვრება: ნგრევის ზონის შიგა ნაპირზე, როცა $r = a$:

$$\sigma_t = -p_t;$$

გარე ნაპირზე $r = b_1$ დროს:

$$\sigma_t = -p_t; \quad \sigma_r = -p'_t,$$

სადაც b_1 — გაფხვიერების ზონაა.

მასთან ერთად რადიალური ძაბვა ნგრევის ზონის ნებისმიერ წერტილში უდრის:

$$\sigma_r = -p_t + \frac{p'_t - p_t}{\left(\frac{b_1}{a}\right)^2 - 1 - 2 \lg \frac{a}{b_1}} \left[\left(\frac{b_1^2}{a^2} - 1 \right) \left(\lg \frac{r}{b_1} - 1 \right) + \left(1 + \frac{b_1^2}{r^2} \right) \lg \frac{a}{b_1} \right].$$

რადიალური წნევა გამონატების კიდეზე (ე. ი. მთის წნევა) წარმოიღვება ფორმულით:

$$p_0 = -p_t + \frac{p'_t - p_t}{\left(\frac{b_1}{a}\right)^2 - 1 - 2 \lg \frac{a}{b_1}} \left[\left(\frac{b_1^2}{a^2} - 1 \right) \left(\lg \frac{a}{b_1} - 1 \right) + \left(1 + \frac{b_1^2}{a^2} \right) \lg \frac{a}{b_1} \right].$$

m და b_1 სიდიდეები უნდა შევარჩიოთ ყოველ კერძო შემთხვევაში ქანის ხასიათისა და თვისებების მიხედვით.

§ 36. წნევა გამომუშავების ძირიდან

წნევის წარმოქმნა გამომუშავების ძირიდან ერთ-ერთი შემდეგი მიზეზით აიხსნება:

- ა) თიხიანი ყამირების ამობურცვით;
- ბ) ზოგიერთი ქანის ქიმიური ცვლილებით;
- გ) სუსტი ყამირების ამოწვევით გამომუშავების ვერტიკალი კედლების წნევის გამო.

თიხიანი ყამირების ამობურცვას ხშირად თანსდევს დიდი ზომის წნევა. მრავალი ცდებით უარყოფილია შეხედულება იმის შესახებ, რომ თიხის გაფუფება მისი ჰიგროსკოპიულობით ჰაერიდან წყლის შეწოვით აიხსნება.

სინამდვილეში თიხის ჩანერგვა ცარიელ სივრცეებში წარმოადგენს ქანების წნევისა და მასალის მიერ წყლის შეწოვით გამოწვეული დრეკადი გაგანიერების ერთობლივი მოქმედების შედეგს.

რაც უფრო რბილია თიხის კონსისტენცია, მით მეტად ამობურცება იგი, რაც ქანების წნევის შედეგს წარმოადგენს. ეს ამობურცვა სკარბობს მასალის მოძრაობას, რაც დახასიათებულია მისი დრეკადი გაგანიერებით. დაქიმულობის გამომუშავების ზედაპირზე კაპილარულ წნევას წარმოშობს. ეს უკანასკნელი თავის მხრივ იწვევს თიხაში მოქცეული კაპილარული წყლის ჰიდროსტატიკური წნევის თანატოლძალოვან შემცირებას. ჰიდროსტატიკური

წნევის შემცირების გამო ადგილი აქვს წყლის მოდინებას თიხის მეტად და-
შორებული მასებიდან გამომუშავების გარშემო მდებარე მასებისაკენ.

თიხის გაფუფებით გამოწვეული წნევის შემცირებისათვის საჭიროა ნაგებობა
ამოიყოს უხეშფოროვანი მასალით. პრაქტიკულად ეს მოსახერხებელია გა-
მომუშავების ძირითად თიხის ერთგვარი სისქის აკლით და შებრუნებული,
თალის ქვედა სივრცის ხრეშით, ღორღით, წიღით და ა. შ. ამოყვებით.
თიხის ქვედა ფენები მოცულობის გადიდებისას შეაღწევენ ამოყვების სერე-
ტებში და, ამნაირად, განიტვირთება ნაგებობა.

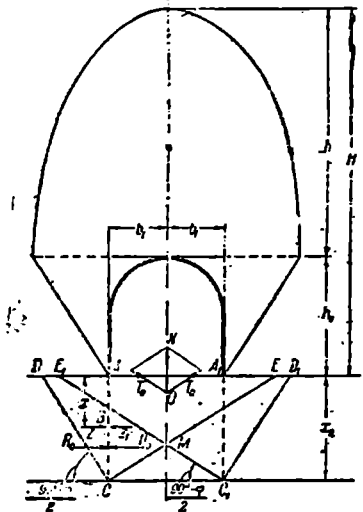
მოცულობის გადიდების შედეგად
ზოგიერთი ქანის ქიმიურ ცვლილებას
აგრეთვე შეუძლია წნევის წარმოება
სამაგარზე. ხშირად ადგილი აქვს ანჰი-
დრიდის ჰიდრატაციის მოვლენას. ან-
ჰიდრიტი, ე. ი. უწყლო გოგირდმჟავა
კალციუმი, წყალთან შეერთებისას თა-
ბაშირ-წყლოვან გოგირდმჟავა კალცი-
უმად იქცევა, ამ დროს მოცულობას
თითქმის 33 $\frac{1}{6}$ -ით იმატებს.

ამის მაგალითს წარმოადგენს კა-
პელისბერგის გვირაბი გაილდორფთან,
რომელიც გადის თაბაშირიან მერგე-
ლის, ანჰიდრიდისა და თაბაშირის ფე-
ნებში. დასველებისა და ანჰიდრიდის
თაბაშირად გარდაქმნის გამო მშენებ-
ლობის დამთავრების შემდეგ 1880 წელს
გვირაბის ძირმა იწყო ამოწევა;
1889 წელს ამოწევა 37 სმ შეადგენდა,
1848 წელს—55 სმ და 1923 წელს—
64 სმ. გვირაბის გაბარიტი დაცული
იყო გვირაბის ძირის დადაბლებით ქანის პერიოდულად ამოჭრის საშუა-
ლებით.

ასეთსავე მოვლენას ჰქონდა ადგილი გელბრონ-ვეინსბერგის გვირაბის
გათხრისას.

მაგრამ ანჰიდრიდის თაბაშირად გადასვლის პროცესი მეტად ნელა
მიმდინარეობს, ზოგ შემთხვევაში კი—უცვლელ ანჰიდრიდს ეხვდებით ბუნებ-
რივ ფენებშიაც. ასეთი მაგალითები მიგვითითებს, რომ საჭიროა ქიმიური გა-
რდაქმნებით გამოწვეულ წნევებს მეტად ფრთხილად მოვეყიდოთ.

ხშირად წნევა ქვემოდან ზემოთ გამოვლინდება სუსტი ყამირების ამო-
ბურცვით გამომუშავების გვერდითი კედლების დატვირთვით. დატვირთვის
ეს სახე პირველი ორი შემთხვევის საწინააღმდეგოდ ანალიზურად ანგარიშდე-
ბა. უფრო მეტად მისაღებია პროფ. ციმბარევიჩის ქვემომოყვანილი
მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია რენკინის ყამირების ამობურცვის თეო-
რიაზე.



ნაქ. 94.

გამომუშაების ძირი დატვირთულია ზემოთ მდებარე მასების წონით, მასთან დამწნევი ფენის H სიმაღლე (ნაკ. 54) ერთგვარი მარაგით აიღება ჯამის სახით:

$$H = h_0 + h,$$

სადაც: h_0 —გამომუშაების სიმაღლეა;

h —ჩამონგრევის თალის სიმაღლე.

ამ დატვირთვის ზეგავლენით ადგილი აქვს ძირის ყამირის ამობურცვას გამომუშაებისაკენ.

გამომუშაების ძირიდან x მანძილით დაშორებული ქანის ნებისმიერი B ნაწილაკი AC შეეუღლე, AC სიბრტყის მარცხნიდან ჩამოცურებული გვერდითი პრიზმის აქტიურ Z წნევისაგან განიცდის z ძაბვას და იგივე სიბრტყის მარჯვნიდან ქანის პასიური Z_1 წინააღობისაგან— z_1 ძაბვას.

როდესაც $Z > Z_1$ ქანის ნაწილაკები მარჯვნივ გადაადგილდებიან. წონასწორობა მყარდება ერთგვარ x_0 სიღრმეზე, სადაც $Z = Z_1$. x_0 -ს სიღრმე განსაზღვრავს ჩამოცურების ACD პრიზმის სიმაღლეს და შეიძლება ვიპოვოთ შემდეგნაირად:

დავუშვათ, რომ მცოცავი ACD პრიზმი თანაბრად არის დატვირთული AD ზედაპირზე ქანით, რომლის სიმაღლეა H და მოცულობითი წონა γ , რომელიც დაყვანილია ამობურცული ქანის წონაზე. ეს დაშვება ნაკლებ გავლენას ახდენს საბოლოო ამოხსნათა სიზუსტეზე.

z და z_1 ძაბვები ცნობილი ფორმულებით გამოისახება:

$$z = \gamma (H + x_0) \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi}{2};$$

$$z_1 = \gamma x_0 \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ + \varphi}{2},$$

სადაც: φ —ამობურცული ქანის შიგახახუნის კუთხეა.

როდესაც $Z = Z_1$, გვექნება:

$$\gamma (H + x_0) \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi}{2} = \gamma x_0 \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ + \varphi}{2},$$

საიდანაც:

$$x_0 = \frac{H \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi}{2}}{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi}{2}}.$$

ამგვარად, რაც უფრო მცირეა φ , ე. ი. რაც უფრო სუსტია ქანი, მით მეტია x_0 . ეს გარემოება მოსალოდნელი იყო.

ჩამოცურების ACD პრიზმი აქტიურ გვერდითი R_0 წნევას აწარმოებს შეეუღლ AC სიბრტყეზე. ამ წნევის უქუქმედებას აწარმოებს ამობურცული AEC პრიზმის პასიური Q_0 წინააღობა. ორთავე ეს ძალა მიმართულია ჰორიზონტალურად.

R_0 და Q_0 განსაზღვრისათვის ვისარგებლოთ ფხვიერი სხეულის სტატიკის ცნობილი ფორმულებით:

$$R_0 = \frac{1}{2} \gamma (x_0^2 + 2x_0 H) \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right),$$

$$Q_0 = \frac{1}{2} \gamma x_0^2 \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right).$$

$D_0 = R_0 - Q_0$ სხვაობა იწვევს ყამირის გამობურცვას გამომუშაების მარცხენა ნახევრის ზღვრებში.

D_0 ძალვის T_0 მდგენელი CE განობურცვის სიბრტყის მიმართულებით, ან სიბრტყეზე ხახუნის გათვალისწინებით და პრიზმის ზემოთკენ წანაცვლებით, 95-ე ნაკვთიდან განისაზღვრება:

$$\frac{T_0}{\sin \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)} = \frac{D_0}{\sin (90^\circ + \varphi)},$$

საიდანაც:

$$T_0 = D_0 \frac{\sin \left(\frac{90^\circ - \varphi}{2} \right)}{\cos \varphi},$$

ანალოგიურ მდგომარეობას ექნება ადგილი გამომუშაების მარჯვენა სიმეტრიული ნახევრისთვისაც. გამობურცვის ორ სიმეტრიულ ACE და $A_1C_1E_1$ პრიზმისათვის (ნაკ. 94) ორი T_0 მდგენელის შეკრებით მათს N ტოლქმედს ვიპოვით:

$$N = D_0 \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi}{2}.$$

თუ ორი T_0 სიმეტრიული ძალვის CE და C_1E_1 მიმართულებების გადაკვეთის M წერტილი ძვეს გამომუშაების ძირის ქვემოთ, ე. ი. თუ

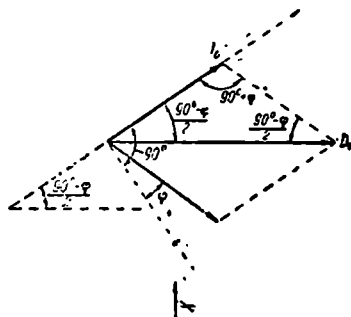
$$x_0 \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varphi}{2} \geq b_1,$$

მაშინ ყამირის გამობურცვა გავრცელდება გამომუშაების მთელ სიგანეზე. თუ კი M წერტილი ფუძის ზემოთაა, ე. ი. თუ

$$x_0 \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varphi}{2} < b_1,$$

მაშინ ყამირის გამობერვას ადგილი ექნება მხოლოდ გამომუშაების გვერდითი კედლებთან.

მაგალითი. განსაზღვროთ რკინიგზის ერთლიანდაგიანი გვირაბისათვის წნევა ქვემოდან ზემოთ გამომუშაების 1 გრძივ მეტრზე, თუ ქან-



ნაკ. 95.

მკვრივი ნესტიანი თიხაა, $f=1$ პროტოდიკონოვის მიხედვით;
 $\bar{\tau}=30^{\circ}$; $\gamma=2000$ კგ/მ³; გამომუშაების სიგანე $2b_1=6,5$ მ; გამო-
 მუშაების სიმაღლე $h_0=7$ მ.

ჩამონგრევის თაღის სიმაღლე პროტოდიკონოვის მიხედვით:

$$h = \frac{b_1}{f} = \frac{3,25}{1} = 3,25 \text{ მ};$$

$$H = h_0 + h = 7 + 3,25 = 10,25 \text{ მ};$$

$$x_0 = \frac{H \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^{\circ} - \varphi}{2} \right)}{1 - \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^{\circ} - \varphi}{2} \right)} = \frac{10,25 \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^{\circ} - 30^{\circ}}{2} \right)}{1 - \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^{\circ} - 30^{\circ}}{2} \right)} = \frac{1,138}{0,889} = 1,28 \text{ მ}.$$

აქტიური წნევა:

$$R_0 = \frac{1}{2} \gamma (x_0^2 + 2x_0 H) \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^{\circ} - \varphi}{2} \right) = \frac{1}{2} \cdot 2000 (1,28^2 +$$

$$+ 2 \cdot 1,28 \cdot 10,25) \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^{\circ} - 30^{\circ}}{2} \right) = 1000 (1,638 + 26,24) 0,333 = 9283 \text{ კგ}.$$

პასიური წნევა:

$$Q_0 = \frac{1}{2} \gamma x_0^2 \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^{\circ} + \varphi}{2} \right) = \frac{1}{2} \cdot 2000 \cdot 1,28^2 \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^{\circ} + 30^{\circ}}{2} \right) =$$

$$= 1000 \cdot 1,638 \cdot 3,000 = 4919 \text{ კგ}.$$

ამომბურცვი ძალვა შეადგენს:

$$D_0 = R_0 - Q_0 = 9283 - 4919 = 4364 \text{ კგ}.$$

წნევის ზოგადი სიღრმე გამომუშაების ძირიდან იქნება:

$$N = D_0 \operatorname{tg} \left(\frac{90^{\circ} - \varphi}{2} \right) = 4364 \operatorname{tg} \left(\frac{90^{\circ} - 30^{\circ}}{2} \right) = 4364 \cdot 0,577 = 2521 \text{ კგ გამო-}$$

მუშაების 1 გრძ. მეტრზე.

რადგან

$$x_0 \operatorname{tg} \left(\frac{90^{\circ} + \varphi}{2} \right) = 1,28 \cdot 1,732 = 2,217 \text{ მ} < b_1 = 3,25 \text{ მ},$$

ამიტომ ამომბურცვა გამომუშაების მთელ სიგანეზე კი არ ვრცელდება, არამედ ისაზღვრება გვერდითი უბნებით.

§ 27. მთის წნევის განსაზღვრის მეთოდები გამომუშაებაში უშუალო დაკვირვებებით

უშუალო დაკვირვებანი სწორ წარმოდგენას იძლევიან მთის წნევის ხასიათზე და ზომაზე და მშენებელს დიდ მოულოდნელობათაგან გარანტირებულს ხდიან.

შუანასწინელ წლებში უშუალო დაკვირვების ხერხებს დიდი ყურადღება ექცევა და ამჟამად საგვირაბო ტექნიკას გააჩნია მათის წნევის სპეციალურ ისაზომი აპარატების საშუალებით განსაზღვრის მთელი რივი მეთოდები.

გარდა ამისა, მთის წნევის ზოგი თეორია, მაგალითად კომერელას თეორია, სარგებლობს უშუალო დაკვირვებების მონაცემებით; ამ მონაცემების კემპარიტების ხარისხით განისაზღვრება საბოლოო დასკვნების სიზუსტის ხარისხი.

ამ მეთოდების საერთო ნაკლად ითვლება ის, რომ საჭიროა მზა გამომუშავება დაკვირვებებისათვის. ქანების გათხრამდე კი საზაგრის გაანგარიშების ყოველგვარი შესაძლებლობა გამოირიცხულია.

1. მთის წნევის განსაზღვრა სამაგრების გადატეხვის მიხედვით

წოლხერელას ჩარჩოს ზედა მორის გადატეხვის მიხედვით მთის წნევის განსაზღვრის წესი დიდხანაია იხპარება სამთო საქმეში. გადატეხილი ზედა მორი გაანგარიშდება ისე, როგორც ორ საყრდენზე მდებარე კოჭა, მასთან ტვირთის განაწილებას კანონის მხარე აქ ორი დაშვების მიღება შეიძლება:

- ა) ტვირთი თანაბრად არის განრიგებული;
- ბ) ტვირთი განრეკებულია პარაბოლის კანონით.

ზედა მორის გადატეხვის გამოწვევი მღუნავი მოქენტი M_2 გამოიანახება ფორმულით:

$$M_2 = W \cdot k,$$

სადაც: W — ზედა მორის კეთთის წინაღობის მოქენტია.

k — მორის მასალის დროებითი წანაღობა.

თანაბრად განრიგებული ტვირთის სიდიდე იქნება:

$$q = \frac{8 M_2}{l^2} = \frac{8 \cdot W \cdot k}{l^2} = \frac{W \cdot k}{0,125 \cdot l^2},$$

სადაც l — ზედა მორის საანგარიშო მალაია, რომელიც ორთავე საყრდენი დკარის ციამეტრების ჯამის მესამედსა და საშუქში მალის შენაკრებს წარმოადგენს.

ზედა მორის გრძივი დატვირთვიდან წოლხერელის კერის ერთეულ ფართობის დატვირთვა ზერომ გადავიდეთ, უნდა შევარჩიოთ გამომუშავების სიგრძე, რომლისგანაც წნევა გადაეცემა ერთ ჩარჩოს. ჩვეულებრივ პირობებში ამ სიგრძეს სამი მოსაზღვრე ჩარჩოს მიერ შექმნილი ორ მეზობელ შუალედს შორის არსებული სიგრძის ტოლად იღებენ.

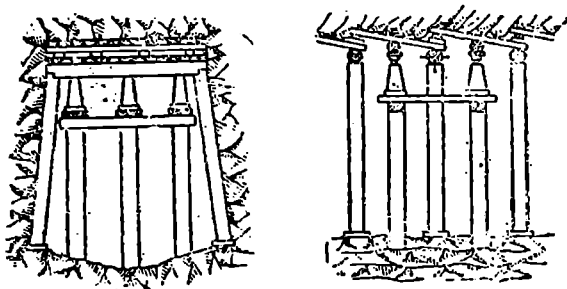
კერის ფართობის ერთეულზე წილხვედრი დატვირთვა შეადგენს:

$$p = \frac{q}{b} = \frac{8 M_2}{l^2 b} = \frac{M_2}{0,125 l^2 b},$$

სადაც, b იმ ზონის სიგრძეა, რომელიც დატვირთვას გადასცემს გასანგარიშებელ ზედა მორს.

სინამდვილეში მოქმედი დატვირთვა თანაბრად კი არ არის განაწილებული, არამედ ჯერაც უცნობი კანონით, რაც უფრო პარაბოლს უახლოვდება, როგორც ამას ვარაუდობს ზემოთ განმარტებული თეორია.

ამ შემთხვევაში, ვსარგებლობთ რა ორ საყრდნობზე მდებარე კოქის ლუნვის ფორმულებით, როცა კოქი პარაბოლის წესით არის დატვირთული, მოქმედის სიდიდეს მივიღებთ ნებისმიერ კვეთში x მანძილზე საყრდნობიდან:



ნაქ. 96.

$$M_x = \frac{ql^2}{3} \left(\frac{x}{l} - \frac{2x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4} \right).$$

როდესაც

$$x = \frac{l}{2},$$

გვექნება:

$$M_{max} = 0,1042 ql^2.$$

გადამტეხი მომენტი იქნება:

$$M_0 = W \cdot k = \frac{\pi d^3}{32} \cdot k.$$

M_0 -ის სიდიდის მიხედვით, როდესაც მოცემულია: l —ზედა შორის მალი, b —მანძილი ჩარჩოებს შორის და γ —ქანის მოცულობითი წონა, ადვილად განვსაზღვრავთ ჩამონგრევის პარაბოლის h_1 სიმაღლეს წოლხერელისათვის.

გვირახის სრული პროფილისათვის, როდესაც გამომუშავების სიგანეა L , ჩამონგრევის პარაბოლის სიმაღლე, მრუდეთა პარამეტრების მსგავსობის კანონის მიხედვით, გამოიხატება ფორმულით:

$$h = h_1 \cdot \frac{L}{l}.$$

ქანების სიმაგრის კოეფიციენტის სიდიდე პროტოლიაკონოვის ფორმულით განისაზღვრება:

$$h = \frac{L}{2f},$$

საიდანაც:

$$f = \frac{L}{2h}.$$

2. პროფ. დავიდენკოვის აკუსტიკური მეთოდი

მთის წნევის სიდიდის მისაღებად პროფესორი დავიდენკოვი განსაზღვრავს ნამდვილ ძაბვებს მიმმართველი წოლხერელის ჩარჩოს ზედა მორში. დაკვირვებებს აწარმოებენ მეტად დატვირთულ ჩარჩოებზე, რაც წესდება გარეგანი ნიშანთვით—ქანის ყოფაქცევით, სამაგრების დეფორმაციით და ზმიანობით მათზე დარტყმის დროს. საცდელ ჩარჩოს ჯერ სრულიად გაანთავისუფლებენ ტვირთისაგან მეზობლად დამხმარე ჩარჩოების დაყენებით, რომლებიც დომკრატებით შეაკავებენ გამომუშავების კერის ფიცარნაგს (ნაქ. 96).

შემდეგ საცდელი ჩარჩოს ზედა მორში, მისი მალის შუა ნაწილში, ქვემოდან და გვერდებიდან ჩახრახნავენ შურუბებს და მათზე დასკიმავენ სამ წვრილ ფოლადის სიმს, რომლებიც მომართულია განსაზღვრულ ტონზე. ამა თუ იმ ხერხით გაიზორება განტვირთული ჩარჩოს სიმების რყევათა რიცხვი; დაიტვირთება საცდელი ჩარჩო მეზობელი ჩარჩოების დომკრატების დაშვებით და ხელახლა იზომება ზედა მორის გაღუნვისას დაქიმული სიმების რყევათა რიცხვი.

ძაბვის ცვლილება სიმში შემდეგი ფორმულით იზომება¹⁾:

$$\sigma_{სიხ} = 4 l^2_{სიხ} \rho (N_1 + N_2) \cdot (N_1 - N_2),$$

სადაც: N_1 —რყევათა რიცხვი დატვირთვამდე,

N_2 —რყევათა რიცხვი დატვირთვის შემდეგ,

$l_{სიხ}$ —სიმის სიგრძე,

ρ —სიმის სიმკვრივე, რომელიც უდრის $8 \cdot 10^{-6}$.

სიმისა ღა მასზე მიბმული ხის ბოქოს ფარდობითი დაგრძელებების ტოლობის ძაბვა ბოქოში უდრის:

$$\sigma_{ხის} = 4 l^2_{სიხ} \rho (N_1 + N_2) \cdot (N_1 - N_2) \cdot \frac{E_{ხის}}{E_{სიხ}}.$$

სადაც: $E_{ხის}$ —ხის დრეკადობის მოდულია,

$E_{სიხ}$ —სიმის ფოლადის დრეკადობის მოდულია.

წყობის სიმაღლე რეზონანსის მეთოდით განისაზღვრება.

ქვედა სიმიტ გამოითვლება ქვედა ბოქოების სრული ძაბვა, გვერდითი სიმებით კი განისაზღვრება მლუნაეი მომენტი ჰორიზონტალურ სიბრტყეში და დერძული ძაბვის ცვლილებანი გამოკვლევის დროს.

თუ ეს ცვლილება და ქვედა ბოქოს ძაბვის ცვლილება ერთი ნიშნისაა, ნაშინ მეორეს აკლდება პირველი და, ამნაირად, მიიღება საბოლოო ძაბვა, რომელიც მხოლოდ ღუნვით არის გამოწვეული.

¹⁾ Давиденков Н. Н., Измерение горного давления струнным методом; „Строительная промышленность“, № 12, 1929 г., стр. 1038—1090 и № 6, 1931 г., стр. 234—236.

როდესაც გვაქვს აბზე $\sigma_{\text{ხის}}$ ზედა შორის ლუნვისას და ჩისი კვეთის წინა-
ლობის ნორმენტი W , ადვილი განსასაზღვრელია სათანადო მღუნავი ზომენტი
მალის M -ზე ნაწილში:

$$M = W \cdot \sigma_{\text{ხის}}$$

თანაბრად განრეგებული დატვირთვა ზედა შორის ერთეულ სიგრძეზე
იქნება:

$$q = \frac{8 M \cdot}{l^2} = \frac{8 \sigma_{\text{ხის}} \cdot W}{l^2} = \frac{\sigma_{\text{ხის}} \cdot W}{0,125 l^2}$$

სადაც: l — ზედა შორის საანგარიშო მალა.

დატვირთვა კერის ფართობის ერთეულზე იქნება:

$$p = \frac{q}{b} = \frac{8 M}{l^2 b} = \frac{M}{0,125 l^2 b}$$

სადაც: b იმ ზონის სიგრძეა, რომელიც გადასცენს დატვირთვას საცდელ
ჩარჩოს;

b უღრის ჩარჩოებს შორის მანძილს.

p , h და f -ის განსაზღვრის ყველა შენდგომი გაანგარიშება დატვირთვის
პარაბოლურად განაწილების შემთხვევაში სწარმოებს სამშენებლო მექანიკის
ჩვეულებრივი მეთოდებით.

როგორც განმარტებულიდან ჩანს, ამ მეთოდის დროს სამაგრების გაზო-
მილი დეფორმაციიდან უნდა გადავიდეთ მათ გამოშვებულ დატვირთვებზე. ამიტომ
დამაკმაყოფილებელ სიზუსტეს მეთოდი მხოლოდ მაშინ მოგვცემს, როდესაც
გამოცდით სამაგრების მარტივ სისტემებს, ე. ი. წოლხერელების ჩარჩოებს.
გამომუშავების სრული პროფილის რთული საგვირაბო ფერმების დეფორმაცი-
ების მიხედვით მთის წნევის განსაზღვრას უთუოდ თანადევს მნიშვნელოვანი
შეცდომები მათში ძალების განრიგების განუსაზღვრელობის გამო.

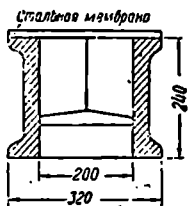
ამ მეთოდის ავტორის მოწმობით ცდომილება სინის ძაბვაში 1 კგ/სმ²-ზე
მეტს არ შეადგენს. ასეთი სიზუსტე სავსებით საკმარისია, თუ ნხედველობაში
მივიღებთ, რომ მუდმივი არ არის დრეკადობის მოდული, განუზღვრელია და-
ტვირთვის განრიგების კანონი, შესაძლებელია სარკების დეფორმაცია და ად-
გილი აქვს მთელ რიგ სხვა ფაქტორებს, რომლებიც ამცირებენ საბოლოო დას-
კვნების სამართლიანობას. სამაგრებზე დატვირთვის გაზომვის საერთო ცდო-
მილება 10—15%-ს არ უნდა აღემატებოდეს.

აკუსტიკური მეთოდი, როგორც ამას თვით ავტორი ამბობს, ჯერ კიდევ
არ იძლევა პრობლემის სრულ ამოხსნას. ჯერ ერთი, წნევა წოლხერელში იზო-
მება მალეზე, რომლებიც სრული გამომუშავების მალზე მცირეა რამდენჯერმე,
მაშინ, როდესაც წნევის დამოკიდებულება მალზე ჯერ კიდევ დიდად განუზღვ-
რელია. მეორე ის, რომ იზომება ნეოლოდ ვერტიკალური წნევა, გვერდითი
წნევა კი უცნობი რჩება. მესამე, — გამოურკვეველია, თუ რა ჯაგლენას ახდენს
სამაგრის დრეკადი თვისებები წნევის სიდიდეზე.

3. მთის წნევის გაზომვა მესსლოზით

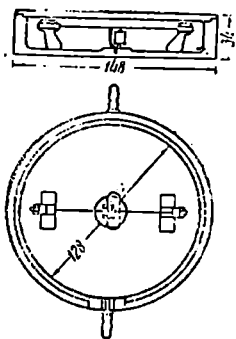
ყამირის წნევის უშუალო გაზომვას აგრეთვე სპეციალური ხელსაწყოებით— მესსლოზებით— აწარმოებენ. მესსლოზის მოქმედების პრინციპი დამყარებულია მოქნილი მემბრანის გალუნვაზე ან დგუშის ჩაწევაზე ქანის წნევით.

ამ ხელსაწყოების უმარტივეს ტიპს ეკუთვნის ЦИ.С-ის კონსტრუქციის მესსლოზი (ნაკ. 97). ეს ხელსაწყო შედგება ფოლადის ცილინდრისაგან, რომლის შიგა დიამეტრია 200 მმ და რომლის ერთ მხარეზე დამაგრებულია მემბრანა 6—9 მმ სისქის ფოლადის ფირფიტისაგან. ცილინდრისაგან მიქცეულ მხარეზე მემბრანაზე მიმაგრებულია სიმი, რომლის მეორე ბოლო მიმაგრებულია ლითონის ძელაზე.



ნაკ. 97.

წნევის გასაზომად მესსლოზს ათავსებენ ყამირსა და მუდმივ სამაგრს შორის, მასთან მემბრანა მიქცეულია ყამირისაკენ. წნევის ზეგავლენით მემბრანა ჩაიღუნება, ეს კი ცვლის სიმის დაკიმულობას. როცა ცნობილია სიმის დაგრძელება და მემბრანის დრეკადი თვისებები, განსაზღვრავენ ყამირის სათანადო წნევას.



ნაკ. 98.

უფრო სრულყოფილია პ.ოფ. დავიდენკოვის კონსტრუქციის აკუსტიკური მესსლოზი (ნაკ. 98). ფოლადის ფიალას, რომლის გარეთა დიამეტრია 148 მმ და შიგა დიამეტრი—128 მმ, ერთ მხარეზე აქვს ხუფი, მეორეზე კი—მოქნილი მემბრანა. მემბრანაზე მიმაგრებულია ორი წკირა, რომელთა შორისაც დაკიმულია სიმი. ქანის წნევით მემბრანის ჩაზნექისას წკირები გარეთა მხრისაკენ დაიხრებიან, რაც იწვევს სიმის დაკიმვას. სიმის დაგრძელება გაიგება აკუსტიკური ხერხით— მისი რხევის სიხშირის გაზომვით. ელექტრომაგნიტის საშუალებით სიმს მიანიჭებენ რხევას, რომლის სიხშირეს განსაზღვრავენ ხმით ან ტალღზომით.

უნდა ითქვას, რომ პრინციპის სისწორის მიუხედავად, მესსლოზის კონსტრუქცია სწორ შედეგს არ იძლევა. მემბრანის ჩაღუნვისას მილიმეტრის მეათედ ნაწილზეც კი ყამირის მასაში წარმოიქმნება განტვირთვის თაღები და სურათი არ შეესაბამება ნამდვილ პირობებს. ამას გარდა, წნევის ამთვისებელი მემბრანის მცირე ზომების გამო, დაკვირვებებზე დიდ გავლენას ახდენს ყამირის აგებულების ადგილობრივი თავისებურებანი, და მესსლოზებმა შეიძლება სრულიად მცდარი ჩვენება მოგვცენ.

დაბოლოს, მესსლოზები გვიჩვენებენ მხოლოდ ქანის ნორმალურ წნევას და უპასუხოდ სტოვებენ საკითხს ძალებზე, რომლებიც კუთხით არიან მიმართული მუდმივი სამაგრის ზედაპირისაკენ.

4. მთის წნევის განსაზღვრის სხვა მეთოდები

მთის წნევის განსაზღვრისათვის ბირბაუმერმა წარმოადგინა თავისი ხერხი, რომელიც ითვალისწინებს სამაგრებს შორის ხის საღებების მოთავსებას. საღებებად იყენებენ რბილი და მაგარი ჯიშის ხეებს სწორკუთხა ან მრგვალი კვეთით. საღებები ისეთნაირად თავსდება, რომ ხის თელვა ბოქკოების ვინივალ წარმოებს, რის გამო ისინი სამაგრებზე აღრე ითვლებიან. საღებების დეტორმაციის ინტენსიურობა წნევის სიდიდის მაჩვენებელია.



ნაქ. 98.

იგივე პრინციპი, მაგრამ მეორე კონსტრუქციით—რომლებიც ძელისებრი სოლების სახით მუდმივი სამაგრის სოლებს შორისაა მოთავსებული,—წარმოადგინა კოგლერმა. ორთავე ხერხი უხეში მიახლოებითია და მათი საშუალებით მიღებული დასკვნები არ შეიძლება მივიღოთ მუდმივი სამაგრის გაანგარიშების საფუძვლად.

აგრეთვე აღენიშნავთ ჰიდრაულიკური წნეხების პრინციპზე მომუშავე დინამომეტრულ დგარებს. წნევა იზომება ან მანომეტრით, რომელიც ამ შემთხვევაში წარმოადგენს ხელსაწყოს აუცილებელ ნაწილს, ან დანაყოფებიანი სკალით.

ასეთსავე ტიპებს ეკუთვნის დინამომეტრული დგარი რომელიც ნაჩვენებია 99-ე ნაკვეთზე.

ბოლო დროს წარმოდგენილია მთელი რიგი ელექტრული დინამომეტრები, რომელთა აღწერაც სპეციალურ კურსებშია¹ მოყვანილი.

§ 28. პასიური დაწოლა ან ქანის უკუწნევა

ზემოთ, მთის დაწოლის თეორიის განხილვის დროს, მოყვანილი იყო გვერდითი დაწოლის აღრიცხვისათვის ცალკე მკვლევარების ფორმულები. ყველა ამ ფორმულებს მხედველობაში აქვთ აქტიური დაწოლა ან ქანის წნევა კედელზე, და მათი უმრავლესობა გამოსახავს თეორიების ავტორთა სუბიექტურ აზრს. ამასთან ერთად, კულონის პრინციპის თანახმად, მოვლენები განიხილება ზღვრული წონასწორობის მდგომარეობაში, ე. ი. დაწოლის პრიზმის უძრავი მდგომარეობიდან მოძრავ მდგომარეობაში გადასვლის მომენტში.

დაუშვათ, რომ მუდმივი სამაგრის გვერდითი კედელი თალის განმბრჯუნის გავლენით ღებულობს გადანაცვლებას ქანის მხარეს. კედელი დააწევა ქანს და ეს უკანასკნელი წინააღმდეგობას გაუწევს ამ დაწოლას. ბუნებრივია, რომ დაწოლის ვადიდებათ, მისი განსაზღვრული მნიშვნელობის დროს ქანის ნაწილი გადააწევა რომელიღაც ზედაპირზე.

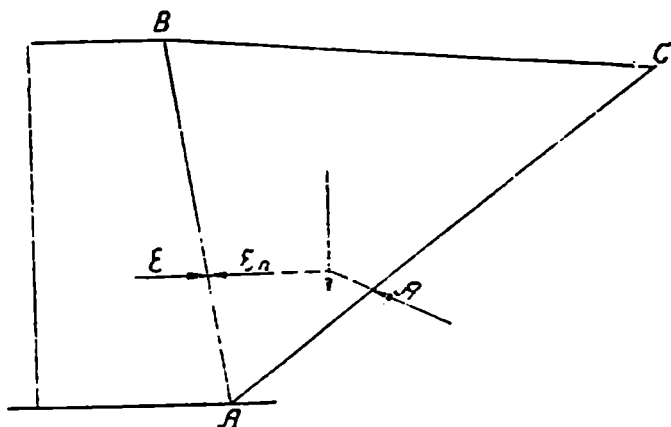
ქანის იმ წინააღმდეგობას, რომელიც დაძლეული უნდა იქნეს მისი ძვრის დაწყებისათვის, ეწოდება პასიური დაწოლა ან უკუწნევა. ქანის ძვრის დროს ის უნდა სრიალებდეს AC —სიბრტყეზე მარჯვნივ და დამწოლი AB კედლის უკანა

¹ იხ. მაგალითად, Н. Лазетни, Электрический способ измерения давления, Вып. 3, Сообщение 34, Государственный научно-экспериментальный институт со-оружения.

წახნაგზე ზევით (ნაკ. 100). პონსელეს ცნობილი აგების გამოსაყენებლად, ამ შემთხვევაში კედელი უნდა ჩაითვალოს ქანად, და ქანი კი კედლად, ე. ი. შიდა ხაზუნის ფ კუთხე უნდა ჩაითვალოს უარყოფითად. მაგალითად, თუ დავუშვებთ, რომ ქანის ზედაპირი თარაზულია, სამაგრის კედელი შვეული და ხაზუნი კედლის ზედაპირზე ნულის ტოლი, მაშინ უკუწნევის E_n სიდიდის გამოსახულებას, აქტიური დაწოლის გამოსახულების ანალოგიურად, ექნება სახე:

$$E_n = \frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right).$$

ამგვარად, პასიური დაწოლა ბევრად უფრო მეტია, ვიდრე აქტიური დაწოლა.



ნაკ. 100.

თუ მივიღებთ, რომ $\varphi = 30^\circ$, იგივე დანარჩენი პირობების დროს პასიური და აქტიური დაწოლების შეფარდება შეადგენს¹

$$\frac{E_n}{E} = \frac{\frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{30^\circ}{2} \right)}{\frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right)} = \frac{2,999}{0,333} \approx 9.$$

ქანების თვისების დამოკიდებულებით პასიური დაწოლის სიკარბემ აქტიურზე შეიძლება მიაღწიოს 35-ჯერს. ქანების ამ თვისებას—აწარმოონ დაწოლის მიმართ მეტი წინაღობა, ვიდრე თვითონ ანეითარებენ—შეუძლია მნიშვნელოვნად გაადიდოს მუდმივი სამაგრის მდგრადობა. მხოლოდ ამისათვის აუ-

¹ И. П. Прокофьев, Давление сыпучих тел и расчет подпорных стенок, Стройиздат Наркомстрой, М.—Л., 1940. стр., 52.

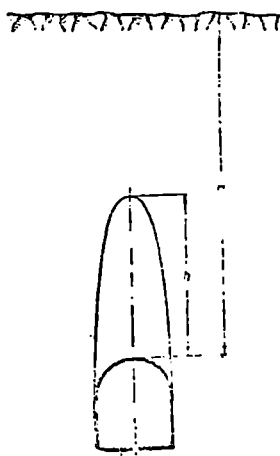
ცილებელია, რომ კედელი დაწოლას ახდენდეს ქანზე. ყველა პირობებში ანგარიშში შეიძლება შეყვანილი იქნეს პასიური დაწოლის მხოლოდ ნაწილი. მართლაც, პასიური დაწოლა წარმოადგენს თავის მხრივ კედლის ძრაობის წინააღმდეგობას, და ამიტომ კმედეგის და უკუკმედეგის ტოლობის პრინციპის თანახმად, პასიური ძალა წარმოიშვება მხოლოდ იმდენად, რამდენადაც კედელი დაწოლას ახდენს ქანზე. არაიშვიათად პასიური დაწოლის შესაქმნელად იღებენ სპეციალურ ზომებს, მაგალითად, მუდმივი სამაგრის შემოკუმშვას. ხსნარების სამაგრში ჩაჭირბუნის ერთ-ერთ მიზანს წარმოადგენს აგრეთვე ქანის უკუწნევის მოზღვიანება.

პასიური დაწოლის აღრიცხვის ხერხებზე ნათქვამი იქნება ქვემოთ.

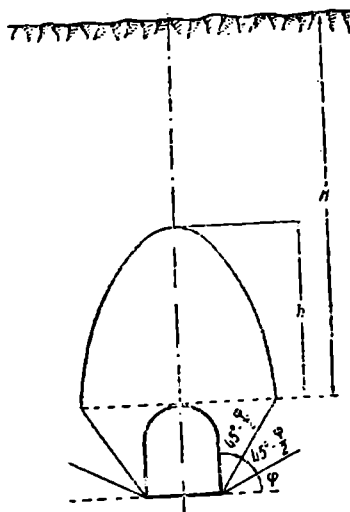
გვირაბის მუღმივი სამაგრიის ანგარიში

§. 29. დატვირთვითა სქემები და ანგარიშის ზოგადი პრინციპები

მთის წნევა გვირაბის სამაგრზე მოქმედებს მისი ღერძიდან ორივე მხარეს ან თანაბრად ან არათანაბრად. უკანასკნელ შემთხვევაში იქმნება ნაგებობის მუშაობის არასიმეტრიული პირობები. დატვირთვა სიმეტრიულია შემდეგ შემთხვევებში:



ნაკ. 101.



ნაკ. 102.

ა) გვირაბი მდებარეობს იმდენად ღრმად, რომ ჩამონგრევის თალი არ აღწევს დედამიწის ზედაპირს; მასივის შინაგანი წყობა საკმაოდ ერთგვაროვანია, და ქანების ჩაწოლის პირობები რიცხავენ ცალმხრივი დაწოლის წარმოშობის შესაძლებლობას (ნაკ. 101 და 102).

თითოეულ ამ ექვს სქემათაგანს შეიძლება ქონდეს ან არ ქონდეს წნევა გამოშვავების ძირის მხრიდან და, ამგვარად, შესაძლებელია მუდმივ სამაგრზე დატვირთვის თორმეტი სხვადასხვა შემთხვევა. გვირაბის შუდმივი სამაგრის ანგარიში სწარმოებს ორი პრინციპიდან ერთ-ერთის საფუძველზე:

ა) სამაგრის კედლები და თალი განიხილება ცალკე ისე, რომ კედლები ჩაითვლება არადრეკადად და უძრავად, თალი კი, როგორც დრეკადი სხეული, უძრავი საყრდენებით.

ბ) სამაგრის კედლები და თალი განიხილება ერთად ისე, რომ კედლები მიიღება როგორც არადრეკადი, მხოლოდ მხედველობაში მიიღება მომქმედი ძალების გავლენით ყამირის კუმშვით გამოწვეული მისი გადანაცვლება. თალი განიხილება, როგორც დრეკადი სხეული ქუსლებში დრეკადი ჩამაგრებით. კედლების მასალის დრეკადობის ჩათვლის დროს დამატებითი ქინვები, რომლებიც წარმოიწვევიან უკანასკნელთა დრეკადი დეფორმაციის გამო, უზნიშვნელოა და მათ ჩვეულებრივად მხედველობაში არ იღებენ.

ამ პრინციპებიდან პირველი გამოსაყენებელია შემდეგ პირობებში:

ა) თუ დატვირთვა თალიდან და გვერდითი კედლებიდან გადაეცემა ყამირს მხოლოდ საძირკვლის ძირზე და კედლების გარე ზედაპირებზე არ წარმოიშვება ყამირის არავითარი რეაქტიური ძალები. ამ პირობას ცოტაოდენი მიახლოებით აკმაყოფილებს დიდი სიმრუდის თალის სამაგრი.

ბ) თუ სამაგრის თალის ქუსლების კვეთები ჩჩებიან სრულიად უძრავი. ეს პირობა რეალიზებული იქნება მხოლოდ დრეკადი კუმშვის მეტად მაღალკოეფიციენტიან ზედმიწევნით მაგარ ქანებში.

სამაგრის ჩვეულებრივი მოხაზულობის და დრეკადი ჩაწოლის 200 კგ./სმ² კოეფიციენტებიან ქანების დროს აუცილებელია ყამირის რომელიმე დეფორმაცია კედლის უკან და თვით კედლების სათანადო გადანაცვლება (მათთან ერთად, საქუსლე კვეთებისაც). რაც ნაკლებია დრეკადი კუმშვის კოეფიციენტი, ბუნებრივია, მით მეტი იქნება მისი დეფორმაცია, და მაშასადამე, მეტი იქნება კედლების გადანაცვლება თალის ქუსლებთან ერთად. ამიტომაც საყრდენების გადანაცვლების მხედველობაში მიუღებლობა გვამლევს თალში ნამდვილთან შედარებით ძალზე შემცირებულ მლუნავი მომენტების მნიშვნელობას და, ამასთან ერთად, გაჩიდებულ მომენტებს და განიც ძალებს გვერდით კედლებში.

ამ მდგომარეობის გამო უკანასკნელ ხანებში უმეტესი გამოყენება მიეკუთვნება ანგარიშის მეორე პრინციპს. რომლის დროსაც სამაგრი განიხილება, როგორც მთლიანი უჭრი კონსტრუქცია, და გამოიკვლევა თალის, კედლების და ყამირის შეთავსებული დრეკადი მუშაობა. ამ მიმართულებით დიდი მუშაობაა ჩატარებული მოსკოვის მეტროპროექტის მიერ, რომელმაც მოგვცა სამაგრების ანგარიშის საკუთარი მეთოდიკა ყამირის დრეკადი წინალობის ჩათვლით.

უმეტეს შემთხვევაში გვირაბის თალი სიმეტრიული კეთდება. ნაშანაც კი, თუ სამაგრს მთლიანად აქვს არასიმეტრიული მოხაზულობა, რასაც ადგილი აქვს ზოგჯერ, როდესაც ერთ მხარეს ჰარბი დატვირთვა არსებობს. თალს აკეთებენ სიმეტრიულს და მხოლოდ გვერდითი კედლებს ექნება არაეგვარი ფორმა და სისქე. არასიმეტრიული თალი საგვირაბო პრაქტიკაში ძალზე

იშვიათი მოვლენაა, რადგანაც ამ დროს ჯერ ერთი, რომ რთულდება კონსტრუქცია, და მეორეს მხრივ, საკითხის ასეთი გადაწყვეტა არ ეთანადება ნაგებობის ეკონომიურობის პირობებს. სინამდვილეში თალქვეშა სივრცე, გვირაბის კვეთი სინათლეში, მისი ექსპლოატაციის პირობების მიხედვით ყოველთვის უნდა იყოს სიმეტრიული. არასიმეტრიული თალის შემთხვევაში გვიხდება გვირაბის პროფილის მნიშვნელოვნად გადიდება, რაც იწვევს მის ერთ ნახევარში გამოტეხის სიჭარბეს. აუცილებელ შემთხვევებში, თუ გვაქვს ცალ მხარეს მნიშვნელოვნად ჭარბი მთის წნევა, უფრო ხელსაყრელი ხდება თალის საერთო ზომების გადიდება სიმეტრიული მოხაზულობის შენარჩუნებით.

არასიმეტრიული თალის ანგარიში სწარმოებს იმავე საფუძვლებზე, რაც მოყვანილია ქვემოთ სიმეტრიული თალებისათვის, თუმცა აქ გაცილებით უფრო რთული საბოლოო ფორმულები მიიღება.

