

რევაზ თოლორდავა

REVAZ TOLORDAVA

РЕВАЗ ТОЛОРДАВА

ტოპოგრაფია გეოდეზიის საფუძვლებით

TOPOGRAPHY WITH THE BASIS OF GEODESY

ТОПОГРАФИЯ С ОСНОВАМИ ГЕОДЕЗИИ

თბილისი, 2013

შპს(UDC):528(075.8)
+528 4(075.8)
თ ----- 716

ავტორი

რ. თოლორაძე

რედაქტორები: გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ჯანსუღ კეკელია
გეოგრაფიის დოქტორი, პროფესორი თენგიზ გორდუზიანი

რეცენზენტები: გეოგრაფიის დოქტორი, პროფესორი დალი ნიკოლაიშვილი
სინჟინრო მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი, პროფესორი ნოდარ მათიაშვილი

სახელმძღვანელოში გადმოცემულია გეოდეზიის საფუძვლები, განხილულია ტოპოგრაფიული აგეგმვების ტრადიციული და თანამედროვე მეთოდები, ნაჩვენებია მათი როლი სახალხო მეურნეობის განვითარებაში. ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოებისას გამოსაყენებელი ტრადიციულ ხელსაწყოებთან ერთად განხილულია თანამედროვე ელექტრონული და ლაზერული თეოდოლიტები, GPS-ტექნოლოგიები. განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილებულია ტოპოგრაფიული რუკების, მათი ელექტრონული ანალოგების შექმნისა და გამოყენების მეთოდებზე.

განკუთვნილია როგორც უნივერსიტეტების გეოგრაფიისა და სინჟინრო-სამშენებლო ფაკულტეტების, ისე ტექნიკუმებისა და კოლეჯების შესაბამისი სპეციალობის სტუდენტებისათვის, ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოებით დაკავებული სპეციალისტებისათვის.

IBN 978-9941-5160-9

წინასიტყვაობა

სახელმძღვანელო დაწერილია უნივერსიტეტების გეოგრაფიულ სპეციალობებზე ტოპოგრაფია - გეოდეზიის საფუძვლებში პროგრამული საკითხების გათვალისწინებით.

ბოლო პერიოდში ტოპო-გეოდეზიურ წარმოებაში უახლესი ტექნოლოგიების დანერგვის მაღალი ტემპი შესაბამის ხელსაწყოებსა და აგეგმვების თანამედროვე მეთოდებში გარკვეული სპეციალისტების მომზადებას მოითხოვს.

ცხადია, გეოგრაფიის, გეოეკოლოგიის, ბუნების დაცვისა და საპროექტო-სამშენებლო ინდუსტრიის დარგში მომუშავე სპეციალისტები კარგად უნდა ფლობდნენ ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოების შრსრულების როგორც ტრადიციულ, ისე ახალ მაღალწარმოებად მეთოდებს. მათ უნდა შეძლონ ტოპო-გეოდეზიური ინფორმაციის როგორც ტრადიციული სახეებით – ტოპოგრაფიული რუკებითა და გეგმებით, ისე მათი ელექტრონული ანალოგებით – ელექტრონული რუკებით – გის -ის საფუძვლებით, ადგილის ციფრული (აცმ) და მათემატიკური მოდელებით (ამმ) –სარგებლობა.

მასალები სახელმძღვანელოში გადმოცემულია იმგვარად, რომ მაქსიმალურად გაუადვილდეს სტუდენტებს დამოუკიდებელი მუშაობა გეოდეზიის საფუძვლებისა და ტოპოგრაფიის საკითხების შესწავლისას.

შინაარსობრივად სახელმძღვანელო დაყოფილია შვიდ ძირითად ნაწილად: თავი I - შესავალი; თავი II - ზოგადი ნაწილი; თავი III - გეოდეზიური გაზომვები ადგილზე; თავი IV - ადგილმდებარეობის წერტილთა გეგმიური და სიმაღლური კოორდინატების განსაზღვრა; თავი V - ადგილმდებარეობის აგეგმვა; თავი VI - ტოპოგრაფიული რუკები და გეგმები; თავი VII - ამოცანების ამოხსნა ტოპოგრაფიულ რუკებზე და გეგმებზე. განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილებულია ტოპოგრაფიული აგეგმვის, ტოპოგრაფიული რუკებისა და გეგმების შექმნისა და გამოყენების საკითხებზე, მათი დახმარებით იმ ამოცანების ამოხსნაზე, რომელიც შეადგენს გეოგრაფიული კვლევის ტოპო-გეოდეზიური მეთოდის საფუძვლებს. ყოველ თავს დართული აქვს გადმოცემული მასალის შესაბამისი კითხვები, რომლებიც დაეხმარება სტუდენტებს გავლილი მასალის ათვისებაში.

თავი I. შესავალი

§ I.1. ტოპოგრაფიისა და გეოდეზიის საბანი და ამოცანები. ტოპოგრაფიული რუკა. მათი როლი სახალხო მეთურნობის ბანვითარებაში.

ტოპოგრაფია (ბერძნული *topografia*, *topo*—ადგილი, ადგილმდებარეობა და *grafos*—ვწერ) ადგილმდებარეობის აღწერას ნიშნავს. *ტოპოგრაფია* სამეცნიერო-ტექნიკური დისციპლინაა, რომელიც დედამიწის ფიზიკური ზედაპირის ელემენტებისა და მასზე განლაგებული ადამიანის მოღვაწეობის ობიექტების გეოგრაფიული და გეომეტრიული შესწავლის გზით ახდენს მისი მოდელის — *ტოპოგრაფიული რუკის* — ადგილმდებარეობის სიბრტყეზე ზუსტი გამოსახულების შედგენას.

ტოპოგრაფიის ძირითად მეცნიერულ და პრაქტიკულ ამოცანას წარმოადგენს დედამიწის ზედაპირის ზოგადგეოგრაფიული კარტოგრაფირების პრობლემების — როგორც დედამიწის ზედაპირზე, ისე აეროსურათებზე გაზომვების ჩატარების ისეთი მეთოდების შემუშავება და დახვეწა, რომელიც ტოპოგრაფიული რუკების თანამედროვე მოთხოვნის დონეზე, მაღალი სიზუსტითა და დროის ბიუჯეტის ნაკლები დანახარჯებით შექმნის გარანტია იქნება. ტოპოგრაფიის სფეროში შედის ტოპოგრაფიული რუკების კლასიფიკაციის, შინაარსისა და სიზუსტის საკითხების, მათი დამზადებისა და განახლების, ადგილმდებარეობის შესახებ სხვადასხვა სახის ინფორმაციის მიღების მეთოდების დამუშავება. ეს საკითხები სხვადასხვა ქვეყნებში რეგლამენტირებულია საკუთარი სტანდარტებით, რომელსაც განპირობებს: სამეურნეო, პოლიტიკური, ორგანიზაციულ-ტექნიკური ფაქტორები, კარტოგრაფიულ-გეოდეზიური სამსახურის შესაძლებლობები და ლანდშაფტის ხასიათი. თუმცა, მთლიანობაში, მათი საკმაოდ სიახლოვე შეთავსებადი ტოპოგრაფიული რუკების შექმნის საშუალებას იძლევა. სტანდარტების პერიოდული მოდერნიზება, აგრეთვე მათზე ბაზირებული ტოპოგრაფიული ნიშნებისა და რუკის დატვირთვის ელემენტების შერჩევისა და განზოგადების ძირითადი დებულებების სრულყოფა, მასშტაბისა და ტერიტორიის თავისებურების გათვალისწინებით, ტოპოგრაფიის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა.

გეოდეზია (ბერძნული *geodaisia*, *ge*-მიწა და *daio* -ვყოფ, ვანაწილებ) მეცნიერებაა დედამიწის ფიგურის, ზომებისა და გრავიტაციული ველის შესწავლაზე; იგი ამუშავებს და სრულყოფს დედამიწის ზედაპირის დეტალური შესწავლისა და მასზე სხვადასხვა სახის გაზომვების ჩასატარებლად აუცილებელი საკოორდინატო სისტემების შექმნის მეთოდებს.

გეოდეზიური მეთოდებით ხდება აგრეთვე დედამიწის ქერქის თანამედროვე მოძრაობებზე და დეფორმაციებზე დაკვირვებებისას უზუსტესი გაზომვების ჩატარება, ოკეანეებისა და ზღვების სანაპიროს მოხსახულობაში ცვლილებისას დონეთა სხვაობისა და ნიშნულების დადგენა, დედამიწის პოლუსების მოძრაობის შესწავლა, აგრეთვე სხვადასხვა სახის საინჟინრო ამოცანების (სამოქალაქო, სატრანსპორტო, სამხედრო, სასოფლო სამეურნეო მშენებლობა და სხვ.) გადაწყვეტა.

ტოპოგრაფიული რუკის შექმნის ძირითადი მეთოდია ტოპოგრაფიული აგეგმვა, რომელიც შედგება სამუშაოთა კომპლექსისაგან (სხვადასხვა სახის გაზომვები, გამოთვლები, გრაფიკული აგებები). საკოორდინატო სისტემები საშუალებას იძლევა განისაზღვროს დედამიწის ზედაპირის წერტილებისა და ობიექტების როგორც *გეგმიური* (ე.ი. მდებარეობა რომელიმე ზედაპირზე), ისე *სიმაღლური* (ე.ი. საწყისი დონებრივი ზედაპირის მიმართ) მდებარეობა.

ტოპოგრაფიული რუკა ადგილმდებარეობის შემცირებული, განზოგადებული და დაწვრილებითი გამოსახულებაა სიბრტყეზე, დედამიწის ზედაპირის სირუდის გათვალისწინებით, რომელიც მის ელემენტებს გამოსახავს სპეციალური ნიშნების სისტემის — *ტოპოგრაფიული პირობითი ნიშნების* დახმარებით. დედამიწის ფიზიკური ზედაპირის სიბრტყეზე გადატანისას მათემატიკური კანონების გამოყენება აუცილებლად წარმოშობილი დამახინჯებების მინიმუმამდე დაყვანისა და მასზე ზუსტი გაზომვების (გეგმიური და სიმაღლური მდებარეობის განსაზღვრა, მანძილების, ფართობების,

რელიეფის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებლების დადგენა და სხვ.) ჩატარების გარანტიაა.

უდიდესია ტოპოგრაფიისა და გეოდეზიის როლი *მეურნეობის* განვითარებაში, სხვადასხვა სახის *მეცნიერული* და *პრაქტიკული* ამოცანების გადაწყვეტაში; გეოდეზიური გაზომვები ფართოდ გამოიყენება *საძიებო* და *საპროექტო* სამუშაოების ჩატარებისას, *ქარხანა-ფაბრიკების*, *ჰიდროტექნიკური* ნაგებობების, *მელიორაციული*, *სატრანსპორტო*, *საკადასტრო* და სხვა სახის სამუშაოების შესრულებისას. მეტად მნიშველოვანია ამ მეცნიერებების როლი *სამხედრო* საქმეში, ქვეყნის *თავდაცინ-უნარიანობის* განმტკიცებაში.

ტოპოგრაფიული რუკის უნივერსალურობამ მისი ფართო გამოყენება განაპირობა: მათი დახმარებით შესაძლებელია დედამიწის ფიზიკური ზედაპირის შესწავლა ადამიანის ცხოვრებისეული მოღვაწეობის შედეგების, კონკრეტული ტერიტორიის ათვისებისა და ამ პროცესის შემდგომი განვითარების შესაძლებლობათა გათვალისწინებით. ტოპოგრაფიული რუკები გეოგრაფიის თეორიული და პრაქტიკული მოღვაწეობის შედეგების გამოხატვის საფუძველია. მათ საფუძველზე ხდება აგრეთვე გეოგრაფიული რუკებისა და სხვა სახის კარტოგრაფიული ნაწარმების შექმნა. ბუნებრივი სიმდიდრეების დაზვერვა და ექსპლოატაცია, ქვეყნის საწარმოო ძალთა დაგეგმვა და განთავსება, საინჟინრო ნაგებობების დაპროექტება; ასევე შეუძლებელია ტოპოგრაფიული რუკების გარეშე სამხედრო-საინჟინრო, სტრატეგიული, ტაქტიკური, ტერიტორიის სამხედრო შეფასებითი და სხვა სახის ამოცანების დამუშავება და განხორციელება: ისინი – ჯარის თვალი და ყურია.

§ I.2 ტოპოგრაფიისა და გეოდეზიის განვითარების მოკლე ისტორია, კავშირი სხვა მეცნიერებებთან.

გეოდეზია წარმოიშვა უძველეს დროში. ადამიანები გეოდეზიური კვლევებით ჩვენს ერამდე რამდენიმე ათასწლეულით ადრე იყვნენ დაინტერესებულნი. ისეთი რთული საინჟინრო ნაგებობების აშენება, როგორცაა ეგვიპტის პირამიდები, უძველესი ქალაქები ინდოეთში, მათი განსაცვიფრებელი სწორი დაგეგმარებით, სარწყავი სისტემები აღმოსავლეთის უძველეს სახელმწიფოებში (ძველი ბაბილონი, ასურეთი, ფინიკია, იაპონია და ა.შ.); ჩინეთის დიდი კედელი და სხვა, შეუძლებელი იყო გეოდეზიის საფუძველების დრმა ცოდნისა და აზროვნების გეოდეზიური ხელსაწყოების გამოყენების გარეშე. მიწის გაზომვის იდეები ცნობილი იყო ძველ საბერძნეთშიც, სადაც მათ მიიღეს თეორიული საფუძველი და საწყისი მისცეს გეომეტრიას. ბერძენ მეცნიერს *ერატოსთენს* (დაახ. 276-194 ძვ.წ.) ეკუთვნის დედამიწის სფეროს რადიუსის პირველი მიახლოებითი განსაზღვრა (6311 კმ).

გეოდეზიისა და ტოპოგრაფიის შემდგომ განვითარებაში დიდი ღვაწლი მიუძღვით ბერძენ მეცნიერებს *ჰიპარხს* (180-125 ძვ.წ.) და *პტოლემეს* (87-150 ჩვ.წ.), რომლებმაც რუკების შესადგენად პირველად გამოიყენეს პროექციები.

შუა საუკუნეებში (V – XIV ს.ს), როგორც სხვა მეცნიერებები გეოდეზია და ტოპოგრაფიაც რეგრესს განიცდიდა. რომის იმპერიის დაცემის შემდეგ მეცნიერება შედარებით მაღალ დონეზე მარტო არაბეთში იდგა; არაბ მეცნიერ-კარტოგრაფებმა და გეოდეზისტებმა კარგად შეითვისეს ძველი ბერძნული მეცნიერების ეს დარგები, თუმცა ამ პერიოდში შექმნილი რუკები თავისი შინაარსითა და ხარისხით ვერ შეედრებოდა ანტიკური ხანის კარტოგრაფების ნამუშევრებს. VII საუკუნიდან არაბთა გავლენა დანარჩენ აზიასა და აფრიკაშიც გავრცელდა.

XIV საუკუნიდან იტალიასა და სხვა ევროპულ ქვეყნებში იწყება ძველი ანტიკური მეცნიერებისა და კულტურის აღდგენა და აღორძინება. ამ პერიოდში მოღვაწეობდნენ გამოჩენილი მეცნიერები: *ნიკოლოზ კოპერნიკი* (1473-1543 წ.წ.), *ჯორდანო ბრუნო* (1548-1600 წ.წ.) და *გალილეო გალილეი* (1564-1642წ.წ.).

დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენების ხანაში (XV ს. შუა - XVII ს. შუა) ჩატარებული ხანგრძლივი შორეული მოგზაურობები დედამიწის ფიგურისა და ზომების, სხვადასხვა სახის კარტოგრაფიული მასალის სიზუსტესა და სრულყოფას მოითხოვდნენ. აქედან გამომდინარე, უკვე XVII საუკუნიდან იწყება დედამიწის ფიგურისა და ზედაპირის

დეტალური შესწავლა რასაც, თავის მხრივ, ასტრონომიის განვითარებამ და ტრიანგულაციის შემოღებამ შეუწყო ხელი.

ამავე პერიოდში სწრაფი ტემპებით მიმდინარეობდა გეოდეზიური და ასტრონომიული სამუშაოები რუსეთში, რაც *პეტრე პირველის* (1682–1725 წ.წ.) მოღვაწეობასთანაა დაკავშირებული.

XIX საუკუნეში ევროპის ქვეყნებში ჩატარდა დიდი მანძილების (რკალების) გრადუსული გაზომვები დედამიწის ზედაპირზე და მათი ბოლო წერტილების კოორდინატების განსაზღვრა ასტრონომიული დაკვირვებებით. განსაკუთრებით მასშტაბური ამ მხრივ იყო რუსეთში *გ.ი. სტრუვეს* (1793–1864 წ.წ.) მიერ XIX ს-ს პირველ ნახევარში ჩატარებული გაზომვები.

გრადუსული გაზომვებით გამოირკვა, რომ დედამიწის ფიგურა თავისი ურთულესი, არამათემატიკური მოხაზულობით, ზუსტად არც ერთ გეომეტრიულ სხეულს უთავსდება. მას გერმანელი მათემატიკოსისა და ფიზიკოსის *ა. ბ. ლისტინგის* (1808–1888 წ.წ.) წინადადებით *გეოიდი* ეწოდა.

XIX საუკუნე ტოპო-გეოდეზიურ წარმოებაში სამხედრო ტოპოგრაფიული რუკების შედგენითაც იყო მნიშვნელოვანი.

საქართველოში ტოპოგრაფია და გეოდეზია ძველი დროიდან იდგა სათანადო დონეზე. ჯერ კიდევ XII საუკუნეში ნიველირების პრინციპის გამოყენებით გაჭრეს რიგი სამელიორაციო არხები და აგებულ იქნა მრავალი ნაგებობა (ვარძია).

XVIII საუკუნის დასაწყისში *ვახუშტი ბაგრატიონმა* (1696–1757 წ.წ.) თავის ნაშრომს „აღწერა სამეფოსა საქართველოსა“ დაურთო მის მიერ შედგენილი 20 რუკა, ცილინდრულ და კონუსურ პროექციებში. ამ რუკებით 100 წლის განმავლობაში სარგებლობდნენ. მათ უდიდესი სამსახური გაუწიეს საქართველოსა და მთლიანად ამიერკავკასიის შესწავლის საქმეს.

დღეისათვის „GPS“ თანამგზავრული სანავიგაციო სისტემების გამოჩენასთან დაკავშირებით, რომელიც საშუალებას იძლევა სწრაფად და დიდი სიზუსტით განისაზღვროს ადგილმდებარეობის დამახასიათებელი წერტილების სამგანზომილებიანი კოორდინატები, ტოპო-გეოდეზიურ წარმოებაში ხდება ტექნოლოგიებისა და მეთოდების კარდინალური გადახედვა.

ტოპოგრაფიისა და გეოდეზიის განვითარება მჭიდრო კავშირში იყო სხვა *საბუნებისმეტყველო* და *საზოგადოებრივ* მეცნიერებებთან. ამ მხრივ განსაკუთრებით აღსანიშნავია მათი ხანგრძლივი და ნაყოფიერი თანამშრომლობა *კარტოგრაფიასთან*. ტოპოგრაფიული რუკა წარმოადგენს ერთ-ერთ კარტოგრაფიულ ნაწარმს, ხოლო კარტოგრაფია ამუშავებს რეალურ სინამდვილის რუკაზე გამოსახვის ზოგად საკითხებს. ის თავის მხრივ იყენებს გეოდეზიური გაზომვების შედეგებსა და ტოპოგრაფიული აგეგმვების მონაცემებს.

გეოგრაფიული, გეოლოგიური, ნიდაგმცოდნეობისა და მეცნიერებების სხვა დარგების მონაცემების ტოპოგრაფიულ რუკებზე დატანა ხელს უწყობს როგორც დედამიწის მთლიანი ზედაპირის, ისე მისი ცალკეული ნაწილების სიღრმისეულ შეცნობასა და მისი ელემენტების რუკაზე სწორად გამოსახვას.

საავიაციო და ფოტოტოპოგრაფიული ტექნოლოგიების საფუძველზე განვითარდა ტოპოგრაფიის ახალი დარგები—*აეროფოტოტოპოგრაფია* და *მიწისზედაფოტოტოპოგრაფია*, ხოლო ფოტოსურათების ფართო გამოყენებამ განსაზღვრა *ფოტოგრამმეტრიის* განვითარება, რომელიც შეიმუშავებს დედამიწისეული ობიექტების ფოტოგამოსახულების დახმარებით კოორდინატებისა და ზომების განსაზღვრის მეთოდებსა და ხერხებს.

გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან დაწყებულმა კოსმოსის ათვისებამ წარმოშვა *თანამგზავრული გეოდეზია*, რომელიც დედამიწის ფიგურასა და ზომებს შეისწავლის ხელოვნური თანამგზავრების დახმარებით. კოსმოსური სურათების დახმარებით დედამიწის ზედაპირზე ინფორმაციის მიღების მეთოდების დამუშავებამ განავითარა *კოსმოსური გეოდეზია* და *კოსმოსური ტოპოგრაფია*.

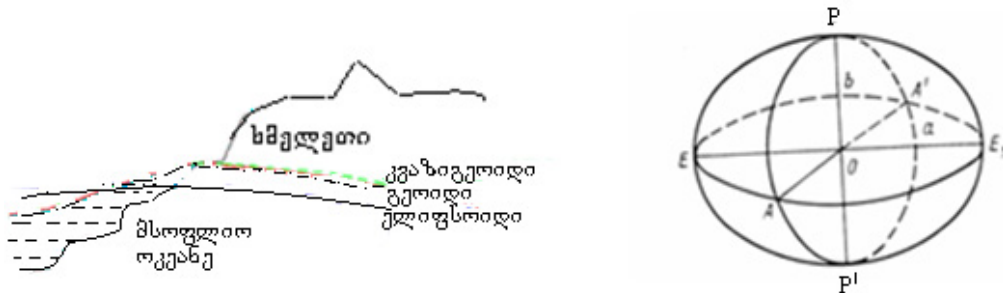
ფიზიკისა და *მათემატიკის* კანონები ტოპოგრაფიისა და გეოდეზიის პრაქტიკული და თეორიული ამოცანების საფუძველია, ხოლო ტოპოგრაფიული რუკების შექმნის პროცესის ავტომატიზირება შესაძლებელი გახდა კიბერნეტიკის, გამოთვლითი და კომპიუტერული ტექნიკის გაოყენების შედეგად.

თავი II. ზოგადი ნაწილი

§.II. 1. დედამიწის ფორმა და ზომები, მათი განსაზღვრის მეთოდები

დედამიწის **ფიზიკური ზედაპირი** წარმოადგენს ოკეანეებისა და მატერიკების ერთიანობას რთული გეომეტრიული ფორმებით. ჩვენი პლანეტის თითქმის $\frac{3}{4}$ წყლითაა დაფარული, რამაც მეცნიერებს საფუძველი მისცა დედამიწის ფიგურად მსოფლიო ოკეანის ზედაპირი მიეღოთ.

დედამიწის ფიგურის განსაზღვრისას ოკეანის ზედაპირი სრულიად დამშვიდებულ და გაწონასწორებულ მდგომარეობაში **ძირითად დონებრივ ზედაპირადა მიღებული.*** მისი პირობითად განვრცობა მატერიკების ქვეშ მოგვცემს შეკრულ ფიგურას, რომელსაც **გეოიდი** ეწოდება (ნახ. II.1).



ნახ. II. 1. ძირითადი დონებრივი ზედაპირის შერჩევა ნახ.II. 2. დედამიწის ელიფსოიდის ელემენტები

პლანეტის შინაგანი აგებულების არაერთგვაროვნობის გამო **სიმძიმის ძალის** მიმართულება მის სხვადასხვა წერტილებში განსხვავებულია, რის გამოც გეოიდის ზედაპირი არაწესიერი გეომეტრიული ფიგურაა. რჩება რა **შვეული ხაზების** პერპენდიკულარული ნებისმიერ წერტილში იგი დებულობს რთულ და მოუწესრიგებელ ფორმას. მათემატიკურად განსაზღვრული გეომეტრიული ფიგურა, რომელიც ყველაზე ახლოს დგას **გეოიდან დედამიწის ელიფსოიდა** (ნახ. II.2), რომლის პატარა ღერძი დედამიწის **პოლარულ ღერძს** უთავსდება.

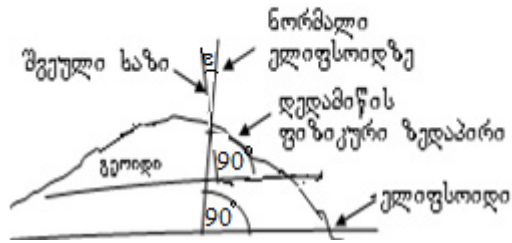
დედამიწის ზედაპირის წერტილებში შვეულ ხაზსა და ნორმალს შორის კუთხეს **შვეული ხაზის გადახრის კუთხე** ϵ ეწოდება (ნახ.II.3). ϵ -ის სიდიდე საშუალოდ 3-4"-ია, მაგრამ ანომალიის ადგილებში ათეულ წამებს აღწევს.

დედამიწის ელიფსოიდის მახასიათებელი პარამეტრებია დიდი (a) და მცირე (b) ნახევარღერძები, ფარდობითი (პოლარული) შეკუმშულობა (α). a და b პარამეტრების დადგენა გეოდეზიური მეთოდებით ხდება. დედამიწის ზედაპირზე ეს შესაძლებელია მერიდიანების რკალის სიგრძის გაზომვებით (**გრაღუსული გაზომვებით**). მიღებული მნიშვნელობები სხვადასხვა ფაქტორებზეა დამოკიდებული (გაზომვის მეთოდი, სიზუსტე, ელიფსოიდის ორიენტირება და სხვა). ცალკეულ სახელმწიფოებში მათი გასხვავებული სიდიდეები გამოიყენება და მათი მნიშვნელობები გამოთვლილია სხვადასხვა მეცნიერების მიერ. ასე მაგალითად, ყოფილ საბჭოთა კავშირში 1946 წლამდე მიღებული იყო ბესელის (ბესელი ფ.ვ. 22. VII.1784 - 17. III.1846 - გერმანელი მათემატიკოსი და ასტრონომი), ხოლო შემდეგ კრასოვსკის (კრასოვსკი ფ. ნ. 26. IX.1878 - IX.1948. საბჭოთა ასტრონომ - გეოდეზისტი) ელიფსოიდის ზომები რომელმაც შეადგინა: $a=6378245$ მ $b=6356863$ მ, $\alpha = \frac{a-b}{a} \approx 1/298,3$. გეოდეზიურ წარმოებაში გლობალური პოზიციონირების სისტემების (GPS) დანერგვა ხელს შეუწყობს მსოფლიოში დედამიწის ელიფსოიდის ერთიანი, დაზუსტებული პარამეტრების მიღებას.

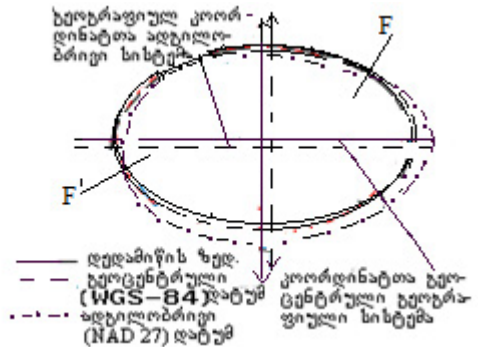
***დონებრივი ზედაპირი** - ზედაპირი რომელზედაც სიმძიმის ძალის პოტენციალის მნიშვნელობები ურთიერთ-თანხვედნილია და შვეული ხაზების მიმართულება მართობული რჩება მის ნებისმიერ წერტილში. მისი გატარება შესაძლებელია ნებისმიერ წერტილზე, როგორც დედამიწის ზედაპირზე, მის ქვემოთ ისე ჰაერში.

****შვეული ხაზი** - თავისუფლად ჩამოკიდებული შვეულის მიმართულების თანხვედნილი ხაზი

გეოდეზიური გაზომვების დამუშავებისათვის აუცილებელია ელიფსოიდის ზედაპირი მაქსიმალურად მიეუახლოვოთ გეოიდის ზედაპირს, რისთვისაც ახდენენ მის ორიენტირებას რომელიმე წინასწარ შერჩეული წერტილის მიმართ, სადაც



ნახ. II. 3. შვეული სახის გადახრა



ნახ. II. 4. დედამიწის ელიფსოიდის ორიენტირება საერთაშორისო WGS 84 და ადგილობრივი გეოდეზიური სამუშაოების ადგილას

ნორმალ შვეულ სახს უთავსდება ($\epsilon=0$) და მას **რეფერენც-ელიფსოიდი ეწოდება** (ნახ. II.4, F და F' წერტილები). ასე მაგალითად, ყოფილ საბჭოთა კავშირში ასეთ წერტილად მიღებული იყო პულკოვოს ობსერვატორიის წრიული დარბაზის ცენტრი. რეფერენც-ელიფსოიდის ზედაპირის გადახრა გეოიდისაგან 100-150 მ არ აღემატება.

დედამიწის ელიფსოიდის ზედაპირის მხებ სიბრტყეზე დაშვებულ მართობულ მიმართულებას **ნორმალ** ეწოდება.

სხვადასხვა სახის პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისას საკმარისია დედამიწის ფიგურად მივიღოთ სფერო, რომლის ფართობი ელიფსოიდის ზედაპირის ფართობის ტოლია, ხოლო რადიუსი—6371,1კმ.

დედამიწის ფიგურისა და ზომების დადგენის მცდელობა უძველეს დროიდან იღებს სათავეს (ერატოსთენე). დღეისათვის არსებობს მათი განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი.

1. ასტრონომიულ-გეოდეზიური მეთოდი გრადუსული გაზომვებით მერიდიანისა და პარალელის 1° რკალის ხაზოვანი სიდიდის სხვადასხვა განედებზე მიღებული შედეგების გამოყენებაზეა დაფუძნებული. ხაზოვანი გაზომვების დიდ მანძილზე უშუალოდ ჩატარების სირთულისა და დედამიწის ზედაპირის უსწორმასწორობით გამოწვეული დაბალი სიზუსტის გამო ეს მეთოდი ნაკლებად გამოიყენებოდა, თუმცა გასული საუკუნის მეორე ნახევრიდან გეოდეზიურ წარმოებაში შექმანილმოზომების დანერგვამ იგი ნაკლებად შრომატევადი და უფრო ზუსტი გახადა.