თალის ღერძითი ხაზის ხელსაყრელი მოხაზულობა, როგორც ცნობილია, იქნება ისეთი, რომლის დროსაც ეს ხაზი ყველა წერტილებში ემთხვევა წნევის მრუდს. ასეთი თალი იმუშავებს მხოლოდ კუმშვაზე და ქინვები კვეთებში იქნება:

$$\sigma = \frac{N}{b}.$$

ამ დროს სასურველია, რომ სახიფათო ნაქერებში მიღებული უდიდესი მუქუნავი ქინვები შეძლებისდაგვარად ტოლები იყვნენ.

საგვირაბო თალების მოხაზულობის შერჩევის მხრივ ამოცანა უფრო განსაზღვრულია, რადგან მთელი დატვირთვა მუდმივია; მხოლოდ გვიხდება ანგარიშის გაწევა გაბარიტული ზომების მოხაზულობაზე, რომლიდანაც ყოველი გადახრა დაკავშირებულია გამომომუშავების და სამაგრის მოცულობის გადიდებასთან. სხვა საინჟინერო, თავისუფალ სივრცეში აღმართულ ნაგებობათა თალებისგან განსხვავებით, ქანებით შემოსაზღვრული საგვირაბო თალების მოხაზულობის შეცვლა, იწვევს დამატებით ყამირის გამოღების აუცილებლობას.

გარდა ამისა, სამაგრის სხვადასხვა მოხაზულობის მრავალგვარობა იწვევს პრაქტიკულ უხერხულობას, სხვადასხვა ზომების მნიშვნელოვანი რიცხვის, ქარგილების არსებობას.

§ 40. საგვირაბო თალის ანგარიში საყრდენების უძრავობის დაშვებით

საგვირაბო თალის საანგარიშოდ სარგებლობენ საამშენებლო მექანიკაში საერთოდ ცნობილი საწყისებით.

ზევლაზე უფრო გავრცელებული სიმეტრიული დატვირთვის და თალის სიმეტრიული მოხაზულობის შემთხვევაში განივი ძალა კლიტეში ნულის ტოლია და სისტემა მხოლოდ ორჯერადი სტატიკურად შერკვევადია. განმბრჯენი ძალა კლიტის კვეთში მიმართულია ჰორიზონტალურად. კოორდინატთა სათავეს ვლებულობთ დრეკად ცენტრში, ე. ი. თალის დაყვანილ C —სიმძიმის ცენტრში, თალის ქუსლების ჩამკეტი ხაზიდან y_0 მანძილზე (ნაკ. 107).

თალს ვკრით სიმეტრიის შვეული სიბრტყით ორ ტოლ ნაწილად და განვიხილავთ მის ერთ ნახევარს. მეორე ნახევრის მოქმედების მაგეირ, დრეკად ცენტრში მოედებთ H —განმბრჯენს და M_x —მომენტს.

თალის განსახილველი ნაწილის დეფორმაციის დროს შინაგანი ძალების მუშაობის სრული გამოსახულება იქნება:

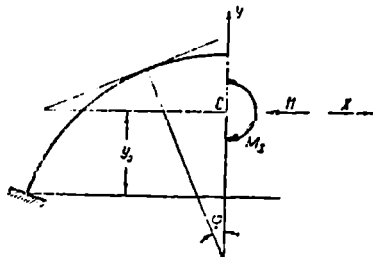
$$T = \int \frac{M^2}{EJ} ds + \int \frac{N^2}{EF} ds + \int \frac{Q^2}{GF} ds,$$

- სადაც M არის მლუნავი მომენტი თალის ნებისმიერ კვეთში;
 N —ნორმალური ძალა იმავე კვეთში;
 Q —განივი ძალა იქვე;
 E —დრეკადობის მოდული გაჭიმვის ან კუმშვის დროს;
 G —დრეკადობის მოდული ძვრის დროს;
 J —კვეთის ინერციის მომენტი;
 F —კვეთის ფართი.

ინტეგრირება ვრცელდება თალის მთელ ღერძზე, მაგრამ სიმეტრიულიობის გამო შემდეგში ინტეგრირება შეიძლება ვაწარმოოთ მისი ნახევრის ზღვრებში შედეგის შემდეგი გაორკეცებით.

ვინაიდან მხები ჰინეების გავლენა დეფორმაციის მუშაობაზე მეტად მცირეა, ამიტომ Q ძალა შეიძლება შედეგობაში არ მივიღოთ. მაშინ დეფორმაციის მუშაობა გამოისახება ფორმულით:

$$T = \int_0^{s/2} \frac{M^2 ds}{EJ} + \int_0^{s/2} \frac{N^2 ds}{EF}. \quad (14)$$



ნახ. 107.

აღვნიშნოთ M_0 -ით რომელიმე კვეთისათვის გარეგანი ძალების მომენტი, მაშინ ამ კვეთში მლუნავი მომენტი იქნება:

$$M = M_0 + M_x - H_y. \quad (15)$$

გრძივი (ნორმალური) ძალა გამოისახება ფორმულით:

$$N = H \cos \varphi + \sum P \sin \varphi; \quad (16)$$

სადაც P —არის თალის კლიტის კვეთსა და შვეულთან φ —კუთხის შემადგენელ კვეთს შორის ნაწილზე მომქმედი გარეგანი (აქტიური) ძალების ტოლქმედი.

თუ ავიღებთ კერძო წარმოებულებს სტატიკურად ურკვევ M_x და H პარამეტრებით T პოტენციალური ენერგიიდან და გაუტოლებთ ნულს, მივიღებთ:

$$\frac{\partial T}{\partial M_x} - \int_0^{s/2} \frac{M}{EJ} \cdot \frac{\partial M}{\partial M_x} ds + \int_0^{s/2} \frac{N}{EF} \frac{\partial N}{\partial M_x} ds = 0. \quad (17)$$

$$\frac{\partial T}{\partial H} - \int_0^{s/2} \frac{M}{EJ} \cdot \frac{\partial M}{\partial H} ds + \int_0^{s/2} \frac{N}{EF} \cdot \frac{\partial N}{\partial H} ds = 0. \quad (18)$$

ავილოთ მე-(15) და მე-(16) განტოლებების კერძო წარმოებულები, გვექნება:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial M_x} = +1; & \quad \frac{\partial N}{\partial M_x} = 0; \\ \frac{\partial M}{\partial H} = -y; & \quad \frac{\partial N}{\partial H} = \cos \varphi. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

ჩავსვათ მე-(17) და მე-(18) განტოლებებში წარმოებულების მნიშვნელობანი. მე-19 განტოლებიდან და M და N —მნიშვნელობები მე-(15) და მე-(16) განტოლებიდან; E -ზე შეკვეციით, მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} \int_0^{s/2} \frac{(M_0 + M_x - H_y)}{J} ds = 0; \\ - \int_0^{s/2} \frac{(M_0 + M_x - H_y)}{J} y ds + \int_0^{s/2} \frac{(H \cos \varphi + \Sigma P \sin \varphi)}{F} \cos \varphi ds = 0. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

ფრჩხილების გახსნით მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} M_x \int_0^{s/2} \frac{ds}{J} - H \int_0^{s/2} \frac{y}{J} ds + \int_0^{s/2} \frac{M_0 ds}{J} = 0; \\ - M_x \int_0^{s/2} \frac{y}{J} ds + H \int_0^{s/2} \frac{y^2}{J} ds - \int_0^{s/2} \frac{M_0 y}{J} ds + H \int_0^{s/2} \frac{\cos^2 \varphi}{F} ds + \\ + \int_0^{s/2} \frac{\Sigma P \sin \varphi \cos \varphi}{F} ds = 0; \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

ვინაიდან კოორდინატთა სათავე შერჩეული იყო C დრეკად ცენტრში, თალის სიმეტრიის ღერძზე, და სიმეტრიის ღერძი მიღებული იყო y -ების ღერძად, ამიტომ:

$$\int_0^{s/2} \frac{y ds}{J} = 0;$$

და (21)-ე—განტოლებები მიიღებენ სახეს:

$$M_z \int_0^{s/2} \frac{ds}{J} + \int_0^{s/2} \frac{M_0 ds}{J} = 0;$$

$$H \left[\int_0^{s/2} \frac{\gamma^2}{J} ds + \int_0^{s/2} \frac{\cos^2 \varphi}{F} ds \right] + \int_0^{s/2} \frac{\Sigma P \sin \varphi \cos \varphi}{F} ds - \int_0^{s/2} \frac{M_0 \gamma}{J} ds = 0.$$

ამ განტოლებათა ამოხსნით M_z და H -ის მიმართ, საბოლოოდ მივიღებთ გამოსახულებას სტატიკურად ურკვევადი სილიდებისათვის:

$$\left. \begin{aligned} M_z &= \frac{\int_0^{s/2} \frac{M_0}{J} ds}{\int_0^{s/2} \frac{ds}{J}} \\ H &= \frac{\int_0^{s/2} \frac{M_0 \gamma}{J} ds - \int_0^{s/2} \frac{\Sigma P \sin \varphi \cos \varphi}{F} ds}{\int_0^{s/2} \frac{\gamma^2}{J} ds + \int_0^{s/2} \frac{\cos^2 \varphi}{F} ds} \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

განმბრჯენის H მოდების წერტილის ექსცენტრისიტეტის e_0 მნიშვნელობა კლიტის კვეთის შუიდან იქნება:

$$e_0 = \frac{M_z}{H}.$$

წნევის მრუდის ექსცენტრისიტეტი თალის თითოეულ კვეთში იქნება:

$$e = \frac{M}{N}.$$

მხოლოდ ზოგიერთ უმარტივეს შემთხვევაში, მაგ. მუდმივი კვეთის პარაბოლურ და წრიულ თაღებში, ინტეგრირება სწარმოებს ადვილად. უმეტეს შემთხვევებში კი M_z და H —გამოსახვებში შემაჯალ ელემენტებს შორის რთული დამოკიდებულების გამო ინტეგრირება რთულდება.

ამიტომაც ინტეგრირებას, ჩვეულებრივად, ცელიან შეჯამებით, უფრო უკეთ, სიმპსონის ფორმულით.

შეჯამებით მიიღება:

$$\left. \begin{aligned} M &\approx \frac{\sum \frac{M_0}{J} \Delta S}{\sum \frac{\Delta S}{J}} \\ H &\approx \frac{\sum \frac{M_0 \nu}{J} \Delta S - \sum \frac{\sum P \sin \varphi \cos \varphi \Delta S}{F}}{\sum \frac{\nu^2}{J} \Delta S + \sum \frac{\cos^2 \varphi}{F} \Delta S} \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

ღერძითი ხაზი იყოფა სოლებად ΔS ტოლ სიგრძეებად. შეჯამების დროს სოლების ΔS სიგრძე იკვეცება.

თალის ცალკე სოლებზე მოქმედებენ შემდეგი ძალები:

ა) სამაგრის საკუთარი წონა—შვეული ძალები მოდებული სოლების სიმძიმის ცენტრში;

ბ) ქანის ვერტიკალური წნევა;

ვ) ქანის ჰორიზონტალური წნევა.

ქანის ვერტიკალური წნევა ტოლია:

$$h \cdot a \cdot \gamma,$$

სადაც h არის დამწოლი ქანის პრიზმის სიმაღლე ჩამონგრევის თალის მიმართული მრუდიდან (ან, გვირაბის არალრმა მდებარეობის შემთხვევაში, მიწის ზედაპირიდან) მოცემული სოლის შვეული გეგმილის შუამდე;

a —სოლის გარეგანი მიმმართავის თარზული გეგმილი;

γ —ქანის მოცულობითი წონა.

ჰორიზონტალური წნევა გამოითვლება განმბრჯენის ცნობილი ფორმულით:

$$E = \gamma \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) c \cdot h,$$

სადაც φ არის ქანის ბუნებრივი დახრის კუთხე;

c —სოლის გარეგანი მიმმართველის შვეული გეგმილი.

თალის წრიული მოხაზულობის დროს სოლების თარზული და შვეული გეგმილები გამოითვლება ფორმულებით:

$$a = R (\sin \psi_n - \sin \psi_{n-1});$$

$$c = R (\cos \psi_{n-1} - \cos \psi_n),$$

სადაც R არის თალის გარეგანი მიმმართველის რადიუსი;

ψ_n —შვეულსა და n -ური კვეთის მიმართულების შორის კუთხე.

ძაბვები წყობაში გამოითვლება არათანაბარი კუმშვის ფორმულით:

$$\sigma = \frac{N}{b \cdot 100} \left(1 + \frac{6 \cdot l}{b} \right) \text{კგ/სმ}^2,$$

სადაც b არის სათანადო კვეთის სისქე.

საგვირაბო თალის მალი, განსაკუთრებით ერთლიანდაგიანის შემთხვევაში, მნიშვნელოვნად ნაკლებია საშუალო და დიდი თაღოვანი ხიდების მალეებთან შედარებით. ამიტომაც აქ სრულიად დასაშვებია ანგარიშის ზოგიერთი გრაფიკული ხერხის გამოყენება; საჭიროა მხოლოდ რომ დიაგრამ-გრაფიკები აგებული იქნას დიდ მასშტაბში საკმარისი სიზუსტის უზრუნველსაყოფად. ამ თვალსაზრისით სრულიად მიზანშეწონილია სტატიკურად ურკვევადი პარამეტრების გამოსახულებებში შემავალ გარეგანი ძალების ყველა ფუნქცია განვსაზღვროთ გრაფიკულად. სიზუსტე, როგორც შეიძლება მიღებული იქნეს ასეთი გრაფიკული ხერხებით, ყოველთვის მეტი იქნება, ვიდრე წინასწარი მონაცემების სიზუსტე, რომელიც დამყარებულია მთელ რიგ პირობით დაწვებებზე.

ვისარგებლებთ რა მოყვანილი მეთოდით, საგვირაბო თალის ანგარიშს გაწარმოებთ შემდეგი მიმდევრობით:

1. გამოეთვლით ცალკე სოლებზე მოქმედ დატვირთვებს: ქანების საკუთარ წონას, შეეულ და თარხულ წნევას.

2. ამ წნევათა სიდიდეების გამოყენებით ვაგებთ თალის ალებულ ნახევრისათვის თოკის მრავალკუთხედს და ვპოულობთ გრაფიკულად ტოლქმედების სიდიდეებს და თითოეული კვეთისათვის სათანადო მხრებს.

3. ტოლქმედების და მათი მხრების ნაპოვნი სიდიდეებით გამოეთვლით თითოეული კვეთისათვის გარეგანი ძალების მომენტებს.

4. გამოეთვლით ინტეგრალების მნიშვნელობებს, რომლებიც დამოკიდებულია მუდმივი სამაგრის გეომეტრიულ ელემენტებზე და გარეგანი ძალების მომენტებზე.

5. ინტეგრალების ამ მნიშვნელობების საფუძველზე (22) ფორმულით მივალბთ სტატიკურად ურკვევად H და M_x პარამეტრების სიდიდეს.

6. ჩავწერთ გრაფიკულად დაწოლის მრუდს, რომლის მდებარეობა ყველა კვეთში ანალიზურად შემოწმდება.

7. გამოეთვლით ძაბვის თალის წყობაში, რისთვისაც გამოვიყენებთ არათანაბარი კუმშვის ფორმულას.

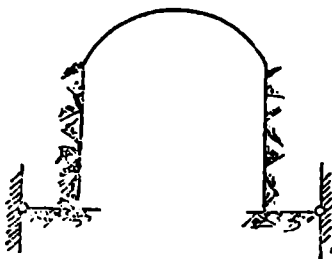
§ 11. საგვირაბო თალის ანგარიში საყრდენების დეფორმაციის გავლენის ჩათვლით

1. ანგარიში ს მეთოდი

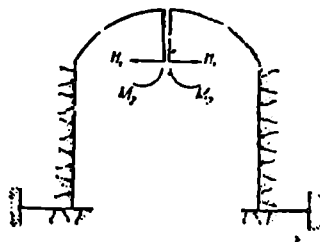
სარკინიგზო და საავტომობილო გვირაბებში შებრუნებული თალი ეწყობა ჩვეულებრივად უკანასკნელ რიგში კედლის და ზედა თალის წყობის გამაგრების შემდეგ. ამიტომაც შებრუნებული თალი არ იღებს მონაწილეობას კედლების და ზედა თალის დეფორმაციის პროცესში, რომელიც გამოწვეულია მთის წნევის ძალებით მუდმივი სამაგრის აშენების პერიოდში, და, მასასადამე, შეიძლება ანგარიშში შეყვანილი არ იქნეს. ამგვარად, საანგარიშო სქემა დაიყვანება მთის წნევის კონსტრუქციის საკუთარი წონით დატვირთულ (ნაკ. 108) კედლების და ზედა თალის სტატიკურად ურკვევად სისტემაზე.

სიმეტრიული დატვირთვის და თალის სიმეტრიული მოხაზულობის დროს განივი ძალა კლიტეში ნულია და სისტემა მხოლოდ ორჯერად სტატიკურად ურკვევადია. განმბრჯენი ძალა კლიტის კვეთში მიმართულია თარზულად.

ვჭრით თალს სიმეტრიის შვეული სიბრტყით ორ თანატოლ ნაწილად და ვიხილავთ მის ერთ ნახევარს (ნაკ. 109). მეორე ნახევარის მოქმედების საკომპენსაციოდ ვაჭრის ადგილას მოვდოთ სტატიკურად ურკვევადი სიდიდეები—განმბრჯენი H_1 და ზომენტი M_2 კლიტის კვეთში. ანგარიშის გასაადვილებლად გადავიტანოთ H_1 და M_2 ხისტი კონსოლების საშუალებით თალის ქუსლების ღონეზე.



ნაკ. 108.



ნაკ. 109.

ამგვარად, საანგარიშო სქემა ნაკ. 108-ის მიხედვით შეიცვლება ძირითად სტატიკურად რკვევად სისტემა (ნაკ. 109), რომელზედაც ნამდვილი სქემის შესანარჩუნებლად მოღებულია ზედმეტი უცნობები H_1 და M_2 .

მაშასადამე, ეს ძირითადი სქემა, დატვირთული ვარჯგაი ძალებით და H_1 და M_2 უცნობებით, იმუშავებს ისევე, როგორც ნამდვილი სტატიკურად ურკვევადი სისტემა.

მიღებული სტატიკურად ურკვევადი სიდიდეები დაკავშირებულია ერთიმეორესთან ძირითადი სისტემის დეფორმაციის შემდეგი კანონიკური განტოლებებით:

$$H_1 (\delta_{11} + \beta_{11}) + M_2 (\delta_{12} + \beta_{12}) + \delta_{10} + \beta_{10} = 0;$$

$$H_1 (\delta_{21} + \beta_{21}) + M_2 (\delta_{22} + \beta_{22}) + \delta_{20} + \beta_{20} = 0,$$

სადაც δ_{11} , δ_{12} , δ_{21} , δ_{22} , δ_{10} , δ_{20} არიან თალის გადანაცვლებანი, რომლებიც დამოკიდებულია მხოლოდ თვით თალის დრეკად დეფორმაციაზე;

β_{11} , β_{12} , β_{21} , β_{22} , β_{10} , β_{20} —გადანაცვლებანი, რომლებიც დამოკიდებულია მხოლოდ ყამირის დრეკად კუმშვაზე.

ინდექსები n და m გვიჩვენებენ: პირველი—რა მიმართულებით ხდება გადანაცვლება, მეორე—რომელი ძალის მოქმედების ქვეშ.

თალის ყველა δ_{nm} გადანაცვლებანი გამოითვლება ფორმულით:

$$\delta_{nm} = \int_0^s M_n M_m \frac{ds}{EJ} + \int_0^s N_n N_m \frac{ds}{E\omega} \approx \sum_0^s M_n M_m \frac{\Delta S}{EJ} + \sum_0^s N_n N_m \frac{\Delta S}{E\omega}.$$

კედლის გადანაცვლებათა განსაზღვრის ხერხები მოყვანილია ქვემოთ. თალის ანგარიში სწარმოებს შემდეგი სქემით.

1. განსაზღვრავთ კედლის გადანაცვლებას მისი ცალკე კონსტრუქციად განხილვით. გადანაცვლებას ვითვლით ყამირის დრეკადობაზე დამოკიდებულებით, როცა კედელზე მოქმედებს ერთეული ძალები: შვეული, თარზული, მომენტი და ყამირის აქტიური წნევა.

2. განსაზღვრავთ თალში გადანაცვლებას, რომელიც ხდება მხოლოდ ნახევარი თალის დრეკადობის გამო, როგორც მრუდე დამაგრებული ძელის.

3. ვადგენთ ძირითადი სტატიკურად რკვევადი სისტემის დეფორმაციის კანონიკურ განტოლებათა სისტემას. განტოლებათა ეს სისტემა უნდა შეიცავდეს როგორც გადანაცვლებებს, დამოკიდებულს ყამირის დრეკადობაზე, ისე გადანაცვლებას, დამოკიდებულს თალის დრეკადობაზე.

4. კანონიკურ განტოლებათა სისტემის გადაწყვეტით ვპოულობთ ზედმეტ უცნობებს. ამ უკანასკნელების ძირითად სტატიკურად რკვევად სისტემაზე შიშობის შემდეგ ვღებულობთ ნამდვილ სტატიკურად ურკვევად სქემას.

ამგვარად, თალის ანგარიში დაიყვანება სტატიკურად რკვევადი სისტემის ანგარიშზე, რომელზედაც მოქმედებს გარეგანი დატვირთვა და ნაპოვნი ზედმეტი უცნობები.

2. კედლის ერთეული ძალებით და გარეგანი დატვირთვით გამოწვეულ გადანაცვლებათა განსაზღვრა

გადანაცვლების განსაზღვრის დროს კედელი მიღებულია, როგორც ხისტი უცვლადი სხეული. დაიძვება, რომ კედლის ფუძე თარზული მიმართულებით არ გადანაცვლდება. ამ დროს წარმოშობილი თარზული ძალა N_1 (ნაკ. 110) დაიძლევა საძირკვლის ძირში სასუნაო და განმბრკენ-ტირანტებით მშენებლობის პროცესში, და ამენების შემდეგ—შებრუნებული თალით. კედლის A წერტილის ირგვლივ მობრუნების შესაძლებლობა და სათანადო გადანაცვლების სიდიდე დამოკიდებული იქნება ყამირის დამყოლობის უნარიანობის ხარისხზე.

1. $X_2 = 1$ ერთეული მომენტით გამოწვეული გადანაცვლება.

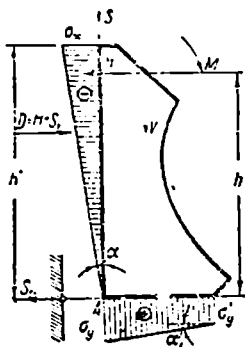
ერთგვაროვანი ქანები იქლევიან ძაბვების პირდაპირ პროპორციულ და დრეკადი კუმშვის კოეფიციენტის უკუპროპორციულ ჩაწევას. მაშასადამე კედლის ხისტ უცვლადი სხეულის დროს x და α_1 კუთხეები ტოლია (ნაკ. 111). ძაბვათა სამკუთხედების მსგავსობიდან შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\beta_{22} = \frac{\sigma_x}{k/h} = \frac{\sigma_y - \sigma_y'}{k \cdot b} = \frac{M_b}{k'f_b} \quad (24)$$

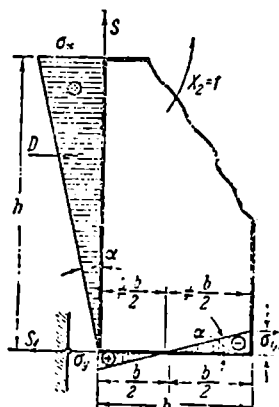
საძირკვლის ფუძის ცენტრის მიმართ ყველა გარე ძალების მომენტთა მთლიანი ტოლობის პირობიდან ვიღებთ:

$$1 - \frac{2}{3} kD - S \frac{b}{2} - M_b = 0, \quad (25)$$

სადაც β_{22} არის კელის გადანაცვლება;
 k —ყამირის დრეკადი კუმშვის კოეფიციენტი;
 M_b —ყამირის რეაქციის მომენტი საძირკვლის ძირზე;
 J_b —საძირკვლის ძირის ინერციის მომენტი.



ნაკ. 110.



ნაკ. 111.

დანარჩენი სიდიდეები ნაჩვენებია ნაკ. 111-ზე.

(24)-ე განტოლებიდან შეიძლება დავწეროთ:

$$\sigma_x = \beta_{22} k h \quad (26)$$

თუ ვისარგებლებთ (24)-ე და (26)-ე განტოლებებით, შეიძლება D , S და M_b გამოვსახოთ β_{22} -ით:

$$D = \frac{\sigma_x h}{2} = k \beta_{22} \frac{h^2}{2};$$

$$S = f \cdot D = f \cdot k \beta_{22} \frac{h^2}{2};$$

სადაც f ყამირის კედელზე ხახუნის კოეფიციენტი.

$$M_b = \beta_{22} k J_b = \beta_{22} \cdot k \frac{b^3}{12}.$$

თუ ჩავსვათ ნაპოვნი სიდიდეები (25)-ე განტოლებაში, გვექნება:

$$1 - \beta_{22} k \frac{h^3}{3} - f \beta_{22} k \frac{b h^2}{4} - \beta_{22} k \frac{b^2}{12} = 0. \quad (27)$$

უკანასკნელი გამოსახულებიდან ეპოულობთ ერთეული მომენტიჲ კედლის კუთხური გადანაცვლების სიდიდეს:

$$\beta_{22} = \frac{1}{k \left[\frac{h^3}{3} + f \frac{bh^2}{4} + \frac{b^3}{12} \right]} \quad (28)$$

გადანაცვლება, გამოწვეული ერთეული თარზული (განმბრჯენი) $X_1=1$ ძალით. წინა მსვლელობების ანალოგიურად მივიღებთ (ნაკ. 112):

$$\beta_{11} = \frac{\sigma_x}{k} = \frac{\sigma_y - \sigma'_y}{kb} \cdot h = \frac{hM_b}{kJ_b} \quad (29)$$

საძირკვლის ძირის ცენტრის მიმართ ყველა გარეგანი ძალების მომენტიჲ-ბის ჯამის ნულთან ტოლობის პირობიდან მივიღებთ:

$$1 \cdot h - \frac{2}{3} h l - S \frac{h}{2} - M_b = 0. \quad (30)$$

(29)-ე განტოლებიდან გვაქვს:

$$\sigma_x = h \frac{M_b}{J_b} = k \beta_{11}. \quad (31)$$

(29)-ე და (30)-ე განტოლებების დახმარებით D , S და M_b -ს გამოვსახაუთ β_{11} -ით:

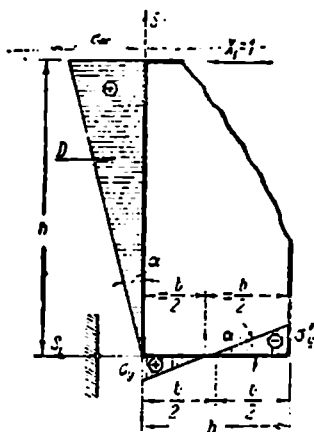
$$D = \frac{\sigma_x h}{2} = \beta_{11} k \frac{h}{2};$$

$$S = f D = f \beta_{11} k \frac{h}{2};$$

$$M_b = \beta_{11} k \frac{J_b}{h} = \beta_{11} k \frac{b^3}{12 h}.$$

თუ ჩავსვამთ ნაპოვნ სიდიდეებს (30)-ში გვექნება:

$$1 \cdot h - \beta_{11} k \frac{h^2}{3} - f \beta_{11} k \frac{bh}{4} - \beta_{11} k \frac{b^3}{12 h} = 0. \quad (32)$$



ნაკ. 112.

ამ გამოსახვიდან ეპოულობთ ერთეულ პორიზონტალური ძალით გამოწვეულ კედლის გადანაცვლების სიდიდეს:

$$\beta_{11} = \frac{h}{k \left[\frac{h^3}{3} + f \frac{bh}{4} + \frac{b^3}{12 h} \right]}.$$

თუ განტოლების მარჯვენა ნაწილის მრიცხველს და მნიშვნელს გავამრავლებთ h -ზე, მივიღებთ (28)-ე განტოლების მსგავს გამოსახვას:

$$\beta_{11} = \frac{h^2}{k \left[\frac{h^2}{3} + f \frac{bh^2}{4} + \frac{b^3}{12} \right]} \quad (33)$$

(28)-ე და (33)-ე განტოლებების შედარებით მივიღებთ, რომ

$$\beta_{11} = h^2 \beta_{22} \quad (34)$$

გეომეტრიული დამოკიდებულების მიხედვით შეიძლება აგრეთვე დავწეროთ:

$$\beta_{12} = \beta_{22} h = \beta_{21} \quad (35)$$

გადანაცვლება გამოწვეული $X_3=1$ ერთეული ვერტიკალური დატვირთვით. გადანაცვლება β_{33} შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც ორი გადანაცვლების ჯამი (ნაკ. 113):

$$\beta_{33} = \beta'_{33} + \beta''_{33}$$

სადაც β'_{33} არის გადანაცვლება $X_3=1$ ძალით გამოწვეული ყამირის თანაბარი ჩაწევის; β''_{33} — გადანაცვლება $M=1 \cdot e_0$ მომენტით გამოწვეული.

გადანაცვლება

$$\beta'_{33} = \frac{1-S}{k \cdot b}$$

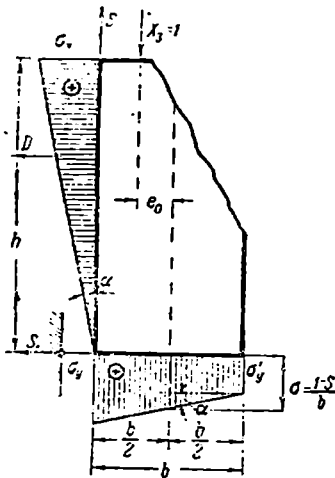
გადანაცვლება β''_{33} გამოითვლება წინანდებურად:

$$\beta''_{33} = \frac{\sigma_x}{kh} \cdot e_0 = \frac{M_b}{k \cdot J_b} \cdot e_0 \quad (36)$$

$$1 \cdot e_0 - \frac{2}{3} hD - S \frac{b}{2} - M_b = 0 \quad (37)$$

(36)-ე განტოლებიდან ვპოულობთ:

$$\sigma_x = k \beta''_{33} \frac{h}{e_0} \quad (38)$$



ნაკ. 113.

(36)-ე და (38)-ე განტოლებების გამოყენებით გამოვსახოთ D , S და M_b β''_{33} -ით:

$$D = \sigma_x \frac{h}{2} = \beta''_{33} k \frac{h^2}{2\epsilon_0};$$

$$S = fD = f\beta''_{33} k \frac{h^2}{2\epsilon_0};$$

$$M_b = \beta''_{33} k \frac{J}{\epsilon_0} = \beta''_{33} k \frac{b^3}{12\epsilon_0}.$$

ჩავსვათ მიღებული მნიშვნელობანი (37)-ში, გვექნება

$$1 \cdot \epsilon_0 - \beta''_{33} k \frac{h^2}{3\epsilon_0} - f\beta''_{33} k \frac{bh^2}{4\epsilon_0} - \beta''_{33} k \frac{b^3}{12\epsilon_0} = 0, \quad (39)$$

საიდანაც

$$\beta''_{33} = \frac{\epsilon_0}{k \left(\frac{h^2}{3\epsilon_0} + f \frac{bh^2}{4\epsilon_0} + \frac{b^3}{12\epsilon_0} \right)}.$$

თუ გაეამრავლებთ განტოლების მარჯვენა ნაწილის მრიცხველს და მნიშვნელს ϵ_0 -ზე მივიღებთ:

$$\beta''_{33} = \frac{\epsilon_0^2}{k \left(\frac{h^2}{3} + f \frac{bh^2}{4} + \frac{b^3}{12} \right)}. \quad (40)$$

თუ შევადარებთ (28)-ე და (40)-ე, დავინახავთ, რომ

$$\beta''_{33} = \beta_{33} \epsilon_0^2.$$

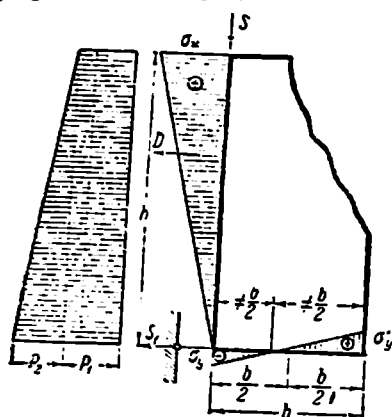
მაშასადამე

$$\beta_{33} = \beta'_{33} + \beta''_{33} = \frac{1-S}{k \cdot b} + \beta_{33} \epsilon_0^2. \quad (41)$$

გადანაცვლებათა შორის დამოკიდებულება საშუალებას გვაძლევს დავწეროთ შემდეგი:

$$\left. \begin{aligned} \beta_{23} &= \beta_{22} (1 \cdot \epsilon_0) = \epsilon_0 \beta_{22}; \\ \beta_{32} &= \beta_{22} \cdot \epsilon_0 - \frac{S}{bk} = \beta_{22} \epsilon_0 - \frac{f \cdot \beta_{22} kh^2}{2bk} = \beta_{22} \left(\epsilon_0 - \frac{fh^2}{2b} \right); \\ \beta_{13} &= \beta_{12} (1 \cdot \epsilon_0) = \epsilon_0 \beta_{12}; \\ \beta_{31} &= \beta_{32} (1 \cdot h) = h \beta_{32} \left(\epsilon_0 - \frac{fh^2}{2b} \right). \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

კედელზე ყამირის აქტიური დაწოლით გამოწვეული გადანაცვლება. ყამირის აქტიური დაწოლა გამოისახება ტრაპეციული ეპიურით, რომელიც შეიძლება დაიყოს ორ ნაწილად (ნაგ. 114):



ნაგ. 114.

სამკუთხა ეპიურისაგან

$$M_1 = P_2 \frac{h}{2} \cdot \frac{h}{3} = \frac{P_2 h^2}{6};$$

სწორკუთხა ეპიურისაგან

$$M_2 = P_1 \cdot h \cdot \frac{h}{2} = \frac{P_1 h^2}{2};$$

შეჯამებული ტრაპეციული ეპიურისაგან

$$M = M_1 + M_2 = \frac{P_2 h^2}{6} + \frac{P_1 h^2}{2} = \frac{h^2}{6} (P_2 + 3P_1).$$

გადანაცვლებათა შორის დამოკიდებულებების მიხედვით, შეგვიძლია განვსაზღვროთ კედლის გადანაცვლების სიდიდეები:

$$\beta_{10} = \beta_{12} M = \beta_{12} \frac{h^2}{6} (3P_1 + P_2) = \beta_{22} \frac{h^2}{6} (3P_1 + P_2); \quad (43)$$

$$\beta_{20} = \beta_{22} M = \beta_{22} \frac{h^2}{6} (3P_1 + P_2); \quad (44)$$

$$\begin{aligned} \beta_{30} = \beta_{22} M = \beta_{22} \frac{h^2}{6} (3P_1 + P_2) &= \beta_{22} \left(\epsilon_0 - \frac{f h^2}{2b} \right) \frac{h^2}{6} (3P_1 + P_2) = \\ &= \beta_{22} \frac{h^2}{6} (3P_1 + P_2) \left(\epsilon_0 - \frac{f h^2}{2b} \right). \end{aligned} \quad (45)$$

ა) ტრაპეციის სახის ეპიურად, რომლის სამკუთხა ნაწილი გამოისახავს კედლის სიმაღლის ზღვრებში მოქცეული ყამირის დაწოლას, და სწორკუთხა ნაწილი კი ყორეს ზღვრებში მოქცეული ყამირის დაწოლას. ამ დაწოლათა სიდიდეები არ არიან დამოკიდებული გვირაბის მდებარეობის სიღრმეზე;

ბ) სწორკუთხედის სახის ეპიურად, რომელიც გამოისახავს თალის ზემოთ მოქცეული ყამირის დაწოლას. ამ დაწოლის სიდიდე დამოკიდებულია გვირაბის მდებარეობის სიღრმეზე.

კედელზე აქტიური დაწოლის მომენტი ფუძის ძირის მიმართ გამოისახება ფორმულით:

გადანაცვლებებს სწორკუთხა და სამკუთხა ეპიურებით გამოვსახავთ იგივე ფორმულებით, თუ P_1 და P_2 გაუტოლებთ ნულს.

3. ზედმეტი უცნობების განსაზღვრა

თალის საანგარიშოდ ვყოფთ მას ლერძით ხაზზე თანატოლ ΔS სიგრძის სოლებად.

გამოვთვლით შემდეგ სიდიდეებს:

- ϵ —კვეთის სისქეს, რომელიც ნორმალურია თალის ლერძის ხაზის მიმართ;
- ω —ამ კვეთის ფართს;
- x და y —თალის კვეთების ცენტრების კოორდინატებს;
- a —სოლის გარეგანი მიმმართველის თარაზულ გეგმილს;
- c — „ „ „ „ „ შეუულ
- h —სოლის გარეგანი მიმმართველის შეველი, გეგმილის შუადან თალის შელი-გამდე მანძილს ვერტიკალზე.
- ψ —თალის კვეთის მიმართულებასა და შეუულს შორის კუთხეს;
- J —კვეთების ინერციის მომენტს თალის ლერძის ხაზის ნორმალურად;
- Q —სოლის წონას;
- P_2 —სოლზე მოთავსებულ ყორე წყობის წონას.
- P —სოლის ზევით დატვირთვის წონას—„ერთი მეტრი მიწის“;
- E_2 —სოლზე ყორე წყობის თარაზულ დაწოლას;
- E —ყამირის თარაზულ დაწოლას „ერთი მეტრი მიწის“ დატვირთვიდან;
- γ —ყამირის მოცულობითი წონას.

შემდგომ ანგარიშში აუცილებელია ცალკე მივხედოთ შემდეგნაირად:

- ა) თალის და კედლების საკუთარი წონის გავლენა;
- ბ) ყორე წყობის შეუული ძალების გავლენა;
- გ) „ „ თარაზული „ „
- დ) „ერთი მეტრი მიწის“ შეუული ძალების გავლენა;
- ე) „ „ თარაზული „ „

თუ ნახევარ თალს განვიხილავთ, როგორც მრუდე კონსოლიან ძელს, გამოვთვლით მლუნავე მომენტებს და ნორმალურ ძალებს.

ამის შემდეგ გამოვთვლით თალის δ_{11} გადანაცვლებას ერთეული ძალებისაგან და გარეგანი დატვირთვებისაგან, სადაც ეს გადანაცვლებანი δ_{11} , δ_{21} , δ_{12} = δ_{21} , δ_{10} და δ_{20} გადიდლებიან E -ჯერ.

შემდეგ განვსაზღვრავთ კედლის გადანაცვლებებს β_{22} , β_{11} და β_{12} თალის საქუსლე კვეთებში ერთეული ძალების მოქმედებით და გადანაცვლებებს β_{10} და β_{20} გარეგანი დატვირთვის მოქმედებით (თალის წონა + კედლის საკუთარი წონა).

კედლის ყველა ამ გადანაცვლებებს გამოვთვლით ზემომოყვანილი ფორმულებით და გავადიდებთ მათაც E -ჯერ. β_{10} და β_{20} გადანაცვლებათა გამოსათვლელად გავიყვებთ გვირაბის სამაგრის ნახევარზე მოქმედი გარე ძალების შესაბამის მომენტს კედლის საძირკვლის ძირის ცენტრის მიმართ.

გვეყენება რა ყველა ეს მონაცემები, განესაზღვრავთ H_1 და M_2 ზედმეტ უცნობებს.

H_1 და M_2 გამოსახვების მისაღებად $\frac{E}{k}$ — ფარდობასთან დამოკიდებულებით, ნივილოთ პირობით აღნიშვნა:

$$\beta_{nm} = \alpha_{nm} \frac{E}{k}.$$

ჩაესვათ ეს გამოსახულება კანონიკურ განტოლებაში და გადაეწყვიტოს H_1 და M_2 -ის მიმართ, მივიღებთ:

$$H_1 = \frac{\delta_{12}\delta_{20} - \delta_{10}\delta_{22} + (\delta_{11}\alpha_{20} + \delta_{20}\alpha_{11} - \delta_{10}\alpha_{22} - \delta_{22}\alpha_{10})\frac{E}{k} + (\alpha_{12}\alpha_{20} - \alpha_{10}\alpha_{22})\frac{E^2}{k^2}}{\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2 + (\delta_{11}\alpha_{22} + \delta_{22}\alpha_{11} - 2\delta_{12}\alpha_{12})\frac{E}{k} + (\alpha_{11}\alpha_{22} - \alpha_{12}^2)\frac{E^2}{k^2}};$$

$$M_2 = \frac{\delta_{12}\delta_{10} - \delta_{11}\delta_{20} + (\delta_{11}\alpha_{10} + \delta_{10}\alpha_{11} - \delta_{11}\alpha_{20} - \delta_{20}\alpha_{11})\frac{E}{k} + (\alpha_{10}\alpha_{12} - \alpha_{11}\alpha_{20})\frac{E^2}{k^2}}{\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2 + (\delta_{11}\alpha_{22} + \delta_{22}\alpha_{11} - 2\delta_{12}\alpha_{12})\frac{E}{k} + (\alpha_{11}\alpha_{22} - \alpha_{12}^2)\frac{E^2}{k^2}}.$$

ძაბვები წყობაში გამოითვლება არათანაბარი კუმშვის ფორმულით.

არასიმეტრიული დატვირთვის შემთხვევაში თალი ხდება სამჯერად სტატიკურად ურკვევადი, და ორ ზედმეტ უცნობს ემატება მესამე — განივი ძალა.

ამ შემთხვევაში კანონიკურ განტოლებებს შემდეგი სახე აქვთ:

$$H_1(\delta_{11} + \beta_{11}) + M_2(\delta_{12} + \beta_{12}) + V_3(\delta_{13} + \beta_{13}) + \delta_{10} + \beta_{10} = 0;$$

$$H_1(\delta_{21} + \beta_{21}) + M_2(\delta_{22} + \beta_{22}) + V_3(\delta_{23} + \beta_{23}) + \delta_{20} + \beta_{20} = 0;$$

$$H_1(\delta_{31} + \beta_{31}) + M_2(\delta_{32} + \beta_{32}) + V_3(\delta_{33} + \beta_{33}) + \delta_{30} + \beta_{30} = 0.$$

გამოსახვებს H_1 , M_2 და V_3 -ებისათვის ვლებულობთ იმავე გზით, როგორც ეს იყო ორჯერად სტატიკურად ურკვევადი სისტემის დროს.

§ 42. გვერდითი კედლების ანგარიში

ზენოთ ნაჩვენები იყო, რომ გვირაბის სამაგრის ანგარიშის დროს აუცილებელია ყამირის პასიური ძალის მხედველობაში მიღება. 1912 წ. კომერელმა მოგვცა კედლის შვეულ წახნაგზე რეაქტიული ძალების აღრიცხვის თავისი მეთოდიკა. დიდი ნაკლი ამ მეთოდისა გამოიხატება იმით, რომ კომერელი კედელს იხილავს თალის მუშაობის გარეშე. უფრო გვიან, პროფ. როზანოვმა კომერელის მეთოდში შეიტანა მნიშვნელოვანი დაზუსტებანი და შეავსო ის კედლის ფუძეზე ხახუნის ძალის ანგარიშში შეყვანით.

1. პასიური ძალები კომერელის მიხედვით

კომერელი საპიროდ თვლიდა შემდეგი პასიური ძალების მხედველობაში მიღებას:

ა) ყამირის თარზული პასიური განბრჯენა E_n კედლის უკანა წახნაგზე, რომელიც უდრის თალის დაწოლის თარზულ მდგენელს და მიმართულია მოწინააღმდეგე მხარეს (ნაკ. 115-ზე ეს ძალა ნაჩვენებია კედლის ზედა ნახევრის ზღვრებში დაშტრიხული სამკუთხედის სახით).

ბ) ყამირის ხახუნის ძალა S კედლის უკანა წახნაგზე. თუ ხახუნის კოეფიციენტი არის μ , მაშინ $S = \mu E_n$. კომერელი იღებს $\mu = 0,3$; ძალა S —მიმართულია ქვევიდან ზევით;

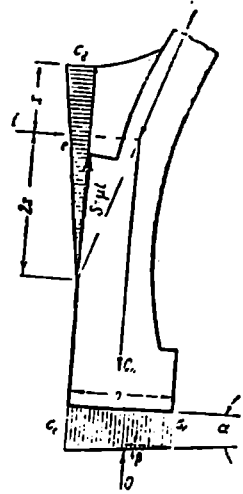
გ) საძირკვლის ძირში ყამირის შვეული რეაქცია Q , რომელიც უდრის სხვაობას

$$Q = Q_0 - S,$$

სადაც Q_0 არის აქტიური ძალების შვეული მდგენელი.

S —ხახუნის ძალა.

Q —რეაქცია ნაჩვენებია ნაკ. 115-ზე საძირკვლის მთელ სიგანეზე განაწილებულ დაშტრიხული ტრაპეციის სახით.



ნაკ. 115.

პასიური E_n დაწოლის მოდების წერტილის მდგომარეობა განიზღვრება შემდეგნაირად. დავუშვათ, რომ სამაგრის კედელი გარეგანი ძალების მოქმედებით მობრუნდა ქვედა უკანა წახნაგის გარშემო. თუ მივიღებთ კედელს უცვლელ სხეულად, მაშინ მისი უკანა წახნაგი და ძირი უნდა მობრუნდნენ ერთი და იგივე კუთხეზე და გამოიწვიონ ყამირის კუმშვა. მთის ქანებს თუ მივიღებთ ერთგვაროვნად, მაშინ კუმშვა პროპორციულია დაწოლის; მაშასადამე α და β . კუთხეები ტოლები იქნება. მაშინ სამკუთხედების მსგავსობიდან გვექნება:

$$\frac{\sigma_x}{3x} = \frac{\sigma_y - \sigma_f}{b}, \quad (46)$$

სადაც x არის მანძილი კედლის უკანა წახნაგის ძაბვათა სამკუთხედის სიმძიმის ცენტრიდან კედლის ფუძემდგე სმ-ში;

σ_x , σ_y და σ_f —სათანადოდ ძაბვები კვ/სმ²-ში,

b —კედლის სიგანე ძირზე.

ანგარიშს ვახდენთ კედლისათვის 100 სმ სიგრძეზე.

ყველა ძალების გვემილების ჯამის თარზულ სიბრტყეზე ნულთან ტოლობის პირობა მოგვცემს:

$$\frac{1}{2} \sigma_x \cdot 3 \cdot x \cdot 100 = E_n,$$

$$\sigma_x = \frac{E_n}{150x} \quad (47)$$

(46)ე და (47)ე განტოლებებიდან გვაქვს:

$$3x \frac{\sigma_e - \sigma_f}{b} = \frac{E_n}{150x},$$

$$\frac{\sigma_e - \sigma_f}{b} = \frac{E_n}{450x^2}$$

საიდანაც

$$x = \sqrt{\frac{b \cdot E_n}{450(\sigma_e - \sigma_f)}} = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{2 b E_n}{\sigma_e - \sigma_f}} \quad (48)$$

ძაბვები σ_e , σ_e და σ_f არ უნდა აღემატებოდნენ მოცემული ყამირებისათვის დასაშვებ წნევებს.