2. ტრიანგულაციის მეთოდი XVII საუკუნეში ფლამანდრიელი მეცნიერის **გ. სნელიუსის** (1580-1626) მიერაა დამუშავებული და შედარებით გრძელი მანძილების გაზომვის მაღალ სიზუსტეს უზრუნველყოფს. ჯერ კიდევ XVII ს. სხვადასხვა განედებზე ჩატარებულმა სატრიანგულაციო სამუშაოების შედეგებმა ცხადყო, რომ მერიდიანის ერთგრადუსიანი რკალის სიგრძე პოლუსთან უფრო მეტია ვიდრე ეკვატორთან. ასეთი პარამეტრები დამახასიათებელია პოლუსებთან შეკუმშული ელიფსოიდისათვის და ეს ნიუტონის ჰიპოთეზის მტკიცებულებაცაა იმის შესახებ, რომ ჰიდროდინამიკის კანონებიდან გამომდინარე ჩვენი პლანეტა პოლუსებთან შეწეული უნდა იყოს.

3. გეოფიზიკური (გრავიტაციული) მეთოდი დაფუძნებულია დედამიწის მიზიდულობის ველისა და სიმძიმის ძალის განაწილების მახასიათებლების განსაზღვრაზე მის სხვადასხვა წერტილში. ასეთი სახის გაზომვების ჩატარება შესაძლებელია ოკეანეებისა და ზღვების აკვატორიებში, რამაც განაპირობა მისი უპირატესობა ასტრონომიულ-გეოდეზიურ მეთოდთან მიმართებაში. ამასთან, სიმძიმის ძალის პოტენციალის გაზომვის მონაცემები დედამიწის შეკუმშულობის დიდი სიზუსტით დადგენის გარანტიაცაა.

4. კოსმოსური მეთოდის განვითარებას კოსმოსის ათვისებამ დაუდო საფუძველი. დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრებზე (ზსთ) დაკვირვებისა და დროის მოცემულ

მომენტში მათი კოორდინატების განსაზღვრის საფუძველზე ხდება რეალური ორბიტის გადახრის დადგენა წინასწარ გამოთვლილისაგან, რაც გამოწვეულია დედამიწის ქერქში მასის არასწორი განაწილებით. ეს მეთოდი შედარებით მოკლე დროში იძლევა წარმოდგენას დედამიწის გრავიტაციულ ველზე და, საბოლოოდ, მის ფიგურაზე.

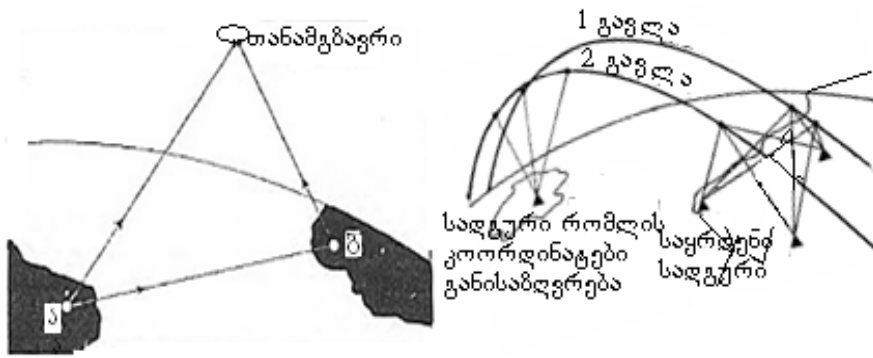
§II.2. ცნება გეოდეზიურ ქსელებზე

ყველა მნიშვნელოვანი ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოების შესრულებას საფუძველად უდევს დედამიწის ზედაპირზე სხვადასხვა მეთოდებით მოწესრიგებული და დამაგრებული **გეოდეზიური ქსელის (საყრდენი ქსელები)** პუნქტები, რომელთა მდებარეობა გამოთვლილია კოორდინატთა ზოგად სისტემაში და დაიგება ცალკეული სახელმწიფოს ტერიტორიაზე. გეოდეზიური ქსელის შემადგენელ პუნქტებს **საყრდენ პუნქტებს** უწოდებენ. გასული საუკუნის 80-იანი წლებიდან დედამიწის ერთიანი (საერთაშორისო) ელიფსოიდის WGS-84-ის პარამეტრებისა და მერკატორის უნივერსალური პროექციის (UTM) შემოღებასთან დაკავშირებით შეიქმნა დედამიწის მთლიან ზედაპირზე ერთიანი საკოორდინატო სისტემის შემოღების შესაძლებლობა.

თუ გეოდეზიური ქსელის შემადგენელი პუნქტებისათვის განსაზღვრულია გეგმიური მდგომარეობა დედამიწის ან რომელიმე მისი შემცველ ზედაპირზე, მას **გეგმურ ქსელებს** უწოდებენ. გეოდეზიურ ქსელებს, რომელთა სიმაღლეები დადგენილია საწყისი ზედაპირიდან **სიმაღლური ქსელები** ეწოდება. **გეგმური-სიმაღლური ქსელები-სათვის** განსაზღვრულია როგორც გეგმური, ისე სიმაღლური კოორდინატები.

მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარება ხელს უწყობს გეოდეზიური ქსელების წერტილების კოორდინატების განსაზღვრის ახალი მეთოდების დანერგვას, შესაძლებლობას ქმნის სხვადასხვა მატერიკებზე არსებული გეოდეზიური ქსელები ჩამოყალიბდეს ერთიან სისტემად. ამით შესაძლებელია სხვადასხვა ქვეყნების საკოორდინატო სისტემებს შორის არსებული სხვაობის აღმოფხვრა რითაც მოიხსნება პლანეტარული მნიშვნელობის სამუშაოების შესრულებისას ერთი სისტემის პუნქტების კოორდინატების სხვა სისტემაში გადაანგარიშების აუცილებლობა.

სხვადასხვა მატერიკების გეოდეზიური ქსელების პუნქტების დაკავშირების



ნახ. II.5 თანამგზავრზე დაკვირვების სინქრონული (ა) და ორბიტალური (ბ) მეთოდები

ყველაზე სწრაფი და თანამედროვე მეთოდები დაფუძნებულია დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების გამოყენებაზე.

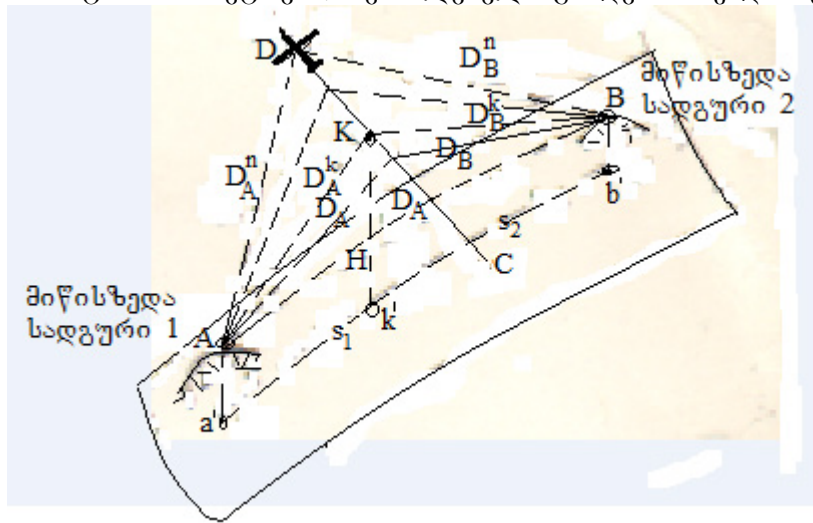
სინქრონული მეთოდის დროს სხვადასხვა მატერიკებზე არსებული გეოდეზიური ქსელის პუნქტებიდან ლზო-ზე ერთდროული დაკვირვების დროს იზომება მათზე

მიმართულებები; გამოთვლების გზით შესაძლებელი ხდება ამ ორ სისტემას შორის კავშირის დამყარება (ნახ. II.5, ბ). სხვადასხვა მატერიკებიდან სინქრონული დაკვირვების შედეგად განსაზღვრული ლზო-ს კოორდინატები ერთმანეთისაგან განსხვავებული იქნება, რაც კოორდინატთა სისტემაში არსებული სხვაობითაა გამოწვეული. აქვე გასათვალისწინებელია დაკვირვების ცდომილებები, რომელთა მინიმუმამდე დაყვანა ლზო-ზე მრავალჯერადი დაკვირვებებითაა შესაძლებელი.

სინქრონული მეთოდის გამოყენებისას ლზო-ზე დაკვირვების თანადროულობის აუცილებლობა მატერიკებს შორის მანძილის შეზღუდვას ან თანამგზავრის ორბიტის სიმაღლის აწევას მოითხოვს.

ორბიტალური მეთოდი საშუალებას იძლევა ლზო-ზე დაკვირვება სხვადასხვა დროს ვაწარმოთ და ამით კოორდინატთა ორ სისტემას შორის მანძილი მაქსიმალურად გავზარდოთ. ასე მაგალითად, ნახაზზე (ნახ. II.5, ბ) დიდი მანძილით დაშორებულ ორ მატერიკზე შერჩეულია წყვილ-წყვილი პუნქტები, რომელთა გეგმიური კოორდინატები გამოთვლილია კოორდინატთა სხვადასხვა სისტემაში. მათ შორის მან-

ძილის სიდიდე თანამგზავრზე ერთდროული დაკვირვების საშუალებას არ იძლევა. თუ თანამგზავრის მდგომარეობა დაფიქსირდება I წერტილიდან და დადგინდება მისი ორბიტის პარამეტრები, შესაძლებელი გახდება სხვადასხვა უბნებზე მისი მდგომარეო-



ბის წინასწარი განსაზღვრა. დაკვირვების შედეგების მიხედვით გამოითვლება LB -ს კოორდინატები ორბიტაზე ნებისმიერ, მაგალითად BB_1 პუნქტიდან დაკვირვების მომენტში. ორ საკოორდინატო სისტემას – გამოთვლილ და BB_1 -ს შორის სხვაობას წინასწარ წერტილებიდან დაკვირვების შედეგად მიღებული მნიშვნელობის შედარება იძლევა.

ნახ. II. 6. დიდი მანძილების განსაზღვრა საგდულის გადაკვეთის მეთოდით

ორბიტალური მეთოდი ყოველთვის არ იძლევა საშუალებას მხედველობაში მივიღოთ თანამგზავრის რეა-

ლური ორბიტის გადახვევა წინასწარ განსაზღვრულისაგან.

საყრდენი პუნქტების კოორდინატების განსაზღვრის რადიოგეოდეზიური მეთოდის დახმარებით შესაძლებელია ერთმანეთისაგან იზოლირებული სხვადასხვა მატერიკებზე დაგებული ქსელების დაკავშირება.

მნიშვნელოვანი მანძილების განსაზღვრა შესაძლებელია საფრენ აპარატზე დამონტაჟებული რადიოგეოდეზიური სისტემის დახმარებით. ამ აპარატებიდან გაგზავნილი იმპულსები აირეკლება დედამიწაზე განლაგებული ორი სადგურიდან და უბრუნდება თვითმფრინავს. მანძილი გადამცემ და ამრეკლავ სადგურებს შორის გამოითვლება ფორმულით:

$$S = v\tau/2 \quad \text{II.1}$$

სადაც V – რადიოსიგნალების გავრცელების სიჩქარეა, τ - სიგნალების გაგზავნასა და მიღებას შორის დრო. ამ მეთოდით მანძილის გაზომვის სიზუსტე 20მ არ აღემატება, რაც ზუსტი გაზომვებისათვის მის გამოყენებას შეუძლებელს ხდის.

წყლის ვრცელ სივრცეებზე დიდი მანძილების გაზომვისას გამოიყენება საგდულის გადაკვეთის მეთოდი. ამ შემთხვევაში გასაზომი ხაზის A და B ბოლოებზე განათავსებენ რადიოგეოდეზიურ სადგურებს, ხოლო საფრენი აპარატი მანძილმზომი მოწყობილობით გადაკვეთს გასაზომ ხაზს სადგურებს შორის დაახლოებით შუა ადგილას (ნახ. II.6). ფრენის დროს უწყვეტად იზომება მანძილები $D_A \dots D_{A^n}$ და $D_B \dots D_{B^n}$. ცხადია, რომ უმოკლესი გაზომილი მანძილების D_{A^k} და D_{B^k} ჯამი, დაგეგმილებული ფარდობით ზედაპირზე, შეადგენს გასაზომი ხაზის სიგრძეს, ე.ი. $S_{a,b} = S_1 + S_2$.

§II.3. დედამიწის ზედაპირის სიბრტყეზე ღებამილების მეთოდები

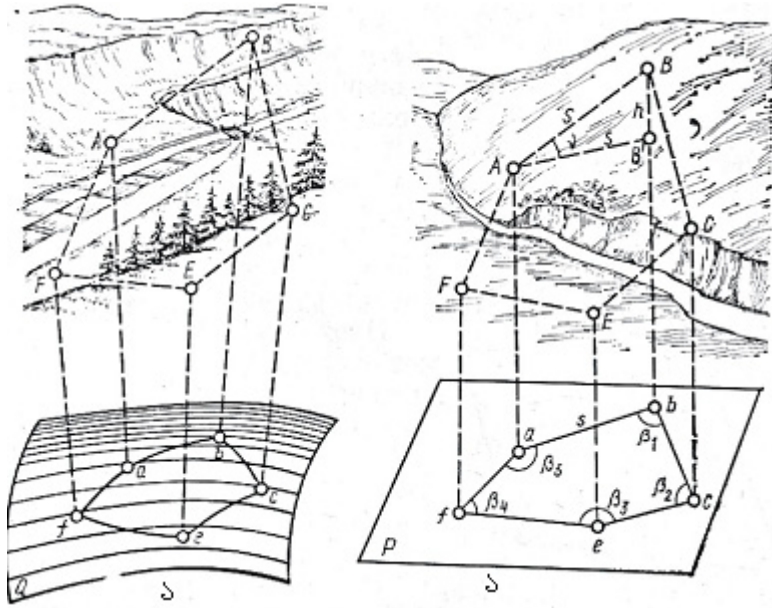
ტოპოგრაფიული რუკის შედგენისას დედამიწის ზედაპირის წერტილები წინასწარ უნდა იქნას გადატანილი უფრო მარტივ ზედაპირზე, რომელსაც ფარდობითი ზედაპირი ეწოდება (რეფერენც-ელიფსოიდის ზედაპირი, სიბრტყე).

დედამიწის ზედაპირიდან ფარდობით ზედაპირზე წერტილების გადატანა შესაძლებელია პროექტირების სხვადასხვა მეთოდებით რომელთა შერჩევა მისაღები პროექციის თვისებებს განსაზღვრავს.

ტოპოგრაფიასა და გეოდეზიაში პროექტირებისას შვეული ხაზების გამოყენება მათსა და ნორმალებს შორის მცირე გადახრითაა განპირობებული. შესწორებები მხოლოდ ანომალიების ადგილებშია შესაყვანი. მიღებულ პროექციებს **ჰორიზონტალური** პროექციები ეწოდება, რამეთუ შვეული ხაზების პერპენდიკულარული სიბრტყეები ჰორიზონტალურად ითვლება. ნახ. II.7, ა-ზე ხუთკუთხედი $abcf$ ჰორიზონტალური პროექციაა დედამიწის ზედაპირზე აღებული $ABCf$ ხუთკუთხედისა Q ელიფსოიდზე (დონებრივ ზედაპირზე).

შედარებით მცირე უბნების დაგეგმილებისას დონებრივი ზედაპირის ნაწილი შეიძლება შევცვალოთ სიბრტყით. რადგანაც ამ შემთხვევაში შვეული ხაზები პრაქტიკულად ურთიერთ პარალელურია დედამიწის ზედაპირის ჰორიზონტალური პროექცია **ორთოგონალურ პროექციად** გადაიქცევა (ნახ. II.7, ბ). ამ შემთხვევაში პროექცია მიიღება გეგმილ-სიბრტყის მართობული პარალელური მაგეგმილებელი ხაზებით.

ადგილის S ხაზის პროექციას ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე **ჰორიზონტალური ქვედღებული** S ეწოდება (ab, bc და სხვ. მონაკვეთები II. 7, ბ ნახაზზე). ამგვარად, ადგილმდებარეობის წერტილებისა და AB, BC, \dots, FA ხაზების მდგომარეობა



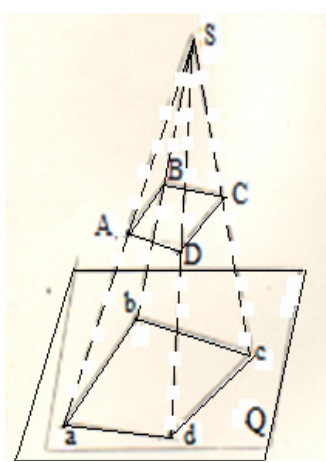
ორთოგონალურ პროექციაში განისაზღვრება ab, bc, \dots, fa **ჰორიზონტალური ქვედღებულების სიგრძეებითა** და მათ შორის $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_5$ **ჰორიზონტალური კუთხეებით**. სხვაობა დედამიწის ზედაპირზე აღებული მონაკვეთების სიგრძეებსა და მათ შესაბამის ჰორიზონტალურ ქვედღებულებს შორის გამოითვლება ფორმულით:

$$S = S \cdot \cos v \quad \text{II.1}$$

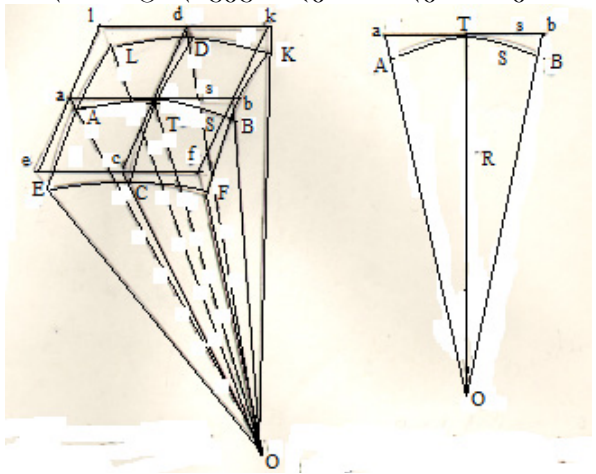
სადაც, $AB = S, ab = AB' = S, v$ - კუთხე AB და AB' -ს შორის, რომელიც დევს მართობულ სიბრტყეში და ახასიათებს დედამიწის ზედაპირის გადახრას ჰორიზონტალური სიბრტყიდან მოცემულ კონკრეტულ უბანზე **ვერტიკალური კუთხე**

ნახ. II. 7. დედამიწის ფიზიკური ზედაპირის დაგეგმილება ა - ჰორიზონტალური პროექცია; ბ - ორთოგონალური

(დახრის კუთხე) ეწოდება. ტოპოგრაფიასა და გეოდეზიაში ხშირად გამოიყენება ასევე **ცენტრალური პროექცია**, რომლის დროსაც დაგეგმილება ხდება ერთი, S



ნახ. II. 8 ცენტრალური პროექცია



ნახ. II. 9. დედამიწის ზედაპირის სიმრუდის გავლენა მანძილისა და სიმაღლის გაზომვაზე

წერტილიდან – პროექციის ცენტრიდან გამომავალი ხაზებით (ნახ. II.8). ბრტყელი ოთხკუთხედი $abcd$ ადგილზე აღებული $ABCD$ მრავალკუთხედის ცენტრალური პროექციაა.

§II.4. ცნება მასშტაბი. ტოპოგრაფიული ბეჭედი, იმ ტერიტორიის ზომები, რომლის ფარგლებში მიზანშეწონილია მისი შეღებვა

იმის გამო, რომ ტოპოგრაფიული რუკების შექმნისას ადგილზე გაზომილი ხაზების ნატურალური სიგრძეების გადატანა რუკაზე შეუძლებელია დედამიწის ზედაპირის პროექცია ფარდობით ზედაპირზე საჭირო ზომებამდე უნდა შემცირდეს. შეფარდებას, რომელიც უჩვენებს, დედამიწის ელიფსოიდის ზომების შემცირების ხარისხს რუკის მასშტაბი ეწოდება.

$$M = \frac{L}{S} \quad \text{II.2}$$

სადაც, M - მასშტაბია l – მონაკვეთის სიგრძე რუკაზე S – მისი შესაბამისი ხაზის სიგრძე (ქვედღებული) ელიფსოიდზე ან სფეროზე. ამასთან,

$$M = \frac{1}{m} \quad \text{II.3}$$

სადაც, m – შემცირების ხარისხის მაჩვენებელი რიცხვია. ასე მაგალითად, 1:100 000 და 1:1000 000 მასშტაბის რუკაზე აღებული $l=1$ სმ სიგრძის მონაკვეთი დედამიწის ზედაპირზე შესაბამისად 100 000 და 1000 000სმ-ს ანუ 1 და 10 კმ-ის შესაბამის სიგრძის მონაკვეთს შეადგენს. ე. ი. რაც უფრო მეტია (II.3)-ის მნიშვნელი მით ნაკლები იქნება გამოსახულება რუკაზე. ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფიული გეგმის ერთ-ერთი ძირითადი მოთხოვნა – მსხვილ მასშტაბში აგება – ასაგეგმი ტერიტორიის ფართობის შეზღუდვას განაპირობებს; აქედან გამომდინარე აუცილებელი ხდება იმ უბნის ზომების დადგენა, სადაც დედამიწის სიმრუდე შესაძლებელია უგულებელვყოთ.

ნახ. II.9-ზე გამოსახულია დედამიწის ზედაპირის ნაწილი R რადიუსის სფეროს სახით და მისი პროექცია ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე, სადაც $aT=Tb$. ნახაზიდან ჩანს, რომ სიმარტივისათვის საკმარისია განვიხილოთ პროექციის ნახევარი. T წერტილიდან დაშორებისას სხვაობა სფეროზე ზედაპირის $TB=S$ მანძილსა და მის $Tb=s$ პროექციას შორის სიბრტყეზე მატულობს:

$$\Delta S = \frac{S^3}{3R^2} \quad \text{II.4}$$

სიდიდით, ხოლო მანძილი OB იზრდება:

$$\Delta h = \frac{S^2}{2R} \quad \text{II.5}$$

ცხრ.1

S, კმ	Δs , მ	Δh , მ	P კმ ²	ξ_r
1	0,00	0,08	10	0,05
5	0,00	1,98	100	0,51
10	0,01	7,85	400	2,03
20	0,07	31,39	1600	8,13
50	1,02	196,20	10000	50,80
100	8,21	784,81	40000	206,63

Δh ადგილმდებარეობის წერტილის სიმაღლის ცვლილების მახასიათებელია. 2.4 და 2.5 ფორმულიდან ჩანს, რომ S იზრდება უმნიშვნელოდ. რკალის 10კმ სიგრძისას მისი სიდიდე არ აღემატება 1 სმ-ს, რაც აკმაყოფილებს გეგმების სიზუსტეს. აქედან გამომდინარე მიღებულია, რომ დედამიწის ზედაპირის ნაწილი, რომლის ფართობი არ აღემატება 400კმ² ($R=10$ კმ) შეიძლება მივიღოთ სიბრტყედ. II.5 ფორმულიდან ჩანს, რომ სხვაობა

წერტილების სიმაღლეებს შორის სფეროზე და სიბრტყეზე სწრაფად გაიზრდება S მანძილის მატებასთან ერთად და აღწევს დაუშვებელ სიდიდეს შეხების T წერტილიდან არც თუ ისე დიდი მანძილით დაშორებისას. რადგანაც წერტილთა სიმაღლეებს პრაქტიკაში ხშირად 1 მმ სიზუსტით განსაზღვრავენ, ამიტომ Δh მნიშვნელობას მხედველობაში იღებენ მოკლე მანძილებზეც (ცხრ.1).

მასშტაბი (გერმ. *Maßstab*, სიტყვა-სიტყვით ნაზომი ჯოხი: *Maß* - *ზომა*, *Stab* - *ჯოხი*)

სფერული ზედაპირის სიბრტყეზე გადატანისას იცვლება აგრეთვე ნაზომიანი მონაკვეთებით შექმნილი კუთხეების მნიშვნელობა. კუთხური სიდიდეების *სიჭარბე (ექსცესი)* განისაზღვრება ფორმულით:

$$\xi = \rho \frac{P}{R^2}, \quad \text{II.6}$$

სადაც P -ფართობია ρ -რადიანის სიდიდე. სფერული ექსცესის მნიშვნელობები მოცემულია ცხრ.1, რომელიც უჩვენებს, რომ კვადრატისათვის, რომლის გვერდები 10 კმ-ს არ აღემატება, დედამიწის სფერულობის გავლენა 0,57-ით განისაზღვრება. ასე რომ, შედარებით მცირე უბნების სიბრტყეზე გადატანისას დებულობენ მსგავს გამოსახულებებს, სადაც პრაქტიკულად დამახინჯებებს მონაკვეთებსა და ამ მონაკვეთების მიმართულებებს შორის ჰორიზონტალურ კუთხეებში ადგილი არა აქვს.

ადგილმდებარეობის შეზღუდული ტერიტორიის მსხვილმასშტაბიან კარტოგრაფიულ გამოსახულებას სიბრტყეზე ორთოგონალურ პროექციაში, რომლის ფარგლებში დონებრივი ზედაპირის სიმრუდე მისი სიმცირის გამო შესაძლებელია უგულებელყოთ ტოპოგრაფიული გეგმა ეწოდება

§II.5. ტოპოგრაფიასა და გეოდეზიაში გამოყენებული კოორდინატთა სისტემები

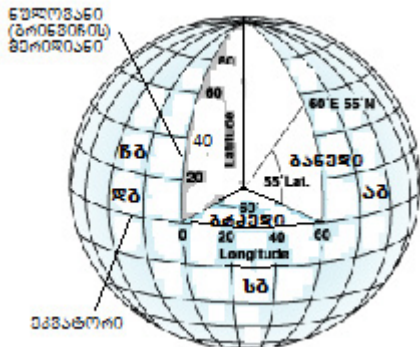
კოორდინატები (ლათ. *Co(cum)*-ერთად და *ordinates*-მოწესრიგებული, განსაზღვრული) სიდიდეებია, რომლებიც განსაზღვრავენ წერტილის მდებარეობას სიბრტყეზე ან სივრცეში კოორდინატთა მიღებული სისტემის მიმართ. *კოორდინატთა სისტემა* აწესებს ათვლის შემდეგ აუცილებელ სიდიდეებს: საწყის (გამოსახულებელ) წერტილებს, ზედაპირებს ან ხაზებს – *კოორდინატთა ათვლის საწყისს*, მათი ათვლის ერთეულებს.

გეოდეზიასა და ტოპოგრაფიაში მიღებულია კოორდინატთა შემდეგი სისტემები: –*გეოგრაფიული, მართკუთხა და პოლარული.*

II.5.1. გეოგრაფიული (გეოდეზიური, ასტრონომიული) კოორდინატთა სისტემა, საკოორდინატო ხაზები (მერიდიანი, პარალელი), ბრძედი და ბანედი.

გეოგრაფიულ კოორდინატთა სისტემა (გეოგრაფიული კოორდინატები) – გამოიყენება დედამიწის ზედაპირის წერტილების მდგომარეობის დასადგენად ელიფსოიდზე (სფეროზე) *საწყისი მერიდიანის* სიბრტყისა და *ეკვატორის* სიბრტყის მიმართ *კუთხური სიდიდეების გრძედისა და განედის* მეშვეობით (ნახ. II.10).

ელიფსოიდის კვეთის ხაზს მოცემულ წერტილსა და პოლარულ ღერძზე გამავალი სიბრტყით *მერიდიანი* ეწოდება. ელიფსოიდის კვეთის ხაზს მოცემულ წერტი-



ნახ. II. 10. გეოგრაფიული

ლზე დედამიწის ღერძის პერპენდიკულარულად გამავალი სიბრტყით პარალელი ეწოდება. ცენტრზე გამავალ პარალელს *ეკვატორი* ეწოდება. გეოგრაფიულ კოორდინატთა სისტემაში საწყის მერიდიანად მიღებულია გრინვიჩის მერიდიანი (ლონდონის მახლობლად მდებარე გრინვიჩის ობსერვატორიის წრიული დარბაზის ცენტრზე გამავალი მერიდიანი).

გეოგრაფიული კოორდინატების მიღება შესაძლებელია ასტრონომიული დაკვირვებების ან *გეოდეზიური გაზომვების საფუძველზე*. პირველ შემთხვევაში მათ *ასტრონომიულს* უწოდებენ, ხოლო მეორეში *გეოდეზიურს*. ასტრონომიული დაკვირვე-

კოორდინატთა სისტემა ბეებისას წერტილებს ფარდობით ზედაპირზე აგეგმი-
ლებენ შვეული ხაზების დახმარებით, ხოლო გეოდეზიური გაზომვებისას –
ნორმალებით, რაც ამ კოორდინატების სიდიდეებს შორის განსხვავებას განაპირობებს.
ასტრონომიული კოორდინატები დედამიწის ბრუნვის ღერძის მართობული სიბრტყის
(ეკვატორის სიბრტყის) მიმართ სივრცის მოცემული წერტილის შვეული ხაზისა და
ასტრონომიული მერიდიანის სიბრტყის კომპონენტებია.