როგორც ჩანს (48)-დან x —მანძილი დამოკიდებულია $\sigma_e - \sigma_f$ სხვაობაზე, ე. ი. წნევის ფუძეზე განაწილებაზე. ამ წნევის განაწილების დროს კომერელი უშვებს, რომ საყრდენი წნევის მოდების წერტილი ემთხვევა კედლის ძირზე მოდებულ, პასიური რეაქციების ჩაუთვლელად, აგებულ წნევის მრუდთან. გადაკვეთის წერტილს. ასეთი დაშვება თვითნებურია და არასწორი.

2. პასიური ძალები როზანოვის მიხედვით

პროფ. როზანოვს, გარდა E_n , S და Q —ძალებისა, ანგარიშში შეყავს კიდევ საძირკვლის ძირზე ხახუნის S_1 —ძალა.

კომერელის მიერ ამ ძალის მხედველობაში მიუღებლობა გვაძლევს კედლის გადიდებულ სიდიდეს.

ანკვარად გვექნება შემდეგი პასიური ძალები (ნაკ. 116).

ა) ხახუნის ძალა კედლის უკანა წახნაგზე, $S = \mu_1 E_n$ და, მიმართული შვეულად ქვევიდან ზევით.

ბ) ხახუნის ძალა S_1 საძირკვლის ძირზე. მიმართული თარზულად; ამ ძალის სიდიდე უცნობია, მაგრამ ყოველთვის

$$S_1 \leq \mu_1 Q,$$

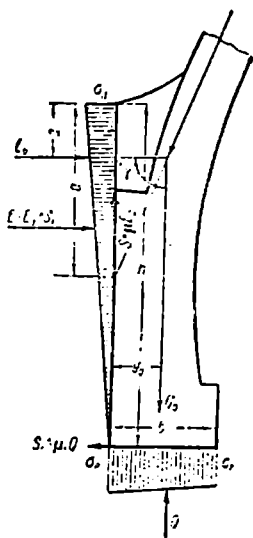
სადაც μ_1 არის საძირკვლის წყობის ყამირთან ხახუნის კოეფიციენტი, $Q = Q_0 - S$ —ყამირზე შვეული წნევა საძირკვლის ძირზე.

გ) ყამირის პასიური განბრჯენა კედლის უკანა წახნაგზე $E_n = E_n \pm S_2$; ეს ძალა მიმართულია თარზულად, და ნიშანი იცვლება S_1 —ხახუნის ძალის მიმართულებასთან დამოკიდებულებით. E_n ძალის მოდების წერტილი უცნობია,

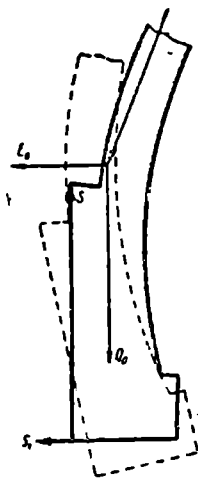
დ) კედლის საძირკვლის ძირზე ყამირის Q —რეაქცია; ეს ძალა მიმართულია შვეულად, მაგრამ მოდების წერტილი უცნობია.

კედლის უკანა ქვედა წახნაგის ირგვლივ მობრუნების დროს (ნაკ. 116) S_1 —ხახუნის ძალა წინააღმდეგობას გაუწევს საძირკვლის გადანაცვლებას გვი-

რაბის შიგნით. სანამ S_1 —ძალა არ შიადწევს $\mu_1 Q$ —შნიშვნელობას, საძირკველს არ შეუძლია გადანაცვლება გვირაბის შიგნით. გადანაცვლება არ იქნება იმ შემთხვევაშიც, როცა არსებობს კედლებს შორის განმბრჯენები შებრუნებული თალის სახით. ან სპეციალური ხის კონსტრუქცია—ტირანტი; ამ შემთხვევაში კედელს შეუძლია მხოლოდ ჩაიწიოს ქვევით და უფრო ძლიერად შეკუმშოს ცამირი საძირკვლის უკანა ნახევარზე და კედლის მთელ სიმაღლეზე, როგორც ეს ნაჩვენებია ნაკ. 117-ზე.



ნაკ. 116.



ნაკ. 117.

კომერელის მიხედვით კი გამოდის, რომ კედლის საძირკველი განიცდის გვირაბის შიგნით გადაადგილებას.

სამკუთხედების მსგავსობიდან გვაქვს (ნაკ. 116)

$$\frac{\sigma_d}{h} = \frac{\sigma_e - \sigma_f}{b} \quad (49)$$

სტატიკის ძირითადი განტოლებების გამოყენებით ნაკ. 116-ის შემთხვევისათვის შევადგენთ 100 სმ სიგრძის კედლის საანგარიშოდ შემდეგ განტოლებებს:

$$\frac{1}{2} \sigma_d h \cdot 100 = E_0 + S_1 = E_n; \quad (50)$$

$$\frac{1}{2} (\sigma_e + \sigma_f) b \cdot 100 = Q_0 - S = Q; \quad (51)$$

$$y_0 = (a-x) \text{ctg} \gamma = (a-x) \frac{E_0}{Q_0} \quad (52)$$

$$y_0 = \frac{b}{3} \frac{Q}{Q_0} \left(1 + \frac{\sigma_f}{\sigma_e - \sigma_f} \right) \quad (53)$$

E —ძალის კედლის უკანა წახნაგთან გადაკვეთის წერტილის მიმართ ყველა ძალის მომენტების ჯამი ნულის ტოლია და ამიტომაც გვექნება კიდევ ერთი განტოლება:

$$S_1 \frac{2h}{3} = E_0 \left(\frac{h}{3} - x \right) \quad (54)$$

სათანადო გარდაქმნებით მივიღებთ ექვს განტოლებას ექვსი უცნობით

$\sigma_d, \sigma_e, \sigma_f, x, y_0$ და S_1 :

$$\sigma_d = \frac{E_0 + S_1}{50h}; \quad (55)$$

$$\sigma_e + \sigma_f = \frac{Q}{50b}; \quad (56)$$

$$\sigma_e - \sigma_f = \frac{b}{h} \sigma_x; \quad (57)$$

$$y_0 = (a-x) \frac{E_0}{Q_0} \quad (58)$$

$$y_0 = \frac{b}{3} \frac{Q}{Q_0} \left(1 + \frac{\sigma_f}{\sigma_e + \sigma_f} \right) \quad (59)$$

$$S_1 = E_0 \frac{(h-3x)}{2h} \quad (60)$$

ამ განტოლებათა x -ის მიმართ გადაწყვეტით მივიღებთ:

$$x = \frac{h [2h^2 (2E_0 a - Qb) + b^3 E_0]}{E_0 (4h^2 + b^3)}.$$

გვეცოდინება რა x , გავიგებთ დანარჩენ უცნობებსაც. σ_d, σ_e და σ_f ძაბვები არ უნდა აღემატებოდეს ყამირზე დასაშვებ წნევას.

როზანოვის ამოხსნებს შემდეგი ნაკლი აქვს:

ა) განმზრჯენი ძალა შეიყვანება ფორმულებში იმ დაშვებით, რომ თაღის საქუსლე კვეთები აბსოლუტურად უძრავია.

ბ) ყამირის წინაღობის კოეფიციენტები შვეული და თარზული მიმართულებით ფაქტიურად იგივე ხდებიან.

3. ანგარიშის მეთოდი

როგორც აღნიშნული იყო ზემოთ, სამაგრის ანგარიში კედლისა და თა-
ლის ცალ-ცალკე განხილვით შეიძლება გამართლებული იქნეს მხოლოდ იშ-
ვითად—ან ძლიერ აწეული თაღების შემთხვევაში ან ძალზე მაგარი ქანების
შემთხვევაში, რომელთაც დრეკადი კუმშვის მალალი კოეფიციენტი აქვთ.
დანარჩენ შემთხვევებში მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის გარემოება,
რომ თაღის განმბრჯენი ძალის გავლენით ქვის კედლები ყამირის დრეკადო-
ბის გამო მობრუნდებიან გვირაბიდან გარეთ. ამ მობრუნების დროს, ჯერ
ერთი, კედლის უკანა გვერდზე წარმოიშობა რეაქტიური ძალები (პასიური
წინალობა), და მეორეც; საყრდენთა ურთიერთ გაწვევის გამო, მცირდება თა-
ლის განმბრჯენი ძალა. ამიტომ ყამირის პასიური წინალობის ჩათვლასთან
ერთად აუცილებელია მხედველობაში მიღებული იქნას ის, რომ თაღის გან-
მბრჯენი ძალა, რომელიც გადაეცემა კედლებს, ფაქტიურად ნაკლები იქნება
იმ განმბრჯენ ძალაზე, რომელიც მიიღებოდა აბსოლუტურად უძრავი საყრდ-
ნების შემთხვევაში. ამ გარემოების მხედველობაში მიუღებლობა ანგარიშის
დროს გვაძლევს კედელში გადიდებულ შინაგან ძალებს და მის ზედმეტად
დიდ ზომებს. მაშასადამე ამ შემთხვევებში, როცა სამაგრის მოხაზულობის და
ქანის სიმაგრის ხარისხის გამო მოსალოდნელია კედლების გადანაცვლება,
აუცილებელია ანგარიშის დროს მხედველობაში მივიღოთ თაღის გავლენაც.

კედლების ანგარიშს ვახდენთ შემდეგ ძალებზე: საკუთარ წონაზე, ყორე-
წყობის წონაზე და მიწის დაწოლაზე. ანგარიშის გასაადვილებლად მიღე-
ბულია მოქმედი წნევების პირობითი დანაწილება ორად:

ა) მუდმივ წნევად—თაღის საკუთარი წონის, კედლების წონის და ყორე-
წყობის წონის სახით.

ბ) დროებითი წნევად—მიწის დაწოლის სახით. სინამდვილეში ყველა
ეს წნევები მოქმედების ხასიათით მუდმივია, და ეს დანაწილება - პირობით
მიღებულია ამოცანის მათემატიკური გაფორმების გასაადვილებლად.

ანგარიში მუდმივ და ტვირთვაზე. კედელზე მოქმედებენ:

ა) განმბრჯენი ქუსლში

$$H_0 = H - E,$$

სადაც H არის ყამირის რეაქტიური წნევა კედლის უკანა წახნაგზე;

E —ყორე-წყობის თარხული დაწოლა, რომელიც მოქმედებს განმბრჯენის
საწინააღმდეგო მიმართულებით;

ბ) შეეული მდგენელი

$$Q_0 = Q_{თარ} + Q_{ყორე} + \Sigma P_i;$$

გ) მომენტი თაღის ქუსლში

$$M = M_x;$$

დ) ნორმალური ძალა, თაღის ქუსლში

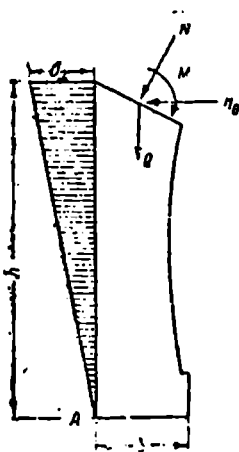
$$N = N_x.$$

ექსცენტრისიტეტი ქუსლში შეადგენს:

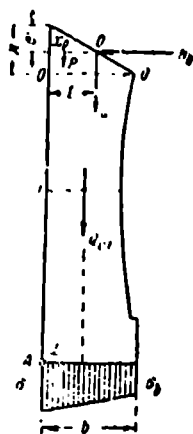
$$e = \frac{M}{N}.$$

კედლის ძირიდან აქტიური ძალების ტოლქმედის კედლის გარეგან წახნაგთან გადაკვეთამდე მანძილი ტოლია:

$$d = \frac{\Sigma M}{H_0};$$



ნაკ. 118.



ნაკ. 119.

სადაც ΣM — არის ყველა აქტიური ძალების მომენტი A წერტილის მიმართ (ნაკ. 118):

$$\Sigma M = -H_0(l - e) + Q \cdot l + Q_{30} x.$$

უკანასკნელ გამოსახულებაში:

h — არის კედლის გვერდითი წახნაგის სიმაღლე;

x — კედლის წონის ტოლქმედიდან მის გარეგან წახნაგამდე მანძილი, რომელიც უდრის კედლის წონის ყველა ძალების სტატიკური მომენტის ფარდობას კედლის წონასთან.

მნიშვნელობები e' და l ნაჩვენებია ნაკ. 119.

ყამირის რეაქტიური წნევის სიდიდე კედლის უკანა წახნაგზე გამოისახება ფორმულით:

$$H = \frac{6 H_0 d + 3 Q_0 b}{4 h + 3 b \mu + h^2};$$

სადაც b არის კედლის უდიდესი სიგანე ფუძეზე;
 $\mu = 0,3$ წყობის ყამირზე ხახუნის კოეფიციენტი.
 ყამირის შვეული რეაქცია კედლის ძირზე იქნება:

$$Q = Q_0 - H_0 \mu.$$

დაშტრიხული სამკუთხედის ფართიდან გვექნება:

$$H = \frac{\sigma_x h}{2},$$

საიდანაც

$$\sigma_x = \frac{2H}{h}.$$

გვექნება რა σ_x მნიშვნელობა, გავიგებთ ყამირში ძაბვებს:

$$\sigma_a = \frac{Q}{b} + \frac{\sigma_x b}{2h};$$

$$\sigma_b = \frac{Q}{b} - \frac{\sigma_x b}{2h}.$$

ამის შემდეგ შევამოწმებთ ძაბვებს კედლის წყობაში. ყამირის ძაბვა კედლის გარე წახნაგზე $0-0$ კვეთის სიბრტყეში იქნება:

$$\sigma_0 = \sigma_x \frac{h-k}{h},$$

სადაც k არის $0-0$ კვეთიდან კედლის ზედა ნაპირამდე მანძილი.

მიწის გვერდითი წნევა კედლის ზედა ნაწილის ერთ გრძივ მეტრზე ტოლია:

$$E_0 = \frac{\sigma_x + \sigma_0}{2} k.$$

E_0 -დან $0-0$ კვეთამდე მანძილი იქნება:

$$a_0 = \frac{k}{3} \frac{2\sigma_x + \sigma_0}{\sigma_x + \sigma_0}.$$

კედლის ქვევით მდებარე ნაწილის გარე წახნაგზე ხახუნი ტოლია:

$$S_0 = \mu E_0.$$

კედლის ზედა ნაწილზე მომქმედი ყველა ძალების მომენტების ჯამი 0 კვეთის შუა ადგილის მიმართ ტოლია:

$$M_0 = S_0 \frac{b_0}{2} + E_0 a_0 + Q_1 \left(l - \frac{b_0}{2} \right) - P_0 \left(\frac{b_0}{2} - x_{P_0} \right) - H_0 (k - l').$$

კედლის ზედა ნაწილზე მოქმედი ძალების შვეული მდგენელი:

$$N_0 = Q + P_0 + S_0.$$

ექსცენტრისიტეტი:

$$e_0 = \frac{M_0}{N_0};$$

ძაბეები წყობაში:

$$\sigma_{\text{მაკ}} = \frac{N}{b_0} \left(1 + \frac{6e_0}{b_0} \right);$$

$$\sigma_{\text{მარ}} = \frac{N}{b_0} \left(1 - \frac{6e_0}{b_0} \right);$$

ანგარიში დროებითი დატვირთვაზე სწარმოებს ანალოგიურად. შავრამ გამოყენების გასაადვილებლად მოგვეყავს სრულად.

კედელზე მოქმედებენ:

ა) თალის განმბრჯენი ძალა ქუსლში

$$H_0 = H - E,$$

სადაც E არის მიწის თარზული წნევა:

ბ) ქანის წონის Q_0 შვეული მდგენელი;

გ) თალის ქუსლში მოქმედი მომენტი

$$M = M_x;$$

დ) თალის ქუსლში ნორმალური მდგენელი

$$N = N_x.$$

კედლის ძირიდან აქტიური ძალების ტოლქმედის კედლის გარე წახნაგთან გადაკვეთამდე მანძილი ტოლია:

$$d = \frac{\sum M}{H_0};$$

სადაც

$$\sum M = -H_0 x (h - e') + Q_0 l.$$

ყამირის რეაქტიური დაწოლის სიდიდე კედლის უკანა წახნაგზე:

$$H = \frac{6 H_0 d + 3 Q_0 b}{4 h + 3 b \mu + \frac{b^3}{h^2}}.$$

ყამირის შვეული რეაქცია კედლის ძირზე:

$$Q = Q_0 - H \mu.$$

დატრიახული სამკუთხედის ფართიდან (ნაკ. 118) გვაქვს:

$$H = \frac{\sigma_x h}{2},$$

საიდანაც

$$\sigma_z = \frac{2M}{h}$$

გვექნება რა σ_x მნიშვნელობა, ვირკვეთ ძაბვებს ყამირში:

$$\sigma_a = \frac{Q}{b} + \frac{\sigma_x b}{2h};$$

$$\sigma_b = \frac{Q}{b} - \frac{\sigma_x b}{2h}.$$

ვამოწმებთ ძაბვებს კედლის წყობაში იგივე 0—0 კვეთში.

ყამირის ძაბვა კედლის გარე წახნაგზე 0—0 კვეთის სიბრტყეში იქნება:

$$\sigma_0 = \sigma_x \frac{h-k}{h}.$$

კედლის ზედა ნაწილის ერთ გრძივ მეტრზე გვერდითი წნევა:

$$E_0 = \frac{\sigma_x + \sigma_0}{2} k.$$

მანძილი E_0 -დან 0—0-კვეთამდე:

$$a_0 = \frac{k}{3} \frac{2\sigma_x + \sigma_0}{\sigma_x + \sigma_0}.$$

კედლის ქვედა ნაწილის გარე წახნაგზე ხახუნი:

$$S_0 = \mu E_0.$$

კედლის ზემოთა ნაწილზე მომქმედი ყველა ძალების მომენტი, 0—0-კვეთის მიმართ:

$$M_0 = S_0 \frac{b_0}{2} + E_0 a_0 - H_0 (k-c) + Q_0 \left(t - \frac{b_0}{2} \right).$$

კედლის ზედა ნაწილზე მომქმედი ძალების შვეული მდგენელი:

$$N_0 = Q_0 - S_0.$$

ექსცენტრისიტეტი:

$$e_0 = \frac{M_0}{N_0}.$$

ძაბვები წყობაში:

$$\sigma_{\text{ინტაგ}} = \frac{N_0}{b_0} \left(1 + \frac{6e_0}{b_0} \right).$$

$$\sigma_{\text{აინ}} = \frac{N_0}{b_0} \left(1 - \frac{6e_0}{b_0} \right).$$

მუდმივი და დროებითი დატვირთვებით მიღებული ძაბვები შემდეგ უნდა შეეჯამოს.

§ 43. რგოლური მოხაზულობის სამაგრის ანგარიში ქანის დრეკად რეკონსტრუქციის ჩათვლით 1)

რგოლის დრეკად არეში მუშაობის რთული საკითხის გასამარტივებლად მრუდი შეგვცვალოთ ტეხილი ხაზით. ამოცანის გადაწყვეტის სიზუსტე დამოკიდებული იქნება ტეხილის გვერდების. რაოდენობაზე, ე. ი. ამ ტეხილის მრუდთან დაახლოების ხარისხზე. ქვევით მოგვყავს წრიული მოხაზულობის სამაგრის ანგარიში, რომელსაც ყველა ჩაკეტილ კონტურებიდან ყველაზე უპირატესი გამოყენება აქვს. სხვა მოხაზულობის სამაგრის საანგარიშო ფორმულების გამოყენება წარმოებს ანალოგიურად.

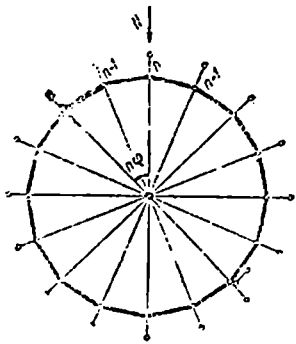
ყველა მომქმედი განაწილებული დატვირთვები, როგორც აქტიური, ისე პასიური, მიღებულია როგორც შეჯგუფული, მოღებული სწორხაზოვანი უბნების გადაკვეთის წერტილებში.

ვიხილავთ რგოლის ორ შემთხვევას დრეკად არეში.

- ა) დრეკადი არე მთელი წრის პერიმეტრზე;
- ბ) დრეკადი არე წრის პერიმეტრის ნაწილზე.

1. დრეკადი არე მთელი წრის პერიმეტრზე

წრეს გველით წესიერი n გვერდებიანი მრავალკუთხედით და მის წვეროებზე მოვდებთ იმავე n რაოდენობის რადიალურად მიმართულ დრეკად



ნაკ. 120.

N რეაქციებს. ეს რეაქციები იკვეთებიან ერთ წერტილში — ცენტრში, და სისტემას შეუძლია ამ ცენტრის გარშემო ბრუნვა, ე. ი. მას ექნება თავისუფლების ერთი ხარისხი. სისტემის დასამაგრებლად შეგვყავს თარხულად მიმართული ღერო, რომელიც მოღებულია მრავალკუთხედის ქვედა წერტილზე (ნაკ. 120). სიმეტრიული დატვირთვისა და სისტემის სიმეტრიული მოხაზულობის შემთხვევაში ძალა ამ ღეროში ნულის ტოლია და მასში საჭიროება უქმდება.

ძირითად სისტემად ვიღებთ სახსრულ ჯაჭვს. თითოეულ სახსარში წონასწორობის ორი პირობის არსებობის დროს გვაქვს ორი ნორმალური ძალა გადაშვეთ ღეროებში და

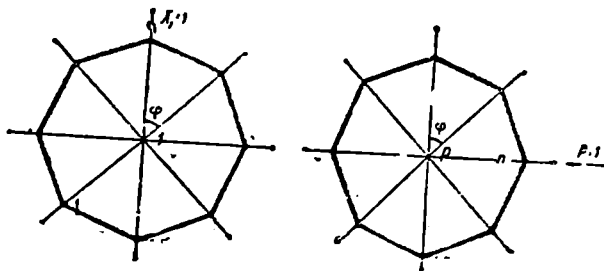
ერთი საყრდენი რეაქცია, ასე, რომ მიღებული ძირითადი სისტემა ერთჯერად სტატიკურად ურკვევიალია. სისტემის ღეროების საერთო რაოდენობაა $m = 2n + 1$.

1) რგოლური მუშაობის საკითხი დრეკად არეში დამუშავებულია მოსკოვის მეტროპროექტის მიერ, რომელმაც მოგვცა დიფერენციალური განტოლებების ხუსტ გადაწყვეტასთან ერთად, აგრეთვე, ანგარიშის მიახლოებული პრაქტიკული მეთოდი. ჩვენ მოგვყავს მხოლოდ პრაქტიკული მეთოდი, რადგანაც საკითხის ხუსტი გადაწყვეტა ერთის მხრივ ძალზე რთულია და მეორეს მხრივ მას აქვს წმინდა აკადემიური მნიშვნელობა.

საქ სახსრების რიცხვია n . სტატიკურად ურკვევად სიდიდებად ვლებულობრ მღუნავ მომენტებს, რომელთა განსაზღვრისათვის საჭიროა შევადგინოთ დრეკადობის n —განტოლება. მოვლოთ ძირითადი სისტემის n -ურ სახსარს შეყურსული რადიალური $P=1$ ძალა. უცნობ სიდიდედ მივიღოთ 1 სისტემის სახსარში საყრდენ ღეროს ძალა (ნაკ. 121).

დრეკადობის განტოლება იქნება:

$$\delta_{11} X_1 + P \delta_{1P} = 0.$$



ნაკ. 121.

1—სისტემის ღეროებში ნორმალური ძალები მუდმივია და გამოითვლება $X_1=1$ ძალის დაშლით ორ გადამკვეთი ღეროს მიმართულებებზე:

$$\bar{S}_i = \frac{1}{2 \sin \frac{\varphi}{2}}.$$

1—სისტემის ნებისმიერი კვანძის წონასწორობის განხილვა მოგვცემს:

$$\bar{N}_i = 2\bar{S}_i \sin \frac{\varphi}{2} = 1.$$

მეორე მდგომარეობის n სახსარში მოქმედი $P=1$ ძალა სისტემაში არაერთარ ძალვას არ იწვევს და აითვისება მთლიანად იმავე სახსარში საყრდენი ღეროს მიერ:

$$\bar{S}_i^P = 0; \quad \bar{N}_n^P = 1; \quad \bar{N}_i^P = 0.$$

ამგვარად

$$D \delta_{11} = \sum \bar{N}_i^2 = 1 \cdot n = n.$$

$$D \delta_{1P} = 1,$$

სადაც D არის დრეკადობის კოეფიციენტი, რომელიც გამოთვლილია ქვევით მაშასადამე

$$X_1 n + 1 = 0 \text{ და } X_1 = -\frac{1}{n}.$$

ძირითად სისტემაში \bar{N} და \bar{S} ძალების განსასაზღვრელად განვიხილოთ n კვანძის წონასწორობა.

// წერტილში რადიალურ მიმართულებაზე გეგმილების ჯამი:

$$-\bar{N}_n - P_n \cos n\varphi + \sin \frac{\varphi}{2} (\bar{S}_n + \bar{S}_{n+1}) = 0. \quad (61)$$

// წერტილში რადიუსის ნორმალზე გეგმილების ჯამი:

$$P_n \sin n\varphi + \cos \frac{\varphi}{2} (\bar{S}_n - \bar{S}_{n+1}) = 0. \quad (62)$$

(61) განტოლებიდან გვაქვს:

$$\bar{S}_n + \bar{S}_{n+1} = \bar{N}_n \frac{1}{\sin \frac{\varphi}{2}} + P_n \frac{\cos n\varphi}{\sin \frac{\varphi}{2}} \quad (63)$$

(62)-დან კი

$$\bar{S}_n - \bar{S}_{n+1} = -P_n \frac{\sin n\varphi}{\cos \frac{\varphi}{2}} \quad (64)$$

(63) და (64) განტოლებებიდან მივიღებთ:

$$\bar{S}_n = \bar{N}_n \frac{1}{2 \sin \frac{\varphi}{2}} + P_n \frac{\cos \left(n\varphi + \frac{\varphi}{2} \right)}{\sin \varphi} \quad (65)$$

$$\bar{S}_{n+1} = \bar{N}_n \frac{1}{2 \sin \frac{\varphi}{2}} + P_n \frac{\cos \left(n\varphi - \frac{\varphi}{2} \right)}{\sin \varphi} \quad (66)$$

\bar{N}_n საყრდენი რეაქციის სიდიდეს ვიპოვიტ (61) განტოლებიდან:

$$\bar{N}_n = (\bar{S}_n + \bar{S}_{n+1}) \sin \frac{\varphi}{2} - P_n \cos n\varphi \quad (67)$$

ამგვარად, ზოგად შემთხვევაში საჭიროა გარეგანი დატვირთვით გამოწვეული ერთ-ერთი საყრდენი რეაქციის გამოთვლა ნაკ. 121—სქემით. კერძო შემთხვევაში, როცა გვაქვს რგოლი სიმეტრიული ან ირიბსიმეტრიული დატვირთვით, სისტემის დეფორმაციის განხილვა გვაძლევს დამატებით პირობებს. რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იქნეს ძირითად სისტემაში საყრდენი რეაქციების და ნორმალური ძალების გამოთვლის დროს.

სახსრული ჯაქვის, როგორც თავისუფალ საყრდენებზე ერთმალაიანი კოჭების სისტემის განხილვით შეიძლება მივიღოთ სტატიკურად რკვევად ძირითად სისტემაში (ნაკ. 122) ერთეული საყრდენი მომენტების გავლენა.

საყრდენი რეაქციები იქნება:

$$\bar{R}'_{n+1} = \bar{R}'_{n-1} = \frac{1}{S \cos \frac{\varphi}{2}} = \frac{1}{r \sin \varphi}; \quad (68)$$

$$\bar{R}_n = -2\bar{R}'_{n+1} \cos \varphi = \frac{2 \cos \varphi}{r \sin \varphi}. \quad (69)$$

სტატიკური რკვევადობის გავლენა საყრდენ რეაქციებზე გამოისახება ფორმულით:

$$X = -\frac{\sum \bar{R}' \cdot R_1}{\sum R_1^2} = -\frac{1}{n} \left[\frac{2 \cos \varphi}{r \sin \varphi} - \frac{2}{r \sin \varphi} \right] = \frac{2}{nr \sin \varphi} [1 - \cos \varphi]. \quad (70)$$

„წერტილში მოდებული ერთეული მომენტიდან, სრული საყრდენი რეაქციები იქნება:

$$\begin{aligned} \bar{R}_n = \bar{R}'_n + \bar{X} &= \frac{2 \cos \varphi}{r \sin \varphi} + \frac{2}{nr \sin \varphi} [1 - \cos \varphi] = \\ &= \frac{2}{nr \sin \varphi} [1 + \cos \varphi (n-1)]; \end{aligned} \quad (71)$$

$$\begin{aligned} \bar{R}_{n-1} = \bar{R}_{n+1} = \bar{R}'_{n+1} + \bar{X} &= -\frac{1}{r \sin \varphi} + \frac{2}{nr \sin \varphi} [1 - \cos \varphi] = \\ &= \frac{1}{nr \sin \varphi} [2(1 - \cos \varphi) - n]; \end{aligned} \quad (72)$$

$$R_i = \bar{X} = \frac{2}{nr \sin \varphi} [1 - \cos \varphi]. \quad (73)$$

ძირითად სისტემაში გარეგან დატვირთვისაგან ნაპოვნი ნორმალური ძალების და საყრდენი რეაქციების სიდიდეებში საყრდენი მომენტების გამოთვლის შემდეგ, აუცილებელია შევიტანოთ სისტემის დეფორმაციიდან შესწორებანი.

მუშაობის განტოლება ზოგადი სახით დაიწერება ასე:

$$\delta_{ik} = \sum \frac{\bar{N}_i \bar{N}_k}{D} + \int \frac{M_i M_k}{EJ} ds; \quad (74)$$

თუ შევცვლით ინტეგრირებას შეჯამებით და მივიღებთ S როგორც ცვლადს, გვექნება:

$$\delta_{ik} = \frac{1}{D} \sum \bar{N}_i \bar{N}_k + \frac{1}{EJ} \sum M_i M_k \frac{J_0}{J} \Delta S, \quad (75)$$

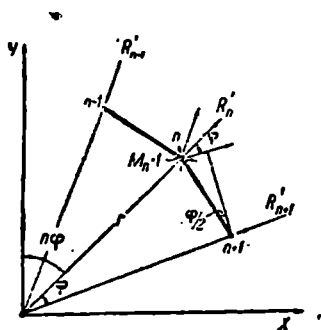
სადაც $\frac{1}{D} \bar{N}_i \bar{N}_k$ —საყრდენის დრეკადი ჩაწევა;

$\frac{1}{EJ} M_i M_k$ —მრავალკუთხედის ელემენტის, როგორც თავისუფალ საყრდენებზე მდებარე კოქის, მობრუნება.

დრეკადობის D კოეფიციენტი შეიძლება გამოთვლილი იქნეს იმ პირობიდან, რომ ჩაწევა პირდაპირ პროპორციულია გარეგანი ძალისა და უკუპროპორციულია დრეკადობის კოეფიციენტისა:

$$\theta = \frac{P}{D} = \frac{p \cdot s \cdot b}{D},$$

სადაც S არის მრავალკუთხედის გვერდის სიგრძე მ-ში;
 b —რგოლის სიგანე მ-ში.



ნაკ. 122.

შვედლერის მიხედვით

$$p = \theta k,$$

სადაც k არის ქანის დრეკადი კუმშვის კოეფიციენტი ტ/მ².

მაშინ

$$\theta = \frac{\theta k s b}{D},$$

საიდანაც

$$D = k s b. \quad (76)$$

დრეკადობის განტოლებები უცნობ M_n მლუნავ მომენტების მიმართ შეიღვინება საყრდენების დრეკადი გადანაცვლებების რეაქციების და ღეროების მობრუნებაზე მომენტების მუშაობის საფუძველზე.

განვიხილოთ ძირითადი სისტემის მდგომარეობა ერთეული მომენტიდან და გარეგანი დატვირთვიდან.

ერთეული მომენტი, რომელიც მოდებულია ერთჯერადი სტატიკურად ურკვევადი სახსრული ჯაჭვის ნებისმიერ საყრდენზე, იწვევს დრეკად რეაქციებს ყველა საყრდენზე [იხ. ფორმულები (71), (72), (73)]; ნაკ. 123-ზე ნაჩვენებია საყრდენი რეაქციები და მლუნავი მომენტების $M=1$ ეპიურები, რომლებიც მოდებულია თანმიმდევრობით სამ საყრდენში, და საყრდენი რეაქციები გარეგანი დატვირთვისაგან, რომლებიც გამოითვლებიან (67) ფორმულით. წესიერი მრავალკუთხედის შემთხვევაში, რომლისათვისაც რგოლის EJ სიხისტე და დრეკადობის D კოეფიციენტი მუდმივია, მივიღებთ (75) ფორმულით:

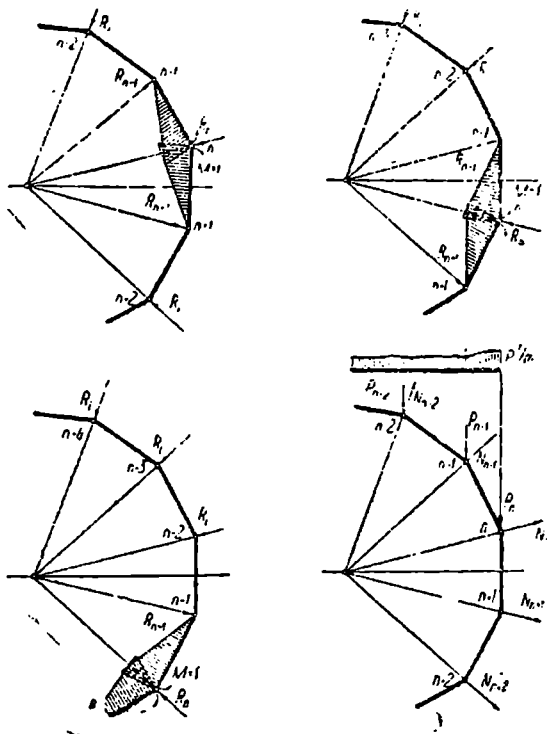
$$\left. \begin{aligned} \delta_{nn} &= \frac{1}{D} [R_n^2 + 2H^2_{n-1} + (n-3) R_i^2] + \frac{1}{EJ} \frac{2}{3} S; \\ \delta_{n(n-1)} = \delta_{n(n+1)} &= \frac{1}{D} [2R_n R_{n-1} + 2R_{n-1} R_i + (n-4) R_i^2] + \frac{1}{EJ} \frac{1}{6} S; \\ \delta_{n(n-2)} = \delta_{n(n+2)} &= \frac{1}{D} [R^2_{n-1} + 2R_n R_i + 2R_{n-1} R_i + (n-5) R_i^2]. \end{aligned} \right\} (77)$$

გარეგანი დატვირთვის მუშაობა ამ შემთხვევაში შესაძლებელია მხოლოდ საყრდენების დრეკად გადანაცვლებებზე:

$$\delta_{np} = \frac{1}{D} \left[N_n R_n + R_{n-1} (N_{n-1}) + N_{n+1} + R_i \text{ ე. ი. } \sum_{n=3} N_i \right] \quad (78)$$

n წერტილისათვის დრეკადობის განტოლება იქნება:

$$M_{n-2} \delta_{n(n-2)} + M_{n-1} \delta_{n(n-1)} + M_n \delta_{nn} + M_{n+1} \delta_{n(n+1)} + M_{n+2} \delta_{n(n+2)} + \delta_{np} = 0. \quad (79)$$

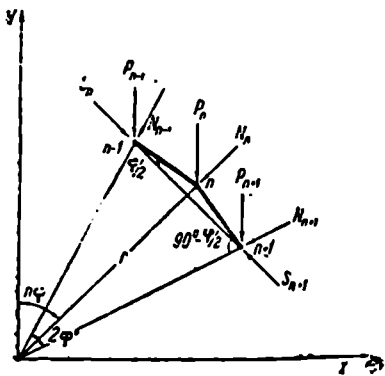


ნაკ. 123.

ამ განტოლებათა რაოდენობა ზოგად შემთხვევაში უნდა ეთანაბრებოდეს უცნობი მომენტების რაოდენობას, ე. ი. უნდა უდრიდეს $n-1$. სიმეტრიული და ირიბსიმეტრიული დატვირთვების კერძო შემთხვევებისათვის სისტემის წინასწარი განხილვიდან განტოლებების რაოდენობა შეიძლება სათანადოდ შემცირებული იქნეს.

მღუნავი მომენტების გამოთვლის შემდეგ, საჭიროა დრეკად რეაქციებში და ნორმალურ ძალებში, რომლებშიც მიიღება (63), (64), (65), (66) და (67) ფორმულებით, შევიტანოთ შესწორებები (68) და (69) ფორმულების მიხედვით.

ნაკ. 124-დან ჩანს, რომ შესწორება დრეკად რეაქციებზე, მომენტების გავლენით, „წერტილში, იქნება:



ნაკ. 124.

$$\Delta R_n =$$

$$= 2 \frac{\cos \varphi}{r \sin \varphi} M_n + \frac{1}{r \sin \varphi} (M_{n-1} + M_{n+1}) =$$

$$= \frac{1}{r \sin \varphi} (2 M_n \cos \varphi + M_{n-1} + M_{n+1}). \quad (80)$$

მაშინ ნამდვილი დრეკადი რეაქცია გამოისახება ფორმულით:

$$N_n = \bar{N}_n \pm \Delta R_n.$$

ზოგად შემთხვევაში საბოლოო დრეკადი რეაქციები შეიძლება მივიღოთ თითოეულ უცნობი მომენტისათვის ძირითადი სისტემის რეაქციების ალგებრული შეჯამებით.

გამოყვანილი ფორმულები გამოსადეგია ყოველგვარი ტეხილი ხაზით შემოსაზღვრული დატვირთვისათვის. შეიცვლება მხოლოდ გამოსახვები განაწილებული დატვირთვის შეჯგუფული ძალებით შესაცვლელად.

2. დრეკადი არე წრის პერიმეტრის ნაწილზე

ამ შემთხვევაში ამოცანა შეიძლება გადაწყდეს ორი გზით:

ა) სათანადო რაოდენობის დრეკადი საყრდენიანი ახალი სისტემის გადაწყვეტით;

ბ) სრული რაოდენობის დრეკად საყრდენიან გადაწყვეტის გამოყენებით განტოლებათა დამატებითი სისტემის შედგენით. დამატებითი განტოლებებით მხედველობაში მიიღება მოშორებული საყრდენი რეაქციები.

ქვევით მოგვყავს ამოცანის გადაწყვეტის პირველი ვარიანტი.

ვთქვათ ცენტრალურ $2\psi = 2\pi\varphi$ კუთხის შესაბამის უბანზე დრეკადი არე $k=0$ (ნაკ. 125). აქ ძირითადი სისტემა სტატიკურად რკვევადი იქნება. კონტურის ნაწილი, რომლის ზღვრებში დრეკადი არე არ არსებობს, წარმოადგენს სამსახსროვან თაღს. ამ თაღში გარეგანი დატვირთვით გამოწვეული ძალები შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს მთელი სისტემის დამოუკიდებლად, და საყრდენი რეაქციები აქტიური ძალების სახით შეიძლება გადაცემული იქნეს დრეკად არეში მყოფ სტატიკურად რკვევად სისტემაზე.

ვცვლით მთლიან დატვირთვას შეჯგუფული ძალებით P_i თითოეულ კვანძში. საყრდენების რეაქციები იქნება (ნაკ. 126):

$$V = 0,5 \sum P_i;$$

$$H = \frac{1}{f} [Vl - \sum P_i(l-g)].$$

სადაც

$$r = r \sin n \varphi;$$

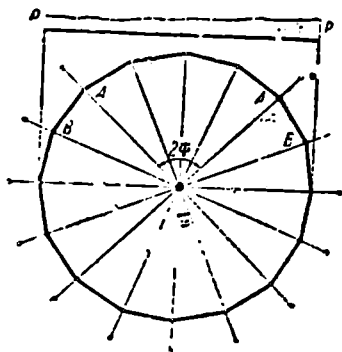
$$f = r(1 - \cos n \varphi).$$

მლუნავი მომენტი ნებისმიერ კვეთში არის:

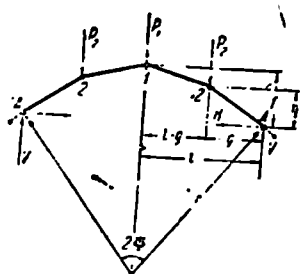
$$M_x = M_{0x} - H \eta,$$

სადაც M_{0x} არის მლუნავი მომენტი ზარტივი კოქის ნებისმიერ კვეთში.

საყრდენი რეაქციები V და H აქტიური ძალების სახით, საყრდენ კვანძში მომქმედ შეჯგუფულ დატვირთვისთან ერთად დაიშლება ორი ლეროს მიმართულებად: საყრდენი და AB (ნაკ. 125).



ნაკ. 125.



ნაკ. 126.

ნაკ. 127-ზე ნაჩვენებია სამსახსროვანი თალის ძალების დაშლა საყრდენი N_A და AB სისტემის S_A ლეროების მიმართულებად.

$n \varphi$ კუთხის დამოკიდებულებით გვექნება მუდმივი ფორმულები:

$$\alpha = 90^\circ - n \varphi; \quad \beta = 90^\circ - \frac{\varphi}{2}; \quad \gamma = n \varphi + \frac{\varphi}{2};$$

$$\alpha_1 = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}; \quad \beta_1 = n \varphi; \quad \gamma_1 = 90^\circ + \frac{\varphi}{2};$$

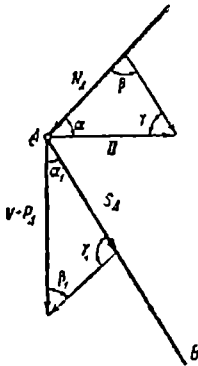
$$\bar{N}_A = -H \frac{\sin\left(n\varphi + \frac{\varphi}{2}\right)}{\cos \frac{\varphi}{2}} + (V + P_A) \frac{\sin\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)}{\cos \frac{\varphi}{2}}; \quad (81)$$

$$\bar{S}_A = -H \frac{\cos n \varphi}{\cos \frac{\varphi}{2}} - (V + P_A) \frac{\sin n \varphi}{\cos \frac{\varphi}{2}}. \quad (82)$$

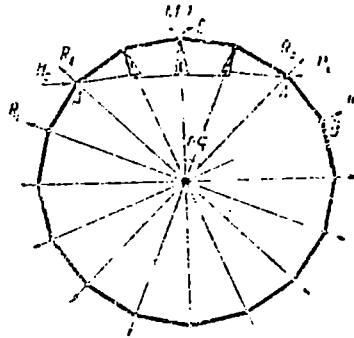
ნორმალური ძალები S_i და საყრდენი რეაქციები N_i გამოითვლება (64) და (67) ფორმულებით, რომლებიც გამოყვანილი იყო ღრეკად არესათვის მთელ პერიმეტრზე.

თალის ზედა სახსარში მოდებული ერთეული მომენტი A და A წერტილში გამოიწვევს განმბრჯენ ძალებს (ნაკ. 128):

$$H_c = \frac{1}{f} = \frac{1}{r(1 - \cos n\varphi)}. \quad (83)$$



ნაკ. 127.



ნაკ. 128.

მლუნავი მომენტი თალის ყველ კვეთში იქნება:

$$M_g = H_c \eta.$$

განმბრჯენი ძალა H_c წინა შემთხვევის ანალოგიურად დაიშლება A წერტილში საყრდენი ღეროს და AB ღეროს მიმართულებით:

$$R_A = H_c \frac{\sin\left(n\varphi + \frac{\varphi}{2}\right)}{\cos \frac{\varphi}{2}}; \quad (84)$$

$$S_A = H_c \frac{\cos n\varphi}{\cos \frac{\varphi}{2}}. \quad (85)$$

(64) და (65) ფორმულების თანახმად ყველა მომდევნო ნორმალური და საყრდენი რეაქციები ურთიერთ ტოლებია:

$$S_i = S_A = \text{const} \quad \text{და} \quad R_i = 2 S_A \sin \frac{\varphi}{2} = \text{const}.$$

სამსახსროვანი თაღის A წერტილში მოდებული ერთეული მომენტი იწვევს საყრდენ რეაქციებს:

$$V_A = \pm \frac{1}{2r \sin n\varphi}; \quad (86)$$

$$H_A = \frac{1}{2r(1 - \cos n\varphi)}. \quad (87)$$

AB ღეროში (68) ფორმულის თანახმად სათანადო ძალა იქნება (ნაკ. 129):

$$R_B = \pm \frac{1}{r \sin \varphi}.$$

ამგვარად A -^I წერტილში გვაქვს ორი საყრდენი რეაქცია: V_A და H_A და A -^{II} წერტილში კი სამი— V_A , H_A და R_B .

თუ დავშლით მათ ორ მიმართულებად, თანახმად ნაკ. 127 და 129, მივიღებთ:

$$\alpha_2 = 90^\circ - \frac{\varphi}{2}; \quad \beta_2 = \varphi;$$

$$R_A'' = H_A \frac{\sin\left(n\varphi + \frac{\varphi}{2}\right)}{\cos \frac{\varphi}{2}} - V_A \frac{\cos\left(n\varphi - \frac{\varphi}{2}\right)}{\cos \frac{\varphi}{2}} - R_B; \quad (88)$$

$$\bar{S}_A'' = -H_A \frac{\cos n\varphi}{\cos \frac{\varphi}{2}} + V_A \frac{\sin n\varphi}{\cos \frac{\varphi}{2}} - R_B \frac{\sin \varphi}{\cos \frac{\varphi}{2}};$$

$$S_A^I = \bar{S}_A'' + R_B \left(\sin \frac{\varphi}{2} - \frac{\sin \varphi}{\cos \frac{\varphi}{2}} \right); \quad (89)$$

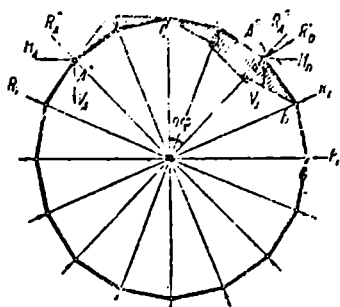
$$R_A^I = -H_A \frac{\sin\left(n\varphi + \frac{\varphi}{2}\right)}{\cos \frac{\varphi}{2}} + V_A \frac{\cos\left(n\varphi - \frac{\varphi}{2}\right)}{\cos \frac{\varphi}{2}}. \quad (90)$$

ყველა თანამოდებენო ძალა განისაზღვრება (64) ფორმულით:

$$S_i = S_A^I = \text{const.} \quad (91)$$

საყრდენი რეაქციები, გარდა A წერტილის რეაქციისა, მოინახება (67) ფორმულით:

$$R_i = -2 \bar{S}_A'' \sin \frac{\varphi}{2} = \text{const.} \quad (92)$$

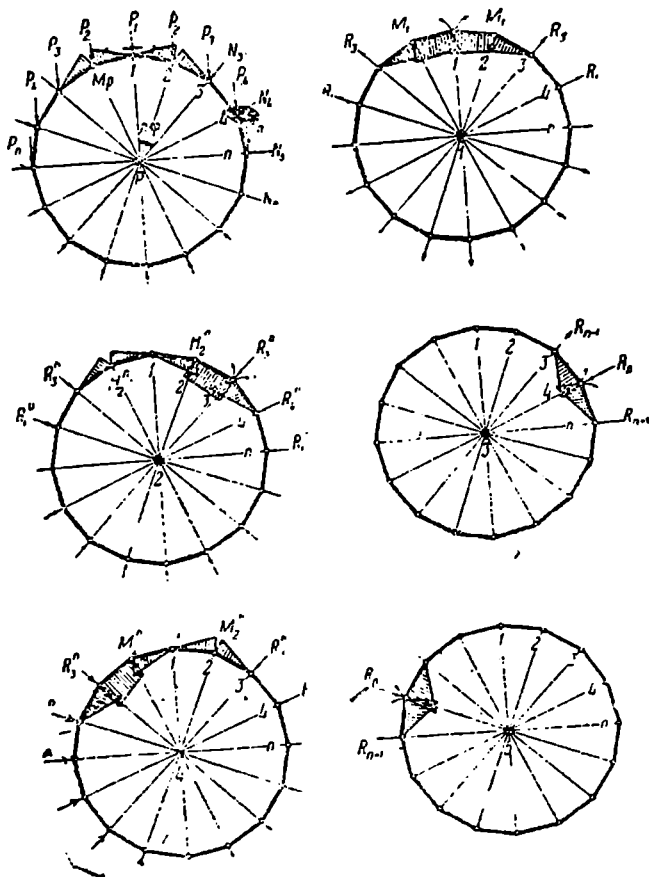


ნაკ. 129.

B წერტილში კი რეაქციების მნიშვნელობები იქნება:

$$R_B = R'_B - R_i = \frac{1}{r \sin \varphi} - 2S_A \sin \frac{\varphi}{2}. \quad (93)$$

ყველა დანარჩენ წერტილებში მოდებული ერთეული მომენტები გამოიწვევენ საყრდენ რეაქციებს, რომლებიც გამოითვლება (68) და (69) ფორმულებით.



ნაკ. 130.

გადანაცვლებათა გამოსათვლელად განვიხილოთ სისტემის შემდეგი მდგომარეობანი (ნაკ. 130).

მდგომარეობა 11-ი ეთანადება 3 და 5 მდგომარეობებს და ამიტომაც ცალკე არ მოგვეყვს.

ამ შემთხვევაში 3 წერტილში ნაფენის სიგრძე S ორჯერ ნაკლები იქნება, ვიდრე დანარჩენ წერტილებში; მაშასადამე (76) ფორმულის მიხედვით დრეკადობის კოეფიციენტი იქნება:

$$D_3 = 0,5 D_i \text{ და } \frac{1}{D_3} = 2 \frac{1}{D_i}.$$

გაღანაცვლებები გამოისახება შემდეგი ფორმულებით:

$$\delta_{11} = \frac{1}{D_3} 2R_3'^2 + \frac{1}{D_i} \sum R_i'^2 + \frac{1}{EJ} \delta_{11}^M;$$

სადაც

$$\delta_{11}^M = \int M^2 ds;$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{D_3} (R_3'^2 + R_3'^2) + \frac{1}{D_i} (R_i'^2 + \sum R_i'^2) + \frac{1}{EJ} \delta_{22}^M;$$

$$\delta_{33} = \frac{1}{D_3} R_{n-1}^2 + \frac{1}{D_i} (R_n^2 + R_{n+1}^2) + \delta_{33}^M;$$

$$\delta_{44} = \delta_{22}; \quad \delta_{55} = \delta_{33};$$

$$\delta_{nn} = \frac{1}{D_i} (R_n^2 + 2R_{n-1}^2) + \delta_{nn}^M;$$

$$\delta_{12} = \frac{1}{D_3} R_3' (-R_3'' + R_3'') + \frac{1}{D_i} R_i' (R_i'' + \sum R_i'') + \delta_{12}^M;$$

$$\delta_{13} = \frac{1}{D_3} R_3' R_{n-1} + \frac{1}{D_i} R_i' (-R_n + R_{n+1});$$

$$\delta_{14} = \delta_{12}; \quad \delta_{15} = \delta_{13};$$

$$\delta_{1n} = \frac{1}{D_i} R_i' (-R_n + 2R_{n-1});$$

$$\delta_{23} = -\frac{1}{D_3} 2R_3'' R_{n-1} + \frac{1}{D_i} (-R_i'' R_n + R_i'' R_{n+1}) + \delta_{23}^M;$$

$$\delta_{24} = \frac{1}{D_3} 2R_3'' R_3' + \frac{1}{D_i} (-2 \cdot R_i'' R_i' + \sum R_i''^2) + \delta_{24}^M;$$

$$\delta_{25} = \frac{1}{D_3} R_3' R_{n-1} + \frac{1}{D_i} (R_n + R_{n+1}) R_i';$$

$$\delta_{2n} = \frac{1}{D_3} R_i'' (R_n - 2R_{n-1}); \quad \delta_{34} = \delta_{33}.$$

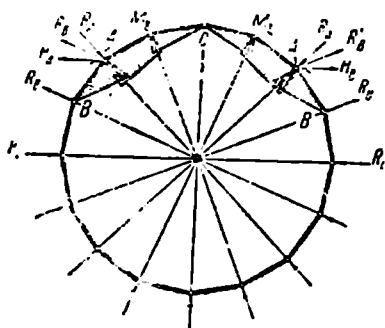
(94)

დატვირთვით გამოწვეული გადანაცვლებანი, შეიძლება გამოსახული იქნენ ან (94) ფორმულით ან (77)-ით:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{1p} &= -\frac{1}{D_3} R'_3 N_3 + \frac{1}{D_1} R'_1 \Sigma N_i + \delta_{11}^M; \\ \delta_{2p} &= \frac{1}{D_3} N (R_3'' + R_3'^1) + \frac{1}{D_i} (-R_4'' N_4 + R_i'' \Sigma N_i) + \delta_{21}^M; \\ \delta_{3p} &= -\frac{1}{D_3} N_3 R_{n-1} + \frac{1}{D_i} (N_4 R_n + N_5 R_{n+1}); \\ \delta_{4p} &= \delta_{2p}; \quad \delta_{5p} = \delta_{3p}; \quad \delta_{np} = \frac{1}{D_1} [-R_{n-1} (N_{n+1} + N_{n-1}) + R_n N_n]. \end{aligned} \right\} (95)$$

ამ შემთხვევაში, შედგება შემდეგი ტიპის დრეკადობის განტოლებანი:

$$\delta_{nn} M_n + \delta_{n(n+1)} M_{n+1} + \delta_{n(n+2)} M_{n+2} + \dots + \delta_{np} = 0. \quad (96)$$



ნაკ. 131.

სიმეტრიული სისტემის და დატვირთვის შემთხვევაში უფრო მოსახერხებელია გადანაცვლებათა გამოთვლის დროს ავიღოთ წყვილი სიმეტრიული მომენტი.

▲ წერტილში მოდებული ორი სიმეტრიული ერთეული მომენტი გამოიწვევს თალში ძალას (ნაკ. 131):

$$H_A = \frac{1}{r(1 - \cos n\varphi)}. \quad (97)$$

(68) ფორმულის თანახმად AB

ღეროში საყრდენი რეაქციები იქნება:

$$R'_B = \pm \frac{1}{r \sin \varphi}.$$

ამ საყრდენი რეაქციების დაშლის დროს (ნაკ. 130 და 131) მივიღებთ:

$$R_A = -H_A \frac{\sin \left(n\varphi + \frac{\varphi}{2} \right)}{\cos \frac{\varphi}{2}} - R'_B; \quad (98)$$

$$\bar{S}_A = -H_A \frac{\cos n\varphi}{\cos \frac{\varphi}{2}} - R'_B \frac{\sin \varphi}{\cos \frac{\varphi}{2}};$$

$$S_A = -H_A \frac{\cos n\varphi}{\cos \frac{\varphi}{2}} - R'_B \sin \frac{\varphi}{2}. \quad (99)$$

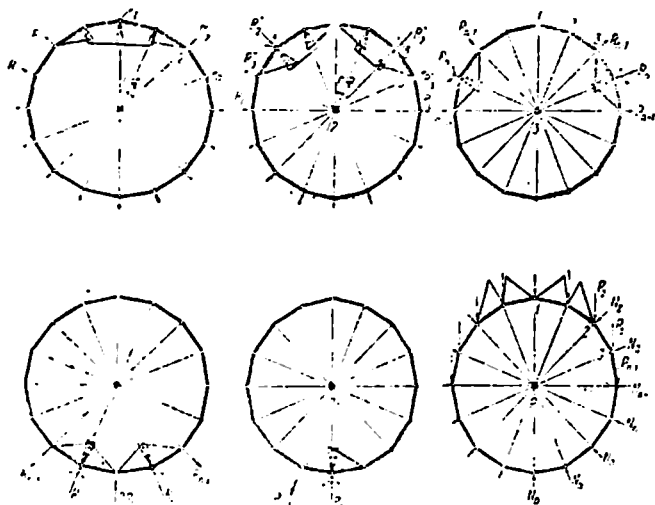
(64) და (67) ფორმულებით გვექნება:

$$S_i = \bar{S}_A = \text{const.}$$

$$R_i = 2\bar{S}_A \sin \frac{\varphi}{2} = \text{const.}$$

B-წერტილში საყრდენი რეაქციები იქნება:

$$R_B = -R'_B + R_i = -\frac{1}{r \sin \varphi} + 2\bar{S}_A \sin \frac{\varphi}{2}. \quad (100)$$



ნაკ. 132.

გადანაცვლებანი ერთეული მომენტიდან გამოითვლება ნაკ. 132 მიხედვით სისტემის განხილვით. 2 წერტილში დრეკადობის კოეფიციენტი განსხვავებულია სხვა კოეფიციენტებისაგან. დრეკადობის განტოლებანი იქნება:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{D_2} &= \frac{1}{D} \alpha; \\ \delta_{11} &= \frac{1}{D} (2\alpha R_2'^2 + \Sigma R_i'^2) + \delta_n^M; \\ \delta_{22} &= \frac{1}{D} (2\alpha R_3''^2 + 2R_3''^2 + \Sigma R_i''^2) + \delta_{22}^M; \\ \delta_{33} &= \frac{1}{D} [2(\alpha R_{n-1}^2 + R_n^2 + R_{n+1}^2)] + \delta_{33}^M; \end{aligned} \right\} \quad (101)$$

$$\begin{aligned}
\delta_{11} &= \frac{1}{D} 2(2R_{n-1}^2 + R_n^2) + \delta_{11}^M; \\
\delta_2 &= \frac{1}{D} [2(-R_2' R_2'' \alpha + R_1' R_3'') + \Sigma R_i' R_i''] + \delta_{21}^M; \\
\delta_{12} &= \frac{2}{D} [\alpha R_2' R_{n-1} + R_1'' (R_{n+1} - R_n)]; \\
\delta_{1n} &= \frac{2}{D} R_i (2R_{n-1} - R_n); \\
\delta_{1n0} &= 0,5 \delta_{1n}; \\
\delta_{22} &= \frac{2}{D} (-\alpha R_2'' R_{n-1} + R_2'' R_n - R_i'' R_{n+1}) + \delta_{22}^M; \\
\delta_{2n} &= \frac{2}{D} [R_2'' R_{n-1} + R_i'' (R_n - R_{n+1})]; \\
\delta_{2n} &= \frac{1}{D} R_i (R_n - 2R_{n-1}); \\
\delta_{34} &= -\frac{4}{D} R_n R_{n-1} + \delta_{34}^M = \delta_{11(n+1)}; \\
\delta_{n(n+2)} &= \frac{2}{D} R_{n-1}^2.
\end{aligned} \tag{101}$$

გადანაცვლებანი დატვირთვისაგან იქნება:

$$\begin{aligned}
\delta_{1p} &= -\frac{1}{D} [2(\alpha R_2' N_2) + R_1' \Sigma N_i] + \delta_{1p}^M; \\
\delta_{2p} &= \frac{1}{D} [2(-R_2'' N_3 + R_2'' N_2 \alpha) + R_i'' \Sigma N_i] + \delta_{2p}^M; \\
\delta_{np} &= \frac{2}{D} (-\alpha N_2 R_{n-1} + R_n N_3 - R_{n+1} N_{n-1}); \\
\delta_{np} &= \frac{2}{D} [R_n N_n - R_{n-1} (N_{n-1} + N_{n+1})].
\end{aligned} \tag{102}$$

ზოგადი სახით დრეკადობის განტოლებები გამოისახება (96) ფორმულით.

§ 44. საგვირაბო ნაკეთის ანგარიშის მაგალითი საყრდენთა დეფორმაციის ჩათვლით

1. საწყისი მონაცემები

საანგარიშოა სწორზე მდებარე ერთლიანდაგიანი სარკინიგზო გვირაბის ბეტონის საშავრი.

საშავრის შიგა მოხაზულობა დაპროექტებულია ხოკრული მრუდით, რომელიც შემოწერილია სამი ცენტრიდან (ნაკ. 133).

ქანის შეეული დაწოლა გვირაბის თაღზე გამოანგარიშებულია პროტო-
დიაკონოვის თეორიის თანახმად. ამ თეორიით ქანის სიმაღლე, ეგრეთწოდე-
ბული წონასწორობის თაღის ისარი, გამოითვლება გამოსახვიდან:

$$h = \frac{l}{2f} = \frac{7,40}{2 \cdot 1,5} = 2,46 \text{ მ.}$$

ჩამონგრევის თაღის მრუდი გამოიხატება კვადრატული პარაბოლის განტო-
ლებით, რომელსაც შემდეგი სახე აქვს:

$$y = \frac{2x^2}{lf},$$

სადაც x , y — პარაბოლის კოორდინატებია.

შეეული სამთო დაწოლის სიდიდე სამაგრის ყოველ წერტილში განი-
ზღვრება როგორც ნამრავლი სამაგრის გარე ზედაპირიდან შეეული მიმართუ-
ლებით ჩამონგრევის პარაბოლამდე მანძილისა მოცულობის ერთეულში ქანის
წონახე. ე. ი.

$$P = h \cdot \gamma.$$

გვერდითი დაწოლის არსებობის დროს, რასაც ადგილი აქვს ჩვენს მაგა-
ლითში, შეეული დაწოლის სიდიდე პროტოდიაკონოვის თეორიით რჩება
უცვლელი. ამ შემთხვევაში გამოტეხილის ზემოდან წარმოიშვება ახალი თაღი,
რომელიც ეყრდნობა ჩამონგრევის პრიზმის ზედა ზედაპირებზე. ამგვარად,
ჩამონგრევის პრიზმები, საკუთარი წონის გარდა, დატვირთულია აგრეთვე
წონასწორობის თაღსა და ჩამონგრევის თაღს შორის მოქცეული ქანის წონი-
თაც. ეს დატვირთვა შეიძლება მივიღოთ, როგორც თანაბრად განაწილე-
ბული ჩამონგრევის პრიზმის ზედა სიბრტყეებზე (ნაკ: 134).

წონასწორობის პარაბოლის სიმაღლე განიზღვრება პროტოდიაკონოვის
იმავე ფორმულით

$$h' = \frac{L}{2f};$$

სადაც

$$L = l + 2h_0 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 7,40 + 2 \cdot 7,80 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{50^\circ}{2} \right) = 13,09 \text{ მ.}$$

დაყვანილი დატვირთვის სიმაღლე

$$\begin{aligned} h_{\text{დაყ.}} &= \frac{2}{3f} \left[l + h_0 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] = \\ &= \frac{2}{3 \cdot 1,5} [7,40 + 7,80 \operatorname{tg} (45^\circ - 25^\circ)] = 4,56 \text{ მ.} \end{aligned}$$

გვეცოდინება რა დაყვანილი დატვირთვის სიმაღლე, შეგვიძლია გამოეთვალოთ
თარჯული დაწოლა ყოველ z — მანძილზე ფორმულით:

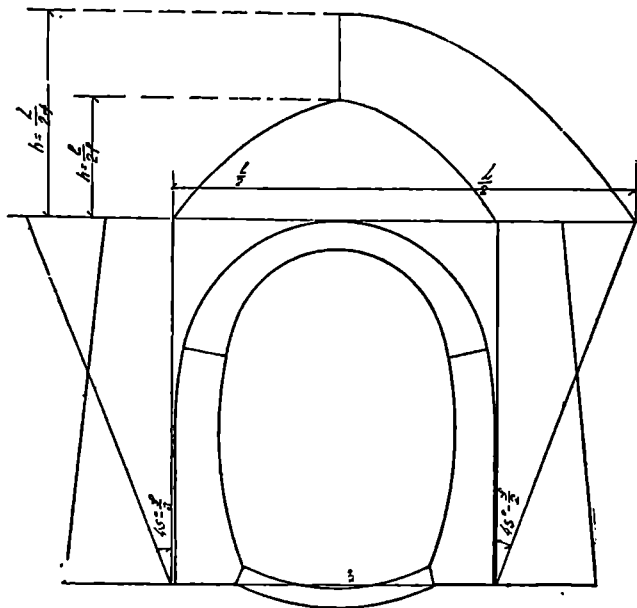
$$l_z = \gamma (h_{\text{დაყ.}} + z) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

გვერდითი დაწოლის ინტენსივობა თალის კლიტის დონეზე, ე. ი. $z=0$ დროს

$$e_0 = h_{\text{ავ.}} \cdot \gamma \cdot \lg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 4,56 \cdot 291 = 1327 \text{ კგ/მ}^2;$$

გვერდითი დაწოლის ინტენსივობა თალის ქუსლების დონეზე ე. ი. $z=2,78$ მ დროს

$$e_1 = (4,56 + 2,78) \cdot 291 = 2136 \text{ კგ/მ}^2.$$



ნაკ. 134.

გვერდითი დაწოლის ინტენსივობა კედლის ფუძის დონეზე $z=7,76$ დროს

$$e_2 = (4,56 + 7,76) \cdot 291 = 3585 \text{ კგ/მ}^2.$$

სამაგრის ანგარიში წარმოებს იმ დაშვებით, რომ გვირაბის აგება ხდება მთლიანი პროფილის გახსნის ხერხით, რომლის დროსაც, თალი იწყებს მუშაობას კედელთან ერთად.

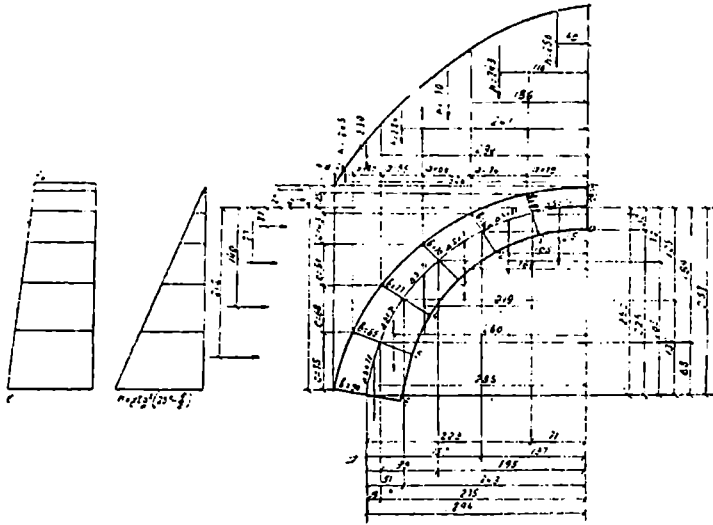
3. თალის ანგარიშის მეთოდი

თალის ანგარიშს ვაწარმოებთ ზემოთ მოყვანილი წესით (§§ 41—42). კონსტრუქციის და დატვირთვის სიმეტრიულობის გამო ჩვენს თალს აქვს ორჯერადი სტატიკურად ურკვევადობა; უცნობები იქნება H_1 —განმბრჯენი ძალა და M_2 —მომენტი.

სტატიკურად ურკვევადი სიდიდეების განსაზღვრისათვის გამოვთვლით გადანაცვლებებს ერთეული ძალებისაგან და მოცემული დატვირთვისაგან.

თალის გეომეტრიული ელემენტები

ვეოფთ ნახევართალს ტოლი სიგრძის სოლებად. სოლების რიცხვი უხდა იყოს აუცილებლად წყვილი; ჩვენს შემთხვევაში ვყოფთ მას ექვს თანატოლი სიგრძის სოლებად. თითოეულის სიგრძე ტოლია 0,71 მ.



5. საანგარიშო დატვირთვა თაღზე

თაღის სოლების საკუთარი წონა:

$$Q = b_{\text{სა.}} \cdot \Delta S_{\text{გაბ.}}$$

თაღის სოლებზე აქტიური სამთო დაწოლა:

$$\text{შვეული } P = h \cdot \sigma'_{2P}$$

$$\text{თარხული } E = F_1 + F_2,$$

სადაც E_1 არის გვერდითი დაწოლა, რომელსაც იწვევს ჩამონგრევის პრიზმი, და უღრის:

$$E_1 = k \cdot c (h_{\text{ფაყ.}} + z).$$

გვერდითი დაწოლის k კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$k = \gamma_{2P} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 2200 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{50}{2} \right) = 291 \text{ კგ/მ}^2.$$

z —მანძილი გამომუშავების კერიდან სოლის შვეულ პროექციის შუამდე E_2 არის გვერდითი დაწოლა, გამოწვეული ყორწყობის მოქმედებით:

$$E_2 = k \cdot h \cdot c.$$

თაღზე საანგარიშო დატვირთვათა სიდიდეები მოყვანილია 20 ცხრილში.

ცხრილი 19

თაღის გეომეტრიული ელემენტები

ნაკერების №№	b	b_{rp}	a	ΔS	x	y	y'	a	c	h	ψ	$\sin \varphi$	$\cos \psi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0—0	0,60	0,605	0,60	0,710	0,0	2,57	0	0,79	0,09	2,46	0	0	1,00
1—1	0,61	0,630	0,61		0,71	2,50	0,07				0,74	0,26	2,40	15°10'	0,262	0,965
2—2	0,65	0,675	0,65	"	1,37	2,25	0,32	0,66	0,43	2,30	29°40'	0,485	0,860
3—3	0,70	0,735	0,70		1,95	1,85	0,72				0,55	0,57	2,24
4—4	0,77	0,810	0,77	"	2,43	1,32	1,25	0,40	0,68	2,30	56°40'	0,835	0,549
5—5	0,85	0,875	0,85		2,75	0,68	1,69				0,24	0,76	2,65
6—6	0,90		0,90	"	2,94	0	2,57				79°20'	0,983	0,185

ბ. მლუნავი მომენტები და ნორმალური ძალები
თალში საკუთარი წონისაგან

განვსახლავთ მლუნავ მომენტებს და ნორმალურ ძალებს ნახევარ თალში, როგორც მრუდუ კონსოლიან ძელში.

მომენტი კლიტის მიმართ

$$M_Q = Q \cdot e_1.$$

Q —მნიშვნელობა აიღება 20 ცხრილიდან და e მხარის კი—ნაკ. 135-დან. ΣM_Q მიიღება თითოეულ მომდევნო მომენტზე მისი წინა ყველა მნიშვნელობების ჯამის მიმატებით. ΣQ მიიღება თითოეულ მომდევნო Q მნიშვნელობაზე ყველა წინა სიდიდეების ჯამის მიმატებით.

$$M_0 = x \cdot \Sigma Q + \Sigma M_Q.$$

სადაც x მნიშვნელობა აიღება მე-19 ცხრილიდან.

ნორმალური ძალა.

ამგვარად გამოთვლილი მომენტების ნორმალური ძალების მნიშვნელობანი მოყვანილია 21 ცხრილში.

7. მომენტები და ნორმალური ძალები თალში, აქტიური შესული დაწოლიდან. მომენტი კლიტის მიმართ:

$$M_P = P \cdot e_2.$$

სადაც P —მნიშვნელობები აიღება მე-20 ცხრილიდან და მხრები კლიტემდე e_2 ნაკ. 134-დან. ΣM_P —შეჯამდება ΣM_Q -ს ანალოგიურად და აგრეთვე $\Sigma P \cdot e_2$ ისე, როგორც ΣQ .

მომენტი

$$M_0 = x \Sigma P \cdot \Sigma M_P,$$

სადაც x -ის მნიშვნელობანი აიღება მე-19 ცხრილიდან.

ნორმალური ძალა

$$N_0 = \Sigma P \sin \psi.$$

სადაც $\sin \psi$ მნიშვნელობა აიღება მე-19—ცხრილიდან. ამგვარად ნაპოვნი მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილ 22-ში.

თალზე ხანგარიშო დატვირთვები

ცხრილი 20

ნაკ- რების №№	ნახევარ თალის საკუთარი წონა		აქტიური მთის წნევა							
			შეუღლი		თარბული ჩამონგ- რების პრიზმიდან		ყორს შოკმე- დებით		ჯამი	
	$h_p \cdot \Delta S$	$Q = h_p \Delta S \cdot z$	$h \cdot a$	$P = h \cdot a \cdot \gamma_{np}$	$h_{np} + z$	$C(h_{np} + z)$	z_1	$h \cdot e$	E_2	$E + E_1 + E_2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-0	0,429	944	1,98	4356	4,60	0,414	120	0,225	65	185
1-1	0,447	993	1,80	3960	4,78	1,248	360	0,632	184	544
2-2	0,476	1054	1,45	3190	5,12	2,200	610	0,989	288	828
3-3	0,522	1148	1,23	2706	5,52	3,205	931	1,277	372	1308
4-4	0,575	1265	0,92	2024	6,24	4,245	1235	1,564	455	1690
5-5	0,621	1366	0,64	1408	6,95	5,219	1517	1,986	578	2095

მომენტები და ნორმალური ძალები ხაკუთარი წონიდან

ნაკერების №№		M_Q	ΣM_Q	ΣQ	$x \cdot \Sigma Q$	M_0	N_0
1	2	3	4	5	6	7	8
0-0			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1-1	0,35	330	330	944	-670	-340	247
2-2	1,05	1030	1360	1927	-2640	-1280	954
3-3	1,66	1750	3110	2981	-5313	-2703	2045
4-4	2,19	2514	5624	4129	-10033	-4409	3448
5-5	2,60	3259	8013	5394	-14384	-5921	4962
6-6	2,85	3993	12806	6760	-19674	-7068	6665

მომენტები და ნორმალური ძალები აქტიურ შვეულ დაწოლიდან

ნაკერების №№	e_2	M_p	ΣM_p	ΣP	$x \cdot \Sigma P$	M_p	N_0
1	2	3	4	5	6	7	8
0-0			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1-1	0,40	1742	1742	4356	-3093	-1351	1141
2-2	1,18	4594	6336	8316	-11393	-5057	4116
3-3	1,86	5933	12269	11506	-22437	-10163	7893
4-4	2,47	6684	18953	14212	-34535	-15582	11867
5-5	2,94	5951	24904	16236	-44649	-19745	14937
6-6	3,26	4590	29494	17641	-51673	-22379	17344

8. მომენტები და ნორმალური ძალები აქტიურ გვერდითი დაწოლიდან

მომენტი კლიტის მიმართ

$$M_z = E \cdot e_3$$

სადაც E მნიშვნელობანი აიღება მე-20 ცხრილიდან და მათი მხრები e_3 კლიტემდე მანძილი ნაკ. 135-დან.

ΣM_z და ΣE —იგივედ, როგორც წინათ.

შოპენჰაი არის:

$$M_0 = -y' \sum E \cdot \sum Mz,$$

სადაც y' მნიშვნელობა აღიება მე-19 ცხრილიდან.

ნორმალური ძალა $N_0 = -\sum E \cos \psi$. მნიშვნელობანი $\cos \psi$ მოცემულია მე-19 ცხრილში.

ამგვარად ნაპოვნი მნიშვნელობები მომენტებისა და ნორმალური ძალებისა მოყვანილია 23 ცხრილში.

9. თაღის გადანაცვლებები, დამოკიდებული მხოლოდ მისი დრეკად დეფორმაციებზე

თაღის δ_{11} გადანაცვლებანი მოყვანილია 24-ე ცხრილში. მათი განსაზღვრა წარმოებს შემდეგი ფორმულებით:

δ_{11} —თარზული გადანაცვლება თაღის კლიტისა ან, რაც იგივეა, გამოსატანი ხისტი კონსოლის ბოლოსი, რომელიც გამოწვეულია ერთეული $H_1=1$ ძალით:

$$\delta_{11} = \int_0^s \frac{y^2 ds}{EJ} + \int_0^s \frac{\cos^2 \psi ds}{E\omega} \cong \sum_0^s \frac{y^2 ds}{EJ} + \sum_0^s \frac{\cos^2 \psi ds}{E\omega}.$$

δ_{22} თაღის კლიტის კვეთის მობრუნების კუთხე ან, რაც იგივეა,—ხისტი გამოსატანი კონსოლისა, გამოწვეული ერთეული $M_2=1$ მომენტიით:

$$\delta_{22} = \int_0^s \frac{ds}{EJ} \cong \sum_0^s \frac{\Delta S}{EJ}$$

$\delta_{12} = \delta_{21}$ —კლიტის კვეთის მობრუნების კუთხე $H_1=1$ ძალიდან

$$\delta_{12} = \delta_{21} = - \int_0^s \frac{y ds}{EJ} \cong - \sum_0^s \frac{y \Delta S}{EJ}.$$

δ_{10} თაღის კლიტის თარზული გადანაცვლება ყველა გარეგანი ძალების მოქმედებით:

$$\begin{aligned} \delta_{10} &= \int_0^s \frac{M_0(-y)}{EJ} ds + \int_0^s \frac{N_0 \cos \psi}{E\omega} ds \cong \\ &\cong \sum_0^s \frac{M_0(-y) \Delta S}{EJ} + \sum_0^s \frac{N_0 \cos \psi}{E\omega} \Delta S. \end{aligned}$$

მომენტები და ნორმალური ძალები აქტიურ ვერტიკალურ დაწოლიდან

ნაკერების №№		M_0	ΣM_2	ΣE	$\gamma \Sigma E$	M_0	N_0
1	2	3	4	5	6	7	8
0-0			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1-1	-0,24	-44	-44	185	-13	-57	-178
2-2	-0,08	-44	-88	729	-233	-321	-634
3-3	0,27	251	163	1657	-1193	-1030	-1205
4-4	0,77	1006	1169	2963	-3704	-2535	-1627
5-5	1,40	2366	3335	4653	-6794	-5259	-1815
6-6	2,12	4441	7976	6748	-17342	-9366	-1248

Z_{20} — კლიტის კვეთის შობრუნების კუთხე თაღზე მომქმედი ყველა გარეგანი დატვირთვებით გამოწვეული:

$$Z_{20} = \int_0^s \frac{M_0 ds}{EJ} \cong \sum_0^s \frac{M_0 \Delta S}{EJ}$$

24-ე ცხრილის განსამარტავად აღენიშნოთ შემდეგი:

- 1) ანგარიშის გასამარტივებლად მე-24 ცხრილში არ არის შეყვანილი ნაკეთის მასალის დრეკადობის მოდული E და, ამგვარად, გადანაცვლებათა ნამდვილი მნიშვნელობები გადიდებულია E -ჯერ.
- 2) S — თაღის კვეთის ინერციის მომენტია.
- 3) შეჯამებას ვახდინთ სიმპსონის ფორმულით, რომელსაც შემდეგი სახე აქვს:

$$\int f(x) dx = \frac{1}{3} \frac{b-a}{2n} \left\{ f(x_0) + 4[f(x_1) + f(x_2) + f(x_3) + \dots + f(x_{n-1})] + 2[f(x_2) + f(x_4) + \dots + f(x_n)] \right\}$$

4) M_0 და N_0 გამოითვლება, როგორც 21, 22 და 23 ცხრილიდან აღებული სათანადო მნიშვნელობების ჯამი.

10. აბსოლუტურად ხისტი კედლის გადანაცვლებანი დრეკად არეში — $\beta_{\text{თმ}}$

გადავდივართ კედლის გადანაცვლების გამოთვლაზე, რომელიც დამოკიდებულია ყამირის დრეკად კუმშვაზე.

განვსაზღვროთ კედლის საკუთარი წონა და ტოლქმედის მდებარეობა. ამისათვის კედელი დავყოთ n — სოლად, გამოვთვალოთ მათი ფართები, მოცუ-

ლობები და წონები. შედეგი მოყვანილია ცხრილი 25-ში. R_p — ტოლქმედის მანძილი კედლის უკანა წახნაგიდან მოინახება განტოლებიდან:

$$x + \frac{\sum G_i \cdot x_i}{\sum G_i}.$$

ა) გადანაცვლება $x_1 = 1$ ერთეულ მომენტიდან.

თანხმად 111 ნაკეთისა გვექნება კედლის საქუსლე კვეთში ერთეული მომენტით გამოწვეული კუთხური გადანაცვლება:

$$\beta_{11} = \frac{1 \cdot F}{k \left[\frac{h^3}{3} + f_1 \frac{bh^2}{4} + \frac{b^3}{12} \right]} = \frac{1 \cdot F}{k \left[\frac{4,89^3}{3} + 0,4 \frac{1,30 \cdot 4,89^2}{4} + \frac{1,30^3}{12} \right]} = 0,023658 \frac{E}{k}.$$

სადაც $k = 10$ კგ/სმ² — არის ყამირის ღრეკადი კუმშვის კოეფიციენტი;

$f = 0,4$ — ყამირის წყობაზე ხახუნის კოეფიციენტი;

h — კედლის სიმაღლე ძირიდან თალის ქუსლამდე;

b — კედლის სიგანე ფუძეზე.

ბ) გადანაცვლება ერთეული თარზული ძალებისაგან (განმბრჯენი) $x_1 = 1$.

თანხმად 112 ნაკეთისა, კედლის გადანაცვლება $x_1 = 1$ ერთეულ ძალისაგან, რომელიც მოდებუღია თალის საქუსლე კვეთში, არის:

$$\beta_{11} = h^2 \beta_{22} = 4,89^2 \cdot 0,023658 \frac{E}{k} = 0,565710 \frac{E}{k}.$$

აგრეთვე გვექნება:

$$\beta_{12} = \beta_{21} = h \beta_{22} = 4,89 \cdot 0,023658 \frac{E}{k} = 0,115687 \frac{E}{k}.$$

რადგანაც β_{11} გადანაცვლებანი გამოთვლიღია E -ჯერ გადიღებით, ამიტომ სათანადოდ უნდა გადიღდეს E -ჯერ β_{11} — გადანაცვლებანი.

ბ) გადანაცვლება გარეგანი დატვირთვიღან თალის და კედლის საქუთარი წონისაგან და მთის წწევისაგან.

თანხმად 114 ნაკეთისა გვექნება კედლის ზედა ნაწიღის გადანაცვლება: $\beta_{10} = M \beta_{12}$ (M არის კედლის ძირზე მოქმედი ყვეღა გარეგანი ძაღების მომენტი)

$$M = M_0 + (\sum Q + \sum P) c_1 + G \cdot c_2 + h \sum F + M_a.$$

$M_0 = 38813$ — თალის საქუსლე კვეთში მომენტი, რომელიც აიღება 24-ე ცხრიღიღან.

$\sum Q$ და $\sum P$ შეჯამებული დატვირთვები საქუსლე კვეთში, რომღებიც აიღება 21-ე და 22-ე ცხრიღიღან.

თაღის დრეკად გადასცელებანი γ_{111} ერთეული ძალებთან და კარტანი დატვირთვებთან

ნაკრების №№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	γ_{11}			14	15		
													$\frac{\gamma^3}{J}$	$\frac{\cos^3 \psi}{\omega}$	$\frac{1}{J}$			$\frac{\gamma}{J}$	M_0
0-0	2,57	6,005	1,100	0,0180	0,0180	806,940	1,067	55,556	-142,770	0,00	0,00	1,667	0,000	0,000	0,000	0,000			
1-1	2,50	6,250	0,981	0,0189	0,0189	890,687	1,526	52,910	-192,275	-1748	1210	1,582	281217	1914	-92488				
2-2	2,25	5,062	0,755	0,0229	0,0229	221,046	1,161	49,688	-96,259	-658	4490	1,597	654108	6981	-290742				
3-3	1,85	3,423	0,530	0,0286	0,0286	119,065	0,757	34,965	-64,085	-1901	19788	1,098	869186	9065	-480048				
4-4	1,32	1,742	0,301	0,0380	0,0380	45,842	0,901	20,315	-94,796	-23526	19648	0,718	782463	9780	-502772				
5-5	0,68	0,462	0,152	0,0512	0,0512	9,023	0,179	19,581	-13,281	-90925	18064	0,450	410715	8901	-603696				
6-6	0,00	0,00	0,084	0,0608	0,0608	0,00	0,098	16,447	-0,00	-38813	22761	0,206	0,000	4659	-638957				
													$8,037794 \times$ $\times 0,237 = 2141944$ $= 2168770$			$118191 \times 0,237 =$ $= 26826$		$-7185609 \times 0,237 =$ $= 1691139$	
													$2738,298 \frac{\omega}{J} =$ $2738,298 \times 0,237 =$ $648,977$			$641,502 \times 0,237 =$ $152,057$		$-1249,714 \times$ $\times 0,237 =$ $-296,182$	
													$646,077 + 18,474 =$ $= 662,451$			$152,057$		286182	

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{0,71}{3} = 0,237 \text{ \textcircled{a}}$$

№ რიგე	სოლების F—ფართობი მ ²	მოცულობა $V=F \cdot l$	კედლის მოცულობითი წონა კგ/მ ³	სოლების წონა G კგ	სოლის სიმძიმის ცენტრიდან კედლის უკანა წახნაგამდე მანძილი	მომენტის კედლის უკანა წახნაგის მიმართ $M=P \cdot r$
1	2	3	4	5	6	7
1	6-6-ნაკერიდან, 7-7-ნაკერამდე $\frac{\Pi - 8,40 \times 5^{\circ}30'}{180^{\circ}} 0,90 = 0,726$	0,726	2,200	1600	0,55	880
2	7-7-ნაკერიდან 8-8-ნაკერამდე $\frac{\Pi - 8,40 \times 5^{\circ}30'}{180^{\circ}} 0,90 = 0,726$	0,726	"	1600	0,48	768
3	8-8-ნაკერიდან 9-9-ნაკერამდე $\frac{0,90 + 1,02}{2} \times 1,32 = 1,268$	1,268	"	2790	0,48	1340
4	9-9-ნაკერიდან 10-10 ნაკერამდე $\frac{1,02 + 1,29}{2} 1,11 = 1,318$	1,318	"	2900	0,59	1710
5	10-10-ნაკერიდან 11-11-ნაკერამდე $\frac{1,29 + 1,47}{2} 0,46 = 0,635$	0,635	"	189,8	0,71	995
6	11-11-ნაკერიდან 12-12-ნაკერამდე $\frac{1,47 + 1,30}{2} \times 0,37 = 0,512$	0,512		1127	0,70	790
				11415	0,568	6483

r_1 —საქუთსლე კვეთის შუა ნაწილის ექსცენტრისიტეტი კედლის ფუძის ძირის მიმართ

$$r_1 = 2,99 \cos 11^{\circ} - 2,89 = 0,04 \text{ მ.}$$

G—კედლის წონა.

r_2 —კედლის წონის ექსცენტრისიტეტი მისი ძირის მიმართ

$$r_2 = \frac{1,30}{2} = 0,568 = 0,082 \text{ მ.}$$

შს—შეჯამებული თარზული დატვირთვა საქუსლე ნაკერში 25-ე ცხრილის თანახმად.

M_n — მომენტი ყამირის აქტიური გვერდითი დაწოლიდან (იხ. ნაკ. 135).

$$M_n = -\frac{h_1^2}{3} \left(\frac{e_2}{2} + e_1 \right) = -\frac{4,97^2}{3} \left(\frac{3585}{2} + 2136 \right) = -32333 \text{ კგ/მ.}$$

ამგვარად, გარეგანი ძალების მომენტი კედლის ძირის მიმართ

$$M = -38813 + (6760 + 17644) \cdot 0,04 + 11415 \cdot 0,082 - 6748 \cdot 4,89 - 32333 = -102232 \text{ კგ/მ.}$$

გადანაცვლებანი მოცემული დატვირთვიდან:

$$\beta_{10} = M \beta_{12} = -102232 \cdot 0,115687 \frac{E}{k} = -11826,833 \frac{E}{k}.$$

$$\beta_{20} = M \beta_{22} = -102232 \cdot 0,023658 \frac{E}{k} = -2418,525 \frac{E}{k}.$$

11. ზედმეტი უცნობების და ძაბვების გამოთვლა თალის წყობაში

გვექნება რა დეფორმაციათა კანონიკურ განტოლებებში შემავალი გადა-
ნაცვლებათა მნიშვნელობები, გამოვთვლით ზედმეტ უცნობებს.

კანონიკურ განტოლებათა ფესვები ტოლია:

$$X_1 = \frac{A_1 + B_1 \frac{E}{k}}{C + D \frac{E}{k}} \quad \text{და} \quad X_2 = \frac{A_2 + B_2 \frac{E}{k}}{C + D \frac{E}{k}};$$

სადაც

$$A_1 = \delta_{12} \cdot \delta_{20} - \delta_{10} \cdot \delta_{22} = 296,182 \cdot 1691139 - 152,057 \cdot 2168770 = 171109271.$$

$$\beta_1 = \delta_{12} \cdot \alpha_{20} + \delta_{20} \cdot \alpha_{12} - \delta_{10} \cdot \alpha_{22} - \delta_{22} \cdot \alpha_{10} = 296,182 \cdot 2418,525 - 1691139 \cdot 0,115687 - 2168770 \cdot 0,023658 + 152,057 \cdot 11826,833 = 2301455.$$

$$A_2 = \delta_{12} \cdot \delta_{10} - \delta_{20} \cdot \delta_{11} = -296,182 \cdot 2168770 + 1691139 \cdot 652,451 = 461034795.$$

$$\beta_2 = \delta_{12} \cdot \alpha_{10} + \delta_{10} \cdot \alpha_{12} - \delta_{11} \cdot \alpha_{20} - \delta_{20} \cdot \alpha_{11} = 296,182 \cdot 11826,833 + 2168770 \cdot 0,115687 + 652,451 \cdot 2418,$$

$$525 + 1691139 \cdot 0,565710 = 6123490.$$

ძალაობა და პიკები თაღის წიხაში ხავერდის წინადაც და ვარგის დატვირთვადან

საბ- რების №.№	M_0 კგ/მ	N_0 კგ	γ 8	$\cos \psi$	M კგ/მ	H კგ	$H \cdot \gamma$ კგ/მ	$H \cos \psi$ კგ	M_x კგ/მ	N_x კგ	C სმ	e სმ	$\frac{N_x}{C}$ კგ/სმ ²	$\pm \frac{e_c}{e}$	მნიშ. კგ/სმ ²	სტრ. კგ/სმ ²	საბ- რების №.№
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0-0	0,00	0,00	2,57	1,000			-35564	13838	1364	18838	9,95	60	2,3	0,99	4,5	2,2	0-0
1-1	-1748	1210	2,50	0,965			-34595	13354	585	14564	4,00	61	2,4	0,40	9,4	1,4	1-1
2-2	-6658	4436	2,25	0,869			-31195	12025	-865	16461	-5,25	65	2,5	-0,48	1,3	3,7	2-2
3-3	-13901	8733	1,95	0,727			-25600	10060	-2572	18793	-13,70	70	2,7	-1,17	-0,5	5,9	3-3
4-4	-22526	18688	1,72	0,549			-18286	7597	-3564	21255	-18,20	77	2,8	-1,42	-1,2	6,8	4-4
5-5	-30925	18084	0,68	0,390			-9410	5396	-3407	23460	-14,51	85	2,76	-1,02	-0,1	5,6	5-5
6-6	-38813	22761	0	0			-0	2560	-1535	25651	-7,53	90	2,8	-0,50	1,4	4,2	6-6

$$C = \bar{c}_{11} \bar{c}_{22} - \bar{c}_{12}^2 = 652,451 \cdot 152,057 - 296,182^2 = 11486.$$

$$D = \bar{b}_{11} \alpha_{22} + \bar{b}_{22} \alpha_{11} - 2\bar{b}_{12} \alpha_{12} = 652,451 \cdot 0,023658 + 152,057 \cdot 0,565710 + 2 \cdot 296,182 \cdot 0,115687 = 169,985.$$

ვინაიდან სტატიკურად განუზღვრელი სიდიდეები მოინახება $\frac{E}{k}$ ფარდობის დამოკიდებულებით, ამიტომ ამ ფარდობის დასაცავად, პირობით β_{nm} ტიპის გადანაცვლებებს ვცვლით $\alpha_{nm} \frac{E}{k}$ გამოსახვით, ე. ი.

$$\beta_{nm} = \alpha_{nm} \frac{E}{k}.$$

სადაც

$$\frac{E}{k} = \frac{240000}{10} = 24000 \text{ სმ} = 240 \text{ მ.}$$

თუ ჩავსვამთ ნაპოვნ მნიშვნელობებს განტოლებების ფესვებში, გავიგებთ ზედმეტ უცნობებს:

$$X_1 = \frac{171109271 + 2301455 \cdot 240}{11486 + 169,985 \cdot 240} = 13838 \text{ კგ.}$$

$$X_2 = \frac{461034795 + 6123490 + 240}{11486 + 169,985 \cdot 240} = 36928 \text{ კგ/მ.}$$

თალის წყობაში განვითარებული ძაბვები მოყვანილია 26-ე ცხრილში.

12. კედლის ანგარიში

კედლის ანგარიშს ეაწარმოებთ § 42-ში მოყვანილი წესით.

აქტიური ძალებიდან ჩავთვლით მოშორებული თალის მოქმედების შედეგულ ძალებს, რისთვისაც მათ მოვდებთ გაკეთის ადგილას, და კედლის საკუთარ წონას. ამ ძალების გარდა კედელზე მოქმედებს ყამირის დრეკადი წინალობა უკანა წახნაგზე და კედლის ძირზე, და აგრეთვე ხახუნის ძალები კედლის გარეგან გვერდით ზედაპირზე. ყამირის აქტიური გვერდითი დაწოლას უკანა წახნაგზე მხედველობაში არ ვიღებთ.

ანგარიშს ეაწარმოებთ იმ დაშვებით, რომ კედლის ძირი გადანაცვლება, ე. ი. თარაზული ძალები აითვისება მშენებლობის პროცესში დროებითი განმბრჯენებით — ტირანტებით და შემდეგში კი შებრუნებული თალის არსებობით.

ანგარიშის მიმდევრობა ასეთია:

ა) ჯერ განვსაზღვრავთ ძაბვას ყამირში კედლის ფუძის ძირში, და კედლის თავზე — შემდეგ.