სიბრტყეს, რომელიც გადის მოცემულ წერტილზე გამავალ შვეულ ხაზზე და
დედამიწის ბრუნვის ღერძის პარალელურია – **ასტრონომიული მერიდიანის სიბრტყე
ეწოდება.**

მოცემულ წერტილზე დაშვებული შვეული ხაზითა და დედამიწის ბრუნვის ღერძის
მართობული სიბრტყით შექმნილ კუთხეს **ასტრონომიული განედი** ეწოდება. ორწახნაგა
კუთხეს, რომელიც შედგენილია მოცემულ წერტილზე გამავალი ასტრონომიული
მერიდიანის სიბრტყითა და საწყისი მერიდიანის სიბრტყით **ასტრონომიული გრძედი**
ეწოდება. ასტრონომიული კოორდინატების ათვლის საწყისია საწყისი ასტრონომიული
მერიდიანისა და ეკვატორის სიბრტყის გადაკვეთის წერტილი, რომლისთვისაც $\lambda=0^\circ$,
 $\varphi=0.0$

მოცემულ წერტილზე დედამიწის ელიფსოიდის მიმართ დაშვებულ ნორმალზე
გამავალ სიბრტყეს **გეოდეზიური მერიდიანის სიბრტყე ეწოდება.**

მოცემულ წერტილზე დედამიწის ელიფსოიდის მიმართ დაშვებული ნორმალითა
და ეკვატორის სიბრტყით შექმნილ კუთხეს **გეოდეზიური განედი B ეწოდება.**

ორწახნაგა კუთხეს მოცემული წერტილის გეოდეზიური განედის სიბრტყესა და
საწყისი გეოდეზიური მერიდიანის სიბრტყეს შორის **გეოდეზიური გრძედი L ეწოდება.**

განედები შეიძლება იყოს **ჩრდილოეთის** და **სამხრეთის**, ისინი იცვლებიან 0°
(ეკვატორზე) 90° პოლუსზე. განასხვავებენ აგრეთვე გრძედებსაც: **აღმოსავლეთის** – 0° -
დან (საწყის მერიდიანზე) **აღმოსავლეთისკენ** 180° -მდე და **დასავლეთის** 180° - დან
დასავლეთი მიმართულებით 360° - მდე.

გეოდეზიურ სისტემაში კოორდინატთა საწყისად ელიფსოიდის ორიენტირების
წერტილია მიღებული, რომლის ასტრონომიული კოორდინატები წინასწარ არის განსაზ-
ღვრული. მასთან მიმართებაში ხდება მოცემული ქვეყნის გეოდეზიური ქსელის პუნქ-
ტების კოორდინატების განსაზღვრა. სხვადასხვა ქვეყნებში განსხვავებული ელიფსო-
იდის მიღებამ განაპირობა განსხვავებული საწყისი ზედაპირების მიმართ გამოთვლილ
ერთი და იგივე გეოდეზიური პუნქტების კოორდინატებში სხვაობა. პრაქტიკულად ეს
გამოისახება მერიდიანებისა და პარალელების მიმართ კარტოგრაფიული გამოსახულე-
ბის საერთო გადაწევით მსხვილ და საშუალო მასშტაბის რუკებზე.

§II.5.2. მერიდიანების შეახლოება

დედამიწის სფერულობის გამო მერიდიანები მარტო ეკვატორზე არიან
პარალელურნი. მისგან სამხრეთ და ჩრდილოეთ მიმართულებით კი ისინი თანდათან
უახლოვდებიან ერთმანეთს და პოლუსებზე იკრიბებიან, ქმნიან რა ურთიერთშორის
კუთხეს, რომელსაც **მერიდიანების შეახლოების კუთხე** ეწოდება. (ნახ. II.11, ა, ბ)

AB ხაზის A და B წერტილზე აღებული A_1 და A_2 აზიმუტები განსხვავებულია. ნახ.
2.11, ა ჩანს, რომ მერიდიანების შეახლოება

$$\gamma = \frac{\rho}{R} S \cdot \operatorname{tg} B \quad \text{II.7}$$

გამოვსახოთ S რკალი გრძედების ΔL სხვაობით, მაშინ:

$$S = \frac{BF \cdot \Delta L}{\rho}$$

OBF სამკუთხედიდან $BF = R \cdot \cos B$. BF ეს მნიშვნელობა ჩავსვათ (2.7)-ში, მაშინ

$$S = \frac{\Delta L}{\rho} \cdot R \cdot \cos B \quad \text{II.8}$$

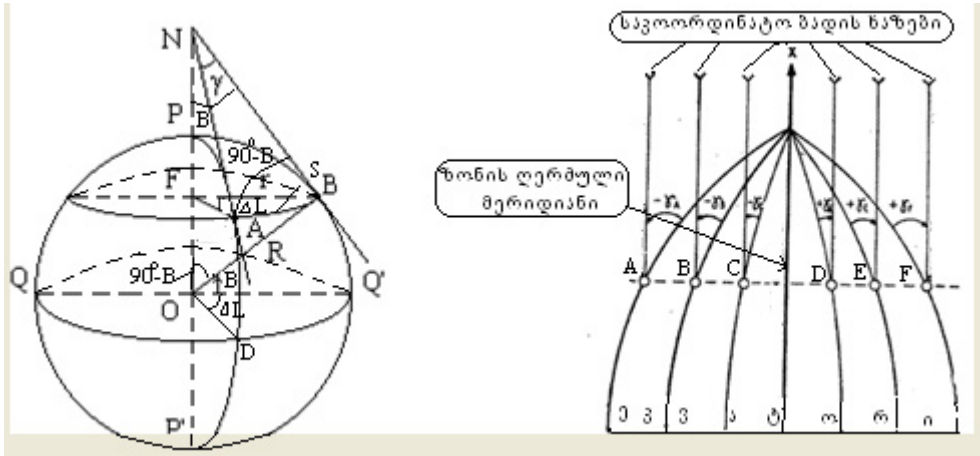
ფორმულა (II. 8)-დან S მნიშვნელობის (II.7) ჩასმის შედეგად მივიღებთ

$$\gamma = \Delta L \sin B$$

II.9

ამ ფორმულიდან ჩანს, რომ ეკვატორზე ($B=0^\circ$) მერიდიანების შეახლოება $\gamma=0$, ხოლო პოლუსებზე ($B=90^\circ$)

$$\gamma = \Delta L$$



ა

ბ

ნახ. II. 11, მერიდიანების შეახლოება

თუ დედამიწის ზედაპირის M_1 და M_2 წერტილები ერთმანეთის გვერდიგვერდ მდებარეობენ მათი მერიდიანების შეახლოება პრაქტიკულად ნულის ტოლია ($\gamma \approx 0$) და ისინი შეიძლება პარალელურად ჩავთვალოთ, მაშინ $A_1 = A_2$.

წერტილებს შორის მნიშვნელოვანი დაშორებისას მერიდიანების შეახლოება წუთებში შეიძლება განვსაზღვროთ შემდეგი დამოკიდებულებით (ნახ. II.11, ა).

$$\gamma = 0,540 / \text{tg} B,$$

2.10

სადაც l -მანძილია წერტილებს შორის, კილომეტრებში.

§II.5.3. ბრტყელი მართკუთხა და პოლარული კოორდინატის სისტემები. კავშირი მათ შორის

კოსმოსური გეოდეზიის განვითარებასთან დაკავშირებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება **მართკუთხა გეოდეზიურ კოორდინატებს (მართკუთხა კოორდინატებს)** – საზოგადოებრივ სიდიდეებს X, Y, Z , რომელთა საწყისი O წერტილი შეთავსებულია ელიფსოიდის ცენტრთან, ხოლო Z ღერძი მიმართულია მისი პატარა ღერძის მიმართულებით (ნახ. II.12, ა). გადასვლა B, L, H გეოგრაფიული (გეოდეზიური) კოორდინატებიდან X, Y, Z , მართკუთხა (გეოდეზიურ) კოორდინატებზე ხდება მარტივი ფორმულების დახმარებით.

კოორდინატთა სახელმწიფო სისტემაში ორდინატთა ღერძად ღებულობენ **ეკვატორის ხაზს**, ხოლო აბსცისათა ღერძად – **ღერძულ მერიდიანს**, რომელიც მართკუთხა კოორდინატთა სისტემის ერთ-ერთი ღერძის მიმართულების თანხვედრითაა. იმ შემთხვევაში, როცა ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოები მოიცავს მნიშვნელოვანი ფართობის ტერიტორიებს, ღერძულ მერიდიანად ირჩევენ რამდენიმეს.

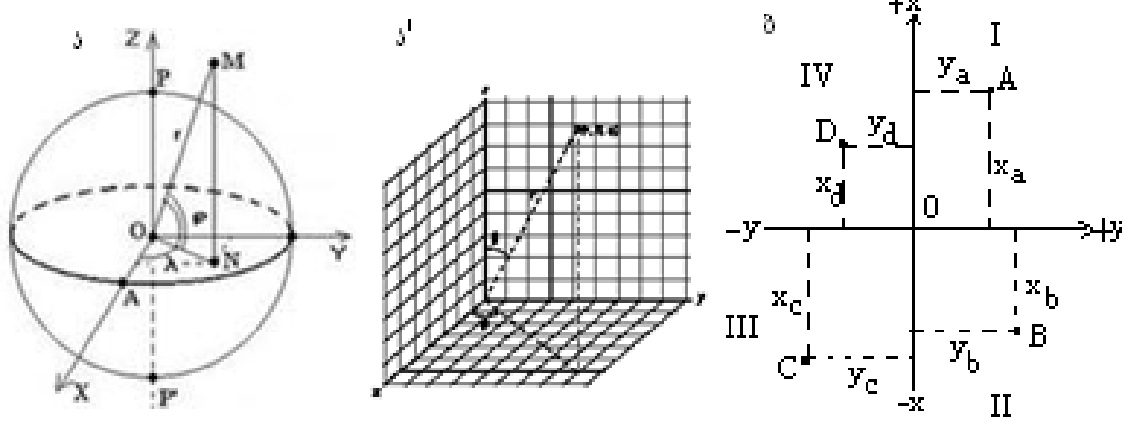
პრაქტიკაში გეოდეზიური მონაცემებისა და ტოპოგრაფიული რუკებით სარგებლობისას გამოყენება **ბრტყელი მართკუთხა კოორდინატები**. ამ შემთხვევაში საზოგადოებრივი სიდიდეები აბსცისა (X) და ორდინატა (Y) განსაზღვრავენ წერტილის მდებარეობას სიბრტყეზე საწყისი მიმართულებების – ორი ურთიერთმართობული **$X X$ აბსცისათა** და **$Y Y$ ორდინატთა ღერძების** მიმართ. მათი გადაკეთის წერტილი კოორდინატთა სათავედაა მიღებული (ნახ. II.12).

ამ სისტემაში ნებისმიერი წერტილის მდებარეობა სიბრტყეზე განისაზღვრება მისგან უმოკლესი მანძილით. ასე მაგალითად, A წერტილის მდებარეობა განსაზღვრულია

X_a და Y_a მართობების სიგრძით. X_a მონაკვეთს A წერტილის აბსცისა ეწოდება, ხოლო Y_a ორდინატა. აბსცისა და ორდინატა გამოისახება ხაზოვან ზომებში (ჩვეულებრივად მეტრებში). მათემატიკაში მიღებული კოორდინატა მარცხენა ბრტყელი მართკუთხა სისტემისაგან განსხვავებით ტოპოგრაფიასა და გეოდეზიაში მიღებული

მარჯვენა სისტემა. მეოთხედების ნუმერაცია ხდება საათის ისრის მიმართულებით, ხოლო დასახელებები განისაზღვრება ქვეყნის მხარეების მიღებული აღნიშვნებით. ასეთ სისტემაში გამარტივებულია ორიენტირების კუთხეების გაზომვა.

დადებითად ითვლება კოორდინატა სათავის ზემოთ განთავსებული წერტილების **აბსცისები**, ხოლო ქვემოთ – **უარყოფითად**, კოორდინატა სათავის მარჯვნივ მდებარე წერტილების **ორდინატები** ითვლება **დადებითად**, ხოლო მარცხნივ



ნახ. II. 12. კოორდინატა სისტემები: ა, ა' – სფერული; ბ – ბრტყელი

მდებარე – **უარყოფითად** (ცხრ. II.2). ბრტყელ მართკუთხა კოორდინატა სისტემა მისაღებია დელამიწის ზედაპირის შეზღუდულ უბნებზე (იხ. II.4)

ცხრ. II.2

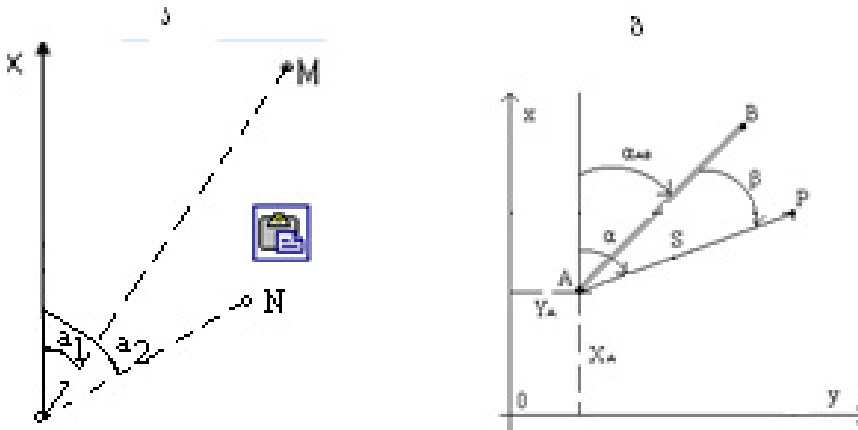
მეოთხედები	კოორდინატები	
	x	y
I ჩრდილო-აღმოსავლეთი (ჩა)	+	+
II სამხრეთ-აღმოსავლეთი (სა)	-	+
III სამხრეთ-დასავლეთი (სდ)	-	-
IV ჩრდილო-დასავლეთი (ჩდ)	+	-

ხშირად გეოდეზიური და ტოპოგრაფიული სამუშაოების ჩატარებისას დაგებული გეოდეზიური ქსელის სახელმწიფო გეოდეზიურ ქსელში ჩართვა სხვადასხვა მიზეზების (ტერიტორიული დაშორება, ეკონომიკური დანახარჯები, დროის ბიუჯეტი და სხვა) გამო მიზანშეუწონელია. ასეთ შემთხვევაში კოორდინატა სათავედ დასაშვებია მოცემული უბნის ნებისმიერი

წერტილის ადგება (სისტემა **კოორდინატა პირობითი სათავით**). კოორდინატებს, რომელთა ათვლის საწყისად მიღებულია ადგილმდებარეობის რომელიმე წერტილი, **ტოპოცენტრული** ეწოდება. ამ შემთხვევაში პირობითად სიბრტყეზე ნებისმიერად შერჩეულ წერტილს დებულობენ პოლუსად, ხოლო მისგან გატარებულ სწორ OX ხაზს **პოლარულ ღერძად**. მოცემულ სისტემაში ნებისმიერი M წერტილის მდებარეობა (ნახ. II.13) **რადიუს-ვექტორ** r_1 და OX პოლარული ღერძიდან საათის ისრის მიმართულებით ათვლილი **მიმართულების** α_1 **კუთხით** განისაზღვრება. ასეთ კოორდინატებს **პოლარული კოორდინატები** ეწოდება.

პოლარული ღერძი შეიძლება სიბრტყეზე განთავსდეს ნებისმიერად ან შეუთავსდეს წერტილზე გამავალი რომელიმე მერიდიანის (გეოგრაფიული ან მაგნიტური) მიმართულებას. პოლარული კოორდინატების ფართო გამოყენება ტოპოგრაფიულ წარმოებაში მისი სიმარტივეთაა განპირობებული. ამასთან, ადგილმდებარეობის ცალკეულ წერტილთა პოლარული კოორდინატების ერთიან სისტემაში მოწესრიგება მათი კოორდინატა მართკუთხა სისტემაში შესაძლებელი გადაყვანით ხდება. ამ ორ სისტემას შორის კავშირს კი **პირდაპირი და შებრუნებული გეოდეზიური ამოცანების** ამოხსნა უზრუნველყოფს.