ბ) შევამოწმებთ ძაბვებს კედლის წყობაში ყველა გარეგანი ძალების და ყამირის დრეკადი წინალობის მოქმედებაზე. მონაცემებს, რომლითაც ჩაითვლება თალის გავლენა, ვიღებთ თალის ანგარიშიდან (ცხრილი 20 და 26);

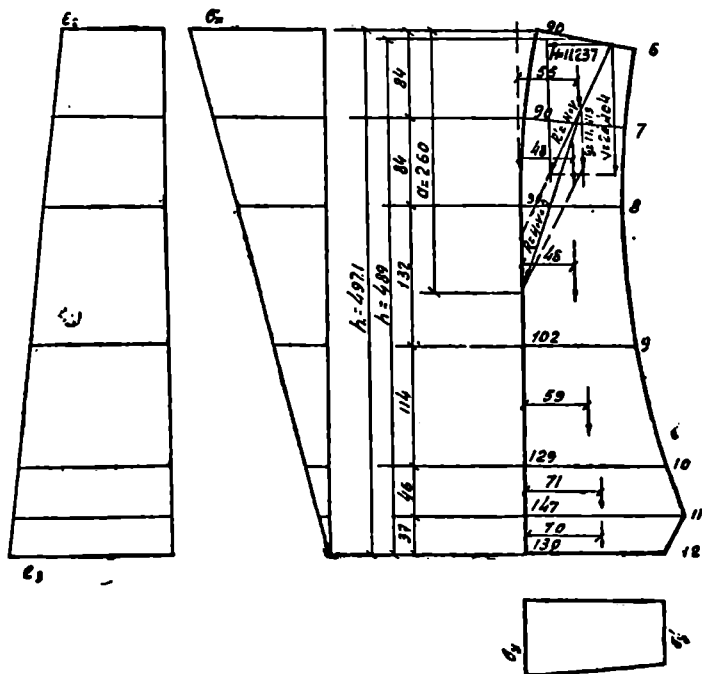
კედლის სიმაღლე $h=4,97$ მ (ნაკ. 136), სივანე ძირზე $b=1.30$ მ, თალის განმბრჯენი ქუსლში გვერდითი აქტიური მოქმედების გარეშე.

$$H=13,838-2,601=11,237 \text{ ტ};$$

თალის შვეული რეაქცია

$$V=\Sigma Q+\Sigma P=6760+17644=24,404 \text{ ტ};$$

კედლის წონა $G=11,415 \text{ ტ}.$



ნაკ. 136.

სრული შვეული მდგენელი

$$V+G=24,404+11,415=35,819 \text{ ტ}.$$

ხახუნის ძალა კედლის გვერდით წახნაზე

$$S=\mu H=0,3 \cdot 11,237=3,371 \text{ ტ}.$$

ყამირის შვეული რეაქცია

$$Q_0=V+G-S=35,819-3,371=32,448 \text{ ტ}.$$

თალის მოქმედების შემცველი ძალების მოდების წერტილი გამოითვლება ფარდობიდან:

$$c = \frac{M_x}{N_x} = \frac{188500}{25351} = 7,5 \text{ სმ}$$

ქვევით თალის ღერძიდან.

თუ მოვდებთ ამ ძალებს ნაპოვნ წერტილში, ავაგებთ გრაფიკულად მათ ტოლქმედს და შემდეგ ნაპოვნ ტოლქმედს მივამატებთ კედლის წონისთან და ა. შ. ვიპოვით კედელზე მომქმედ ყველა ძალების ტოლქმედს. კედლის ზედა ნაწილიდან ტოლქმედის კედლის გარეგან წახნაგთან გადაკვეთამდე მანძილს გავივებთ გრაფიკულად

$$a = 3,00 \text{ მ.}$$

კედლის ზედა ნაწილიდან ყველა ძალების თარზულ მდგენელამდე მანძილი

$$X = \frac{4,97 [2 \cdot 4,97^2 (2 \cdot 11,237 \cdot 3,0 - 32,448 \cdot 1,30) + 1,30^3 \cdot 11,237]}{11,237 (4 \cdot 4,97^2 + 1,30^2)} = 1,14 \text{ მ.}$$

ხახუნის ძალა კედლის ძირზე

$$S_1 = H \frac{h-3x}{2h} = 11,237 \frac{4,97-3 \cdot 1,14}{2 \cdot 4,97} = 1,735 \text{ ტ.}$$

მაქსიმალური დაბევა ყამირში გარეგან წახნაგზე ზემოთ

$$\sigma_x = \frac{H+S_1}{50h} = \frac{11237+1753}{50 \cdot 497 \cdot 100} = 0,5225 \text{ კგ/სმ}^2.$$

56,57 განტოლებებიდან

$$\sigma_y + \sigma_{y'} = \frac{Q_0}{50b} = \frac{32,448}{50 \cdot 130} = 5,00 \text{ კგ/სმ}^2.$$

$$\sigma_y - \sigma_{y'} = \sigma_x \frac{b}{h} = 0,52 \frac{1,30}{4,97} = 0,13 \text{ კგ/სმ}^2.$$

მივიღებთ დაბევის ყამირში კედლის ძირის ქვევით

$$\sigma_y = \frac{5,00+0,13}{2} = 2,56 \text{ კგ/სმ}^2.$$

$$\sigma_{y'} = \frac{5,00-0,13}{2} = 2,44 \text{ კგ/სმ}^2.$$

γ_0 მანძილი შეეუღლი მდგენელისა გარეგანი წახნაგიდან

$$\gamma_0 = \frac{b}{3} \frac{Q_0}{Q_0} \left(1 + \frac{\sigma_{y'}}{\sigma_y + \sigma_{y'}} \right) = \frac{1,30}{3} \frac{32,448}{35,819} \left(1 + \frac{2,44}{5,00} \right) = 0,58 \text{ მ.}$$

შემოწმება გვაძლევს:

$$\gamma_0 = (a-x) \frac{H}{Q_0} = (3,00 - 1,14) \frac{11,237}{35,819} = 0,585 \text{ მ.}$$

ძაბვების განსაზღვრა კედლის წყობაში

ნაკერი 7-7 მდებარეობს ძირიდან $h_1 = 4,13$ მ მანძილზე, კვეთის სიგანე $b_1 = 0,90$ მ; სოლის სიგრძე $k = 0,84$ მ; სოლის წონა $P_1 = 1,600$ ტ; მხარი $f_1 = 0,55 - 0,45 = 0,10$ მ. ღრეკალი უკუბრჯენის ინტენსიურობა

$$(\sigma_x)_1 = \sigma_x \frac{h-k}{h} = \frac{4,97-0,84}{4,97} 0,52 = 0,43 \text{ კგ/სმ}^2.$$

ღრეკალი უკუბრჯენის სიდიდე სოლის მთელ წახნაგზე

$$F_1 = \frac{\sigma_x + (\sigma_x)_{1-1}}{2} k = \frac{0,52 + 0,43}{2} 0,84 \cdot 100 = 4000 \text{ კგ.}$$

E - ძალის მხარი (ტრაპეციის სიმძიმის ცენტრი) 7-7-ნაკერისათვის

$$e_1 = \frac{84}{3} \frac{0,43 + 2 \cdot 0,52}{0,43 + 0,52} = 43,4 \text{ სმ.}$$

ხახუნის ძალა სოლის გარეგან წახნაგზე

$$S_1 = f \cdot E = 0,3 \cdot 4000 = 1200 \text{ კგ.}$$

მოშორებული თალის გავლენა.

შვეული ძალა $V = 24404$ კგ.

მომენტი საქუსლე ნაკერში $M = 188500$ კგმ.

უკუბრჯენი $H = 11237$ კგ.

ყველა ძალების მომენტი კვეთის სიმძიმის ცენტრის მიმართ

$$M = -188500 - 11237 \cdot 75 + 24404 \cdot 35 + 1600 \cdot 10 + \\ + 1200 \cdot 50 + 4000 \cdot 43,4 = 72465 \text{ კგმ.}$$

$$N = 24404 + 1600 \cdot 1200 = 24804 \text{ კგ.}$$

ექსცენტრისიტეტი

$$e = \frac{M}{N} = \frac{72465}{24804} = 2,9$$

$$\pm \frac{6 \cdot e}{e} = \frac{6 \cdot 2,9}{90} = 0,20.$$

ძაბვებს. გამოვთვლით რთული წინააღობის ფორმულით

$$\sigma_{\text{გ.ა.}} = \frac{N}{b} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{e} \right) = \frac{24804}{90 \cdot 10} (1 \pm 0,20)$$

$$\sigma_{\text{გ.ა.}} = 2,76 (1 - 0,20) = 2,2 \text{ კგ/სმ}^2;$$

$$\sigma_{\text{გ.ბ.}} = 2,76 (1 + 0,20) = 3,3 \text{ კგ/სმ}^2.$$

8—8 ნაკერი 3,29 მ მანძილზე ($b=90$ სმ)

$$(\sigma_x)_6 = \frac{0,52 \cdot 3,29}{4,97} = 0,34 \text{ კგ/სმ}^2.$$

$$F_6 = \frac{0,52 + 0,34}{2} \cdot 168 \cdot 100 = 7240 \text{ კგ.}$$

$$a_6 = \frac{168}{3} \frac{0,34 + 2 \cdot 0,52}{0,34 + 0,52} = 89,7 \text{ სმ.}$$

$$S_6 = 0,3 \cdot 7240 = 2172 \text{ კგ.}$$

$$M = -188500 - 11237 \cdot 159 + 24404 \cdot 39 + 1600 \cdot 10 + 1600 \cdot 3 + \\ + 2172 \cdot 45 + 7240 \cdot 89,7 = -255459 \text{ კგ/სმ.}$$

$$N = 24404 + 1600 + 1600 - 2172 = 25432 \text{ კგ.}$$

$$c = \frac{-255459}{25432} = -10 \text{ სმ}; \quad \frac{6c}{e} = \frac{6 \cdot 10}{90} = 0,67.$$

ძაბვები

$$\sigma_{\text{ბ.ა. მონ}} = \frac{25432}{90 \cdot 100} (1 \pm 0,67).$$

$$\sigma_{\text{ბ.ა.}} = 0,93 \text{ კგ/სმ}^2; \quad \tau_{\text{მონ}} = 4,72 \text{ კგ/სმ}^2.$$

9—9—ნაკერი 1,97 მ მანძილზე ($b=102$ სმ).

$$(\sigma_x)_y = \frac{0,52 \cdot 1,97}{4,97} = 0,21.$$

$$F_9 = \frac{0,52 + 0,21}{2} \cdot 300 \cdot 100 = 10930 \text{ კგ.}$$

$$a_9 = \frac{300}{3} \frac{0,21 + 2 \cdot 0,52}{0,21 + 0,52} = 171 \text{ სმ.}$$

$$S_9 = 0,3 \cdot 10930 = 3279 \text{ კგ.}$$

$$M = -188500 - 11237 \cdot 291 + 24404 \cdot 33 + 1600 \cdot 10 - 1600 \cdot 3 - 2790 \cdot 3 + \\ + 10930 \cdot 171 + 3279 \cdot 51 = 623706.$$

$$N = 24404 + 1600 + 1600 + 2790 - 3279 = 27115 \text{ კგ.}$$

$$c = \frac{-623706}{27115} = -23 \text{ სმ.} \quad \frac{6c}{e} = \frac{6 \cdot 23}{102} = 1,35.$$

$$\sigma_{\text{ბ.ა. მონ}} = \frac{27115}{102 \cdot 100} (1 \pm 1,35).$$

$$\sigma_{\text{ბ.ა.}} = -0,93 \text{ კგ/სმ}^2; \quad \sigma_{\text{მონ}} = 6,25 \text{ კგ/სმ}^2.$$

10—10 ნაკერი ძირიდან 0,83 მ მანძილზე ($b=129$ სმ).

$$(\sigma_x)_{10} = \frac{0,52 \cdot 0,83}{4,97} = 0,09 \text{ კგ/სმ}^2.$$

$$F_{10} = \frac{0,52+0,09}{2} \cdot 414 \cdot 100 = 12630 \text{ კგ.}$$

$$a_{10} = \frac{414}{3} \cdot \frac{0,09+2 \cdot 0,52}{0,09+0,52} = 256 \text{ სმ.}$$

$$S_{10} = 0,3 \cdot 12630 = 3790 \text{ კგ.}$$

$$M = -188500 - 11237 \cdot 405 + 24404 \cdot 20 - 1600 \cdot 9 - 1600 \cdot 16 - 2790 \cdot 16 - \\ - 2900 \cdot 5 + 12630 \cdot 256 + 3790 \cdot 64,5 = -872810 \text{ კგ/სმ.}$$

$$N = 24404 + 1600 + 1600 + 2790 + 2900 - 3790 = 29504 \text{ კგ.}$$

$$c = -\frac{872810}{29504} = -29,6 \text{ სმ}; \quad \frac{6c}{e} = -\frac{6 \cdot 29,6}{129} = -1,38.$$

$$\sigma_{\text{ბაზ. პონ}} = \frac{29504}{129 \cdot 100} (1 \pm 1,38).$$

$$\sigma_{\text{ბაზ}} = -0,87 \text{ კგ/სმ}^2; \quad \sigma_{\text{პონ}} = 5,43 \text{ კგ/სმ}^2.$$

11—11 ნაკერი ძირიდან 0,37 მ მანძილზე ($b=147$ სმ)

$$(\sigma_x)_{11} = \frac{0,52 \cdot 0,37}{4,97} = 0,04 \text{ კგ/სმ}^2.$$

$$F_{11} = \frac{0,52+0,04}{4,97} = 460 \cdot 100 = 12880 \text{ კგ.}$$

$$a_{11} = \frac{0,04+2 \cdot 0,52}{0,04+0,52} \cdot \frac{460}{3} = 296 \text{ სმ.}$$

$$S_{11} = 0,3 \cdot 12880 = 3864 \text{ კგ.}$$

$$M = -188500 - 11237 \cdot 451 + 24404 \cdot 11 - 1600 \cdot 18 - 1600 \cdot 25 - 2790 \cdot 25,5 - \\ - 2900 \cdot 14,5 - 1398 \cdot 2,5 + 12880 \cdot 296 + 3864 \cdot 73,5 = -1078886 \text{ კგ/სმ.}$$

$$N = 24404 + 11415 - 1127 - 3864 = 30828 \text{ კგ.}$$

$$c = \frac{-1078886}{30828} = -35 \text{ სმ}; \quad \frac{6c}{e} = -\frac{6 \cdot 35}{147} = -1,43.$$

$$\sigma_{\text{ბაზ. პონ}} = \frac{30828}{147 \cdot 100} (1 \pm 1,43).$$

$$\sigma_{\text{ბაზ}} = -0,90 \text{ კგ/სმ}^2; \quad \sigma_{\text{პონ}} = 5,10 \text{ კგ/სმ}^2.$$

12—12 ნაკვეთი ფუძის ღონებზე ($b=1,30$ სმ).

$$(\sigma_x)_{1,2}=0;$$

$$E_{1,2}=\frac{0,52}{2} 497 \cdot 100=12900 \text{ კგ.}$$

$$a_{1,2}=\frac{497 \cdot 2}{3}=331 \text{ სმ.}$$

$$S_{1,2}=0,3 \cdot 12900=3870 \text{ კგ.}$$

$$M=-188500-11237 \cdot 488+24404 \cdot 19-11415 \cdot 8+12900 \cdot 331+ \\ +3870 \cdot 65=778350 \text{ კგ/სმ.}$$

$$N=24404+11415-3870=31949 \text{ კგ.}$$

$$C=\frac{-778350}{31949}=-24,3 \text{ სმ.} \quad \frac{6 \epsilon}{\epsilon}=\frac{-6 \cdot 24,3}{130}=-1,12.$$

$$\sigma_{\text{პაფ. პან.}}=\frac{31949}{130 \cdot 100}(1 \pm 1,12).$$

$$\sigma_{\text{პაფ.}}=-0,25 \text{ კგ/სმ}^2; \quad \sigma_{\text{პან.}}=5,21 \text{ კგ/სმ}^2.$$

გვირაბის მუდმივი სამაგრის ტიპები

§ 45. სამაგრის მახალა და ელემენტები

გვირაბი მუდმივი სამაგრის გარეშე შეიძლება დატოვებული იქნეს მხოლოდ მასიური, მაგარი, გამოუფიტავ და მღვრადი ქანების შემთხვევაში, თუ სრულებით არ ექნება ადგილი მთის წნევას. ყველა დანარჩენ შემთხვევაში საგვირაბო გამომუშავება გამაგრდება სამაგრით, რომლის ზიღვის უნარიანობა უნდა ესაბამებოდეს გარემომცველი ქანის დაწოლას.

გამომუშავების გამაგრების ხარისხის მიხედვით შეიძლება გვექონდეს შემდეგი შემთხვევები: პროფილი უსამაგროდ, სამაგრი გამომუშავების მხოლოდ ზედა ნაწილზე, სამაგრი შებრუნებული თალის გარეშე, სამაგრი შებრუნებული თალით.

ამგვარად, სრული საგვირაბო სამაგრი, რომელიც კეთდება გამომუშავების მთელ პერიმეტრზე და ქმნის ჩაკეტილ კონტურს, შესდგება საძირკვლებისაგან, გვერდითი კედლებისაგან, ზედა და შებრუნებულ თაღებისაგან. პროფილის ასეთივე სრულ გამაგრებას იძლევიან წრიული მოხაზულობის სამაგრებიც.

პროფილი უსამაგროდ შემოიხაზება განარიტზე და ეწოდება ძირითადი ტიპის პროფილი. სინამდვილეში, უსამაგრო კვეთს ყოველთვის აქვს რომელიმე სიქარბე, ვინაიდან შეუძლებელია მივიღოთ საგვირაბო გამომუშავება სწორი გლუვი ზედაპირით. ამას გარდა, ბევრ ძველ გვირაბებში ძირითადი ტიპის მოხაზულობა აღებულია მარაგით, იმ მიზნით, რომ შემდეგში ქანის გამოფიტვის შემთხვევაში შესაძლებლობა გვექონდეს გავამაგროთ გამომუშავება სამაგრით.

გამომუშავების მხოლოდ ზედა ნაწილის გამაგრება მიიღება შედარებით იშვიათად: გამომუშავებათათვის, რიშელთა მდგომარეობა მოითხოვს მხოლოდ ქერის გამაგრებას; ორლიანდაგიან გვირაბებში თალი დაყრდნობილია გვერდითი შტროსის დაუმუშავებელ ნაპირებზე, რომელიც განიერდება დასაწყისში მხოლოდ ერთლიანდაგიანად; ასეთ სამაგრს ეწოდება ქერის სამაგრი.

სამაგრი შებრუნებული თალის გარეშე იხმარება ქანებისათვის გვერდითი და ძირიდან წნევის გარეშე და წარმოადგენს უფრო გავრცელებულ ტიპს.

სამაგრი შებრუნებული თაღით იხმარება მნიშვნელოვანი გვერდითი ან ძირიდან წნევის არსებობის დროს. იქმნება ის წინა ტიპში შებრუნებულ თაღის მოწყობის გზით და აღინიშნება *bis*-ით.

მუდმივი სამაგრის მასალად მეტად ხშირად იხმარება ქვა და ბეტონი; იშვიათად გვხვდება აგური, ბეტონიტი, რკინაბეტონი, ლითონი და სხვ.

ხის სამაგრს აქვს ნაწილობრივი გავრცელება სახლურგარეთ, უმთავრესად ამერიკის შეერთებულ შტატებში, მაგრამ ასეთი გვირაბების ექსპლუატაციის გამოცდილებანი გვიჩვენებს, რომ ხე მუდმივ სამაგრად არ ამართლებს დანიშნულებას და მცირე დროის შემდეგ უნდა შეიცვალოს უფრო გამძლე მასალით.

ჩვენი ტექნიკური პირობებით, ხის გამოყენება მუდმივ სამაგრად დაუშვებელია.

ძველად გაშენებულ გვირაბების უმრავლესობას აქვს ქვის სამაგრი, სადაც გვხვდება შემდეგი სახის წყობები:

- ა) ჩვეულებრივი ყორული წყობა;
- ბ) ყორული წყობა ნარჩევი ყორეს მოპირკეთებით;
- გ) წყობა ყორეს ფილების სახით;
- დ) ტლანქად დათლილი ცალობრივი ქვების წყობა;
- ე) სუფთად დათლილი ცალობრივი ქვების წყობა;

უფრო ხშირად იხმარებოდა პირველი საში სახე, როგორც ყველაზე იაფი და ამას გარდა სრულიად საიმედო საკმაოდ ზუსტი შესრულების შემთხვევაში, სამაგრი უფრო ძვირი სახის წყობისაგან კი ნახევრად სუფთა ან სუფთა თლილი იხმარებოდა მხოლოდ იშვიათად, მნიშვნელოვანი წნევის შემთხვევის დროს. თლილი ქვის წყობა ძალზე ხშირად პოულობს გამოყენებას პორტალებისათვის, სათავეებისათვის და სამაგრის შესავალ ელემენტებისათვის. პორტალებისათვის და სათავეებისათვის კავშირის ზოგიერთ რაიონებში დიდი გავრცელება აქვს ყორულ წყობას მოზაიკის სახით.

ქვის სამაგრის საერთო ნაკლს წარმოადგენს მუშაობის წარმოების დროს მექანიზაციის გამოყენების შეზღუდული შესაძლებლობა და მისი ნაკლები წყალგაუმტარობა. ამის გამო უკანასკნელ ხანებში ქვის სამაგრის მაგიერ, სადაც კი ნებას გვაძლევს ქანის პირობები, გამოიყენება ბეტონიც.

ბეტონის სამაგრის კონსტრუქციულ ღირებვას წარმოადგენს მისი მონოლიტობა, სიმკვრივე და მეტი წყალგაუმტარობა. საწარმოო თვალსაზრისით ბეტონის წყობას ქვასთან შედარებით უპირატესობა აქვს იმ შემთხვევებში, როცა სამუშაოები შეიძლება იქნეს მექანიზირებული. მექანიზაციის გამოსაყენებლად აუცილებელია გამოუმუშავებაში საკმაოდ თავისუფალი სივრცის არსებობა, რაც შესაძლებელია მხოლოდ მდგრად ქანებში, რომლებიც არ მოითხოვენ ძლიერ გამაგრებას. იმ ქანებში კი, სადაც მნიშვნელოვანი წნევა გვაქვს, ბეტონის წყობა სწარმოებს ხელს. ამ პირობებში მეორე გარემოებას, რომელიც ხელს უშლის ბეტონის წარჩინებით გამოყენებას, წარმოადგენს წყობის დამთავრებისთანავე სამაგრის მიერ მთის წნევის მყისი ათვისების აუცილებლობა, რაც მხოლოდ ნაწილობრივ მიიღწევა სპეციალური სახის სწრაფშემჭიდავი ელემენტების გამოყენებით.

უკანასკნელად აგებულ ჩვენს გვირაბებში ნაწილობრივი გავრცელება მოიპოვა სამაგრის შერეულმა სახემ: საძირკველი და კედლები ყორული წყობისაგან და ორივე თალი—ზედა და შებრუნებული ბეტონისაგან. გვხვდება აგრეთვე შებრუნებული კომბინაცია, როდესაც კედლებს აკეთებენ ბეტონისაგან და თალს ყორული წყობისაგან, რაც არ შეიძლება იქნეს რეკომენდებული.

აგურის სამაგრი, რომელსაც დიდი გავრცელება ქონდა წარსულში, აქაიქ დარჩენილია ახლაც. პირველ გვირაბებს რუსეთში—ვილნოში და კონო-ში—ქონდათ აგურის სამაგრი; უფრო გვიან ის ნაწილობრივ გამოყენებული იქნა ნოვოროსიისკის გვირაბებში. არა იშვიათად პოულობს გამოყენებას ამერიკულ გვირაბებში; ევროპულ გვირაბებშიც, განსაკუთრებით ინგლისში. მნიშვნელოვნადაა გავრცელებული აგური იტალიაში.

გვირაბისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნეს მხოლოდ შემომწვარი კლინკერი. ფოროვანი აგურის გამოყენება, განსაკუთრებით ნოტიო გვირაბებში, დაუსშებელია. აგურის მცირე ზომები და წონა მნიშვნელოვნად მოსახერხებელია საგვირაბო სამუშაოთა ვიწრო გარემოებაში. არამუდმივი კვეთის აგურის თალებში ერთი სისქიდან მეორეზე გადასვლა გვიხდება ვაწარმოოთ საფეხურები. პროფილის ეს უცაბედი ცვლილება უხიფათოა, თუ თალის უკან სიცარიელებს მჭიდროდ შევავსებთ ბეტონით.

ხშირად იხმარება კომბინირებული სამაგრი: აგურის თალები კედლებზე ყორული ან ბეტონის წყობისაგან.

ბეტონის ბლოკები—ბეტონიტები შედარებით ახალი სახეა საგვირაბო სამაგრისათვის და ბევრ შემთხვევაში უპირატესობა ეძლევა ქვასა და აგურთან შედარებით. ამ სახის ნაკეთის უპირატესობად ითვლება საქარხნო წესით დამზადებული სტანდარტული ფორმის და ზომების ბლოკების, მალალი სიმტკიცის უზრუნველყოფა, რომელიც აადვილებს სამუშაოთა წარმოებას.

რკინა-ბეტონის სამაგრი, როგორც ერთი უმძლავრესი, იხმარება დიდი წნევის ქანებში. ამასთან ერთად მხედველობაში უნდა გვქონდეს ის, რომ მას შეუძლია აითვისოს დატვირთვა მხოლოდ აშენებიდან განსაზღვრული დროის გავლის შემდეგ. ამას გარდა, რკინა-ბეტონის სამუშაოთა წარმოება საგვირაბო გამომუშავების შევიწროებულ პირობებში და დიდი სამთო წნევისას ძნელია, მასთან, სამაგრის საჭირო სიმძლავრე და გამქიმავი ძაბვების მოშორება უფრო მარტივად მიიღწევა ბეტონის კვეთის გადიდებით. ამ ზომას ჩვეულებრივად ამჯობინებენ ვიდრე არმატურის გამოყენებას.

ეს გარემოებები საზღვარავენ რკინა-ბეტონის სამაგრის გამოყენების ფარგლებს.

სამთო გვირაბების გავლის ზოგ შემთხვევებში ფარის მეთოდის გამოყენების გამო, გამოყენებას პოულობს აგრეთვე ლითონის სამაგრი ცალკეული სეგმენტების სახით.

გვირაბის სიგრძეზე, ბეტონისა და რკინა-ბეტონის სამაგრი გამკოლი ნაკრების საშუალებით იყოფა ცალკე ელემენტებად (რგოლებად, სექციებად). რგოლების სიგრძე იცვლება მნიშვნელოვან ზღვრებში 2-დან 10 მ-დე. რაც უფრო მძიმეა და სხვადასხვა გამომუშავების გეოლოგიური პირობები,

მით უფრო მოკლე უნდა იყოს რგოლების სიგრძე. მეტად ხშირად გვხვდება რგოლები 6-დან 7 მ-დე.

ჩვენს გვირაბებში უპირატესად გავრცელებას პოულობს რგოლი 6,40 მ სიგრძით. თითოეული რგოლი ღებულობს თავის ნომერს, რომელიც რჩება მას ნაგებობის შემდეგ ექსპლოატაციის დროსაც.

გამომუშავეების სიგრძეზე ქანების შეცვლა გვაძულებს ვცვალოთ სამაგრის ტიპიც. ერთი და იგივე გვირაბში გეოლოგიური პირობების სხვადასხვაობამ შეიძლება აუცილებელი გახადოს სხვადასხვა კონსტრუქციის გამოყენება, დაწყებული გაშიშვლებული გამომუშავეებიდან და დამთავრებული სამაგრის ყველაზე ძლიერი ტიპით.

ნორმალურ ლიანდაგიანი რკინიგზების პროექტირების ტექნიკური პირობები მიუთითებს:

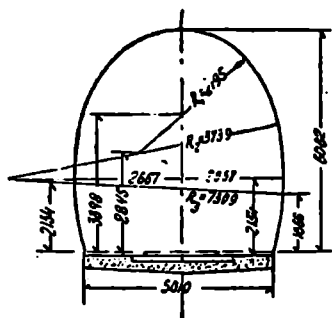
„გვირაბებს როგორც წესი უნდა ჰქონდეს მუდმივი სამაგრი. სათანადო გეოლოგიურ და ჰიდროგეოლოგიურ პირობებში მთის გვირაბები შეიძლება დატოვებული იქნას მუდმივი სამაგრის გარეშე;

გვირაბის სამაგრისათვის მიღებული უნდა იყოს: ქვა, ბეტონი, რკინა-ბეტონი, კლინკერის აგური, თუჯი და ფოლადი“.

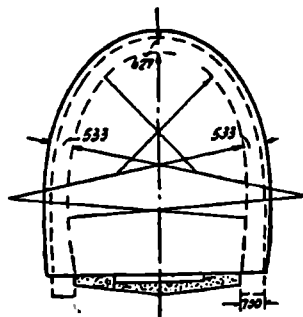
მონაცემები არსებულ ჩვენს და საზღვარგარეთულ გვირაბების სამაგრებზე მოყვანილია სამ შემდეგ პარაგრაფში.

§ 46. ერთლიანდაგიან სარკინიგზო გვირაბების მუდმივი სამაგრი

ერთლიანდაგიანი გვირაბებისათვის ჩვენში ყველაზე ხშირად იხმარებოდა სამაგრთა ტიპები შემოხაზული ხუთი ცენტრიდან ხოკრული მრუდით. ასეთი



ნაკ. 137.



ნაკ. 138.

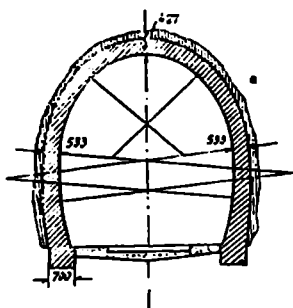
ტიპის სამაგრი წაკეთ გვირაბებს ხაზეზე არმავირო—ტუასე, ყაზანი—სვერდლოვსკი, ჯულფა—ბაქო, შაეი ზღვის და სხ. დამუშავებული იქნა სულ 10 ტიპი სხვადასხვა გეოლოგიურ პირობებში.

ტიპი I—კვეთი უსამაგროდ მაგარ მასიურ გამოუფიტავ ქანებისათვის (ნაკ. 137).

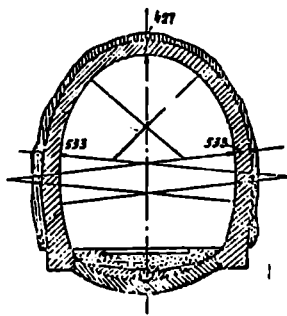
ტიპი II—მაგარ, მასიურ ქანებისათვის, რომელთაც შემდეგში შეიძლება დაჭირდეს სამაგრი შესაძლო გამოფიტვის გამო (ნაკ. 138).

ტიპი III—ქანებისათვის, რომელთაც არ აქვთ მთის წნევა, მაგრამ ახასიათებს გამოფიტვა (ნაკ. 139).

ტიპი III *bis*—მაგარი ქანებისათვის უმნიშვნელო გვერდითი წნევით (ნაკ. 140).

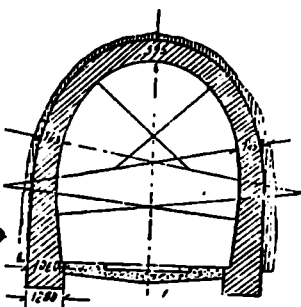


ნაკ. 139.

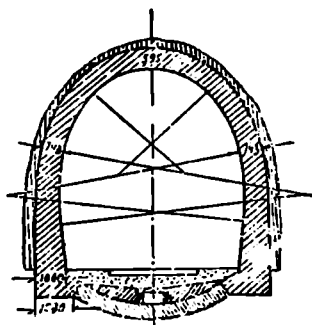


ნაკ. 140.

ტიპი IV—სუსტი ქანებისათვის მცირე ვერტიკალური წნევით (ნაკ. 141).
ტიპი IV *bis*—სუსტი ქანებისათვის მცირე გვერდითი წნევით (ნაკ. 142).



ნაკ. 141.



ნაკ. 142.

ტიპი V—სუსტი ქანებისათვის შვეული წნევით (ნაკ. 143).

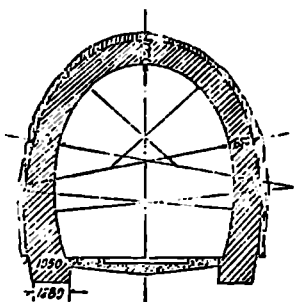
ტიპი V *bis*—სუსტი ქანებისათვის გვერდითი წნევით (ნაკ. 144).

ტიპი VI—სუსტი ქანებისათვის დიდი შვეული წნევით (ნაკ. 145).

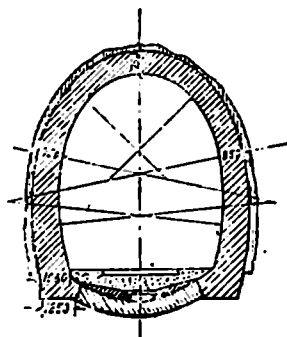
ტიპი VI *bis*—სუსტი ქანებისათვის მნიშვნელოვანი გვერდითი და შვეული წნევით (ნაკ. 146).

აქ უნდა აღვნიშნოთ აგრეთვე შედარებით პირობათა ხასიათი, რომლის დროსაც რეკომენდებული იყო სამაგრის ესა თუ ის ტიპი. კონსტრუქციის

შერჩევას და დანიშნულებას აუცილებლად უნდა ეტარებინა გამომუშავების სუბიექტური შეფასების გავლენა.

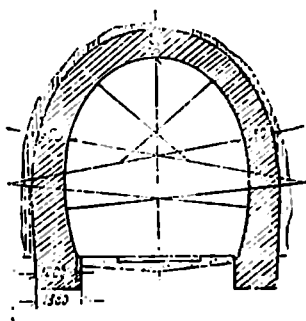


ნაკ. 143.

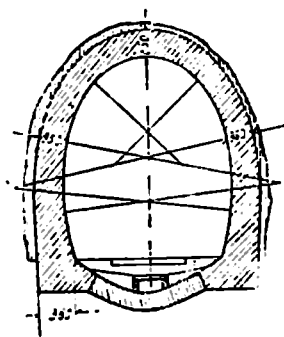


ნაკ. 144.

27-ე ცხრილში მოყვანილია ერთლიანდაგიან გვირაბების სამაგრის ყველა 10 ტიპის გამოტეხვის და წყობის მოცულობები.



ნაკ. 145.



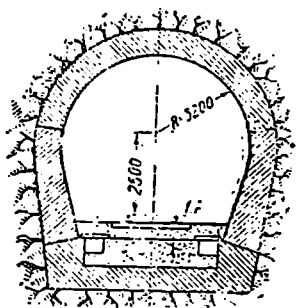
ნაკ. 146.

ცხრილი 27

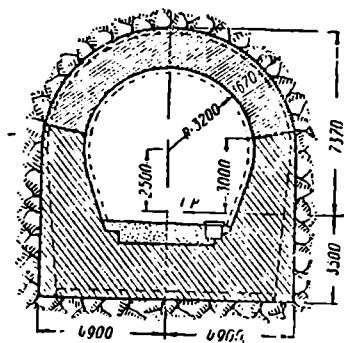
ერთლიანდაგიანი გვირაბების გამოტეხვა და წყობის მოცულობანი

გვირაბის სამაგრის ტიპი	I	II	III	III bis	IV	IV bis	V	V bis	VI	VI bis
გამოტეხვის მოცულობა გრძივ მეტრზე მ ² -ში	30,90	41,10	42,40	44,30	47,00	50,00	49,00	52,70	51,00	54,90
სამაგრის მოცულობა გრძივ მეტრზე მ ² -ში	—	—	11,60	13,58	16,33	18,84	18,33	21,68	20,51	23,81

ტიპი II განირჩევა I ტიპისგან მხოლოდ იმით, რომ პირველში გამო მუშაების კვეთი კეთდებოდა მარაგით იმ შემთხვევისათვის, თუ შემდგომში საკირო იქნებოდა სამაგრის აგება; აქ ზომები სამაგრისათვის ნაგულისხმევი იყო III—ტიპით.

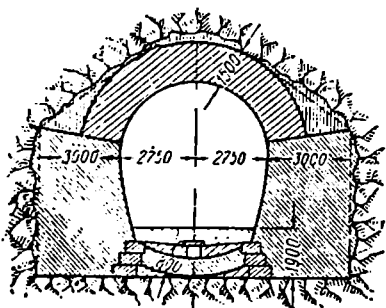


ნაგ. 147.

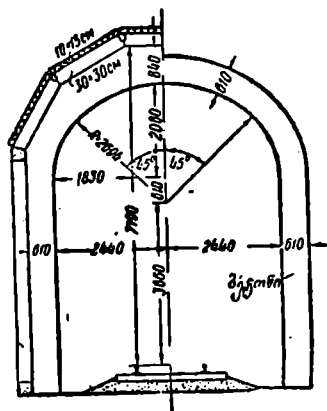


ნაგ. 148.

სამაგრთა ნაჩვენები 10 ტიპის შინაგანი მოხაზულობაჲ სიგანეზე უფრო მეტია ამჟამად მომქმედი გაბარიტი CT—1, მხოლოდ სიმაღლე ნაკლები აქვს.

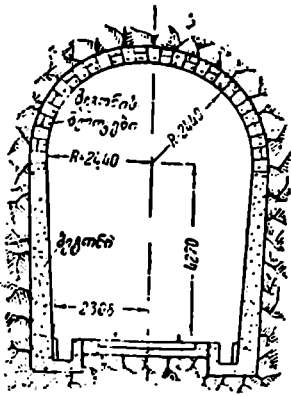


ნაგ. 149.

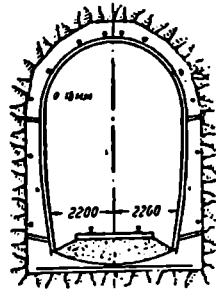


ნაგ. 150.

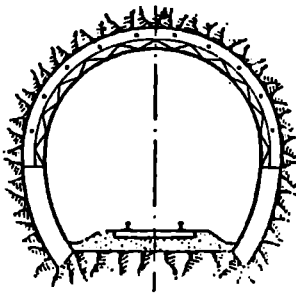
ამიტომაც ელექტროწევაზე გადასვლის დროს, ძველად აგებულ გვირაბებში გვიხდება პროფილის სიმაღლის გაღიღება, რაც ჩვეულებრივად მიიღწევა გვირაბის ძირის ქვევით დაწევით.



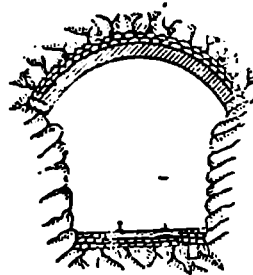
ნაკ. 151.



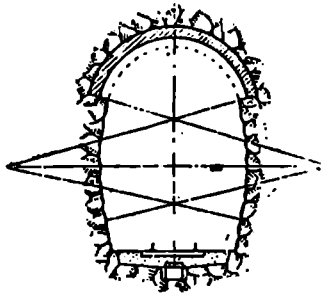
ნაკ. 152.



ნაკ. 153.



ნაკ. 154.



ნაკ. 155.

1929 წ. რკინიგზების აგების ცენტრალური სამმართველოს მიერ დამუშავებული იქნა ერთლიანდაგიანი გვირაბების სამაგრების 10 ტიპი. საფუძვლად აქ აღებული იყო არსებული გვირაბების ზემომოყვანილი პროფილები და შინაგანი მოხაზულობის ზომები კი აპარბედენ 1925 წ. ვაბარიტებს.

უფრო გვიან, გ. მ. ს. კ-ის ზოგიერთმა ორგანიზაციამ, უმთავრესად ლენინგრადის, კავკასიის და მეტროპოლიტის სოიუზტრანსპროექტის განყოფილებებმა, დამუშავა გვირაბების ტიპური სამაგრები. მაგრამ მათი სავალდებულო გამოყენების საკითხი ჯერ კიდევ ღიად რჩება.

ნაკ. 147—149-ზე ნაჩვენებია ერთლიანდაგიანი გვირაბების სამაგრის ტიპები, რომლებიც იხმარება ევროპის გზებზე. განსაკუთრებით ღიდ სამთო წნევის გამომუშავებათათვის დამუშავებულია სპეციალური მძიმე ტიპები (ნაკ. 148 და 149).

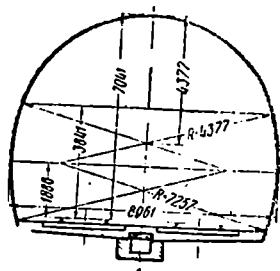
ნაკ. 150-ზე ნაჩვენებია ერთლიანდაგიანი ამერიკული გვირაბის სამაგრის ტიპი და ნაკ. 151-ზე—ჩინეთის რკინიგზების გვირაბების სამაგრის ტიპი, რომელიც მცირედ განსხვავდება ამერიკულ პროფილებისაგან.

ნაკ. 152 და 153-ზე მოცემულია ერთლიანდაგიან რკინა-ბეტონის სამაგრების ტიპები.

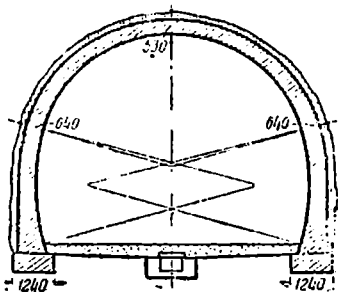
ნაკ. 154 და 155-ზე გვაქვს ერთლიანდაგიანი კვეთის ჰერის სამაგრის ტიპები.

§ 47. ორლიანდაგიან სარკინიგზო გვირაბების მულმივი სამაგრი

ორლიანდაგიანი გვირაბებისათვის ჩვენს გზებზე უპირატესობით იხმარებოდა სამ ცენტრზე ხოკრული მოხაზულობის სამაგრთა ტიპები. დამუშავებული იყო სამაგრის 8 ტიპი სხვადასხვა გეოლოგიური პირობებისათვის.



ნაკ. 156.

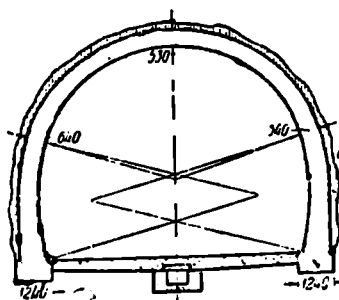


ნაკ. 157.

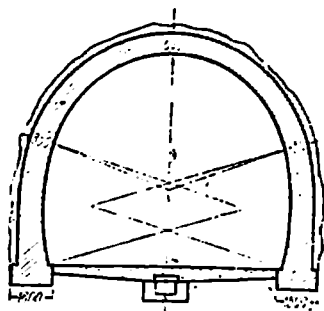
ტიპი I—კვეთი უსამაგროდ, ნაგარი მასიური გამოუფიტავე ქანებისათვის (ნაკ. 156).

ტიპი II—მაგარი მასიური ქანებისათვის, რომელთაც შემდეგში შეიძლება დაპირდეთ სამაგრი შესაძლო გამოფიტვის გამო (ნაკ. 157).

ტიპი III—ქანებისათვის, რომლებიც არ გვიჩვენებენ შთის წნევას, მაგრამ მოსალოდნელია მათი გამოფიტვა (ნაკ. 158).



ნაკ. 158.

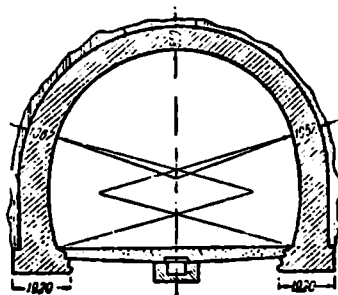


ნაკ. 159.

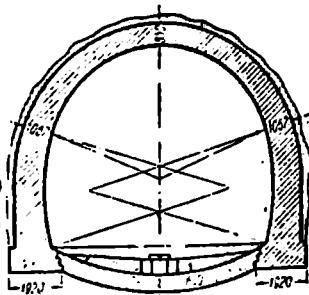
ტიპი IV—სუსტი ქანებისათვის მცირე შვეული წნევით (ნაკ. 159).

ტიპი V—სუსტი ქანებისათვის საშუალო შვეული წნევით (ნაკ. 160),

ტიპი V—bis—სუსტი ქანებისათვის საშუალო გვერდითი წნევით (ნაკ. 161).



ნაკ. 160.



ნაკ. 161.

ტიპი VI—სუსტი ქანებისათვის დიდი წნევით (ნაკ. 162).

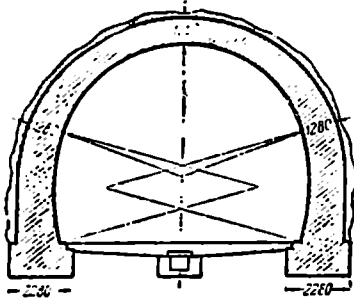
ტიპი VI—bis—სუსტი ქანებისათვის დიდი გვერდითი წნევით (ნაკ. 163).

აქ აგრეთვე უნდა აღინიშნოს სამაგრის ჩამოთვლილი ტიპების გამოყენების პირობების შეფასების იგივე სუბიექტური ხასიათი, რაც ერთლიან-დაგიანი გვირაბებისათვის.

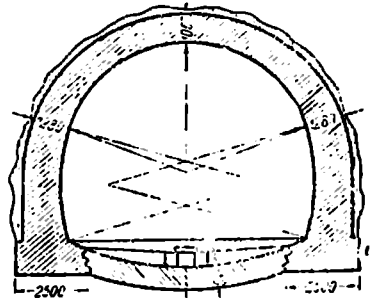
28-ე ცხრილში მოყვანილია ორლიანდაგიანი გვირაბების სამაგრის გამოტეხვის და წყობის მოცულობები.

ორლანდაგვანი გვირაბის გამოტეხვის და სამაგრის წულობის მოცულობანი

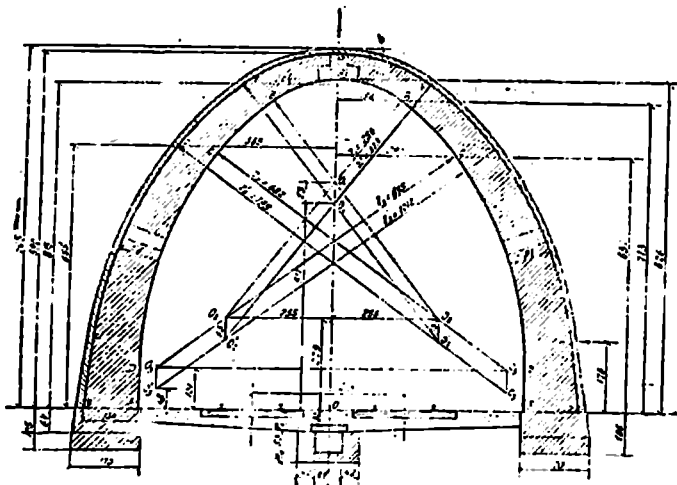
გვირაბის სამაგრის ტიპი	I	II	III	IV	V	V bis	VI	VI bis
გამოტეხვის მოცულობა გრძივ მეტრზე მ ³ -ში	50,8	75,4	75,4	80,5	86,0	91,5	95,0	102,9
სამაგრის მოცულობა გრძივ მეტრზე მ ³ -ში	—	—	17,3	22,4	29,9	36,5	36,7	44,8



ნაკ. 162.



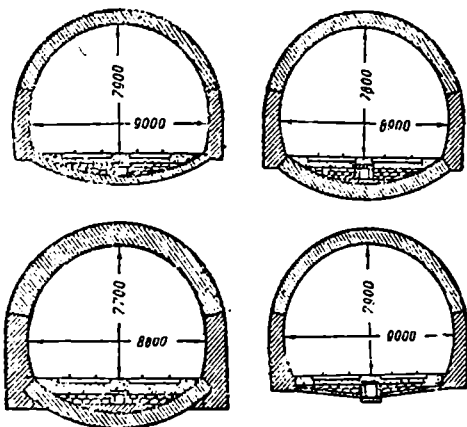
ნაკ. 163.