პირდაპირი და შებრუნებული გეოდეზიური ამოცანა. პირდაპირი გეოდეზიური ამოცანის პირობაა: AB ხაზის ბოლო წერტილის X_B, Y_B კოორდინატების განსაზღვრა საწყისი A წერტილის X_A და X_B კოორდინატებით, მისი პორიზონტალური ქვედებულობა და მიმართულების მიხედვით. არიგად, თუ მივიღებთ A წერტილს (ნახ. 2.14) პოლარულ კოორდინატთა სისტემის პოლუსად, ხოლო აბსცისათა ღერძის AC პარალელურ სწორს პოლარულ ღერძად, მაშინ B წერტილის პოლარული კოორდინატები იქნება S და α . ამოცანის ამოხსნა გულისხმობს B წერტილს მართკუთხა კოორდინატების გამოთვლას $X O Y$ სისტემაში. ნახ. 2.14-დან ჩანს, რომ X_B განსხვავდება X_A -საგან $(X_B - X_A) = \Delta x$ სიდიდით, ხოლო $Y_B - Y_A$ -საგან $(Y_B - Y_A) = \Delta y$ სიდიდით.



ნახ. II. 13. პოლარულ კოორდინატთა სისტემა: ა- კოორდინატთა პირობითი (ტოპოცენტრული) და ბ - განსაზღვრული საწყისით

სხვაობებს AB ხაზის B ბოლო და საწყისი A წერტილების კოორდინატებს შორის Δx და Δy კოორდინატთა ნაზრდები ეწოდება, რომლებიც ხაზის პორიზონტალურ ქვედებულობის ორთოგონალური გეგმილება კოორდინატთა ღერძებზე. B წერტილის მართკუთხა კოორდინატები გამოითვლება შემდეგი მარტივი

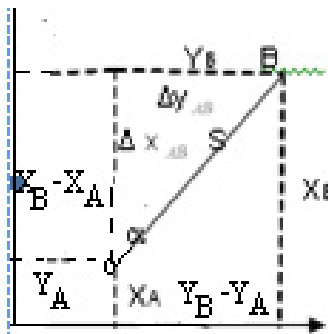
ფორმულებით:

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB}, Y_B = Y_A + \Delta y_{AB} \quad \text{II.10}$$

კოორდინატთა ნაზრდები გამოითვლება ACB სამკუთხედიდან

$$\Delta x_{AB} = S \cos \alpha, \Delta y_{AB} = S \sin \alpha \quad \text{II.11}$$

ცხრ. II.3



მიმართულების კუთხეები	მეთოდები	კოორდინატთა ნაზრდების ნიშნები	
		Δx	Δy
0-90	I ნა	+	+
90-180	II სა	-	+
180-270	III სდ	-	-
270-360	IV ხდ	+	-

ნახ. II. 14. პირდაპირი და შებრუნებული გეოდეზიური ამოცანები

კოორდინატთა ნაზრდების ნიშნები დამოკიდებულია მართკუთხა კოორდინატთა სისტემის მეთოდების დასახელებისაგან (ცხრ. II.3).

Δx_{AB} და Δy_{AB} კოორდინატთა ნაზრდების მნიშვნელობების (2.10) ფორმულებში ჩასმით მივიღებთ პირდაპირი გეოდეზიური ამოცანის ამოსახსნელ ფორმულებს:

$$X_B = X_A + S \cos \alpha, Y_B = Y_A + S \sin \alpha \quad \text{II.12}$$

შებრუნებული გეოდეზიური ამოცანის არსი მდგომარეობს AB ხაზის პორიზონტალური ქვედებულობის S -ის სიგრძისა და მიმართულების α კუთხის განსაზღვრაში მისი საწყისი A და ბოლო B წერტილების $(X_A, Y_A), (X_B, Y_B)$

კოორდინატების მიხედვით. მიმართულების α კუთხე გამოითვლება A C B მართკუთხა სამკუთხედის კათეტების მიხედვით:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{\Delta y_{AB}}{\Delta x_{AB}} \quad \text{საიდანაც,} \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad \text{II.13}$$

ჰორიზონტალური ქვედებულის S-ის გამოთვლა ორი სხვადასხვა ფორმულითაა შესაძლებელი:

$$S = \frac{\Delta x_{AB}}{\cos \alpha} = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha}; \quad S = \frac{\Delta y_{AB}}{\sin \alpha} = \frac{y_B - y_A}{\sin \alpha} \quad \text{II.14}$$

შებრუნებული გეოდეზიური ამოცანის ამოხსნა შეიძლება შემდეგი თანმიმდევრობითაც: პითაგორის თეორემის თანახმად ჰორიზონტალური ქვედებული S ტოლია

$$S = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} \quad \text{II.15}$$

ხოლო შემდეგ S მნიშვნელობას ჩავსვამთ ფორმულებში:

$$\operatorname{Sin} \alpha = \frac{Y_B - Y_A}{S} \quad \operatorname{Cos} \alpha = \frac{X_B - X_A}{S} \quad \text{II.16}$$

§II.6. სიმაღლური სისტემები; აბსოლუტური და ფარდობითი სიმაღლეები

დედამიწის ზედაპირის წერტილების მდებარეობა სრულყოფილად რომ იქნას განსაზღვრული აუცილებელია მისი მესამე კოორდინატის – **წერტილის H სიმაღლის** - მოცემული წერტილიდან სიმაღლეთა საწყისად მიღებულ დონებრივ ზედაპირამდე მართობული მანძილის დადგენა. ათვლის საწყისად შეიძლება მივიღოთ გეოიდის ზედაპირი (მისგან ათვლილ სიმაღლეს **ორთომეტრიული სიმაღლე** ეწოდება), ან დედამიწის ელიფსოიდის ზედაპირი (მიღებულ სიმაღლეს **გეოდეზიური სიმაღლე** ეწოდება). სიმაღლის რიცხვით მნიშვნელობას **ნიშნული (სიმაღლის ნიშნული)** ეწოდება. ძირითადი დონებრივი ზედაპირიდან ათვლილ სიმაღლეს **აბსოლუტური სიმაღლე** ეწოდება (ნახ. II.1) **aA, bB, cC**) ხოლო ნებისმიერად შერჩეული დონებრივი ზედაპირიდან განსაზღვრულს – **პირობითი სიმაღლეები (bB, c'C, c''C)**.

ორი წერტილის სიმაღლეებს შორის სხვაობას ამ წერტილების **ფარდობითი სიმაღლე** ანუ **ამაღლება h** ეწოდება (ნახ. II.1 c''C).

ყოფილ საბჭოთა კავშირში მიღებულ სიმაღლეთა ბალტიის ზღვის სისტემაში ათვლის საწყისი **კრონშტადტის ფუტშტოკი*** ნულოვან ნიშნულზე გამავალ დონებრივ ზედაპირთან იყო შეთავსებული.

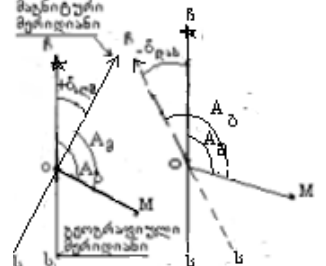
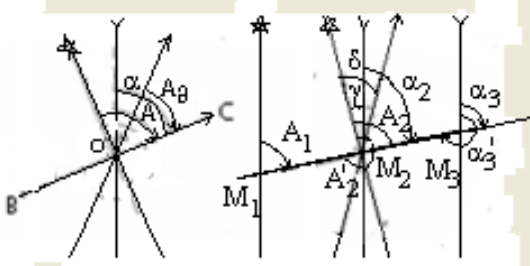
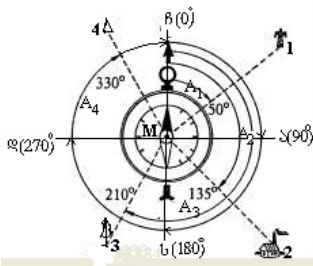
ამრიგად, ზედაპირზე წერტილის მდებარეობის განსაზღვრისათვის საკმარისია სამი სიდიდე – გეგმიური კოორდინატები და სიმაღლე დედამიწის ელიფსოიდის ზედაპირიდან. ამ სიდიდეებს **გეოდეზიური კოორდინატები** ეწოდება.

§II.7. ხაზების ორიენტირება

საველე ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოების შესრულებისას ხშირად აუცილებელი ხდება განვსაზღვროთ ადგილის მდებარეობა ქვეყნის მხარეების მიმართ. მოქმედებას, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი ხდება ამა თუ იმ ხაზის მდებარეობის დადგენა რომელიმე საწყისი მიმართულების მიმართ **ორიენტირება** ანუ **გაგნება** ეწოდება. გეოდეზიაში საწყის მიმართულებებად მიღებულია: **გეოგრაფიული (ჰეშარიტი) მერიდიანი, მაგნიტური მერიდიანი**** და ბრტყელ მართკუთხა კოორდინატთა რომელიმე სისტემის **დერძული მერიდიანი**. ორიენტირების კუთხეებია – აზიმუტი, დირექციული კუთხე და რუმბი.

***ფუტშტოკი** – ოკეანეებისა და ზღვების სანაპიროებზე მათ დონეებზე დაკვირვების ჩასატარებლად დაყენებული ლარტყა

****მაგნიტური მერიდიანი** თანხვედნილია თავისუფლად ჩამოკიდებული მაგნიტური ისრის მიმართულების



ნახ. II. 16. მიმართუ- ნახ. II. 17. ორიენტი- ნახ. II.18. ორიენტების ნახ. II.19. მაგნიტური ისრის
 ლების აზიმუტები რების კუთხეები კუთხეებს შორის კავშირი მიხრილობა: ა-აღმ. ბ-დას.

აზიმუტი ეწოდება ორწახნაგა კუთხეს მოცემული წერტილის მერიდიანის სიბრტყესა და მოცემულ მიმართულებაზე გამავალ ვერტიკალურ სიბრტყეს შორის, ათვლილს მერიდიანის ჩრდილოეთი მიმართულებიდან საათის ისრის მოძრაობის გაყოლებით (ნახ. II.16 A_1, A_2, A_3 და A_4).

გეოგრაფიული (ჭეშმარიტი) აზიმუტი A არის კუთხე რომელიც ათვლილია გეოგრაფიული (ჭეშმარიტი) მერიდიანის ჩრდილოეთ ბოლოდან, ხოლო **მაგნიტური** A_M აზიმუტის ათვლა ხდება მაგნიტური მერიდიანიდან (ნახ. II.17). თუ ხაზი NS (ნახ. II.16) M წერტილის ჭეშმარიტი ან მაგნიტური მერიდიანია, ხოლო M_1, M_2, M_3 და M_4 ხაზის პორი-ზონტალური პროექციაა, მაშინ პორიზონტალური კუთხეები A_1, A_2, A_3 და A_4 ამ ხაზების შესაბამისი აზიმუტებია. აზიმუტმა შეიძლება მიიღოს 0° -დან 360° -მდე მნიშვნელობა. გეოგრაფიული (ჭეშმარიტი) აზიმუტი ასტრონომიული და გეოდეზიური აზიმუტების განზოგადოებული ცნებაა. მერიდიანების არაპარალელურობის გამო ერთი და იგივე ხაზის აზიმუტი მის სხვადასხვა წერტილში განსხვავებულია. ასე მაგალითად, M_1, M_2 ხაზისათვის (ნახ. II.18) აზიმუტი M_1 წერტილზე ტოლია A_1 -ის, M_2 წერტილზე კი A_2 -ის, ხოლო მათ შორის სხვაობა მერიდიანების γ შეახლოების ტოლია. რადგანაც ხაზის მიმართულება შეიძლება იყოს **პირდაპირი** და **შებრუნებული** განასხვავებენ **ორიენტირების პირდაპირ** და **შებრუნებულ კუთხეებს**. (ნახ. II.18. A_2 და A_2' M_1, M_2 ხაზის პირდაპირი და შებრუნებული აზიმუტებია, ხოლო α_3 და α_3' - M_2, M_3 ხაზის პირდაპირი და შებრუნებული დირექციული კუთხეები). ერთი და იმავე ხაზის პირდაპირი და შებრუნებული აზიმუტები მის სხვადასხვა წერტილებში განსხვავებულია (ნახ. II.18. A_1 და A_2) ერთმანეთისაგან $180^\circ + \gamma$ სიდიდით, ხოლო ერთი და იმავე წერტილში (A_2 და A_2') განსხვავდებიან 180° , ე.ი. $A_2' = A_1 + 180^\circ + \gamma$; $A_2 = A_2' + 180^\circ$.

დედამიწის ზედაპირის ამა თუ იმ წერტილის მაგნიტური მერიდიანი ზოგადად არ ემთხვევა იმავე წერტილის გეოგრაფიულ (ჭეშმარიტ) მერიდიანს. მათ შორის შექმნილ კუთხეს **მაგნიტური ისრის მიხრილობა** δ ეწოდება (ნახ. II.19). δ შეიძლება იყოს **აღმოსავლეთის (დადებითი)** ან **დასავლეთის (უარყოფითი)**. გეოგრაფიულ და მაგნიტურ აზიმუტებს შორის კავშირი შემდეგი ფორმულით გამოიხატება

$$A = A_M + \delta \quad \text{II.17}$$

მიხრილობა δ იცვლება ადგილისა და დროის ცვლილების მიხედვით. განასხვავებენ **მიხრილობის დღე-ღამურ, წლიურ და საუკუნის** ცვლილებებს. დღე-ღამური ცვლილება საშუალო განედებისათვის არ აღემატება $15'$, ხოლო საუკუნისამ შეიძლება მიაღწიოს მნიშვნელოვან სიდიდეებს, მაგალითად 500 წლის განმავლობაში - $22,5^\circ$. მიხრილობამ დღე-ღამის მანძილზე შეიძლება შეიცვალოს ნიშანი; აღმოსავლეთისაკენ ისარი მაქსიმალურად გადახრილია დღის 8 საათისათვის, ხოლო დღის 2 საათისათვის მიაღწევს მაქსიმალურ გადახრას დასავლეთისაკენ და ასე შემდეგ. მიხრის კუთხე მეტია ზაფხულში. მიხრილობა იცვლება აგრეთვე პოლარული ნათებით, მზის ლაქებით გამოწვეული მაგნიტური ქარიშხლების გავლენით. მაგნიტური ისრის ჩვენებაზე გავლენას ახდენს ასევე მაგნიტური მადნის ბუდობების არსებობა და

მაგნიტური ანომალიების რაიონი. მცირე სიდიდის შეშფოთებები შეიძლება გამოიწვიოს ახლომდებარე მეტალის საგნებმაც.

მაგნიტური ძალწირების თავშეყრის წერტილებს **მაგნიტური პოლუსები** ეწოდება; განთავსებულნი არიან რა დედამიწის შიგნით ისინი არ უთავსდებიან გეოგრაფიულ პოლუსებს. აქედან გამომდინარე მათი შეამაერთებელი სწორი არ ემთხვევა დედამიწის ბრუნვის ღერძს. მათ შორის კუთხე შეადგენს $11,5^\circ$ და არ გადის დედამიწის ცენტრში. ტოპოგრაფიული რუკების ქვედა მარცხენა კუთხეში ყოველთვის მიუთითებენ მოცემული რაიონისათვის გაშუალდებული მაგნიტური მიხრილობის სიდიდეს.

მაგნიტურ ისარს ახასიათებს **დახრილობაც** – ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში მისი ჩრდილოეთი ბოლო დაწეულია ქვემოთ, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში ქვედა ბოლო; ეკვატორზე მაგნიტურ ისარს უკავია ჰორიზონტალური პოლუსებზე კი შვეულის მდგომარეობა. ისრის ბოლოების გაწონასწორება ხდება მის აწეულ ბოლოებზე რაიმე ისეთი სიმძიმის დადებით, რომელიც არ იმოქმედებს მაგნიტზე.

დედამიწის ზედაპირის სიბრტყეზე გადატანისას, სიმრუდის გავლენის შემცირების მიზნით, შემოაქვთ დედამიწის ელიფსოიდის დაყოფა 6° -იან ზონებად, რომლის შუალედურ მერიდიანს **ღერძული მერიდიანი** ეწოდება. იმის გამო, რომ დიდი სიგრძის მქონე ხაზის სხვადასხვა წერტილებში აზიმუტები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, ტოპოგრაფიასა და გეოდეზიაში გამოიყენება **დირექციული კუთხე - γ** , დირექციული ეწოდება კუთხეს, რომელიც შეიქმნება ღერძული მერიდიანის (ან მისი პარალელური ხაზის) ჩრდილოეთ ბოლოსა და მოცემულ მიმართულებას შორის, ათვლილს საათის ისრის მიმართულებით. იცვლება 0° -დან 360° -მდე. (ნახ. II.18)-დან ჩანს, რომ M_2 წერტილზე $A_2 - \alpha = \gamma$, ე.ი დირექციული კუთხე. გეოგრაფიულ აზიმუტსა და დირექციულ კუთხეს შორის სხვაობა ხაზის რომელიმე წერტილზე ტოლია გეოგრაფიული მერიდიანის შეახლოებისა ამ წერტილზე ღერძულ მერიდიანთან. ღერძული მერიდიანიდან აღმოსავლეთით მდებარე წერტილებისათვის შეახლოება მიღებულია ჩაითვალოს დადებითად, დასავლეთით კი უარყოფითად. გეოგრაფიულ აზიმუტსა და დირექციულ კუთხეს შორის დამოკიდებულება გამოიხატება შემდეგი ფორმულით

$$A = \alpha + \gamma \quad \text{II.18}$$

აზიმუტისაგან განსხვავებით დირექციული კუთხეები მოცემული მიმართულების ნებისმიერ წერტილზე ინარჩუნებენ თავიანთ მნიშვნელობას (ნახ. II.18. $\alpha_2 = \alpha_3$).

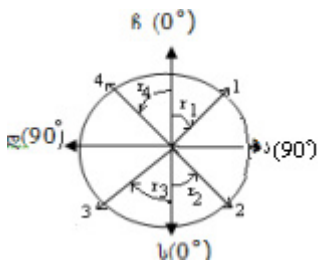
შებრუნებული დირექციული კუთხე პირდაპირისაგან 180° განსხვავდება (ნახ. II.18). $\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ$, $\alpha_1 = \alpha_2 + 180^\circ$.

II.17 და II.18 ფორმულების საფუძველზე შესაძლებელია მაგნიტურ აზიმუტსა და დირექციულ კუთხეს შორის შემდეგი დამოკიდებულების გამოყვანა

$$\alpha = A_M + (\delta - \gamma), \quad A_M = \alpha - (\delta - \gamma) \quad 2.19$$

პრაქტიკაში ხაზის მიმართულებას ხშირად განსაზღვრავენ მახვილი კუთხით – **რუმბით**, რომელიც შექმნილია მოცემული ხაზითა და მასთან ახლომდებარე მერიდიანის ბოლოთი (ნახ. II.20). რუმბი, როგორც აზიმუტი, შეიძლება იყოს **ჭეშმარიტი** და **მაგნიტური**. ის იცვლება 0° -დან 90° -მდე და ყოველთვის თან ერთვის იმ მეოთხედის დასახელება, რომელშიც დევს მოცემული ხაზი. ნახ. II.22-ზე ხაზებს M_1, M_2, M_3 და M_4

ცხრ. II.4



ნახ. II. 20. მიმართულების რუმბები სხვადასხვა მეოთხედებში

მეოთხედები	კავშირი რუმბებსა და აზიმუტებს შორის	
I ნა	$A_1 = r_1$	$r_1 = A_1$
II სა	$A_2 = 180^\circ - r_2$	$r_2 = 180^\circ - A_2$
III სდ	$A_3 = r_3 - 180^\circ$	$r_3 = A_3 - 180^\circ$
IV ნდ	$A_4 = 360^\circ - r_4$	$r_4 = 360^\circ - A_4$

შესაბამისად აქვთ რუმბები r_1, r_2, r_3 და r_4

რუმბები შეიძლება გადავიყვანოთ როგორც აზიმუტებში ისე დირექციულ კუთხეებში და პირიქით ცხრ.11.4-ში მოცემული თანაფარდობებით.

III.8. ტოპოგრაფიასა და გეოდეზიაში გამოყენებული ზომის ერთეულები

ნებისმიერი ფიზიკური სიდიდის გაზომვა მდგომარეობს ამ სიდიდის შეფარდებაში ზომის ერთეულად მიღებულ მის მსგავს სიდიდესთან. რიცხვს, რომელიც უჩვენებს თუ რამდენჯერ მოთავსდება ზომის ერთეული გასაზომ სიდიდეში ამ სიდიდის **ზომა** ეწოდება. ძირითადი და ნაწარმოები ფიზიკური სიდიდეების ერთობლიობას, რომელიც მიღებულია მთავარი სიდიდეების გასაზომად, **ზომის სისტემა** ეწოდება.

ტოპოგრაფიასა და გეოდეზიაში ხაზოვანი გაზომვების ერთეულად მიღებულია მეტრი (მ). 1791 წელს ზომათა მეტრული სისტემის შემოღებისას ის შეადგენდა პარიზის მერიდიანის ათ მეტილიონედ ნაწილს. 1799 წელს დამზადებულ იქნა მეტრის პირველი ეტალონი, რომელიც გადაეცა საფრანგეთის ნაციონალურ არქივს, რის გამოც მან **“არქივის მეტრის”** სახელი მიიღო, ხოლო უკვე 1875 წელს მეტრთან დაკავშირებულ საერთაშორისო დიპლომატიურ კონფერენციაზე 17 სახელმწიფოს მონაწილეობით მიღებული კონვენციის თანახმად პლატინა-ირიდიუმისაგან დამზადებულ იქნა 31 მეტრი-პროტოტიპი. 6 მეტრი სხვა ორ საკონტროლო ასლთან ერთად დაცულია სვერში (საფრანგეთი) წონისა და ზომის საერთაშორისო ბიუროში, ხოლო დანარჩენი ასლები წილისყრით იქნა გადანაწილებული სხვა სახელმწიფოებს შორის. 1960წ. წონებისა და ზომების XI გენერალურმა კონფერენციამ მიიღო გადაწყვეტილება ერთიანი უნივერსალური სისტემის – ერთეულების საერთაშორისო სისტემის (СИ) შემოღების შესახებ. ამავე კონფერენციაზე განსაზღვრული იქნა მეტრის ახალი მნიშვნელობა, რომელიც გამოიხატა სინათლის ტალღის სიგრძით (**“სინათლის” მეტრი**). 1983 წ. XVII კონფერენციაზე მეტრს მიეცა ახალი მნიშვნელობა. დადგენილ იქნა, რომ მეტრი (მ) უდრის მანძილს, რომელსაც გაივლის ვაკუუმში ბრტყელი ელექტრომაგნიტური ტალღა წამის 1/299792458 ნაწილში. მეტრის წვლილადი და ჯერადი ერთეულებია 1000მ = 1 კილომეტრს (კმ), 0,1 მეტრი – 1 დეციმეტრს (დმ), 0,01 მეტრი - 1 სანტიმეტრს (სმ), 0,001 მეტრი – 1 მილიმეტრს (მმ).

(СИ) სისტემაში ბრტყელი კუთხის გასაზომად გამოიყენება რადიანი (რად), რომელიც ტოლია წრეწირის ორ რადიუს შორის მოთავსებული ისეთი რკალისა, რომლის სიგრძე რადიუსის ტოლია.

რადიანთან ერთად დასაშვებია კუთხური გაზომვებისათვის გრადუსული ერთეულების გამოყენება: გრადუსი (1°), რომლის სიდიდეს ღებულობენ მართი კუთხის 90 ტოლ ნაწილად დაყოფის შედეგად, წუთი (1') და წამი (1"); 1°=60', 1'=60"; 1რად=57,3°=3438' = 200265"

ფართობის საზომი ერთეულია კვადრატული მეტრი (მ²) რომლის ჯერადი და წილობითი ერთეულებია კვადრატული კილომეტრი (კმ²) კვადრატული სანტიმეტრი (სმ²) კვადრატული მილიმეტრი (მმ²). მიწის ნაკვეთების გასაზომად დასაშვებია საზომი ერთეული ჰექტარი (ჰა). 1ჰა=10 000 მ².

დროის საზომი ერთეულია წამი (წმ), მასის – კილოგრამი (კგ), ძალის ნიუტონი (Н), წნევის – პასკალი (პა), ტემპერატურის – კელვინი (K).

ტემპერატურის კელვინებში განსაზღვრისას ტემპერატურულ სკალასთან (K) ერთად გამოიყენება ცელსიუსის სკალაც (t). t=T-273,15°.

ერთეულების საერთაშორისო სისტემაში დაუშვებელია წნევის გაზომვა ვერცხლის წყლის სვეტის მილიმეტრებში (მმ.ვც.სვ). რადგანაც ხმარებაში ჯერ კიდევ გამოიყენება ხელსაწყოები მმ.ვც.სვ. სკალით. საჭიროა ვიცოდეთ, რომ 1 მმ.ვც.სვ = 133, 322პა.

პერიოდული (მოდულირებული) ელექტრომაგნიტური (სინათლის) რხევების სიხშირის ზომის ერთეულად მიღებულია ჰერცი (ჰც); 1მგჰც=10⁶ჰც, ხოლო ბგერითი რხევების პერიოდად წამი (წ).

III.9. გეოდეზიურ ბანახომათა მათემატიკური დამუშავება.

II.9.1 ბაზომეზი და მათი კლასიფიკაცია

გასახომა სიდიდის შედარებას სხვა, გაზომვის ერთეულად (ეტალონად) მიღებულ სიდიდესთან *გაზომვა* ეწოდება.

გაზომვები გეოდეზიური სამუშაოების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი შემადგენელი ნაწილია. დედამიწის ფიგურისა და ზომების დაზუსტება, საგეგმო და სიმაღლური ქსელების შექმნა უზუსტეს გეოდეზიურ გაზომვებსა და მათი შედეგების დამუშავების მეთოდების შემდგომ დახვეწასა და წარმოებაში დანერგვას მოითხოვს. ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოები მოიცავს ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კუთხეების, მანძილებისა და სხვა სიდიდეების განსაზღვრას. გაზომვები ტარდება როგორც საველე, ისე კამერალურ პირობებში.

ტოპო-გეოდეზიურ პრაქტიკაში გამოყენებული ყველა ფიზიკური სიდიდეები შეიძლება დავეყოს *გაზომილ* და *გამოანგარიშებულ* სიდიდეებად. გაზომვისათვის აუცილებელია გაზომვის ობიექტი (გასახომა სიდიდე), მზომი ხელსაწყო და შემსრულებელი. ამასთან, ნებისმიერი სახის გაზომვები ტარდება ამა თუ იმ გარემოში და განსაზღვრული მეთოდით. ყველა ეს ფაქტორები წარმოშობენ გაზომვის პირობებს. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ მუშაობის პროცესში გაზომვის ობიექტი უცვლელია.

განასხვავებენ *პირდაპირ*, *ირიბ* და *დისტანციურ* გაზომვებს.

პირდაპირი გაზომვები უმარტივესია და უძველესი დროიდან იღებს სათავეს. მაგალითად, გაზომვები მიწის საზომი ბაფთით, ფოლადის ხვეულით, ინვარის ნავთულით ან სხვა ისეთი ხელსაწყოთი, რომელთა უშუალო შედარება გასახომ სიდიდესთან აუცილებელია.

ირიბი გაზომვების დროს გამოიყენება საძებნ და უშუალოდ გასახომ, დამხმარე სიდიდეს შორის ზოგიერთი მათემატიკურ დამოკიდებულება. მაგალითად, სამკუთხედის ამოხსნა სინუსების თეორემის საფუძველზე, ერთი გაზომილი გვერდისა და ორი კუთხის დახმარებით.

დისტანციური გაზომვების დროს გასახომი სიდიდის განსაზღვრა ხდება რიგი ფიზიკური პროცესებისა და მოვლენების საფუძველზე თანამედროვე ტექნიკური საშუალებების (შუქმანძილმზომი, ელექტრონული ტაქომეტრი, ფოტოთეოდოლიტები და სხვა) გამოყენებით.

გაზომვის ხელსაწყოები სამ ჯგუფად (კლასად) იყოფა. 1) მაღალი სიზუსტის (პრეციზიული) 2) ზუსტი და 3) ტექნიკური. ჩატარებული გაზომვების სიზუსტეზე გავლენას ახდენენ მთელი რიგი ფაქტორები და პირობები: ტექნიკური საშუალებები (ხელსაწყოების კლასი), გაზომვის ობიექტი, გაზომვის ერთეულები, სამუშაოთა წარმოების ტექნოლოგია და მეთოდები, გარემო პირობების მდგომარეობა, სამუშაოს მწარმოებელთა გამოცდილება, გაზომვების რაოდენობა და სხვა. ამასთან დაკავშირებით ერთგვაროვან გაზომვებს, რომლებიც ჩატარებულია ისეთ პირობებში რომლის დროსაც ყველა მიღებული შედეგი შეიძლება ჩავთვალოთ ერთნაირად საიმედოდ (ერთნაირი კლასის ხელსაწყო, ტოლფასოვანი მეთოდი), ეწოდება *ტოლზუსტი*, ხოლო ამ პირობების დარღვევით მიღებულ შედეგებს კი *არატოლზუსტი*.

ტოპო-გეოდეზიური გაზომვების შედეგების მათემატიკური დამუშავებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება აუცილებელი და ჭარბი გაზომვების ცნებას; მაგალითად, ბრტყელი სამკუთხედის ყველა ექვსი ელემენტის განსაზღვრავად საკმარისია გაიზომოს მისი არანაკლებ სამი ელემენტი, რომელთა შორის უნდა იყოს ერთი გვერდი მაინც. სიდიდეთა იმ მინიმალურ რიცხვს, რომლის გაზომვა აუცილებელია ნებისმიერი ტოპო-გეოდეზიური ამოცანის ამოხსნისას, *აუცილებელ სიდიდეთა რიცხვი* ეწოდება. ყველა გაზომილ სიდიდეთა რიცხვსა და აუცილებელ სიდიდეთა რიცხვს შორის სხვაობას *ჭარბი სიდიდეთა რიცხვი* ეწოდება $k = n - f$. ჭარბი გაზომვები გაზომვებსა და გამოთვლებში დაშვებულ ცდომილებათა აღმოჩენის აუცილებელი პირობაა; ისინი მნიშვნელოვნად ამაღლებენ განსაზღვრავი სიდიდეების სიზუსტეს. ერთი სიდიდის გაზომვისას აუცილებელია ერთი გაზომვის ჩატარება, დანარჩენი გაზომვები ჭარბია.