ნაკ. 164.

ყველა ამ ტიპის სამაგრები, რომლებიც აგებულია ძველი ნორმებით, არ აკმაყოფილებენ ამჟამად მომქმედ CT-2 გაბარიტის მოთხოვნილებას და ელექტროწევის გამოყენების შემთხვევაში რეკონსტრუქციას მოითხოვენ.

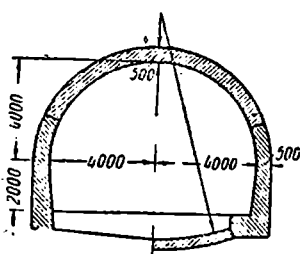
ზოგიერთი ჩვენი გვირაბისათვის დამუშავებული იყო პარაბოლურა მოხაზულობის სამი პროფილი, რომელთაგან ერთი ნაჩვენებია ნაკ. 164-ზე. ამ პროფილებს უკეთესი სტატიკური თვისებები აქვთ შეეული დატვირთვის ათვისების მხრივ და, ამასთან ერთად, მათ აქვთ კარბად დიდი კვების ფარ-



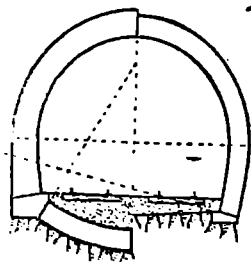
ნაკ. 165.

თი (დაახლოებით 15%, ვიდრე ხოკრულს), რაც სათანადოდ აღიღებს გვირაბის ერთი გრძივი მეტრის ღირებულებას.

ნაკ. 165-ზე ნაჩვენებია იტალიაში ღილი აპენინის გვირაბის სამაგრო ტიპები.



ნაკ. 166.



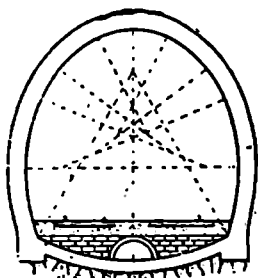
ნაკ. 167.

ნაკ. 166—169-ზე ნაჩვენებია სხვა ორლიანდაგიან ევროპულ გვირაბების სამაგრო ტიპები.

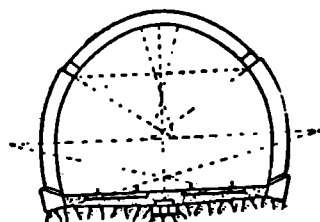
განსაკუთრებით არახელსაყრელი პირობებისათვის ძალზე დიდი მთის წნევის დროს იხმარება მძიმე სამაგრო სპეციალური ტიპები (ნაკ. 170—172).

ნაკ. 173-ზე ნაჩვენებია ორლიანდაგიანი ამერიკული გვირაბის ბეტონის სამაგრო; ნაკ. 174 და 175-ზე ნაჩვენებია რკინა-ბეტონის სამაგრო ტიპები.

ნაკ. 176 და 177-ზე ნაჩვენებია გოტარდის რკინიგზის გვირაბების არასრულ სამაგროთა ტიპები და ნაკ. 178 და 179-ზე მსგავსი ტიპები ლერ-

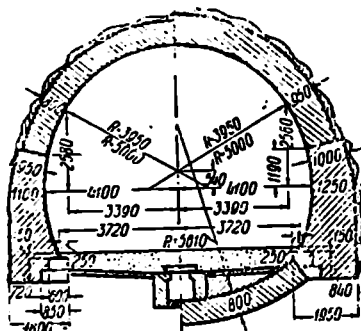


ნაკ. 169.



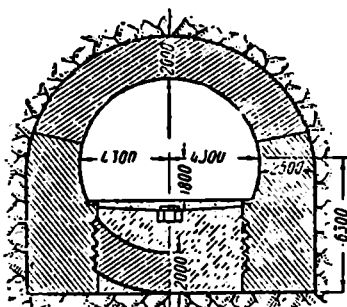
ნაკ. 168.

ბერგის გზისა. ასეთივე სამაგრი იყო გამოყენებული ჩვენი მშენებლების მიერ

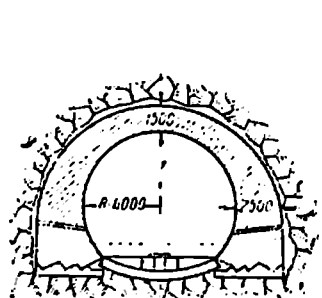


ნაკ. 170.

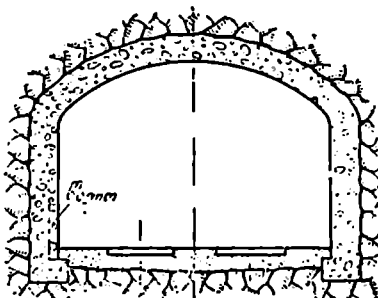
ზოგიერთ ორლიანდაგიან გვირაბში ჩინეთ-აღმოსავლეთ რკინიგზაზე, რო-



ნაკ. 171.

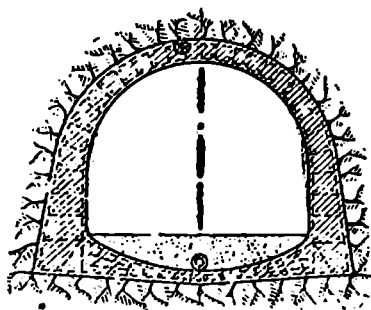


ნაკ. 172.

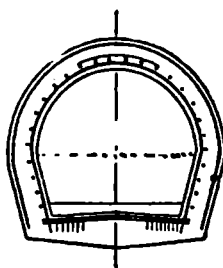


ნაკ. 173.

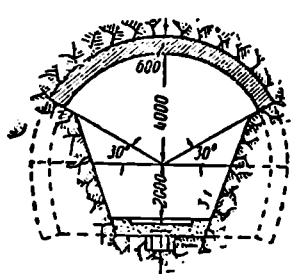
მელიც პირველად გამოყენებული იყო მხოლოდ ერთლიანდაგიან გზად.



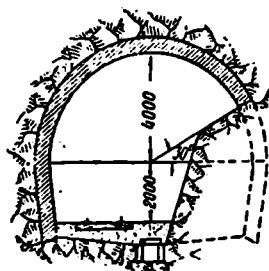
Бэж. 174.



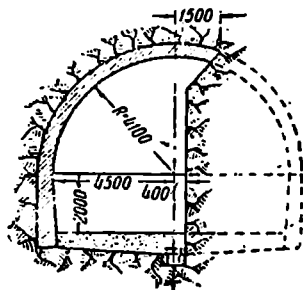
Бэж. 175.



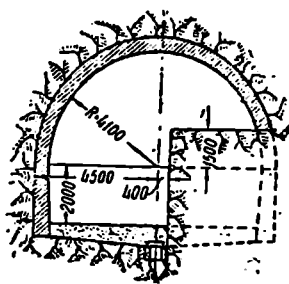
Бэж. 176.



Бэж. 177.



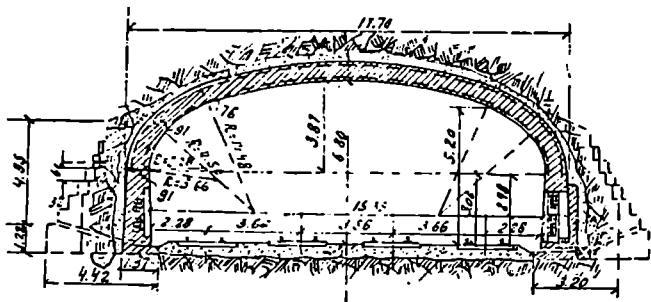
Бэж. 178.



Бэж. 179.

§ 48. განსაკუთრებით განიერი გამომუშავების სამაგრთა ტიპები

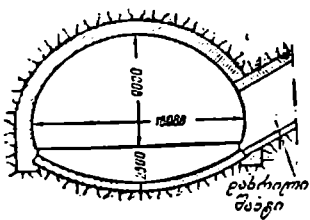
ორზე მეტი ლიანდაგიანი გვირაბები ძალზე იშვიათად გვხვდება. მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ოთხლიანდაგიანი გვირაბი სიგრძით 200 მ გამოსახული ნაკ. 180. გვირაბის განივი კვეთის ყველა ზომა ნაჩვენებია ნაკვთზე.



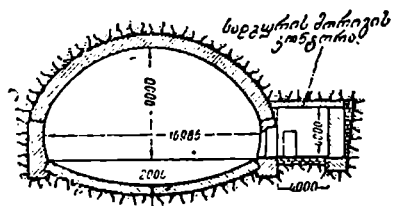
ნაკ. 180.

განიერ ტიპებს ეკუთვნის აგრეთვე სამაგრები ასაქცევი სადგურების ფარგლებში, რომლებიც ეწყობა გრძელ სარკინიგზო გვირაბებში.

მაგალითისათვის ნაკ. 181-ზე და 182-ზე ნაჩვენებია ასაქცევი სადგურის სამაგრის კვეთი დიდი აპენინის გვირაბში; კვეთის სიგანე სინათლეზე შეადგენს 17.0 მ და სიმაღლე ღერძზე 11,5 მ.



ნაკ. 181.

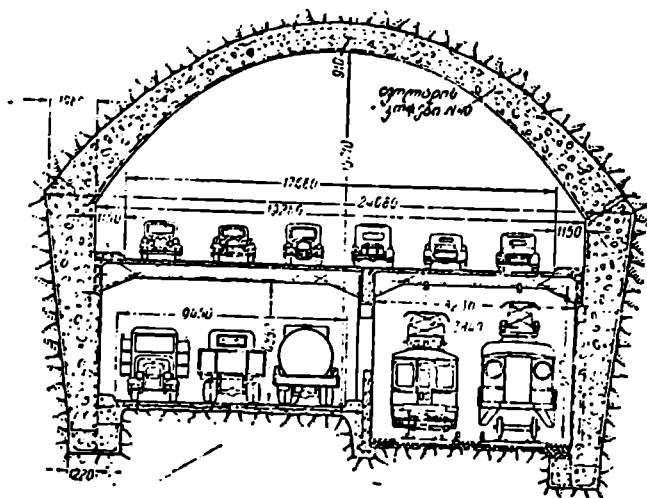


ნაკ. 182.

დაახლოებით ასეთივე ზომები აქვს ჩვენი ორლიანდაგიანი გვირაბებიდან ერთ-ერთს სამაგრის საეიზირო წოლხვრელთან შეერთების ადგილას.

უფრო მეტი კვეთი აქვს გვირაბს შერეული მოძრაობისათვის (ნაკ. 183). გვირაბის სიგრძე არის 164,60 მ; სიგანე სინათლეზე 19,26 მ, სიმაღლე 14,71 მ. გვირაბი ორიარუსიანია; ზედა იარუსი გამოყოფილია ნ სავალი მსუბუქი აეტომანქანებისათვის და ამას გარდა გვერდებზე აქვს ტროტუარები სიგანით 1,15 მ თითოეული, ქვევით მოთავსებულია 3 სავალი დიდი ტონაჟის სატვიტო აეტომანქანებისათვის და 2 ხაზი ელექტრო რკინიგზისათვის.

მთის ტიპის არსებული გვირაბებიდან ყველაზე დიდი კვეთი სინათლეში აქვს გამსასვლელ როვის გვირაბს. მისი უდიდესი სიგანე სინათლეში არის 22 მ. სიმაღლე ლერძზე 15,4 მ.



ნაკ. 188.

ქალაქის გვირაბებში ეს სიდიდეები მნიშვნელოვნად გადაკარბებულია ასე მაგალითად, მოსკოვის მეტროპოლიტენის ზოგიერთი სადგურის გვირაბებს გამოუმუშაების სიგანე აქვთ 33 მ-მდე.

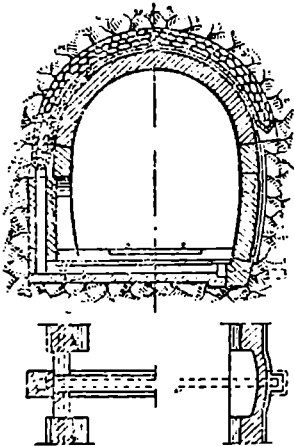
თ ა შ ი XI

წყალგამყვანი მოწყობილობანი, თახჩები,
სათაშვიები და კორტალები

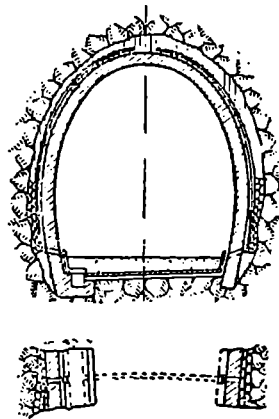
§ 49. წყალგამყვანი მოწყობილობანი

გვირაბის დაცვას მიწისქვეშა წყლებისაგან აწარმოებენ ორი სრულიად საწინააღმდეგო პრინციპიდან ერთ-ერთით:

ა) ან აძლევენ მიწისქვეშა წყლებს, რომლებიც მოედინებიან გვირაბში, თავისუფალ სვლას ნაგებობაში და აქედან გაყავთ გარეთ;



ნაკ. 184.

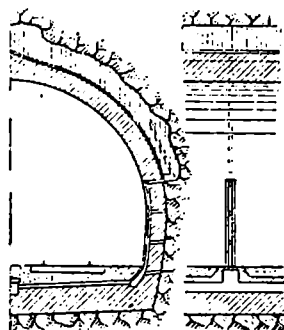


ნაკ. 185.

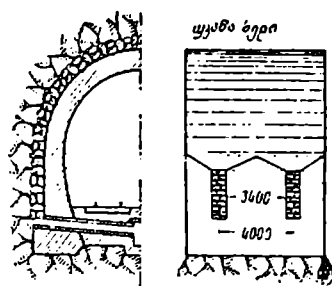
ბ) ან გადაუღობავენ გზას გვირაბისაკენ, რისთვისაც სამაგრს აკეთებენ მთლიანად წყალგაუმტარს.

პირველი პრინციპი უფრო ძველია, თუმცა ახლაც პოპულობს მომხრეებს. უმეტეს სარკინიგზო და საგზაო გვირაბებს აქვთ გარკვეულ მანძილზე სადრენაჟო ხერხები მიწისქვეშა წყლების შესაშვებად, გვირაბის შიგნით კი არის ღარი, რომლითაც ეს წყლები გაიყვანება გარეთ. სამაგრის თვით ტანი დანარჩენ ნაწილში კეთდება შეძლებისდაგვარად წყალგაუმტარი.

ჩვენი ტექნიკური ნორმებით წყალმომცილებელი ღარები უნდა მოეწყოს 300 მ-ზე მეტი სიგრძის გვირაბებში; უფრო მოკლე გვირაბებში ღარი ეწყობა მხოლოდ მნიშვნელოვანი სინესტის შემთხვევაში.



ნაკ. 186.

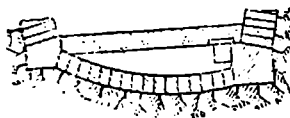


ნაკ. 187.

სადრენაჟო ხვრეტების უფრო გავრცელებული კონსტრუქციები ნაჩვენებია ნაკ. 184 — 187-ზე. ისინი მოეწყობა ან ორ ღონეზე თალის ქუსლების



ნაკ. 188.

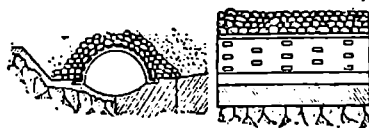


ნაკ. 189.

სიმაღლეზე და გვირაბის ძირში; ან ერთ-ერთ ამ ღონეზე, უფრო ხშირად ქვევით. ჩვენს გვირაბებში უფრო ხშირად გვხვდება სამაგრი რომელსაც ხვრეტი აქვს ორ ღონეზე.



ნაკ. 190.



ნაკ. 191.

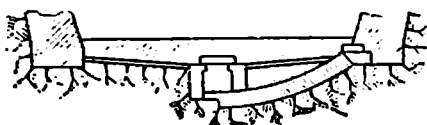
წყალგამყვანი ღარები მოიწყობა ან გვირაბის გვერდით, ან შუაში. გვერდითი განრიგება ყველაზე ხშირად იხმარება ერთლიანდაგიან გვირაბებში და იშვიათად გვხვდება ორლიანდაგიანში.

წინათ ხმარებული ღარი ერთლიანდაგიან გვირაბის შუაში არ შეიძლება იქნეს რეკომენდებული, რადგანაც ამ შემთხვევაში ძალზე რთულდება მისი

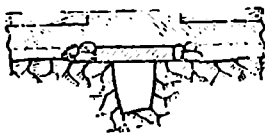
შეკეთება და გაწმენდა. ყველაზე ხშირად ღარები კეთდება ბეტონისა და მრავალნაირი კონსტრუქციისა.

ნაკ. 187—189-ზე ნაჩვენებია წყალგამყვანი ღარები ერთლიანდაგიან გვირაბებში და ნაკ. 190—194-ზე იგივე ორლიანდაგიანში. ნაკ. 195-ზე ნაჩვენებია რკინა-ბეტონის ღარის კონსტრუქცია, რომელიც იხმარება სუსტ ყაბი-რებში.

გვირაბები, რომელთა სამაგრები თავისუფალ გზას აძლევს მიწისქვეშა წყლებს, მიემსგავსება საღრენაეო ნაგებობას, რომელიც მოწყობილია მთის მასივში. ასეთი ღრენაეის არსებობა მნიშვნელოვნად ცვლის მასივის ჰიდრო-

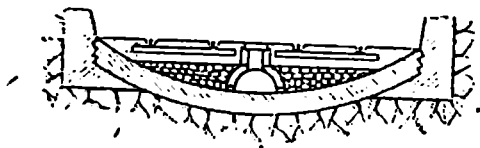


ნაკ. 187.

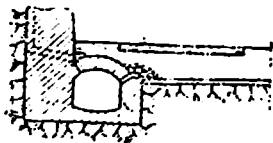


ნაკ. 188.

გეოლოგიურ პირობებს. თავისუფალი დინების გამო ძლიერდება წყლის დინება გვირაბში, და ხშირად ნაგებობა, დასაწყისში მცირე სინესტით, დროთა განმავლობაში ხდება ძალზე წყალშემცველი. წარმოებს გვირაბის შემომსახდრეელი ქანის ინტენსიური დასველება და თუ ქანები ხსნადია, გვირა-



ნაკ. 194.



ნაკ. 195.

ბის სამაგრის უკან შეიძლება წარმოიშვას სიცარიელე ქანის გამორეცხვის შედეგად. ამის შედეგად წარმოებს მთის მასების გადაადგილება; ადგილობრივი დაწოლის გადიდება და ზოგჯერ სამაგრზე ქანის ცალკე მოწყვეტილი ნატეხების დაცემა.

ამის გამო წარმოიშვა საწინააღმდეგო აზრი. მიწისქვეშა წყლების გვირაბში სვლის საერთოდ შეწყვეტისა, სათანადოდ სამაგრის წყალგაუმტარად გახდომით. ასეთმა პრინციპმა გამოყენება პოვა მთელ რიგ არსებულ რკინიგზის გვირაბებშიც კი, რომელთა სამაგრს დასაწყისში ქონდათ წყალშემშვები ხვრეტების



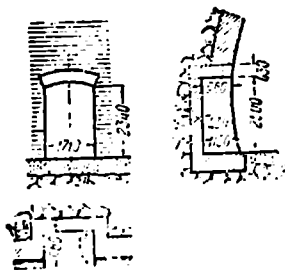
ნაკ. 196.

სისტემა და ეს ხვრეტები დაზიანებული იქნა მიწისქვეშა წყლების მოქმედებით. შემდეგ ხვრეტები გაუქმებული იქნა და სამაგრი ამა თუ იმ ხერხით გარდაქმნილი წყალგაუმტარად.

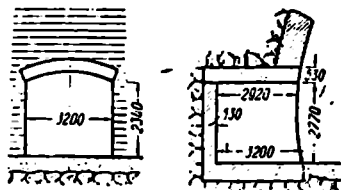
ჰიდროიზოლაციურ მუშაობათა აღწერა მოცემულია ჩვენი შრომის მეორე წიგნში. აქ მხოლოდ ვუჩვენებთ სამაგრის პროექტის შედგენის დროს ჰიდროიზოლაციური ზომების უფრო ნამდვილ ვარიანტების დანიშვნის აუცილებლობაზე. ამ ვარიანტების დაზუსტება შეიძლება მოხდენილ იქნას მხოლოდ გვირაბის გამოხვერეტის დროს გასაჭრელი მასივის გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური სურათის დადგენის შემდეგ.

§ 50. თაღები და კამერები

მატარებლის გავლის დროს ხალხის დასაცავად, და ამას გარდა, ხელსაწყოების, მასალების, მოსახსნელი ღრეზინების და ეავონეტების შესანახად



ნაკ. 197.



ნაკ. 198.

გვირაბის გვერდითი კედლებში მოეწყობა ეგრეთწოდებული თახჩები. არსებობს მცირე თახჩები მხოლოდ ხალხისათვის, და დიდი თახჩები ან კამერები, ხელსაწყოებისთვის და მასალისთვის.

ტექნიკური პირობების მიხედვით მცირე თახჩები უნდა მოეწყოს ქადრაკული წყობით ერთიმეორესაგან 50 მ დაშორებით გვირაბის ერთ მხარეს. კამერები უნდა მოეწყოს აგრეთვე ქადრაკული წყობით ყოველ 300 მ-ზე გვირაბის ერთ მხარეს.

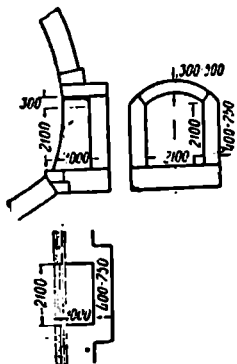
თახჩების ზომები სასურველია ასეთი: მცირე თახჩები—სიგანე 3 მ, სიმაღლე 2 მ, სიღრმე 1 მ; კამერები—სიგანე 6 მ, სიმაღლე 2,8 მ, სიღრმე 2,5 მ.

მრგვალი კვეთის გვირაბებში მოეწყობა ტროტუარი სიგანით არა ნაკლები 0,7 მ.

ყველა გვირაბში გათვალისწინებული უნდა იქნეს თაროები კაბელის განსაღებლად.

ზოგიერთ ერთლიანდაგიან გვირაბში ჩვენში და საზღვარგარეთ თაროები მოწყობილია ნაგებობის მხოლოდ ერთ მხარეს. თუ საჭიროა შემ-

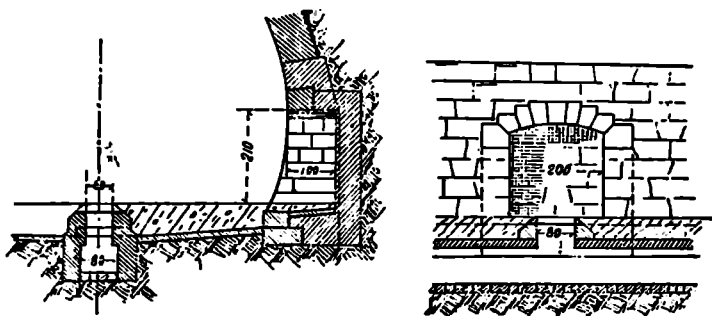
განსაკუთრებული შეღრმავებანი



ნაკ. 199.

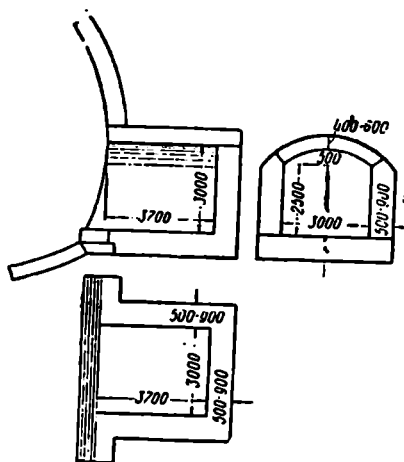
უნდა იქნეს თაროები კაბელის

დეგში მეორე პარალელური გვირაბის გაყენა, თაროები განრიგებული უნდა იქნენ აუცილებლად მომავალი ნაგებობის მხარეს, რაც აადვილებს სამუშაოთა წარმოებას. თაროების ცალმხრივი განრიგება საშუალებას გვაძლევს მოვათავსოთ ყოველგვარი მეთულ-გამტარები და კაბელები გვირაბის მოწი-



ნაკ. 200.

ნაალმდევე მხარეს გვერდითი კედლების ნებისმიერ დონეზე. ერთლიანდაგიან გვირაბებში ზოგჯერ თაროებს აწყობენ ერთიმეორის პირდაპირ იმ მოსაზრებით, რომ ასეთი სქემის დროს მატარებლის უცაბედი გამოჩენის შემთხვევაში მუშები არ დაიბნენ უახლოეს თაროს ძებნაში და არ უჩიბინონ ლიანდაგებზე.

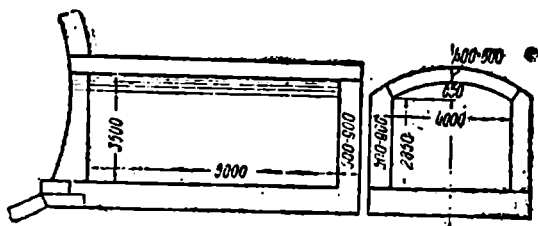


ნაკ. 201.

ნაკ. 197 და 198-ზე ნაჩვენებია მცირე და დიდი თახჩები, რომლებიც ხშირად გვხვდება ძველად აშენებულ ჩვენს გვირაბებში.

საზღვარგარეთულ გვირაბებში აგრეთვე არსებობს თახჩების ბევრი ტიპი. ყველაზე ხშირად გვხვდება თახჩები ზომებით: სივანე 2—2,5 მ; სიმაღლე 1,9—2,25 მ და სიღრმე 1 მ (ნაკ. 199).

ნაკ. 200-ზე ნაჩვენებია მცირე თახჩის კონსტრუქცია ერთ-ერთ ორლიან-დაგიან გვირაბში.



ნაკ. 202.

დიდი თაროები ან. კამერები მოეწყობა შემდეგი ზომების: სივანე 2,5—3 მ; სიმაღლე 2,5—2,8 მ; სიღრმე 3—3,7 მ (ნაკ. 201) გრძელ გვირაბებში მოეწყობა უფრო დიდი კამერები მასალის უფრო მნიშვნელოვანი მარაგის შესანახად. დიდი კამერები განრიგდება 3—4 კმ მანძილზე და აქვთ ზომები: სივანე 3—4 მ, სიმაღლე 2,5—3,5 მ, სიღრმე 6—8 მ (ნაკ. 202):

თახჩების კონსტრუქცია საკმაოდ მარტივია და ცხადია მოყვანილი ნახაზებიდან.

თუ გვირაბის სამაგარს მნიშვნელოვანი სისქე აქვს, მაშინ მცირე თახჩები მოეწყობა თკით კედლის სისქეში. თახჩების და კამერების უკანა წახნაგი იქნება ან სამაგრიანი ან, შენობარგლული ბუნებრივი ქანით. ამ უკანასკნელის სიმაგრის და მდგრადობის მიხედვით.

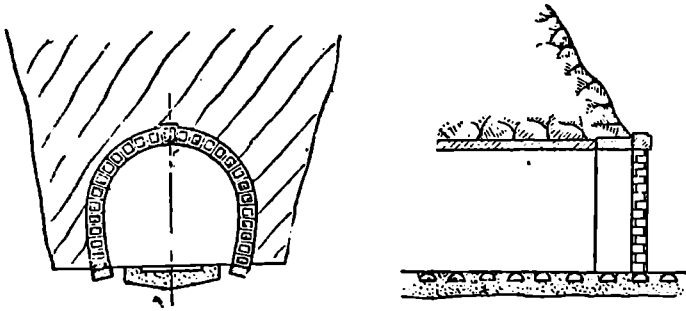
ზემოდან, თახჩები და კამერები გადაიხურება ხშირად თაღოვანი კონსტრუქციით, იშვიათად (რკინა-ბეტონით სამაგრის დროს) ბრტყელი ფილით.

§ 51. სათაურები და პორტალები

თუ მთის ქანები გვირაბის ბერეტის დასაწყისში საკმაოდ მაგარი და მდგრადია და გამომუშავება დატოვებულია გამაგრების გარეშე, მაშინ გვირაბში შესასვლელიც შეიძლება დატოვებული იქნეს სამაგრის გარეშე. ამ შემთხვევაში აუცილებელია მხოლოდ ზედმიწევნით გაიწმინდოს შუბლა და გვერდითი დაქანებები აფეთქების დროს ქანის დაზიანებული ნაჭრებისაგან და გამომუშავების კონტურს მიეცეს სწორი ფორმა. მაგრამ, შესასვლელი რგოლის დატოვება გამაგრების გარეშე დასაშვებია მხოლოდ იშვიათ შემთხვევებში და ისიც მხოლოდ მოკლე გვირაბებისათვის. ჩვეულებრივად კი გვირაბებში შესასვლელიები გაკეთდება ან სათაურების ან პორტალების სახით. ხშირად, გვირაბის სამაგრის გარეშე დატოვების შემთხვევაში, შესასვლელიებთან მოეწყობა მოკლე პორტალური რგოლები, რომელთაც ზოგჯერ საყუდურები ეწოდება.

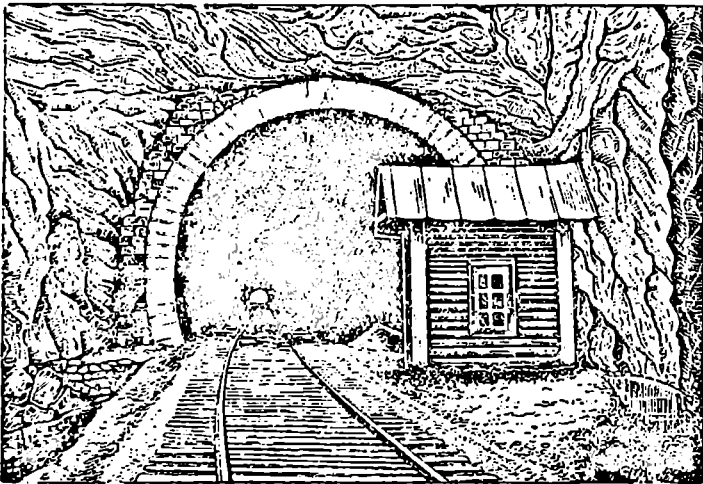
1. სათავეებში

სათავეს ქვეშ იგულისხმება საგვირაბო სამაგრის შესასვლელი რგოლის სათანადოდ დამუშავებული ტორსული ნაწილი (ნაკ. 203). სათაური მოიწყობა იმ შემთხვევაში, როცა შუბლა და გვერდითი დაქანებები საკმაოდ



ნაკ. 203.

მდგრადია და არ მოითხოვენ დამაგრებას. შესასვლელი რგოლები მოპირკეთდება სხვადასხვა არქიტექტურული დამუშავების ნათალი ქვით.



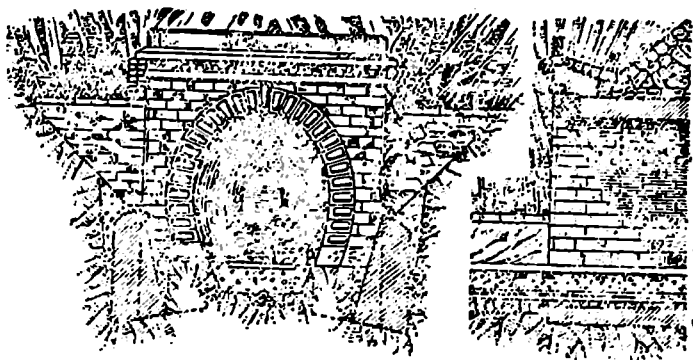
ნაკ. 204.

ქვა არჩეული უნდა იქნას საკმაო მტკიცე და ყინვაგამძლე გამოუფიტავი ჯიშის, რადგანაც გვირაბის სამაგრის გარეგანი ნაწილი განიცდის ტემპერატურის რყევის და ატმოსფერული აგენტების გავლენას. ნაკ. 203 და 204-ზე ნაჩვენებია რკინიგზის გვირაბის ტიპური სათავეები.

2. პორტალები

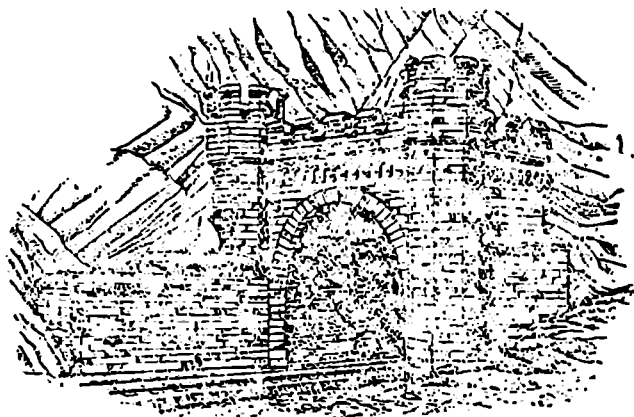
გვირაბის პორტალს სამგვარი დანიშნულება აქვს:

- ა) უზრუნველყოს შუბლა და გვერდითი ფერდობების მდგრადობა;
- ბ) გაიყვანოს გვირაბიდან წყალი, რომელიც ჩამოდის შუბლა ფერდობიდან;
- გ) მისცეს არქიტექტურული გაფორმება გვირაბის შესასვლელს.



ნაკ. 205.

დანიშნულების მიხედვით პორტალი წარმოადგენს არქიტექტურულად გაფორმებულ საყრდენ კედელს, რომლის კონსტრუქცია მთლიანად განიზღვრება შუბლა და გვერდითი ფერდობების კონფიგურაციით.)

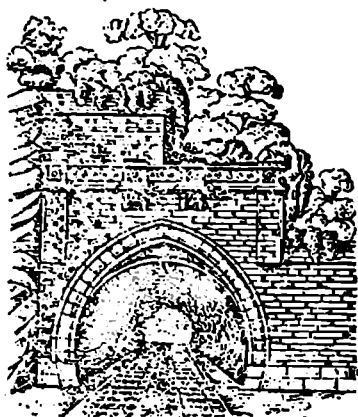


ნაკ. 206.

ტოპოგრაფიულ და გეოლოგიურ მდგრადობათა სხვადასხვაობამ, დამპროექტებელთა ფანტაზიასთან ერთად, შექმნა პორტალების სხვადასხვა სა-

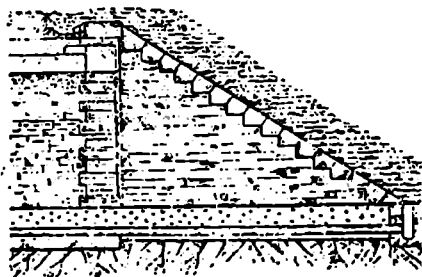
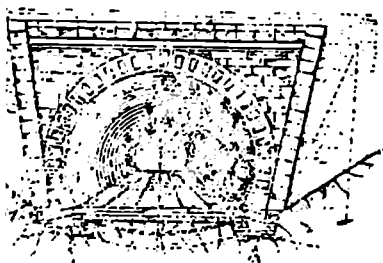
ხეები, რომლებიც განსხვავდებიან ერთიმეორისაგან კონსტრუქციული და ესთეტიკური ღირსებებით.

მხედველობაში უნდა გვექონდეს ის, რომ პორტალი წარმოადგენს გვირაბის ერთადერთ ნაწილს, რომელიც მისაწვდომია მხედველობისათვის. გა-



ნაკ. 207.

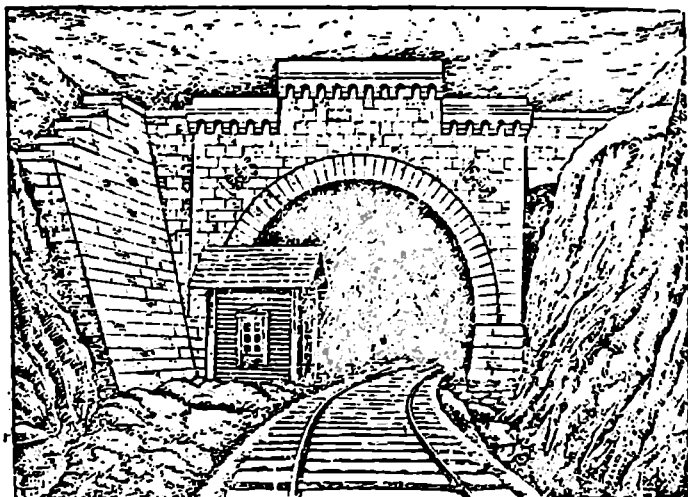
რედან მისი არქიტექტურული გაფორმების დროს აუცილებელია ადგილობრივ ტოპოგრაფიულ პირობებთან ერთად გავითვალისწინოთ აგრეთვე ნაგებობის მიმობილების პირობებიც.



ნაკ. 208.

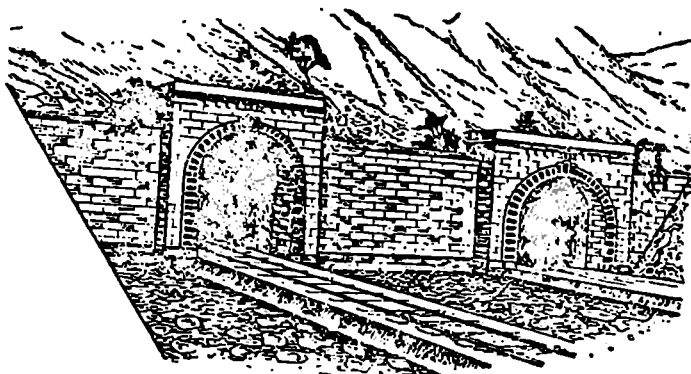
პორტალები კეთდება ქვის წყობისაგან ან ბეტონისაგან. საჭიროა აღვნიშნოთ პირაწახნაგების საკმაოდ მაგარ და ყინულგამძლე ჯიშის ბუნებრივი ქვებით მოპირკეთების საჭიროება. პორტალის ძირითადი ნაწილების მოსაპირიკეთებლად იხმარება სუფთა და ნახევრად სუფთად ნათალი ცალობრივი ქვა. ფერდობის ფრთების გვერდითი კედლებისათვის შეიძლება დაშვებული

იქნეს უფრო ეკონომიური ციკლოპური წყობა. ბეტონის კედლების დატოვება მოუპირკეთებლად ან ქვის მოპირკეთების შეცვლა ცემენტით შელესვით პოულობს გამართლებას შესრულების ვადების და ღირებულების მხრივ, მაგრამ



ნაკ. 209.

არ შეიძლება რეკომენდებული იქნეს გრძელი და მხედველობისათვის მისაღვომი გვირაბებისათვის. ამ მხრივ ბუნებრივ ქვას უპირატესობა უნდა მიეცეთ.



ნაკ. 210.

შესასვლელი რგოლების შეუღლება პორტალებთან წარმოებს ქვის წყობის ჩვეულებრივი ხერხებით და არაერთარ სიმნელებს არ იწვევს.

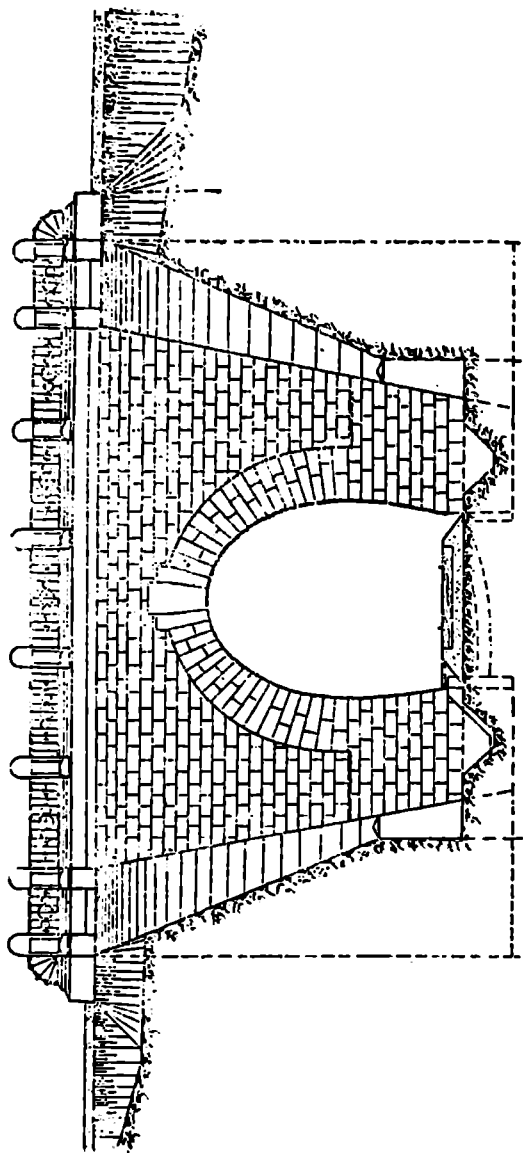


Fig. 211.

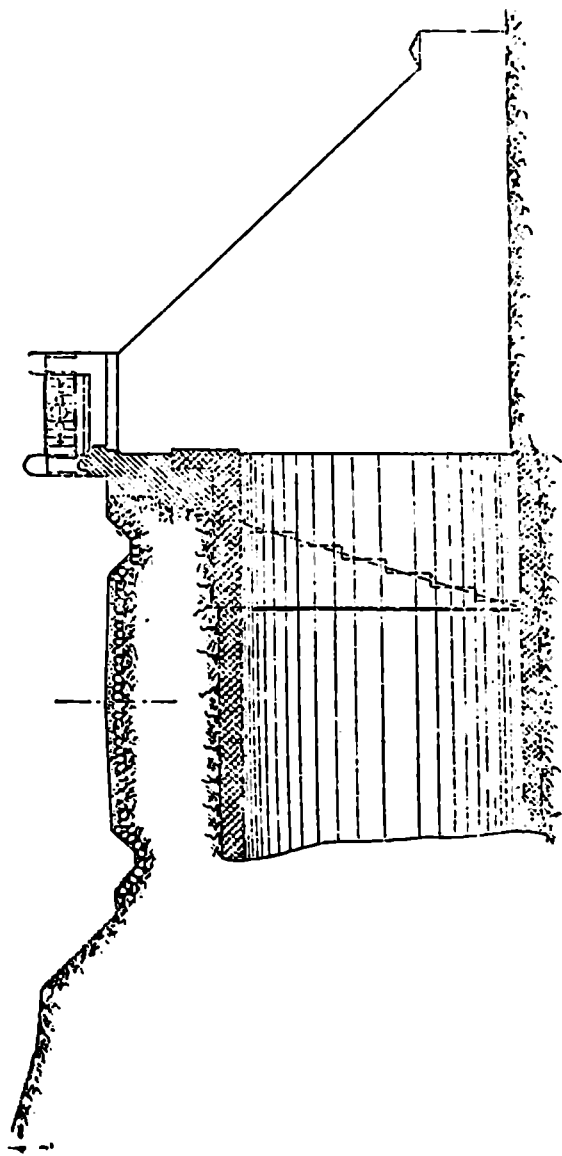
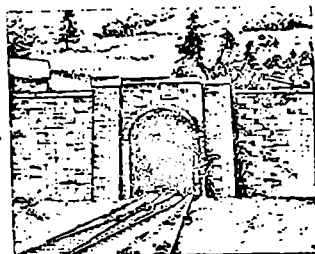


Fig. 212.

ნაკ. 205—214-ზე ნაჩვენებია ზოგიერთი ერთლიანდაგიანი და ორლიანდა-
გიანი გვირაბის პორტალები. გვირაბისათვის, რომელიც მოწყობილია ფერდობ-
ზე არქიტექტურული და კონსტრუქციული თვალსაზრისით ძალიან კარგია
ნაკ. 207-ზე ნაჩვენები პორტალი.

ნაკ. 209-ზე ნაჩვენებია ერთ-ერთი
ჩვენი რკინიგზის ორლიანდაგიანი გვი-
რაბის პორტალი.

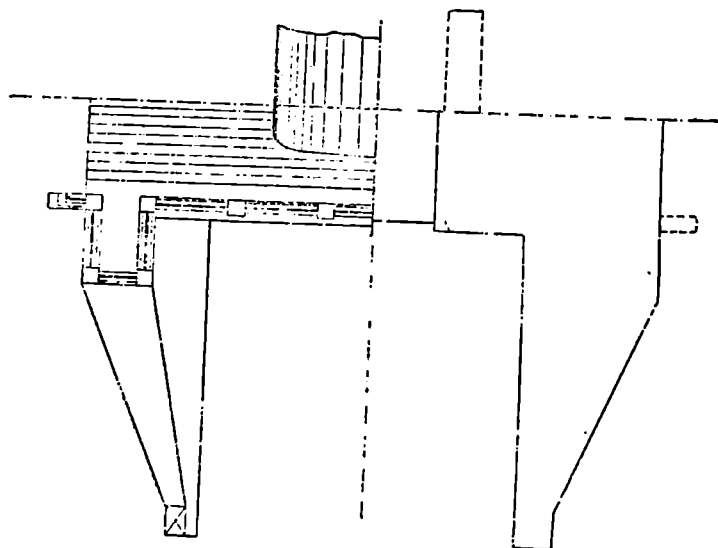


ნაკ. 214.

ნაკ. 210-ზე წარმოდგენილია ორი
პარალელური გვირაბის პორტალების
პროექტი. მარცხენა გვირაბი დაპროექ-
ტებულია ერთლიანდაგიან სარკინიგზო
მოძრაობისათვის და მარჯვენა — ავ-
ტოსაქაპანო გზისათვის.

ნაკ. 211—213 გვიჩვენებენ ჩვენი
ერთ-ერთი გვირაბის პორტალის სამ
გეგმილს შესასვლელი რგოლის გზატკე-
ცილით გადაკვეთის შემთხვევაში.

ნაკ. 214-ზე ნაჩვენებია ძეგორე კასკადური გვირაბის დასავლეთი პორ-
ტალი.



ნაკ. 213.

პორტალი ულამაზოა და არ აკმაყოფილებს მოთხოვნილებებს, რაც უნდა
ყოფილიყო წაყენებული ამერიკის მატერიკზე რკინიგზის გვირაბებში ყველაზე
გრძელი გვირაბის გაფორმებისათვის.

ავტოსაჯაპანო ვვირაბები

უკანასკნელი ათწლეულების განმავლობაში დიდი გავრცელება მიიღო წყალქვეშა საავტომობილო ვვირაბების მშენებლობამ, უმთავრესად დიდ ქალაქებში და მის მისასვლელელებზე. მთიან ავტოსაჯაპანო გზებზე კი ვვირაბები შენდება შედარებით იშვიათად. ეს ერთის მხრივ აიხსნება ასეთი გზების თვისებით, რომლებიც უშეებენ მნიშვნელოვან ქანობებს, რაც საშუალებას გვაძლევს გადავლახოთ დიდი სიმაღლენი მცირე მანძილზე და, მეორეს მხრივ, ასეთ ნაგებობათა დიდი ღირებულებით და მათი თვითანახლაურების სიძნელით.

მიუხედავად ამისა, ტექნიკური და ეკონომიური ხასიათის მთელ რიგ მოსაზრებებს, უმთავრესად — მისწრაფებას შენარჩუნებული იქნეს შეუწყვეტელი მოძრაობა საავტომობილო მაგისტრალურ გზაზე მთელი წლის განმავლობაში, შეუძლია აუცილებელი და სრულიად რენტაბელური გახადოს ვვირაბის აგება ზოგჯერ მნიშვნელოვანი სიგრძისა ცი.

§ 52. ავტოსაჯაპანო ვვირაბის მდებარეობის სიმაღლე, ტრახა და გრძივი პროფილი

მთის ღია გადაკვეთის ვვირაბის ვარიანტთან შედარების და გადაკვეთის სიმაღლის შერჩევის დროს მხედველობაში უნდა მივიღოთ ყველა ის ფაქტორები, რომლებიც გარჩეული იყო რკინიგზის ვვირაბებისათვის. გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქაც აქვს შემდეგ პირობებს:

1. ქედის ფერდობის ტოპოგრაფიას ვვირაბთან ღია მისასვლელების აგების შესაძლებლობის მხრივ. ზღვრული ქანობის, რომელიც მოცემულია აღნიშნული გზისათვის, მხედველობაში მიღებით, საგვირაბო ვარიანტი მთიანი ადგილმდებარეობის პირობებში ჩვეულებრივად მრუდეთა დიდი რადიუსიანი ხაზის ტრასირების საშუალებას გვაძლევს, რაც დიდად ზრდის საავტომობილო მოძრაობის უშიშროებას.

2. ჰიდრო-მეტეოროლოგიურ პირობებს და პირველ რიგში მუდმივი თოვლის ხაზის სიმაღლეს და ნალექების რაოდენობას, რაც გადამწყვეტ როლს ასრულებს შესაძლებელი თოვლის ზევისაგან გზის დაცვის საქმეში და მთელი წლის განმავლობაში უწყვეტი მოძრაობის შენარჩუნებაში. ჩვენში და საზღვარგარეთ მთელი რიგი საუღელტეხილო ტიპის გზები ღრმა თოვლის არსებობის გამო იხურება ზამთრის პერიოდში, და ამგვარად სეზონურ ხასიათს ატარებს. უნდა გვახსოვდეს აგრეთვე განსაკუთრებული სახის შეუ-

ძლებლობა—„მთის ავადმყოფობა“, რომელიც ემართებათ მგზავრებს ზღვის დონედან 4000 მ სიმაღლეზე.

3) გეოლოგიურ პირობებს; აქ აუცილებელია გავითვალისწინოთ დაქანებათა მდგრადობის ხარისხი და ქვის ზეაეების, ჩამოცურების, ჩამოყრის და აგრეთვე გზის ვაკისის გარეცხვა-დასილვის შესაძლებლობა მთის ნაკადებით. რაც უფრო მაღლაა გზა, მით უფრო მეტია ყოველგვარი დეფორმაციის წარმოშობის შესაძლებლობა, ვინაიდან სიმაღლესთან ერთად იზრდება მთაგრეხილის დაქანებათა სიმრუდეც.

4. ეკონომიურ მოსაზრებებს, რომელთა ჩათვლის დროს ადარებენ ორივე ვარიანტის საამშენებლო-საექსპლოატაციო ხარჯებს. საზოგადოდ, საგვირაბო ვარიანტი უფრო ძვირია, მაგრამ ლიანდაგის სიგრძე მოკლე და ექსპლოატაციური ხარჯები ნაკლები. მაგრამ თუმცა პირველ-საწყისი კაპიტალ-დაზანდებებსა და საექსპლოატაციო ხარჯებს შორის დამოკიდებულება წარმოადგენს უმთავრეს ფაქტორს, მაინც არ სწყვეტს გვირაბის ადგილმდებარეობის სიმაღლის საკითხს. აუცილებელია შესადარებელი ვარიანტების განსილვა საერთო სახელმწიფო მიზანშეწონილობის და არა მხოლოდ მათი ეკონომიური გამოსადეგობის თვალსაზრისით; ამ დროს ყოველთვის უნდა იქნეს მხედველობაში მიღებული დასაპროექტებელი ხაზის თავდაცვითი მნიშვნელობა.

გვირაბების ვაკეზე და გადაკვეთილ ადგილებზე აგების აუცილებლობა, თუ არ ვილაპარაკებთ საქალაქო და საქალაქგარეო ტიპის გვირაბებზე, უნდა მივაკუთვნოთ შორეულ მომავალს. ამიტომ ჩვენთვის ინტერესს წარმოადგენს ტექნიკური პირობები და ნორმები მხოლოდ II და III კლასის მთიანი გზებისათვის.

გვირაბის გეგმისა და გრძივი პროფილის მხრივ ჯერ კიდევ არ არსებობს გარკვეული მითითებანი. ტექნიკური პირობების თანახმად საავტომობილო გზების და ხიდების მშენებლობაზე მომრგვალებათა რადიუსები, გრძივი ქანობები და ხედვის მანძილი მთიან ადგილებში II და III კლასის გზებისათვის აიღება 29-ცხრილიდან.

მაგრამ სამუშაოთა სიადვილის და ნაგებობის ექსპლოატაციის პირობების მიხედვით საჭიროა ავიცილოთ გვირაბებში ზღვრული მნიშვნელობის მრუდები და ქანობები. რაც მეტია გვირაბის სიგრძე, მით უფრო მსუბუქი უნდა იყოს მისი გეგმა და პროფილი. გარდა საწარმოო და საექსპლოატაციო უხერხულობისა, მხედველობაში უნდა გვექონდეს აგრეთვე მცირე რადიუსის მრუდზე მოწყობილი გვირაბის სიგანის მნიშვნელოვანი გადიდების აუცილებლობა, რაც იწვევს სამუშაოთა მოცულობის გადიდებას. ყოველ შემთხვევაში 29-ე, ცხრილში ნაჩვენები 60 და 35 მ რადიუსების და 6 და 8% დაქანებების გამოყენება გვირაბებში დაუშვებლად უნდა მივიჩნიოთ.

მრუდები საჭიროა შეიზღუდოს ძირითადი სანაგარიშო მნიშვნელობებით (200 და 100 მ რადიუსებით) და ქანობები გამონაკლის შემთხვევაში შეიძლება დავიყვანოთ მხოლოდ 5%₀-დე.

მნიშვნელოვანი სიგრძის გვირაბებისათვის ქანობები აღებული უნდა იქნეს კიდევ უფრო ნაკლები. 4% და მეტი ქანობის დროს საწვავის ხარჯი

ავტომობილში იზრდება 25%-ით, რის გამოც სათანადოდ დიდდება როგორც გამოსადეგენი აირების, ისე საჭირო სავენტილაციო ჰაერის მოცულობა. ამიტომაც გრძელ ვეირაბებში, სადაც ინტენსიური საავტომობილო მოძრაობა გვაქვს, უნდა ავიღოთ ქანობი არა უმეტეს 3⁰/₆-სა.

II და III-კლასის ავტოსაკაპანო გზების ძირითადი ნორმები ტ ა რ ი ლ ი 29

ნორმის დასახელება	სახომი	გზის კლასი	
		II	III
მრუდეთა რადიუსები:			
სარგომენდაციო	მ	900	600
ძირითადი საანგარიშო	მ	200	100
მინიმალური	მ	60	35
გრძივი ქანობები:			
მაქსიმალური	%	6	7
განსაკუთრებული	%	7	8
ხილვადობის მანძილი:			
გეგმაში	მ	50	40
პროფილში	მ	25	20

ვეირაბის მოწყობა მოედანზე დაუშვებელია, წყლის მოშორების თვალსაზრისით. ქანობი ვეირაბში უნდა იყოს არა ნაკლები 2⁰/₆.

მრუდების და ქანობების შემსუბუქებით დიდდება აგრეთვე ხილვადობის მანძილი გეგმაზე და პროფილზე, რაც გააძიებს მოძრაობის უშიშროებას ვეირაბში.

§ 53. ავტოსაკაპანო ვეირაბების განივკვეთი და ხამაგრთა ტიპები

ავტოსაკაპანო გზების ვეირაბებისათვის სპეციალური გაბარიტები არც ჩვენში და არც საზღვარგარეთ არ არსებობს და მათი განივი კვეთის მონაზულობისათვის ხელმძღვანელობენ ქვედა სვლიანი ხიდების გაბარიტული ზომებით. წინა პარაგრაფში თქმულის ნიხედვით, ჩვენთვის ინტერესს წარმოადგენს ხიდის გაბარიტი მთიან გზებზე. უკანასკნელი ნორმების თანახმად ¹⁾ ასეთი ხიდებისათვის დაწესებულია გაბარიტი I—B, რომლის ძირითად ზომებს შემდეგი მნიშვნელობა აქვს: სავალი ნაწილის სიგანე 6,0 მ, სიგანე სივრცეში 2,5 მ სიმაღლემდე 6,5 მ იგივე 4,5 მ-ზე 5,0 მ. სიგანე სივრცეში 6,5 მ, შესდგება სავალი ნაწილის 6 მ სიგანისა და ორი საბორბლო 0,25 მ სიგანის ზოლისაგან.

¹⁾ Технические условия и правила проектирования и постройки автогужевых дорог и искусственных сооружений, СНК РСФСР. Главн. дор. упр., изд. 1¹шослора НКВД СССР, Москва, 1939, стр. 318, § 293.

საწყისი სადიდეები, რომლებიც მიღებულია ამ გაბარების საფუძვლად წესდება დატოვებული იქნას უცვლელად გვირაბებისთვისაც.

ზოგიერთ საზღვარგარეთულ გვირაბში შეიძლება აღენიშნოს ტროტუარების სრულიად არარსებობა ან მათი შეცვლა მცირე სიგანის დამცველი ზოლებით. ჩვენი ნორმები მოითხოვენ გვირაბებში ტროტუარების აუცილებელ მოწყობას, ისე რომ თითოეულის სიგანე იყოს არა ნაკლებ 0,75 მ³ ტროტუარების შეცვლა თახჩებით; ისე როგორც რკინიგზის გვირაბებში, მიჩნეული უნდა იქნეს დაუშვებლად საერთო სარგებლობის გვირაბებში.

თაროებით სარგებლობისათვის აუცილებელია ესა თუ ის გამოცდილება, რაც არ შეიძლება მოეთხოვოს შემთხვევით მგზავრებს.

ტროტუარების გარდა, ჩვენი ტექნიკური პირობებით მოითხოვება გვირაბში თახჩების და კამერების კადრაკული წესით მოწყობა. მათი ზომები და ურთიერთშორის მანძილები დაწესებულია ისეთივე, როგორც რკინიგზის გვირაბებში, მხოლოდ კამერების სიღრმე აქ აიღება 2 მ, წინააღმდეგ 2,5 მ-ს, რომელიც გვაქვს რკინიგზის გვირაბის შემთხვევაში.

ცხრილი 30

Г-6 გაბარების ელემენტები ავტოსაკაპანო გზებისათვის

Г-6 გაბარების ელემენტები	ზომები მ.ში	შენიშვნა
სავალი ნაწილის სიგანე	6,00	ქვეითი მოძრაობის პირობების მიხედვით ტროტუარების სიგანე შეიძლება გადიდებული იქნეს.
ორი საბორბლე ზოლის სიგანე	0,50	
ორი ტროტუარის სიგანე	1,50	
გვირაბის სრული სიგანე ტროტუარებით სავალი ნაწილის დონედან 2,5 ^მ სიმაღლეზე	8,00	
გვირაბის უმცირესი სიგანე სავალი ნაწილის დონედან 4,5 მ სიგანეზე	6,00	

300 მ და ნაკლებ რადიუსიან მრუდზე მდებარე გვირაბების კვეთები გაგანიერებული უნდა იქნან 31-ე ცხრილის თანახმად.

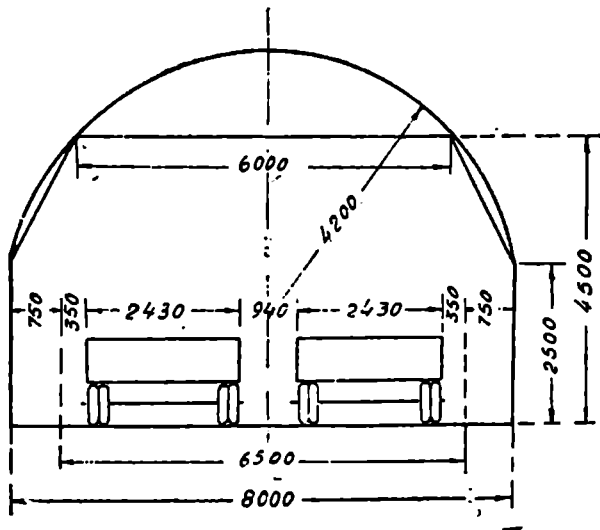
ცხრილი 31

ავტოსაკაპანო გვირაბების გაგანიერების ნორმები მრუდებში

მოძრაობის ზოლების რიცხვი გვირაბში	სიმრუდის რადიუსი მ.ში						
	35	50	70	100	150	200	300
მოძრაობის ორი ზოლი	1,80	1,50	1,300	1,00	0,70	0,50	0,30
მოძრაობის ოთხი ზოლი	3,50	3,00	2,500	2,00	1,40	1,00	0,50

1) Технические условия и правила проектирования и постройки автогужевых дорог и искусственных сооружений. СНК РСФСР Глав. Дор. Упр. Изд. Гумосдора НКВД СССР Москва 1933 г. стр. 319 § 299.

გვირაბის კვეთის გადიდება ხდება მრუდის შიგა მხრიდან და თანდათანობით განრიგდება იმ მოსაზრებით, რომ სრული გაგანიერება მიღწეული იქნეს ძირითადი მრუდის დასაწყისში. გაგანიერების თანდათანობითი მომატების სიგრძე აიღება ტოლი გადასასვლელი მრუდის სიგრძისა, რომლის მინიმალური მნიშვნელობა მიიღება ტოლი 20 მ-სა II კლასის შთიანი გზებისათვის, 15 მ—III კლასისათვის. თუ მოძრაობა ხდება მიბმებით, მაშინ გვირაბის გაგანიერება იანგარიშება მისაბმელიანი მანქანის მოხვევაზე.



ნაქ. 215.

სავალი ნაწილის სიგანის ანგარიშის დროს მიღებულია შემდეგი ზომები, თანხმად OCT 5265-ისა:

დიდი ტონაჟის სატვირთო ავტომანქანის სიგანე . . .	2,43 მ
მცირე " " " " " " " " " " " "	2,20 მ
" " სამგზავრო " " " " " "	1,80 მ
" " საკაპანო საზიდარის " " " " " "	1,60 მ

ეკიპაჟთა შორის მანძილი:

ნორმალური სიჩქარის დროს	1,00—0,60 მ
შემცირებულ სიჩქარის დროს შემხვედრი ეკიპაჟი-სათვის	0,5—0,40 მ

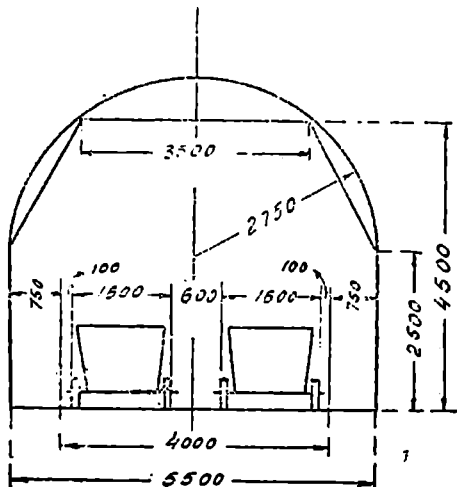
სავალი ნაწილის ბორდიურსა და შინების გარეგან წახნავს შორის მანძილი:

'ნორმალური სიჩქარის დროს	0,35±0,25 მ
შემცირებულ " " " " " " " " " " " "	0,1 მ

ვაბარიტი Γ--ბ, რომლის საშუქის სიგანე არის 6,5 მ, განკუთვნილია ძვირე სატვირთო კოლონებით ორხაზიანი ავტოსაკაპანო მოძრაობისათვის, მანქანების გასწრების შესაძლებლობის გარეშე. შინების გარეგანი წახნაგიდან ტროტუარამდე 0,35 მ მანძილის დროს ავტომობილთა კოლონებს შორის მანძილი ტოლი იქნება (ნაკ. 215).

$$6,5 - 2,43 \cdot 2 - 0,35 \cdot 2 = 0,94 \text{ მ,}$$

რაც აკმაყოფილებს OCT 5265-ის მოთხოვნებს.



ნაკ. 216.

სვლის სიმაღლე დაწესებულია აღნიშნული ვაბარიტებით იმ ანგარიშით, რომ შესაძლებლობა გვექონდეს გავატაროთ ეკიპაჟები მსუბუქი ტვირთებით. ავტომობილს, რომელიც დატვირთულია მსუბუქი ტვირთის ყუთებით, აქვს სიმაღლე 4,0 მ-დე; საზიდარს თევით ან ჩალით 3,8-დან 4,3 მ-დე. ამგვარად, გატარების უმცირესი თავისუფალი სიმაღლე მიღებულია 4,5 მ.

ქვეითად გავლისათვის დაწესებულია სიმაღლე ტროტუარის დონედან 2,38 მ ან 2,5 მ, სავალი ზედაპირიდან ტროტუარების 0,12 მ ამაღლების ჩათვლით. ასეთი

სიმაღლე შესაძლებლობას გვაძლევს გაიაროს ქვეითმა ტვირთით მხრებზე.

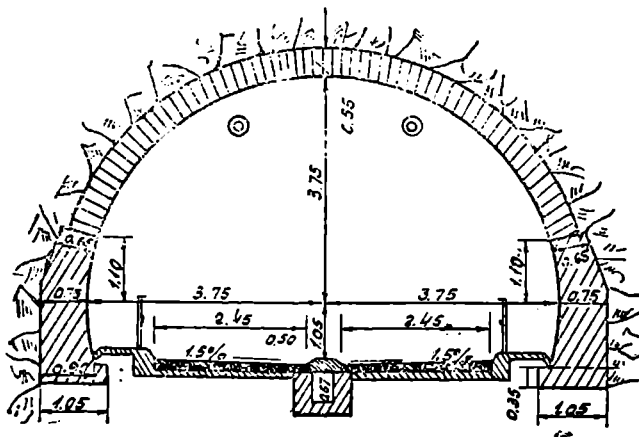
გვირაბის მოხაზულობას საშუქში აპროექტებენ მოყვანილი ვაბარიტის სათანადოდ, მთის წნევის ხასიათის მხედველობაში მიღებით და შეძლებისდაგვარად გამომუშავების მინიმალური მოცულობის მისწრაფებით.

ზომქმედ ნორმებთან ერთად, საჭიროების შემთხვევაში, შეიძლება დასმული იქნეს საკითხი სპეციალური შემცირებული ან გადიდებული ვაბარიტების გამოყენებაზე.

ასეთი აუცილებლობის შემთხვევისათვის ნაკ. 216-ზე მოყვანილია ვაბარიტი ერთხოლიანი საავტომობილო ან ორხოლიანი საკაპანო მოძრაობისათვის.

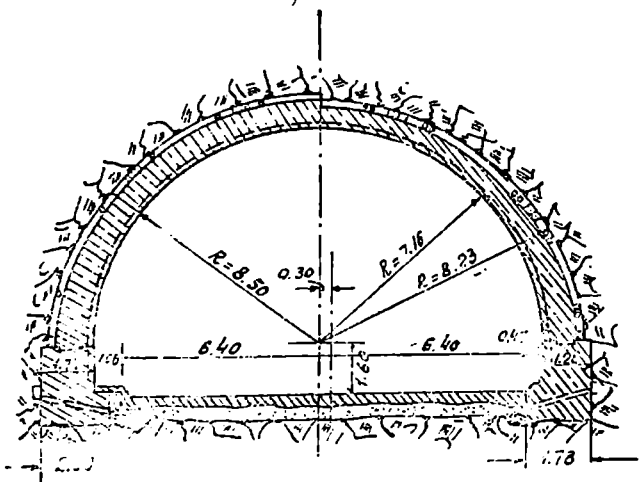
მაგრამ, მხედველობაში უნდა გვექონდეს, რომ მნიშვნელოვანი სიგრძის გვირაბებისათვის განივი კვეთის ზომები დაწესებული უნდა იქნეს არა მარტო ვაბარიტის პირობიდან, არამედ, აგრეთვე, ვენტელაციის მოთხოვნილების მიხედვითაც. სახანძრო უშიშროების თვალსაზრისით ჰაერის სიჩქარე გვირაბში უნდა იყოს არა უმეტეს 4 მ/სეკ. ამ გარემოებამ შეიძლება გვაიძულოს მი-

ნაჩვენებია გვირაბის პროფილი, რომელიც მოხაზულია ავტოსაგზაო ქვესაფლელი ხიდეზის გერმანული გაბარით. პროფილი გაანგარიშებულია ავტობუსების ან საქალაქო რკინიგზის ორხაზიანი მოძრაობისათვის და ორი ტროტუარისათვის.



ნაკ. 219.

ნაკ. 218 და 219-ზე ნაჩვენებია გვირაბის შინაგანი მოხაზულობა და მუდმივი სანაგრი ორზოლიანი საავტომობილო მოძრაობისათვის. როგორც

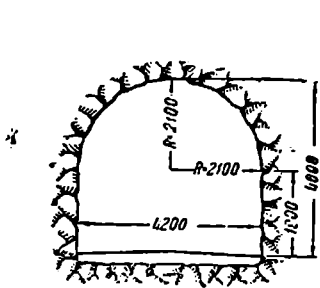


ნაკ. 220.

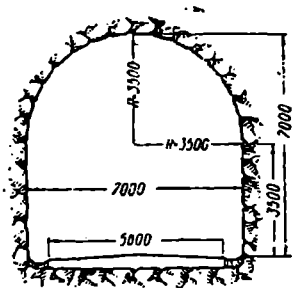
ნაზაღებიდან ჩანს, გვირაბის პროფილი აქაც აგებულია ავტოსაგზაო ხიდეზის გაბარით.

ნაკ. 220 გვიჩვენებს 305 მ სიგრძის ოთხზოლიან გვირაბს.

ნაკ. 221 და 222-ზე ნაჩვენებია ლუკესის მიერ საგზაო გვირაბებისათვის რეკომენდებული კვეთები. ექვს იწვევს ნაკ. 222-ზე ნაჩვენები პროფილის რაციონალობა, რადგანაც გვირაბის ღერძის სიმაღლე 7 მ მეტად დიდია.



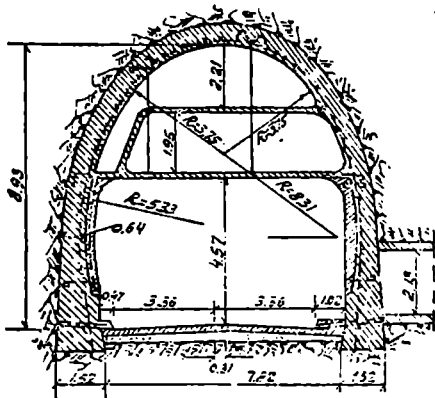
ნაკ. 221.



ნაკ. 222.

თუ გადავალთ ავტოსაკაპანო გვირაბების მუდმივ სამაგრთა ტიპებზე, უნდა ითქვას, რომ დიდი მრავალფეროვნობა გვხვდება როგორც განხორციელებულ ისე გამოქვეყნებული პროექტების კონსტრუქციებში.

ძირითადი განმასხვავებელი თვისება სარკინიგზო გვირაბების სამაგრთან შედარებით ეს არის პროფილის მოხაზულობის დამოკიდებულება ნაგებობის სიგრძეზე. მცირე სიგრძის გვირაბებში, რომელნიც არ საჭიროებენ ვენტილაციას, დამახასიათებელია უფრო დაბალი პროფილი, გაბარიტული ნორმებით დასაბუთებული. მნიშვნელოვანი სიგანე ორხაზიანი და განსაკუთრებით მრავალხაზიანი მოძრაობის დროს აუცილებელს ხდის უფრო ნაკლები სიმრუ-



ნაკ. 223.

დის თაღების გამოყენებას (ნაკ. 217—219). მნიშვნელოვანი სიგრძის გვირაბებში კვეთის ზედა და ქვედა ნაწილში სავენტილაციო კამერების არსებობა საჭიროებს სამაგრის უფრო დიდი სიმრუდიანი ტიპების გამოყენებას, რაც ხშირად გადადის წრიულ (ნაკ. 236) და ზოგჯერ მეტად მაღალ პროფილებში (ნაკ. 223).

ავტოსაკაპანო გვირაბების სამაგრისათვის გამოიყენება ყველა მასალა, რომლებიც განხილული იყო ზემოთ, სარკინიგზო გვირაბებისათვის. ყველაზე გავრცელებული აქაც არის ბეტონი. ყურადღებას იპყრობს თაღების ვაძლიერება არმატურით (ნაკ. 220, 223) და აგრეთვე ხის გამოყენება მუდმივი სამაგრის სახით (ნაკ. 229—230).

ნაკ. 219, 220, 223-ზე ნაჩვენებია მთელი რიგი ავტოსაკაპანო გვირაბების მუდმივი სამაგრების ტიპები.

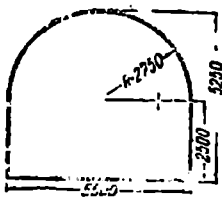
ბევრ შემთხვევაში საგზაო საფარად რეკომენდებულია ბეტონი ან ასფალტი, როგორც ყველაზე უფრო მდგრადი, გვირაბის პირობებში.

ხაზი უნდა გაუუსვათ ავტოსაკაპანო გვირაბების ვენტილაციის და განათების განსაკუთრებულ მნიშვნელოვან როლს.

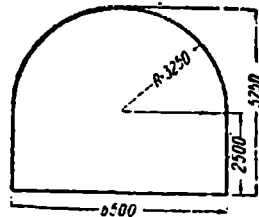
§ 54. ავტოსაკაპანო გვირაბების მაგალითები

1. ს ს რ კ ა ვ შ ი რ ი ს ა ვ ტ ო ს ა კ ა პ ა ნ ო გ ვ ი რ ა ბ ე ბ ი

ჩვენს ქვეყანაში შეიძლება აღენიშნოთ ავტოსაკაპანო გზებზე გვირაბების რამდენიმე მაგალითი. მათ შორის პირველია რამდენიმე მოკლე გვირაბი ყირიმში.



ნაკ. 224.



ნაკ. 225.

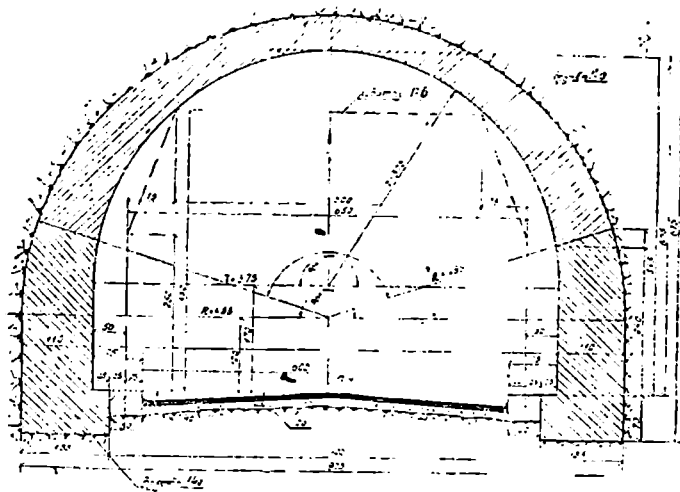
აღლერ-კრასნაია პოლიანას გზაზე არის ორი მოკლე გვირაბი, რომლებიც გაკრილია მდ. მზიმთის ვიწრო ხეობაში. ეს გვირაბები გაყვანილია მაგარ მდგრად ქანში და დატოვებულია სამაგრის გარეშე.

1912 წ. ქ. თბილისში სოლოლაკის ქედში გაყვანილი იქნა საქვეითო გვირაბი ქალაქის ბოტანიკურ ბაღთან დასაკავშირებლად. გვირაბს დასაწყისში ეწონდა განივი კვეთი შემთხვევითი არასწორი კონტურით, რომლის ზომები იცვლებოდა საკმაოდ ფართო ზღვრებში გვირაბი გაყვანილი იყო მსხვილ ნამტკრვეიან ზტყიცე ტუფოგენურ ქანში. და დატოვებული უსამაგროდ.

1936 წ. დამთავრდა 3-გვირაბი აბლად აგებულ ავტოსაკაპანო გზაზე სვანეთში. პირველი გვირაბი აგებულია სწორზე და აქვს ერთქანობიანი გრძი-

ვი პროფილი 20% ქანობით. შუა ადგილთან გვირახს აქვს გვერდითი წოლ-ხურელი-ფანჯარა სიგრძით 17 მ, რომელიც გამოდის მდინარის მალალ ნაპირზე.

მეორე და მესამე გვირაბი მდებარეობს ერთ სწორზე და შეწყვეტილია მცირე სიგრძის კრილით. ეს გვირაბები სჭრიან კლდეს ზღვის დონედან 850—851 მ სიმაღლეზე. მეორე გვირაბის სიგრძე არის 54,75 მ და მესამესა 80,7 მ.



ნაკ. 226.

ორივე გვირაბის პროფილი ერთ ქანობიანია 8% ქანობით. განრიგებულია მდინარის მარჯვენა ნაპირზე და ადგილ-ადგილ გადაწყულია არსებული. ბილიკიდან კლდის სიღრმეში 3 მ-ზე. ყველა ამ გვირაბების განივი კვეთი პირველად დაპროექტებული იყო 4,5 მ, სივანის ნახევარციკულიანი კერით $R=2,45$ მ და კვეთის ფართობი სინათლეზე 1912 მ² მაგრამ მხედველობაში უნდა გვექონდეს, რომ გზის ვაკისის სივანე 4,5 მ მიღებული იყო მხოლოდ გზის პირველსაწყისი ღირებულების შესამცირებლად იმ თვალსაზრისით, რომ შემდეგში გადიდებულიყო 5,5მ-დგე. მაგრამ პორტალების და სამაგრის მოწყობა წინასწარ საზღვრავს სივანეს როგორც საბოლოოს, რაც შემდეგში გავლენას იქონიებდა გზაზე მოძრაობის გასაადვიებლად. ამიტომაც რეკომენდებული იქნა გვირაბის სივანის აღება 5,5 მ ამგვარად საბოლოოდ მიღებულია პროფილი განივი კვეთის ფართობით 25,63 მ. (ნაკ. 224).

ქანებზე, რომელშიაც გაკრილია გვირაბები, წარმოადგენენ მკვირვ მგარ პორფირიტებს, ტუფს და მეტამორფულ ფიქალებს. ამ პირობებში გვირაბების მოწყობამ მოითხოვა სამაგრი.

1937 წ აფხაზეთში ბზიბი—ტბა რიცას გზაზე დამთავრებული იქნ. გვირაბი 78 მ სიგრძის. მისი კვეთი ნაჩვენებია ნაკ. 225-ზე.

ნაკ. 226-ზე ნაჩვენებია ერთ-ერთი ორზოლიანი მოძრაობის გვირაბის კვეთი რომელიც შენდება საქართველოში.

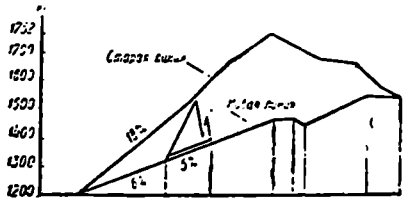
ჩვენი ქვეყნის მთიან ადგილებში საავტომობილო მაგისტრალის შექმნის პრობლემა აუცილებლად დაკავშირებული იქნება მნიშვნელოვანი გვირაბების გაკრასთან. კლიმატურად პირობები და პირველ რიგში ნალექების სიმრავლე ხდის გზით სარგებლობის საშუალებას მხოლოდ განსაზღვრული პერიოდის განმავლობაში, და მართო უღელტეხილების საგვირაბო გადაკვეთებს შეუძლია უზრუნველყოს გზაზე მთელი წლის განმავლობაში მოძრაობა.

არცერთი კავკასიის ქედის ღია გადაკვეთა ჩრდილოეთ კავკასიის ამიერკავკასიასთან შესაერთებლად არ უზრუნველყოფს შეუფერხებელ მოძრაობას მთელი წლის განმავლობაში. იმავე მდგომარეობაში იმყოფება მუდმივი საგზაო კავშირის პრობლემა კახეთიდან მთიან თუშეთში და იმერეთიდან სვანეთში. ამ უკანასკნელ მიმართულებაზე დგას ლატპარის მასივი 2800 სიმაღლის უღელტეხილით, რომლის დაძლევა მოითხოვს გვირაბის აშენებას 3—5 კმ სიგრძით.

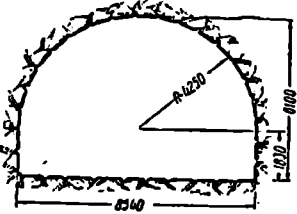
ანალოგიურ პირობებში იმყოფება სომხეთის მთელი რიგი ჩაკეტილი მთიანი რაიონები. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ უგრძელესი კონგურო—ალანაგეხის ქედი, რომელზედაც მხოლოდ ერთი ბეჩანაგის უღელტეხილს აქვს ნიშნული (ოტატი ნაკლები 2200 მ, და ყველა დანარჩენებს უფრო მეტი, ვიდრე 2500 მ და 3000 მ. ყველაზე მნიშვნელოვანი აქ არის კეჩიკის უღელტეხილი (3000 მ), რომელიც შეიძლება გამოყენებული იქნეს საავტომობილო გზად მხოლოდ მნიშვნელოვანი სიგრძის გვირაბის გაკრით.

2. ავტოსაქაპანო გვირაბები საზღვარგარეთ

უკანასკნელ ხანებში უჩველსო გზაზე აგებული გვირაბებიდან ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი გვირაბი 1290 მ სიგრძით, გაჭრილი 1930—1931 წ. ა. შ. შ. ერთ-ერთ პარკის გზაზე, აგებულია პირველსაწყისად 1880 წ. 18¹/₁₀ ქანო.



ნაკ. 227.

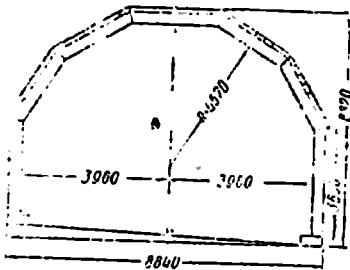


ნაკ. 228.

ბით. გზა ძალზე ჩამორჩა თანამედროვე მოთხოვნილებებს და ვერავითარ შემთხვევაში ვერ აკმაყოფილებდა ინტენსიურად განვითარებულ მოძრაობას. ამიტომაც 1926 წ წამოიკრა საკითხი მისი გადაკეთებისა, და საზოგადოებრივ გზათა ფედერალური ბიუროს მიერ მთელი რიგი ვარიანტების შესწავლის

შემდეგ მიღებული იქნა, რომ ქანობის და მრუდეების მოთხოვნილი შერბილება რაციონალურად შეიძლება მოხდენილი იქნას 1290 მ სიგრძის გვირაბის ვაკრითი რაც განხორციელებული იქნა.

გვირაბის შემწეობით, საულელტეხილო წერტილის სიმაღლემ დაიწია 198 მ-ით; გზის ზღვრული ქანობი 18 $\frac{1}{2}$ -დან დაყვანილი იქნა 6 $\frac{1}{2}$ -დე. ამას ვარდა შემსუბუქებული იქნა მრუდეები და შეოკლებული—ხაზის სიგრძე (ნაქ. 227).

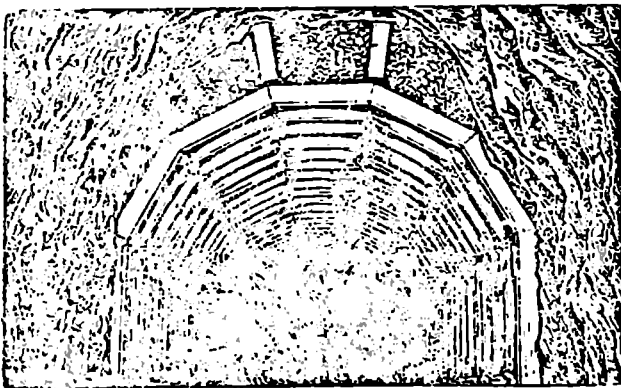


ნაქ. 229.

გვირაბი მდებარეობს სწორზე და მთლიან 5 $\frac{1}{2}$ -იან ქანობზე. გვირაბის სიგანე საშუალო უდრის 8,54 მ; სიმაღლე ლერძზე 6,10 მ; შინაგანი ზღვრული მოხაზულობის განივი კვეთის ფართობი 52,6 მ² (ნაქ. 228).

გვირაბში სავალი ნაწილის სიგანე ეთანადება გზის ღია უბნებზე სიგანეს და შეადგენს 7,32 მ. გვირაბის ერთი მხრიდან არის ტროტუარი 0,92 მ სიგანის, რომელიც დაშორებულია სავალ ნაწილს 0,30 მ სიგანის ბორღურით. საგზაო საფარი შესდგება 12—15 სმ

ქვიწიან ბალიშზე დაგებულ 18 სმ სისქის ბეტონის შრესაგან.



ნაქ. 230.

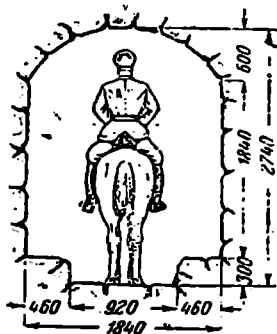
გვირაბი გადის მაგარ გრანიტში და სამაგრი საკირო შეიქნა მხოლოდ 227 მ მანძილზე. სამაგრი შესრულებულია ბეტონისაგან, რომლის სისქე თალის ქუსლებთან არის 46 სმ, თალის მეოთხედზე—38 სმ და კლიტეში—30 სმ.

გვირაბის ქვედა შესასვლელთან ქანი იმდენად მტკიცე და მდგრადი აღმოჩნდა, რომ პორტალის მოწყობა არ იქნა საჭირო, ზედა შესასვლელთან კი გრანიტი აღმოჩნდა გამოფიტული და ბზარებიანი, რის გამოც საჭირო შეიქნა პორტალის აგება.

გვირაბის სავენტილაციოდ გაქრილი იქნა 3 გვერდითი წოლხერელი-ფანჯრები. გვირაბიდან ფერდობის ზედაპირამდე. ორი მათგანი $2,13 \times 1,33$ მ კვეთით დანიშნული იყო გვირაბის სიგრძის მეოთხედებში და ამგვარად დაშორებული იყვნენ შესასვლელებიდან 322,5 მ მანძილით. ზედა მხრიდან გაქრილი წოლხერელის სიგრძე უდრიდა 1918 მ; ქვედა წოლხერელის სიგრძე კი 116,4 მ; მესამე წოლხერელი $4,27 \times 4,27$ მ კვეთით მიდიოდა გვირაბის შუადად და ქონდა 153 მ სიგრძე. აქვე სავენტილაციო წოლხერელის აქვთ 1% ქანობი გასასვლელისაკენ მიწისქვეშა წყლების ჩამოსადენად.



ნაკ. 231.



ნაკ. 232.

უფრო გვიან, იმის გამო, რომ ბუნებრივი ვენტილაცია არ უზრუნველყოფდა სუფთა ჰაერით ხშირ მოძრაობას, განსაკუთრებით უქმ დღეებში, საშუალო სავენტილაციო წოლხერელი გაგანიერებული იქნა გვირაბის კვეთის ზომებამდე და მასში მოწყობილი იქნა 3—ვენტილატორი 8500 მ³/წთ ჰაერას საერთო წარმადობით.

გვირაბში განხორციელებულ იყო ელექტროგანათება თორმეტი 6000—სანთლიანი, ასოცდაათი 4000 სანთლიანი და ოცდაათი 75—ვატიანი ლამპებით.

მეორე მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ორეგონის შტატში ა. შ. შ., 1933 წ. დრეინ-რიდსპორტის გზაზე აგებული გვირაბი.

გრძელი და დაბალი ქედის დასაძლევად შედარებულ იქნა ორი ვარიანტი: ღია მაღალი ხაზისა 8,85 კმ სიგრძით, რომელთაგან 4,83 კმ მოდიოდა მხოლოდ აღმართზე, და დაბალი ტრასის, რომლის სიგრძე იყო

2,57 კმ—331 მ სიგრძის გვირაბით. ყველა უპირატესობა აღმოჩნდა საგეო-
რაბო ვარიანტის მხარეზე, რომელიც იქნა მიღებული შესასრულებლად.

გვირაბი მოთავსებულია 1% ქანობზე და $R=700$ მ მრუდზე. განივ
კვეთს (ნაკ. 229 და 235) აქვს სიგანე სივრცეში 7,92 მ და სიმაღლე 6,4 მ.

საერთო 331 მ სიგრძიდან გვირაბს სამაგრი აქვს 151 მ მანძილზე. და-
წარჩენი 175 მ დატოვებულია უსამაგროდ ქანის საკმაო სიმტკიცის და მდგრა-
დობის გამო. სამაგრიანი ნაწილის გამოშვებების კვეთის ფართი (ნაკ. 229).
უდრის 52,51 მ², უსამაგრო ნაწილისათვის კი ეს ფართი შეადგენს 45 მ².ს.

ბეტონის საფარიანი სავალი ნაწილის გვერდებზე მოწყობილია ბეტო-
ნისავე ბორღიურები 0,3X0,3 მ. სავალ ნაწილს აქვს გვირაბის მრუდის
სათანადო განივი ქანობი.

ყურადღებას იპყრობს გვირაბის სამაგრი, რომელიც შესრულებულია
მთლიანად ხისაგან, რაც საგვირაბო პრაქტიკაში იშვიათად გვხვდება. ეს აიხ-
სნება მხოლოდ სამაგრისათვის კედრის გამოყენებით, რომელიც ცნობილია
თავისი გამძლეობით. სამაგრი შესდგება გვერდითი დგარებისაგან, რომლებიც
ქმნიან მთლიან კედელს, ამ კედლებს ეყრდნობა ხუთსვემენტოვანი კამარა;
დგარები დადგმულია ბეტონის კედელზე, რომლის მეორე ნახევარი გამოშვე-
რილია გვირაბის შიგნით ბორღიურის სახით. ქანის მხრიდან კამარა დაფა-
რულია. გვირაბში შესასვლელის საერთო ხედი ნაჩვენებია ნაკ. 231-ზე.

ნაკ. 223-ზე გამოსახულია ერთ-ერთი ოკლენდის გვირაბი, სიგრძით
1 კმ-დე, რომელიც აგებულია სან-ფრანცისკოში. თითოეული გვირაბი ემსახუ-
რება ორ სელას ერთი მიმართულებით. გვირაბები შეერთებულია სამი განივი
გასასვლელით, რომელთა სიმაღლეა 2,3 მ გვირაბის მნიშვნელოვანმა სიგრძემ
და მოძრაობის ინტენსიურობამ საჭირო გახადა ხელოვნური ვენტილაციის
მოწყობა. გვირაბი ქრის დანგრეულ ფიქალს დიდი წნევით და ამიტომ
მიღებულია რკინაბეტონის სამაგრი. მასთან ერთად ასეთმა პროფილმა
უზრუნველყო საჭირო სივრცე სავენტილაციო არხებისათვის, რომლებიც
განრიგებულია კვეთის ზედა ნაწილში. სუფთა ჰაერის შეშვება სწარმოებს
არხებით რომლებიც განრიგებულია გვერდით კედელში ერთიმეორედან 3,6 მ
დაშორებით.

ნაკ. 232-ზე მოცემულია პატარა გვირაბი ზედა სელით, რომელიც აგე-
ბულია 1931 წ. ამერიკაში. გვირაბი აგებულია სპეციალურად ტურისტები-
სათვის იმ მიზნით, რომ შეემოკლებინათ გზა მენი პორტიდან ვატერტონის
ტბისკენ ჯაისიროის ნაციონალურ პარკში. გვირაბის შემწვობით ამ ორ პუნქტს
შორის მანძილი შემცირდა 16 კმ-ით; ამას გარდა გზა გადის ძალზე ლამაზ
ადგილებში. 56 მ სიგრძის გვირაბი მოთავსებულია 3,75% ქანობზე და კვე-
თავეს მთის მასივს ზღვის დონედან 2,286 მ ნიშნულზე.

გვირაბის განივი კვეთი გაანგარიშებულია (ნაკ. 232) ცხენოსნის გასა-
ტარებლად და აქვს 1,84 მ სიგანე და 2,74 მ სიმაღლე;

გვირაბი გაჭრილია წვრილმარცვლოვან მტკიცე კირქვებში და დატოვე-
ბულია მთელ სიგრძეზე უსამაგროდ.

ვახსენებთ აგრეთვე გვირაბს, რომელიც აგებულია მთიან გზაზე ა. წ.
ცისფერ ქედზე ვირჯინიაში.

ინგლისური ნანუშეერებიდან მოვიყვანთ გვირაბს, რომელიც აგებულია 1932 წ. ლონდონ-ხოლიხედის გზის რეკონსტრუქციის დროს.

172 მ სიგრძის გვირაბი აგებულია 1,8%⁰ ქანობზე და ნაწილობრივ ტრასირებულია მრუდზე. ელიფსური თაღიან გვირაბის განივ კვეთს აქვს სიგანე 10,4 მ და სიმაღლე 6,4 მ და ამგვარად აკარბებს ორლიანდაგიან სარკინიგზო გვირაბის კვეთს. თაღის ქუსლები აწეულია სავალი ნაწილის ვაკისიდან 2,9 მ-ით. სავალი ნაწილის სიგანე გვირაბში შეადგენს 8,25 მ; გვირაბის ერთი მხრიდან არსებობს ტროტუარი სიგანით 1,45 მ., რომელიც ვადატიხრულია სავალი ნაწილიდან ბორდიურით და მეორედან ბორდიურაფ ვადატიხრულია 0,5 მ სიგანის ზოლი. ტროტუარის ქვეშ გადის არხი სიგანით 0,75 მ და სიღრმით 0,45 მ ელექტრო და სხვა გამტარებისათვის, რომელიც ვადატიხრულია რკინაბეტონის ფილებით. გვირაბის მეორე მხარეს 0,5 მ სიგანის ზოლი დაფარულია კირქვების ფილებით. საგზაო ტანსაცმელი შესდგება 8 სმ სისქის ასფალტის შრისაგან, რომელიც დაგებულია ბეტონის 15 სმ სისქის ფუძეზე. გვირაბს მთელ სიგრძეზე აქვს ბეტონის სამაგრი სისქით 40 სმ; ქანისა და სამაგრის შორის სიცალიერების მთლიანი შეესვენა მიღწეული იქნა ცემენტის ხსნარის ჩაწნეხვით.

§ 35. ალპების ქვეშ გრძელი საავტომობილო გვირაბების პროექტები

საინტერესოა საავტომობილო გვირაბების პროექტები ალპების ქვეშ: ამ ქედზე ურელსო გზის აგების ძველი პრობლემა, რომელიც საშუალებას მისცემს აწარმოონ უწყვეტი მოძრაობა მთელი წლის განმავლობაში, ისევ დაწვრილებით იხილებოდა მეორე სამამულო ომის წინ.

არსებობს ალპებზე საავტომობილო გზის სამი პროექტი:

ა) პროექტი გვირაბით მონბლანის ქვეშ;

ბ) პროექტი გვირაბით სენ-გოტარდის ქვეშ;

გ) ერთ-ერთი სიმპლონის რკინიგზის გვირაბის საავტომობილო მოძრაობისათვის გამოყენების პროექტი.

1. პროექტი გვირაბისა მონბლანის ქვეშ

საფრანგეთსა და იტალიას შორის არსებული მთიანი გზა ალპებზე, ვარგისია მოძრაობისათვის მხოლოდ ნახევარი წლის განმავლობაში, დანარჩენი დრო უღელტეხილი იფარება თოვლით.

პირველი მსოფლიო ომის დამთავრების შემდეგ ინე. მონომ გამოიყენა თავისი ძველი პროექტები მონბლანის ქვეშ სარკინიგზო გვირაბისა და წარმოადგინა იმავე ტრასაზე საავტომობილო გვირაბის პროექტი.

1933—1934 წწ. წარმოებული იქნა ახალი გამოკვლევები და წარმოდგენილი იქნა გვირაბის პროექტი სიგრძით 12,5 კმ. ჩრდილოეთი შესასვლელი დაპროექტებულია შამანთან საფრანგეთში (ზღვის დონედან 1240 მ, სამხრეთი კი ანტრევეთან ზღვის დონედან 1340 მ, იტალიაში (ნაკ. 233).

გვირაბის განივი კვეთი დაპროექტებულია ორ ვარიანტად. პირველი ვარიანტი გულისხმობს ორ თანასწორ გვირაბს ღერძებს შორის 25 მ მანძილით, თითოეულ გვირაბს აქვს სიგანე 6 მ, პირველსაწყისად ნავარაუდევია:

მხოლოდ ერთი გვირაბის გახსნა; მეორე მუშავდება დამხმარე წოლხერელის სახით, რომლის გაფართოება სრულ პროფილამდე შეიძლება შესრულებული იქნას მხოლოდ მოძრაობის გადიდების შემდეგ. ორივე გვირაბი ნავარაუდევია შეერთდეს ყოველი კილომეტრის მანძილზე განივი გასაველელებით 5 მ სივანით, რაც საშუალებას იძლევა იზოლირებული იქნას ერთ-ერთი გვირაბის ნებისმიერი ნაკვეთი. მეორე ვარიანტის მიხედვით მხედველობაში მიღებულია ერთი გვირაბი 8 მ სივანის საეალი ნაწილით.

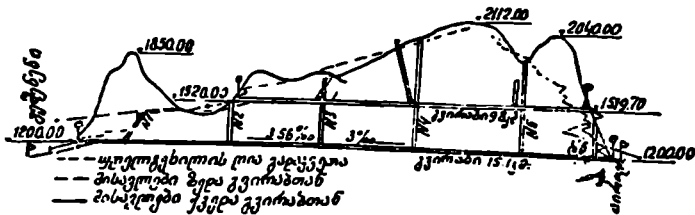
ორივე შემთხვევაში ნავარაუდევია რკინაბეტონის სამაგრი, საულელტეხილო გვირაბის ჩადილო მისასვლელზე დაპროექტებულია ორი სპირალური გვირაბი თითოეული 1 კმ სიგრძით.



ნაკ. 233.

2. პროექტი გვირაბისა სენ-გოტარდის ქვეშ

შვეიცარიაში სენ-გოტარდის დაპროექტებული გვირაბი მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს საავტომობილო მიმოსვლას საფრანგეთიდან და გერმანიიდან იტალიაში, ამცირებს მანძილს ორ უმთავრეს პუნქტს შორის და უზრუნველყოფს მთელი წლის განმავლობაში უწყვეტ მოძრაობას.



ნაკ. 234.

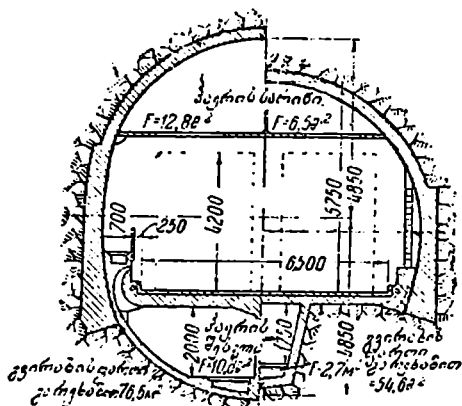
ნაკ. 233-ზე ნაჩვენებია დაპროექტებული გზის ტრასა გვირაბით. დამუშავებულია გვირაბის ორი ვარიანტი;

ა) მწვერვალის გვირაბი სიგრძით 9,8 კმ, რომელიც კვეთს ალპებს 1520 მ სიმაღლეზე.

ბ) ძირა გვირაბი 15,1 კმ სიგრძით, რომელსაც ორივე შესასვლელი აქვს 1200 მ ნიშნულზე.

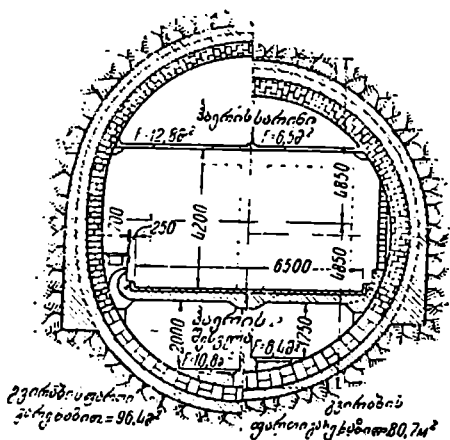
ნაკ. 234-ზე ნაჩვენებია ორივე ვარიანტის შედარებითი პროფილი მისასვლელი უბნებით. აქვე ნაჩვენებია ულელტეხილის ღია გადაკვეთის ხაზი.

უფრო კარგია ძირა გვირაბის ვარიანტი, როგორც გზის მთელი საუღელტეხილო უბნის ექსპლოატაციის თვალსაზრისით, ისე გასაქრელი მასივის უკეთესი გეოლოგიური პირობების მიხედვით. ქანები, რომლებიც იჭრება ამ გვირაბებით, წარმოადგენენ უმთავრესად ალპიურ გრანიტ-დიორიტს და ვენ-



ნაკ. 235.

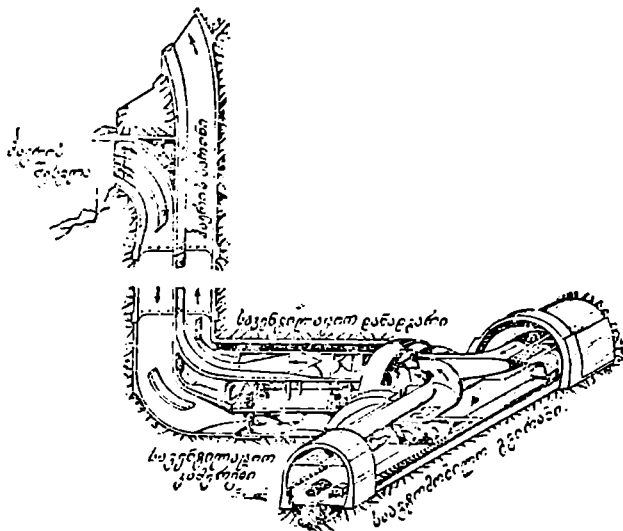
იებს, რომლის დროსაც არ შეიძლება ველოდოთ დიდ წნევებს. მაქსიმალური ტემპერატურა გვირაბში ნანაგარიშეგია 35° სენ-გოტარჩის უღელტეხილს ექვე 900 მ სიღრმეზე.



ნაკ. 236.

გვირაბი დაპროექტებულია ორქანობიანი $3,56\%$ ქანობით ჩრდილოეთ შესასვლელისაკენ და 3% —სამხრეთი შესასვლელისაკენ.

ვანსაკუთრებით რთულია ასეთი გვირაბის ვენტილაციის პრობლემა, რადგანაც ინტენსიური საავტომობილო მოძრაობის დროს გამოყოფილი აირების დიდი რაოდენობა იწვევს ჰაერის ხშირად გაახლების აუცილებლობას. ამ მდგომარეობაზეა მოწყობილი გვირაბის განივი კვეთის კონსტრუქცია (ნაკ. 235 და 236), რომლის იდეა აღებულია წყალქვეშა საავტომობილო გვირაბების პრაქტიკიდან. მთელი კვეთი დაყოფილია სამ იარუსად: სუფთა ჰაერი დაჰირხვნით მიდის სავალ ნაწილში ქვედა იარუსიდან და დაჰუქუიანებული კი ვამოიწოვება ზედა იარუსიდან (ნაკ. 237).



ნაკ. 237.

ჰაერის შექირხენა და გამოწოვა სწარმოებს სპეციალური სავენტილაციო შახტებით, რომელთა განლაგება ნაჩვენებია ნაკ. 234-ზე. მწვერვალის გვირაბის დროს გათვალისწინებულია 3 ასეთი შახტი სიღრმით 176-დან 580 მ-დე და ძირის გვირაბის დროს დაპროექტებულია 6 შახტი სიღრმით 178-დან 735 მ-დე.

3. სიმპლონის გვირაბის საავტომობილო მოძრაობისათვის გამოყენების პროექტი

სიმპლონის გვირაბი სიგრძით 19780 მ წარმოადგენს ორ ერთლიანდაგიან თანასწორივ კვეთს, დაშორებულს ლერძიდან 17 მ-ით და შეერთებულს ყოველ 200 მ-ზე განივი სასელელებით.

მოდრაობის ელექტროწვევაზე გადაყვანამ მნიშვნელოვნად ასწია ნაგებობის გამტარუნარიანობა, რის შედეგადაც წამოიჭრა ერთ-ერთი გვირაბის სააქტომობილო მოძრაობისათვის გამოყენების საკითხი.

გვირაბის მთელი ძირი იფარება ასფალტ-ბეტონით, ისე რომ რკინიგზის ხაზის ზედნაშენი ნავარაუდევია დატოვებული იქნეს ადგილზე, რაც საშუალებას იძლევა საჭიროების შემთხვევაში გატარდეს მატარებლები. როგორც აღიარებულია თვით პროექტის ავტორების მიერ, ასეთ შერეულ მოძრაობას ახასიათებს მთელი რიგი ექსპლოატაციური უხერხულობანი. ამას გარდა გვირაბის მცირე განივი კვეთი უშვებს ერთდროულ მოძრაობას მხოლოდ ერთ მხარეს და ზღუდავს გამტარუნარიანობას 80 მანქანით 1 საათში.

გვირაბის ვენტილაციის რთული პრობლემა პროექტით წყდება შემდეგნაირად: გვირაბებს შორის თითოეულ განივ გასასვლელში მოეწყობა ტიხრი და იღვმება ვენტილატორი, რომლითაც სარკინიგზო გვირაბიდან შეწოვილი ჰაერი იქირხნება სააქტომობილო გვირაბში.

გემოსსავალი გვირაბები

§ 56. გემოსსავალი გვირაბების პროექტის ზოგადი საფუძვლები

გვირაბის გამოყენება წყლოვან გზაზე, მნიშვნელოვნად ამცირებს უკანასკნელის სიგრძეს და საშუალებას იძლევა დაეწიოს უღელტეხილის ნიშნული შემაერთებელი არხის გამყოფ ბიფურე. ამ ნიშნულის დაწევა აადვილებს არხის კვების პირობებს და ამცირებს შლიუზების რაოდენობას. ამით შეიძლება მიღწეულ იქნას ნაგებობის საერთო ღირებულების შემცირება და წყლოვან გზის ექსპლოატაციის უფრო ხელსაყრელი პირობების შექმნა. ამიტომ გვირაბით წყალგაყოფის დაძლევა მთელ რიგ შემთხვევაში ეკონომიურად უფრო ხელსაყრელი აღმოჩნდა.

ქედის გადაკვეთის სიმაღლის მხრივ მხედველობაში უნდა გვკონდეს, რომ გვირაბის ნიშნულის შემცირებით დიდდება მისი სიგრძე, და მაშასადამე — სააღმშენებლო ღირებულება. მხოლოდ, შლიუზების რიცხვის შემცირების გამო შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ წყლის ხაზის საერთო ღირებულება საგვირაბო ვარიანტის დროს ნაკლები იქნება. ამას გარდა, გვირაბის დაბლა მდებარეობის დროს ადვილდება არხის ექსპლოატაციის პირობები და მცირდება საექსპლოატაციო ხარჯები. მეორეს მხრივ, არ შეიძლება დაწკმავოფდოდეთ მხოლოდ ვარიანტების ეკონომიური შედარებით. საექსპლოატაციო საზომების გაუარესებასთან დაკავშირებულია მთელი რიგი სახალხო-სამეურნეო დანაკარგები, რაც ფულის სახით ანგარიშს არ ემორჩილება. ამიტომაც გვირაბის მდებარეობის სიმაღლის არჩევის დროს აუცილებელია შესაძლებისამებრ სრული ჩათვლა ყველა სახელმწიფო ინტერესებისა. ამ დროს მხედველობიდან არ უნდა იყოს გამოშვებული მოცემული საწყლო გზის თავდაცვითი მნიშვნელობა.

თავდაცვის თვალსაზრისით გვირაბები წარმოადგენენ ყველაზე ნაკლებ დასაზიანებელ ნაგებობას საწყლო გზის მთელ სისტემაში. საპერო თავდასხმების დროს ისინი შეიძლება გამოვიყენოთ საიმედო თავშესაფარად, როგორც ხალხისათვის ისე სამდინარო ფლოტისათვის და ტვირთებისათვის.

უნდა აღვნიშნოთ, რომ ჯერ კიდევ პირველი მსოფლიო ომის დროს გერმანიის მთელი დივიზია იმალებოდა ჰოკავშირეთა ჯარებისაგან საფრანგეთში სენ-ვენტინის არხში 5670 მ სიგრძის რიკვეალის გვირაბში. გერმანე

ღეპი განლაგდენ 47—ბარკასებზე და ზედაპირთან კავშირი ქონდათ სავენტილაციო ნახტობით.

გვირაბის მდებარეობის სიმაღლის საკითხის გადაწყვეტის დროს მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული აგრეთვე მასივის გეოლოგიური პირობები, წყლით კვების პირობები, არხის გაყვანის გამო ადგილმდებარეობის როგორც ანოზრობის ისე დაქაობების შესაძლებლობა.

ჟველა გემთსავალი გვირაბები მდებარეობენ სწორზე. ყოველ შემთხვევაში გვირაბის მდებარეობა გეგმაზე უნდა აკმაყოფილებდეს იმ მოთხოვნილებებს, რომლებიც წარედგინება მოცემული არხის ტრასას ტექნიკური პირობებით. დატული უნდა იქნეს პირობა, რომ მრუდის რადიუსი R გვირაბში იყოს აოხში მავალი გემის სიგრძეზე ექვსჯერ მეტი ე. ი. $R \geq 6l$, სადაც l —გემის სიგრძეა.

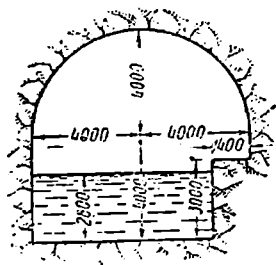
არხის განსაკუთრებით ძნელ პირობებში $R \geq 3l$ —დაშვება არ შეიძლება გავოცელებული იქნეს გვირაბებზე.

თუ გვირაბში მრუდი აუცილებელია, მაშინ სასურველია, განსაკუთრებით გრძელ გვირაბებში, შესაძლოდ დიდი რადიუსი. მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ექსპლოატაციის პირობები, პირველ რიგში ვენტილაციის პირობები, რაც აუცილებელია ორთქლის წნევის შემთხვევაში. აგრეთვე რეკონსტრუქციის მოსალოდნელობა არხის ღია უბნებად.

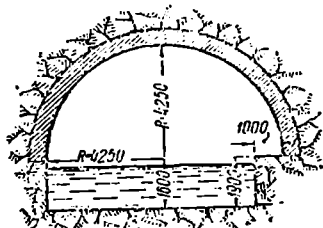
გვირაბის გრძივი პროფილი ექვემდებარება ღია უბნების პროფილის პირობებს. ქანობები უნდა ჰქონდეს ზღვრებში 0-დან 0,0001-მდე.

გემთსავალი გვირაბების განივი კვეთი და მუდმივ სამაგრთა ტიპები

გვირაბის განივი კვეთი შეიძლება გაანგარიშებული იქნას ერთი ან ორი გენის გატარებაზე.



ნაქ. 238.

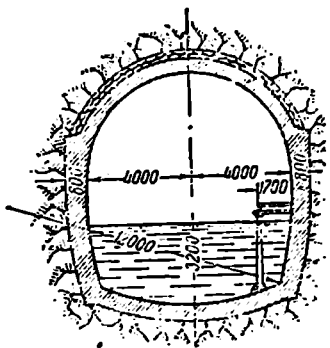


ნაქ. 239.

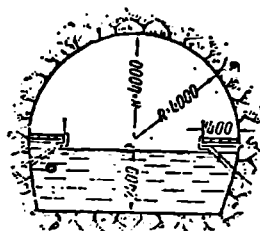
აშირად გვხვდება გვირაბი ერთი გემის გასატარებლად (ნაქ. 238—244) რაც აიხსნება ნაგებობის ღირებულების შემცირების მისწრაფებით. ამ შემთხვევაში განივი კვეთის ზომები აიღება იმ ანგარიშით, რომ კედლებსა და

გემის გვერდს შორის რჩებოდეს თითოეულ მხარეს არა ნაკლებ 1—1,5 მ თავისუფალი სივრცე.

ამასთან ერთად, არსებული გემთსაველი გვირაბების მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ გვირაბში სველი კვეთის შედარდება გემის წყალქვეშა ნაწილის განივ კვეთთან უნდა იყოს ახლოს 2-თან.

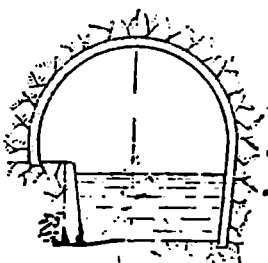


ნაკ. 240.

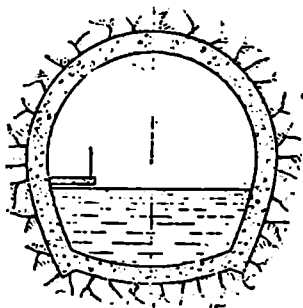


ნაკ. 241.

გვირაბის სივრცის ფარგლებში ერთ მხარეს ან ორივე მხრიდან მოწყობა ბანკეტები წინაღ გამოყენებული „საბეჭე“ წვეისათვის. ბანკეტები განრიგდება ან გვირაბის გამომუშავების დროს დატოვებულ დაუმუშავებელ ბუნებრივ ქანზე (ნაკ. 238 და 239), ან მოწყობა ცალკე საყრდენებზე (ნაკ. 240) და ან კიდევ კონსოლებზე (ნაკ. 241).



ნაკ. 242.



ნაკ. 243.

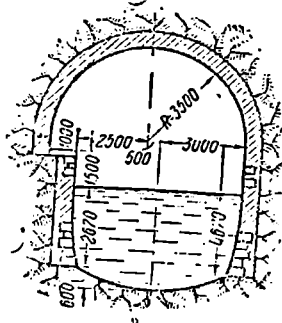
უპირატესობა უნდა მიეცეს უკანასკნელ ვარიანტს, რადგანაც ასეთი მოწყობის დროს გემის მოძრაობის წინაღობა ნაკლები იქნება.

„ბეჭეწიკების“ მოწყობა მთლიან ბანკეტებზე მიჩნეულ უნდა იქნას საკითხის უფრო კარგად გადაწყვეტად, როგორც სველი კვეთის შემცირების, ისე საგვირაბო სამაგრის სტატიკური მუშაობის პირობის მხრივ.

სამაგრს ამ შემთხვევაში საფეხურებიანი მოხაზულობა აქვს. ამ მოხაზრებით სენ-კენტენის არხში 1803 წ აგებულ ტრანუა და რიკეველის გვირაბებში ორმხრივი მასიური „ბეჩენიკები“ შეცვლილი იქნა 1861 წ „ბეჩენიკებით“ ცალკე რკინის საყრდენებზე. ასეთივე შეცვლა იქნა წარმოებული მარნის არხში შუვაჯის გვირაბის რეკონსტრუქციის დროსაც (ნაკ. 242 და 243).

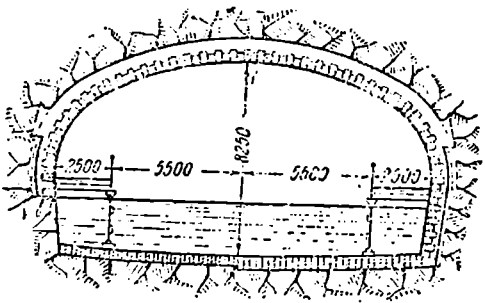
გენოსავალ გვირაბში გვერდითი გზები აუცილებელია აგრეთვე სამაგრის დათვალიერებისათვის და შეკეთებისათვის;

გემების მოძრაობის წინააღმდეგ შემცირების მიზნით სასურველია გვერდის გვირაბში შესაძლოდ დიდი სიღრმე წყლისა, მაგრამ გვირაბის განივი კვეთის ზომების შემცირებისაგან მისწრაფება (ნაგებობის საერთო ღირებულების შემცირების მიზნით) ხშირად გვაიძულებს ავიღოთ წყლის სიღრმე გვირაბში ნაკლები, ვიდრე ეს მიღებულია ღია არხებში. ჩვეულებრივად, წყლის სიღრმე გვირაბში აიღება დაახლოებით გემის ორმაგი წყალშიდისა. წყლის დიდი სიღრმის მისაღებად ზოგ შემთხვევაში იყენებენ გვირაბის განივ კვეთს ჩაღრმავებული ძირით (ნაკ. 240, 243 და 244).



ნაკ. 244.

1886 წ ვენის კონგრესზე გვირაბ-არხების ნორმალურ ზომებად ერთი გემის გასატარებლად მიღებულ იყო: სიგანე წყლის დონეზე საყრდენებს შორის 7,5 მ; წყლის სიღრმე 2,5 მ. ეს მონაცემები ჩვენს დროში არ შეიძლე-



ნაკ. 245.

ბა იყოს სახელმძღვანელო და დაპროექტების დროს აუცილებელია ყოველ ცალკე შემთხვევაში ანგარიში გავუწიოთ წყლის გზის მთელი სისტემის თავისებურებებს, რომლის ფარგლებშიც იმყოფება გვირაბი.

ისეთი გვირაბის მაგალითად, რომელსაც შეუძლია გაატაროს ერთდროულად ორი გემი, შეიძლება დავასახელოთ კონდის გვირაბი მარნა-სენის არხზე

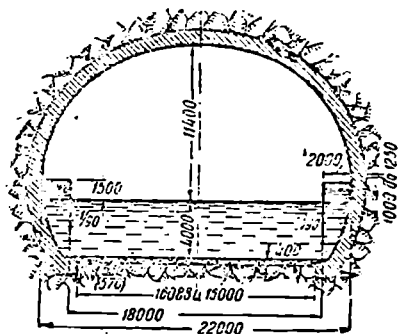
(ნაკ. 245). ყურადღებას იპყრობს „ბეჩენიკების“ დიდი სიგანე (2,5 მ), რომლებიც მოწყობილია ცალკე საყრდენებზე.

ზოგ შემთხვევაში, მაგ. ძველ ინგლისურ არხებზე, ერთი გვირაბის მაგვიერ, ორი გემის გასატარებლად აგებენ ორ პარალელურ გვირაბს; რომელთაგან თითოეული გაანგარიშებულია ერთ გემზე.

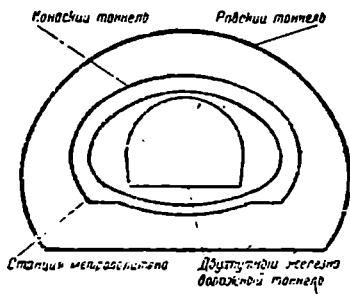
ორი პარალელურ გვირაბის მოწყობას ამ შემთხვევაშიც აქვს იგივე უპირატესობანი, რაც ორ ერთლიანდაგიან სარკინიგზო გვირაბის მოწყობას.

§ 54. გემთსავალ გვირაბების მაგალითები

ისტორიულ მიმოხილვანი მოყვანილია ძველად აგებული გემთსავალი გვირაბების აღწერა. აქ ჩვენი შეეჩერდებით უფრო გვიან დროის მაგალითებზე. საფრანგეთის ნამუშევრიდან აღენიშნოთ გასული საუკუნის მეორე ნახევრის ბალემის გვირაბი არხის გამყოფ „ბიოფზე“, რომელიც აერთებს მდ. მარნას მდ. სენასთან. გვირაბი სიგრძით 4820 მ შენდებოდა 6 წელი (1879 წ. დან 1885 წ. დე). გვირაბის თალი ნახევარწრიულია რადიუსით 4 მ. იმავე არხზე ქ. ლანგრთან აგებულია გვირაბი, რომელიც ნაჩვენებია ნაკ. 240-ზე.



ნაკ. 246.



ნაკ. 247.

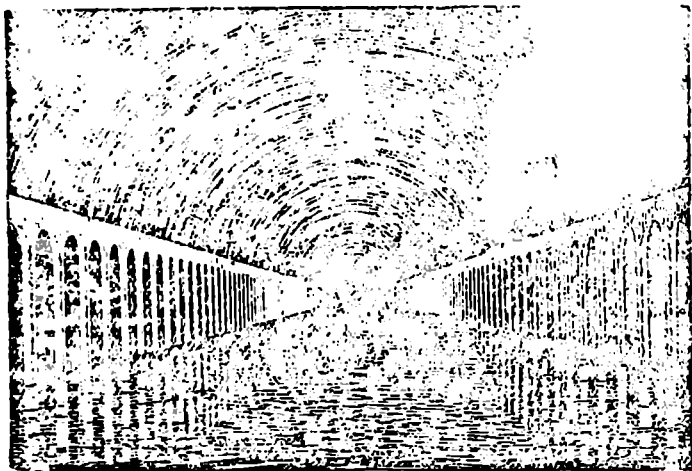
მეორე მაგალითისათვის მოიყვანთ კონდის გვირაბს, რომელიც აგებულია იმავე არხზე 1883—1886 წ (ნაკ. 245). გვირაბის სიგრძეა 308 მ; განივი კვეთი გაანგარიშებულია ერთდროულად ორი გემის გასატარებლად და აქვს სიგანე 16 მ; სიმაღლე 8,25 მ უქანასკნელ დრომდე ეს გვირაბი მისი განივი კვეთის ზომებით ყველაზე უდიდესად ითვლებოდა.

საფრანგეთს ეკუთვნის აგრეთვე მარსელ-რონის წყლის მაგისტრალზე აგებული გვირაბი როვი. გვირაბი სიგრძით 7266 მ. სურის მთის მასივს ნერტს მარსელის ჩრდილოეთით და წარმოადგენს 82 კმ სიგრძის მარსელ-არლის შემადგენელ ნაწილს. ამ არხს გათხრამდე მარსელს არ ჰქონდა უშუალო კავშირი საფრანგეთის წყლის შინაგან გზებთან. მარსელიდან რონის მიდამოებში

მოსახვედრად გემებს უხდებოდათ 40 კმ-იანი არაუშიშარი მგზავრობა ხნელთა-
წუა ზღვით ქალაქიდან დასაავლეთით კონცხის ირგვლივ.

გვირაბმა გასკრა მერგელიანი კირქვები და მთელ სივრცეზე შეხვდა რა-
მდენიმე მცირე ჩამონგრევებს, ხოლო მიწისქვეშა წყლებისაგან სრულიად
თავისუფალი.

როვის გვირაბის განივი კვეთი, ნაჩვენებია ნახ. 246—247 გვირაბის
სივანე საშუქში არის 22 მ, გამომუშავების სივანე 1,25 მ სამაგრის სისქის
დროს უდრის 24,5 მ გვირაბის სიმაღლე სივრცეში არის მის ღერზე 15,4 მ,
გამომუშავების სიმაღლე 17,1 მ. კვეთის ფართი სივრცეში შეადგენს 270 მ².

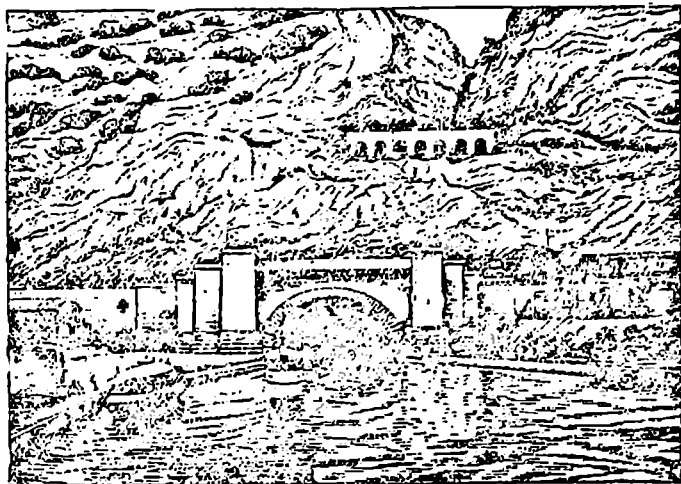


ნაკ. 248.

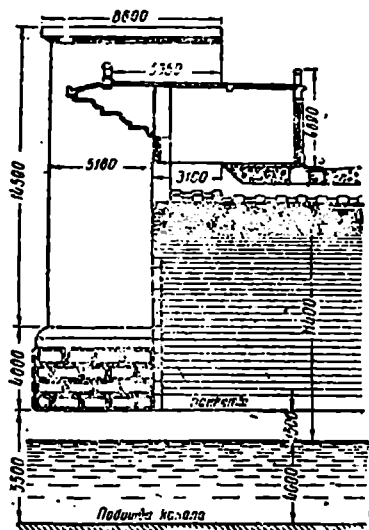
გამომუშავების ფართი კი სამაგრის სისქესთან დამოკიდებულებით იცვლე-
ბა 300-დან 320 მ²-დღ. წყლის სიღრმე გვირაბში უდრის 4 მ. გვირაბის
გვერდებზე მოწყობილია ბეჩენიკები სივანით 2 მ, ცალკეულ ბეტონის საყრ-
დენებზე, რომელიც ამაღლებულია წყლიდან 1,5 მ.

გვირაბის გათხრის დროს, რომელმაც მოითხოვა 1300 ტ დინამიტი,
ამოღებული იყო 2500000 მ³ ქანი. გვირაბი დაიწყო 1911 წ და დამთავრე-
ბულ იქნა 1927 წ. ომის დროს მუშაობა არ წარმოებდა. ამგვარად გვირაბი
შენდებოდა 12 წელი. ნაკ. 248-ზე ნაჩვენებია ამ გვირაბის შინაგანი სახე,
ნაკ. 249 და 250-ზე მისი სამხრეთი პორტალი და ნაკ. 251-ზე ჩრდილოეთი
პორტალი.

აღნიშნოთ აგრეთვე გვირაბები იაპონიის მცირე არხზე, რომელიც
აღრთეს ბივას ტბას მდინარე კამოსთან. არხის მშენებლობა დაწყებულ იქნა
1385 წ და დამთავრდა 1890 წ. თუმცა პირველი პროექტები, რომელ-
თაც მიზნად ქონდათ იაპონიის ეს უდიდესი ტბა (1280 კმ²) შეერთებინა ოსა-



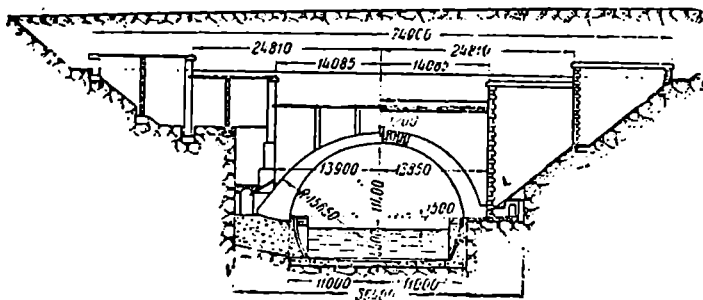
ნაკ. 249.



ნაკ. 250.

კას ბუხთან, ეკუთვნის XII საუკუნეს. არხს აქვს სიგრძე 11 კმ და გადის 4 გვირაბში, რომელთაგან გემთსავალი არის მხოლოდ 3. პირველ გვირაბს აქვს სიგრძე 245 მ, მეორეს—12,5 მ და მესამეს 855 მ. გვირაბების განივი კვეთს აქვს სიგანე 5 მ და სიმაღლე 4,3 მ, არხი უშუბებს 13,17 მ სიგრძის, 2,1 მ სიგანის 15 მეტ ტვირთამწეობის გემების მიმოსვლას. მეოთხე გვირაბი 2,4 მ დიამეტრით იმყოფება არხის შტოზე, რომელიც ემსახურება მორწყვის მიზნებს.

ევროპაში დაპროექტებულ წყლის გზებიდან რომლებიც ითვალისწინებენ გვირაბებს, შეიძლება დავასახელოთ ღუნაის ელბასთან პრერაუ-პარდუბიცი-ის არხით შეერთების პრობლემა. უკანასკნელი პროექტით არხზე ნავარაუდევია 4 გვირაბის მშენებლობა, მათ შორის უგრძელესი (3460 მ) მდებარეობს არხის წყალგამყოფ უბანზე და სკრის კლდოვან ყაშირს. დანარჩენ სამ გვირაბს აქვს სიგრძე 210, 395 და 490 მ. გვირაბების განივი კვეთი გაანგარიშებულია 1000 ტ-იანი ტვირთამწეობის ერთი გემის გასატარებლად.



ნაკ. 251.

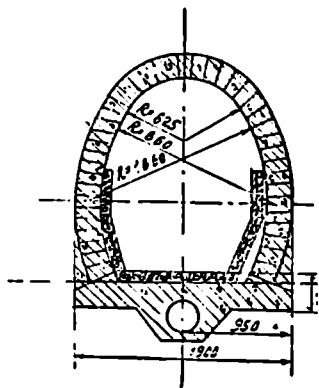
ჩვენს ქვეყანაში გემთსავალი გვირაბის მოწყობის პრობლემა დაკავშირებულია პირველ რიგში ვოლგის დონთან შეერთების პრობლემასთან. წყლის ამ გზის მთელი რიგი მიმართულების მხრივ საგვირაბო გადაწყვეტა უნდა აღმოჩნდეს უფრო მიზანშეწონილად წყალგაყოფის დასაძლევად. ასე მაგალითად 110 კმ სიგრძის ერთ-ერთი ვარიანტის დროს გადაკვეთს მთიან ადგილს და მოითხოვს გვირაბების აგებას... ტრასის სხვადასხვა ვარიანტების დროს სხვადასხვა იქნება გვირაბის სიგრძეც.

§ 59. ხე-ტყის საწყალზიდლო გვირაბები

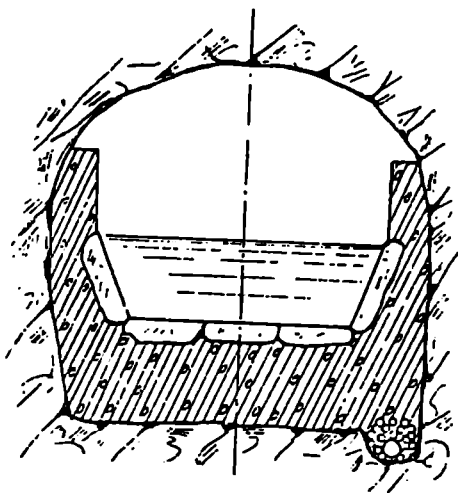
სატრანსპორტო გვირაბებს ეკუთვნიან აგრეთვე ხე-ტყის საწყალზიდლო გვირაბები, რომლებიც გვხვდება სამდინარო სისტემაში. ყველაზე ხშირად ისინი შეიძლება შეგვეხედეს ან წყალგამყოფის გადაკვეთაში ან კიდევ ჰიდროსადგურების საგუბარის კვანძებში.

პირველი ტიპის მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ ფინლანდიაში ამ მოკლე ხანში გაჭრილი ხე-ტყის საწყალზიდლო გვირაბი სიგრძით 261 მ, რომ-

ელიც აერთებს ნესიარეის ტბას პისაიარეის ტბასთან. გვირაბის გრძივი ქანობი 0.0094 და განივი კვეთი (ნაკ. 252) უზრუნველყოფს საათში 2200 მოკრის გატარებას.

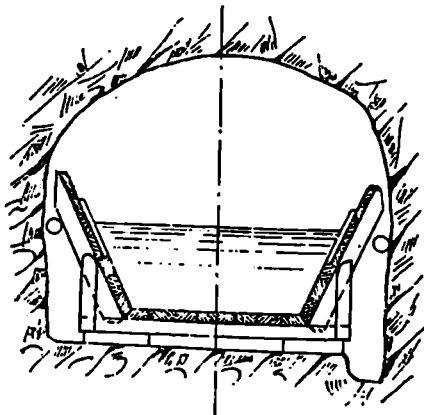


ნაკ. 252.



ნაკ. 253.

მეორე ტიპის მაგალითს წარმოადგენს ნორვეგიაში სოლბერგფოსის ჰიდროსადგურის საგუბარი კვანძთან აგებული გვირაბი. გვირაბის შესასვლელი უბანი დამაგრებულია ბეტონის სამაგრიტ (ნაკ. 253). დანარჩენ ნაწილში გვირაბის განივი კვეთი დატოვებულია უსამაგროდ, გვირაბის შიგნით მოწყობილია ტრაპეციული ფორმის ფიქროვანი ღარი (ნაკ. 254). გვირაბის გამტარუნარიანობა შეადგენს საათში 12000-დე მოკრს.



ნაკ. 254.

მეორე მსგავს მაგალითად მოვიყვანოთ გეგმაში მრუდხაზოვანი გვირაბი ერლიფოსის ჰიდროსადგურთან ნორვეგიაში მდ. ტინიელვთან. გვირაბის სიგრძეა 160 მ; გრძივი ქანობი 0,125. გვირაბის შიგნითა კონტური დატულია მორების დარტყმისაგან, ხოლო მისი ფუძე გაძლიერებულია ფურცლოვანი რკინით.

შ ი ნ ა ა რ ს ი

პირველი განყოფილება

ჯოგალი ცნობები

თავი I

ძირითადი ცნებანი. საგვირაბო საქმის განვითარების ისტორიული მიმოხილვა

§ 1. ძირითადი ცნებანი	3
§ 2. საგვირაბო საქმის განვითარების მოკლე მიმოხილვა .	7
§ 3. გვირაბის სამუშაოები უკანასკნელ ათეულ წლებში	35

მეორე განყოფილება

გვირაბების გამოკვლევა და პროექტირება

თავი II

წალგასაყარის გადაკვეთის სიმაღლე და გვირაბში შესასვლელების განლაგება

§ 4. წალგასაყარის გადაკვეთის სიმაღლე	15
§ 5. ღია გადაკვეთის შეკვლა გვირაბით	49
§ 6. მძლავრ მდებარე გვირაბების შეკვლა დაბლა მდებარე გვირაბებით .	52
§ 7. გვირაბებში შესასვლელების განლაგება	53

თავი III

† გვირაბების ტრასირება

§ 8. წინასწარი შენიშვნები	55
§ 9. ტრასირება უშუალოდ ნაგებობის ზემოთ	59
1. გვირაბის სწორხაზოვანი ღერძის დაკვალვა	60
2. გვირაბის მრუდსახაზობრივი ღერძის ტრასირება	61
§ 10. ტრასირება მასივის შემოვლით პოლიგონის საშუალებით	64
§ 11. ტრასირება ტრანზულაციის საშუალებით	68
§ 12. საგვირაბო ტრანზულაციის მიაკალითი	69

თავი IV

გვირაბის ტრასის ხაინუინერო-გეოლოგიური გამოკვლევები

§ 13. საინჟინერო-გეოლოგიური გამოკვლევების ამოცანები და მეთოდები . . .	72
§ 14. მთის მასივის მიგრადობა	74

§ 15. გვირაბით გაკრილი ქანების თვისებები . . .	75
1. ბოს ქანების ფიზიკური თვისებები	76
2. მთის ქანების შტეპანიკური თვისებები	78
§ 16. მიწისქვეშა წყლები	85
§ 17. მიწისქვეშა აირები	87
§ 18. გვირაბის გამომუშავების ტემპერატურა	88
1. წინასწარი შენიშვნები	88
2. გეოთერმიული საფეხური	89
3. მასალაღწერილობითი ტემპერატურის განსაზღვრა	92
§ 19. მთის წნევის წინასწარი პროგნოზი	96

თაპი V

§ 20. გვირაბის დაპროექტების პირობები გეგმაში	98
§ 21. გვირაბის ტრასის მაგალითები	99
§ 22. სპირალური გვირაბები	100

თაპი VI

გვირაბის გრძივი პროფილი

§ 23. საერთო მითითებანი	103
† § 24. უდიდესი ქანობი გვირაბში	104
† § 25. ორქანობიანი გვირაბები	107
† § 26. ერთქანობიანი გვირაბები	108

თაპი VII

გვირაბის განივი კვეთი

§ 27. გვირაბის განივი კვეთის ელემენტები	109
§ 28. რკინიგზის გვირაბების შიგა მოხაზულობა	112
1. გაბარიტები	112
2. მრუდებში გვირაბების განივი კვეთების ზომების გადღეობა	115
3. მრუდებში გვირაბების გაგანიერების ანგარიშის მაგალითები	117
† § 29. ორი ერთლიანდაგიანი გვირაბის შედარება ერთ ორლიანდაგთან	120

თაპი VIII

მთის წნევა

§ 30. ძირითადი დებულებანი	123
§ 31. ქანების დამატული მდგომარეობა მასივში გამომუშავების დაწყებამდე და მისი დამთავრების შემდეგ	125
§ 32. ზემოთ მდებარე მასივის სრული სიმაღლის თეორიები	129
1. კულმანის თეორია	129
2. გეიმის თეორია	130
§ 33. ფხვიერ სხეულთა წონასწორობის კანონზე დამყარებული თეორიები	131
1. ფორაგეიმერის თეორია	131
2. ბირბაუმერის თეორია	132
3. ენგესერის თეორია	133
§ 34. თეორიები, რომლებიც ითვალისწინებენ კავშირს ქანის ნაწილაკებს შორის და დამოკიდებულნი არიან დაკვირვებათა შედეგებზე	135
1. რიტერის თეორია	135
2. კომერელის თეორია	136

3. პროტოდიკონოვის თეორია	140
4. სიუესის თეორია	147
§ 35. შიკაოიები, რომლებიც დამყარებულია დრეკადობის კახობებზე და განიხილავს მოკვალი მოხახულობის გამომუშავებას	149
1. შმიდის თეორია	150
2. კიუნის თეორია	154
3. ლენკის თეორია	156
§ 36. წნევა გამომუშავების ძირიდან	158
§ 37. მთის წნევის გამსახლერის მეთოდები გამომუშავებაში უშუალო დაკვირვებებით	162
1. მთის წნევის განსახლერა სამაგარების გადატეხვის მიხედვით	163
2. პროფ. დავიდენკოვის აკუსტიკური მეთოდი	165
3. მთის წნევის გახომევა მესდოხით	167
4. მთის წნევის განსახლერის სხვა მეთოდები	163
§ 38. პასიური დაწოლა ან ქანის უკუნევა	168

თაზი IX

გვირაბის მუდმივი სამაგარის ანგარიში

§ 39. დატვირთვათა სქემები და ანგარიშის ზოგადი პრინციპები	171
§ 40. საგვირაბო თალის ანგარიში საყრდენების უძრავობის დაშვებით	174
§ 41. საგვირაბო თალის ანგარიში საყრდენების დეფორმაციის გავლენის ჩათვლით	179
1. ანგარიშის მეთოდი	179
2. კედლის ერთეული ძალებით და გარეგანი დატვირთვით გამოწვეულ განაცვლებათა განსახლერა	181
3. ზედმეტი უცნობების განსახლერა	187
§ 42. გვერდითი კედლების ანგარიში	188
1. პასიური ძალები კომერელის მიხედვით	189
2. პასიური ძალები როზანოვის მიხედვით	190
3. ანგარიშის მეთოდი	193
§ 43. რგოლური მოხახულობის საფარის ანგარიში ქანის დრეკადი უკუბრჯუნის ჩათვლით	198
1. დრეკადი არე მთელი წრის პერიმეტრზე	198
2. დრეკადი არე წრის პერიმეტრის ნაწილზე	204
§ 44. საგვირაბო ნაკეთის ანგარიშის მაგალდით საყრდენთა დეფორმაციის ჩათვლით	212
1. საწყისი მონაცემები	212
2. დატვირთვას სქემა	213
3. თალის ანგარიშის მეთოდი	215
4. თალის გეომეტრიული ელემენტები	216
5. საანგარიშო დატვირთვა თალზე	217
6. მომენტი მომენტები და ნორმალური ძალები თალში საკუთარი წონისაგან	218
7. მომენტები და ნორმალური ძალები თალში, აქტიური შესული დაწოლიდან	218
8. მომენტები და ნორმალური ძალები აქტიური გვერდითი დაწოლიდან	219
9. თალის გადაანაცვლებები, დამოკიდებული მხოლოდ მის დრეკად დეფორმაციებზე	220
10. აბსოლუტურად ხისტი კედლის გადაანაცვლებანი დრეკად არეში— <i>B</i>	221
11. ზედმეტი უცნობების და ძაბვების გამოთვლა თალის წყობაში	225
12. კედლის ანგარიში	227

თაზი X

გვირაბის მუდმივი სამაგარის ტიპები

§ 45. სამაგარის მასალა და ელემენტები	234
§ 46. ცროლიანდაგიან სარკინიგზო გვირაბების მუდმივი სამაგარი	237

§ 47. ორლიანდაგია სარკინიგზო გვირაბების მუდმივი სამაგრი	242
§ 48. განსაკუთრებით განიერი გამოშუქებების სამაგრო ტიპები . . .	248

თავი XI

წყალგამყვანი მოწყობილობანი, თახჩები, სათავეები და პორტალები

§ 49. წყალგამყვანი მოწყობილობანი	250
§ 50. თახჩები და კამერები .	253
§ 51. სათაურები და პორტალები	255
1. სათავეები . . .	256
2. პორტალები	257

თავი XII

ქ ავტოსაკაპანო გვირაბები

§ 52. ავტოსაკაპანო გვირაბის მდებარეობის სიმაღლე, ტრასა და გრძივი პროექტი .	263
§ 53. ავტოსაკაპანო გვირაბების განივევითი და სამაგრო ტიპები . . .	265
§ 54. ავტოსაკაპანო გვირაბების მაგალითები	272
1. სსრ კავშირის ავტოსაკაპანო გვირაბები	272
2. ავტოსაკაპანო გვირაბები	274
§ 55. ალაბების ქვეშ გრძელი საავტომობილო გვირაბების პროექტები	278
1. პროექტი გვირაბისა მონბლანის ქვეშ	278
2. პროექტი გვირაბისა სენგოტარდის ქვეშ	279
3. სიმპლონის გვირაბის საავტომობილო მოძრაობისათვის გამოყენების პროექტი	281

თავი XIII

გამოსავალი გვირაბები

§ 56. გამოსავალი გვირაბების პროექტის ზოგადი საფუძვლები	283
§ 57. გამოსავალი გვირაბების განივი კვეთი და მუდმივ სამაგრო ტიპები	284
§ 58. გამოსავალი-გვირაბების მაგალითები	287
§ 59. ხე-ტყის საწყალხიდეო გვირაბები .	290