II.9.2. განაზომთა ცლომილებები, მათი სახეები და თვისებები

განაზომი სიდიდის X ჭეშმარიტი მნიშვნელობის არსებობა ნებისმიერი გაზომვის უცილობელი პირობაა. გეოდეზიურ გაზომვებს თან ახლავს აუცდენელი ცლომილებები. სხვაობას გაზომვის x შედეგსა და განაზომი სიდიდის X ჭეშმარიტ მნიშვნელობას შორის **ჭეშმარიტი ცლომილება** ეწოდება.

$$\Delta = x - X$$

II.20

განაზომთა ცლომილებები შემდეგი წარმოშობისაა: 1) **ინსტრუმენტალური**, რომლის წარმოშობა გამოწვეულია მზომი ხელსაწყოების კონსტრუქციით, მათი სკალების გრადუირების ცლომილებით, ცვეთითა და სხვა. 2) **პიროვნული** (სუბიექტური) განპირობებულია დამკვირვებლის თავისებურებებით, გრძნობის ორგანოების არასრულფასოვნობით და სხვა. 3) **გარეშე**, იმ გარემოს პირობების არამდგრადობითა გამოწვეული, რომელშიც სრულდება გაზომვათა პროცესი (ჰაერის ტემპერატურის, სინოტივის, წნევის და ა.შ. ცვლილებები). 4) **მეთოდური**, გამოწვეული გაზომვის პირობებისა და მათი ცვლილებების კანონზომიერებათა მხედველობაში მიღებისას დაშვებული უზუსტობით, ზოგიერთი ფორმულის მიახლოებითობით და სხვა.

განასხვავებენ **უხეშ**, **სისტემატყრ** და **შემთხვევით** ცლომილებებს. **უხეშ** ცლომილებათა წარმოშობა დაკავშირებულია გაზომვის სამუშაოთა ჩატარებისას დაშვებულ სერიოზულ შეცდომებთან. ძირითად გეოდეზიურ სამუშაოების შესრულებისას გათვალისწინებული კონტროლის ინსტიტუტი საშუალებას იძლევა ასეთი სახის შეცდომები დროულად იქნას აღმოჩენილი და გასწორებული.

განაზომთა შედეგების უხეშ ცლომილებებისაგან განთავისუფლების შემდეგ ჭეშმარიტი ცლომილებები შემდეგი ფორმულით გამოისახება:

$$\Delta = \Delta' + \Delta''$$

II.21

სადაც Δ' -სისტემატყური, ხოლო Δ'' -შემთხვევითი (აუცდენელი) ცლომილებაა.

სისტემატყური ცლომილებები წინასწარ აღმოჩენადია და მათი საჭირო მინიმუმამდე დაყვანა შესაძლებელია შესაბამისი შესწორებების შეყვანის გზით. მაგალითად, ხაზის სიგრძის შექმნაში მზომითა და ელექტრონული ტაქომეტრით განსაზღვრისას წინასწარ შეიძლება გავითვალისწინოთ ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული წნევის გავლენა.

თუ არ არის დაშვებული უხეში შეცდომები და გასწორებულია სისტემატყური, მაშინ გაზომვების სიზუსტე განისაზღვრება მხოლოდ **შემთხვევითი ცლომილებებით**, რომელთა გამორიცხვა შეუძლებელია, თუმცა მათი ქცევა ემორჩილება დიდი ციფრების კანონებს, ამიტომ მათი ანალიზი, კონტროლი და აუცილებელ მინიმუმამდე დაყვანა შესაძლებელია.

გაზომვების შედეგებზე შემთხვევითი ცლომილებების გავლენის შემცირებას მრავალჯერადი გაზომვების, სამუშაო პირობების გაუმჯობესებით, უახლესი ხელსაწყოებისა და მეთოდების გამოყენებით აღწევენ.

II.9.3. გაზომილი სიდიდეების უაღბათესი მნიშვნელობა

ერთი და იგივე სიდიდის ტოლზუსტ განაზომთა ($l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$) რიგისათვის ყველაზე უაღბათესი მნიშვნელობა იქნება **საშუალო არითმეტიკული**.

$$\bar{x} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n}{n} = \frac{[l]}{n} \quad \text{II.22}$$

დიდ რიცხვებთან მათემატიკური მოქმედებების თავიდან აცილების მიზნით პრაქტიკაში საშუალო არითმეტიკულს ითვლიან პირობითი ნულის ხერხით:

$$\bar{x} = \frac{[\delta_i]}{l_0 + n} \quad \text{II.23}$$

სადაც $l_0 - l$ -თან მიახლოებული, როგორც წესი მთელი რიცხვით გამოსახული სიდიდეა, ხოლო $\delta_i = l_i - l_0$. საშუალო არითმეტიკულის სწორად გამოთვლისა და მისი მნიშვნელობების დაუმრგვალებლად მიღების შემთხვევაში

$$\frac{[\delta_i]}{\ln} = 0 \quad \text{II.24}$$

სადაც სიდიდეებს

$$\delta_i = l_i - \bar{x}$$

გადახრები, უაღბათესი ცდომილებები ან ფლუქტუაციები ეწოდება.

თუ \bar{x} მიღებულია დამრგვალებით მაშინ II.23 ტოლობის მარჯვენა მხარეს მივიღებთ n ტოლ სიდიდეს, სადაც w – **დამრგვალების ცდომილებაა.**

რადგანაც ტოპო-გეოდეზიური პრაქტიკაში გაზომვების რიცხვი მაინც შეზღუდულია x საშუალო არითმეტიკული რამდენამდე განსხვავებული იქნება მის ჭეშმარიტ X მნიშვნელობისაგან, თუმცა ყველა n -ისათვის \bar{x} -ს თვლიან გასაზომი სიდიდის ყველაზე საიმედო მნიშვნელობად.

ერთი და იგივე სიდიდის განაზომთა რიგის სიზუსტის ხარისხის შეფასებისათვის საკმარისი არა მარტო განაზომთა ცდომილებების საშუალო არითმეტიკულის ცოდნა. ეს პირველ რიგში დაკავშირებულია იმასთან, რომ საშუალო არითმეტიკულის განსაზღვრისას განაზომთა რიგში შეიძლება არ აღიბეჭდოს სხვადასხვა ნიშნის შედარებით მსხვილი ურთიერთკომპენსირებადი ცდომილებები.

გერმანელი მეცნიერის **კ.ფ. გაუსის (1777-1855)** მიერ შემოთავაზებული განაზომთა სიზუსტის შეფასების კრიტერიუმი – **განაზომთა საშუალო კვადრატული ცდომილება**, არაა დამოკიდებული ამ ტიპის ცდომილებებისაგან და გამოისახება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}$$

სადაც $[\Delta^2] = \Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2$, - ჭეშმარიტი ცდომილებებია.

რადგანაც გასაზომი სიდიდის ჭეშმარიტი მნიშვნელობა X ხშირ შემთხვევაში უცნობია, m საშუალო კვადრატულ ცდომილებას ითვლიან l_i განაზომთა ცალკეული შედეგების \bar{x} საშუალო არითმეტიკულისაგან δ_i გადახრებით, $\delta_i = l_i - \bar{x}$. ამ შემთხვევაში გამოიყენება გერმანელი ასტრონომის **ფ. გ. ბესელის (1784-1846)** ფორმულა:

$$m = \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n-1}} \quad \text{II.25}$$

საშუალო არითმეტიკულის საშუალო კვადრატული ცდომილება გნისაზღვრება ფორმულით:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} \quad \text{II.26}$$

ეი საშუალო არითმეტიკულის საშუალო კვადრატული ცდომილება \sqrt{n} -ჯერ ნაკლებია ცალკეული განაზომის საშუალო კვადრატული ცდომილებაზე.

ხაზოვანი გაზომვებისას მათი შედეგების საბოლოო სიზუსტე ხასიათდება ფარდობითი ცდომილებით, რომელიც გაზომვის ერთი შედეგისათვის გამოითვლება ფორმულით:

$$f_{\text{ფარ}} = \frac{m}{\bar{X}} = \frac{1}{\bar{X} : m} \quad \text{II.27}$$

საშუალო არითმეტიკულისათვის II.27 მიიღებს სახეს:

$$\bar{f}_{\text{ფარ}} = \frac{M}{\bar{X}} = \frac{1}{\bar{X} : M} \quad \text{II.28}$$

განაზომთა რიგის უხეში ცდომილებებისაგან განთავისუფლების მიზნით მიმართავენ **გასამზავებელ ზღვრული ცდომილებას**

$$\bar{f}_{\text{ზღვ}} = 3m \quad \text{II.29}$$

უფრო ზუსტი და საპასუხისმგებლო გაზომვებისას

$$\bar{f}_{\text{ზღვ}} = 2m$$

მაგალითი. ადგილზე ხაზის ხუთჯერადი გაზომვის ცხრ. II.5-ში მოცემული შედეგების მიხედვით განვსაზღვროთ მათი საშუალო არითმეტიკული და შევაფასოთ განაზომთა ცალკეული შედეგებისა და საშუალო არითმეტიკულის სიზუსტე.

გამოვიყენოთ ფორმულები 2.21, 2.22, 2.23 და ცხრ. 2.5-ის მონაცემები, მივიღებთ:

საშუალო არითმეტიკული $\bar{I} = 160,44:5 = 32,09$ მ;

ერთი განაზომის საშუალო კვადრატული ცდომილება $m = \sqrt{\frac{10}{(5-1)}} = 1,55$ სმ;

საშუალო არითმეტიკულის საშუალო კვადრატული ცდომილება $M = \frac{1,55}{\sqrt{5}} = 0,69$ სმ;

ფარდობითი ცდომილება $f_{ფარ} = \frac{1,55}{32,09} = \frac{1}{2070}$ სმ;

საშუალო არითმეტიკულისათვის

ცხრ. 2.5

განაზომთა №	X_i ხაზის გაზომ- ვის მნიშვნელობა I_i , მ	$\delta = I_i - \bar{I}$, სმ	δ^2 , სმ ²
1	32,11	+2	4
2	32,08	0	0
3	32,10	+1	1
4	32,08	-1	1
5	32,07	-2	4
6	160,44	0	10

$$\bar{f}_{ფარ} = \frac{0,63}{32,09} = \frac{1}{5094} \approx \frac{1}{5000}$$

ერთი განაზომის ზღვრული ცდომილება II.29 ფორმულის თანახმად $\bar{f}_{ზღვ} = 3,1,55 = 4,65$.

უდიდესი გადახრა $\delta = 2$ სმ, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ გაზომვები შესრულებულია უხეში ცდომილებების გარეშე.

ხშირად პრაქტიკაში ერთგვაროვან სიდიდეებს ორჯერ ზომავენ; ასეთ შემთხვევაში მათი სიზუსტე ფარდობითი ცდომილების მის დასაშვებ მნიშვნე-

ლობასთან შეფარდებით ფასდება.

$$f_{ფარ} = f_{აბს} / \bar{x} = 1 / \bar{x} \cdot f_{აბს} \quad \text{II.30}$$

სადაც,

$$f_{აბს} = |l_1 - l_2|, \quad \bar{x} = \frac{l_1 + l_2}{2} \quad \text{II.31}$$

$$f_{ფარ} \leq f_{ფარ.დას.} \quad \text{II.32}$$

მაგალითი. AB ხაზის სიგრძის ორჯერადი გაზომვის შედეგები $l_1 = 123,36$ მ და $l_2 = 123,34$ მ, დასაშვები ფარდობითი ცდომილება $f_{ფარ} = 1/2000$. ამ შემთხვევაში $f_{აბს} = 123,36$ მ - $123,34$ მ = $0,02$ მ

$$\bar{l} = (123,36 \text{ მ} + 123,34 \text{ მ}) / 2 = 123,35 \text{ მ}$$

$$f_{ფარ} = 1 / (123,35 \text{ მ} : 0,02) = 1 / 6167 < 1 : 2000$$

გამოთვლილი ფარდობითი ცდომილება ნაკლებია დასაშვებზე, რაც მიუთითებს ჩატარებული გაზომვების სისწორეზე.

ცდებით დადასტურებულია, რომ ალბათი E ცდომილება M საშუალო კვადრატული ცდომილების $\frac{2}{3}$ -ის ტოლია. ე.ი.

$$E = \frac{2}{3} M = 0,66 \quad \text{II.33}$$

II.9.4. გაზომვების სიზუსტის შეფასების მეთოდები

არატოლზუსტი გაზომვებისას, როცა ყოველი განაზომის შედეგი არ შეიძლება ჩაითვალოს ერთნაირად, მარტივი საშუალო არითმეტიკულის განსაზღვრა საკმარისი არ არის. ამ შემთხვევაში მხედველობაშია მისაღები ყოველი შედეგის საიმედოობა.

არატოლზუსტი გაზომვების შედეგების შეფასებისას შემოაქვთ **განაზომის წონის** ცნება, რომელიც განსაზღვრავს განაზომის შედეგის საიმედოობის ხარისხს. რაც უფრო საიმედოა შედეგი მით მეტია მისი წონა. ცხადია, საშუალო არითმეტიკულს ექნება მეტი

წონა ვიდრე ერთეულ განაზომს. განაზომთა შედეგების წონად ღებულობენ მათი შესაბამისი საშუალო კვადრატული ცდომილების კვადრატის უკუპროპორციულს ე.ი. $p=c/m$, სადაც c - განაზომთა მოცემული რიგისათვის რომელიმე მუდმივი ციფრია.

თუ ავლნიშნავთ P -თი n გაზომვისაგან მიღებული საშუალო არითმეტიკულის წონას, ეს დამოკიდებულება შეიძლება ასე ჩავწეროთ:

$$P/p = m^2/M = m^2/(m/\sqrt{n})^2 = n \quad \text{II.34}$$

ეი საშუალო არითმეტიკულის წონა n - ჯერ მეტია ცალკეული განაზომის შედეგის წონაზე.

ხშირად ერთი განაზომისაგან მიღებული შედეგის წონას ღებულობენ ერთის ტოლს, ხოლო n ასეთი განაზომებისაგან მიღებულს კი n -ის ტოლად.

უთქვათ რაღაც სიდიდე X გაზომილია n -ჯერ განსხვავებულ პირობებში და მიღებულია $X_i (i = \bar{1}, \bar{n})$ მნიშვნელობები შესაბამისად $P_i (i = \bar{1}, \bar{n})$ წონებით. მაშინ ყველაზე მოსალოდნელი მნიშვნელობა იქნება წონითი საშუალო ან საერთო საშუალო არითმეტიკულის წონა, რომელიც გამოითვლება ფორმულით;

$$x_0 = \frac{(l_1 p_1 + l_2 p_2 + l_3 p_3 + \dots + l_n p_n)}{(p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n)} = \frac{[l_p]}{[p]} \quad \text{II.35}$$

საშუალო კვადრატული ცდომილება μ , რომელიც შეესაბამება იმ გაზომვის შედეგს, რომლის წონად მიღებულია \square ერთი, ან ე.წ. წონის ერთეულის საშუალო კვადრატული ცდომილება განისაზღვრება ფორმულით

$$\mu = \sqrt{\frac{(p_1 v_1 + p_2 v_2 + p_3 v_3 + \dots + p_n v_n)}{n-1}} = \sqrt{\frac{p v^2}{n-1}} \quad \text{II.36}$$

სადაც $v_i = x_i - x_0$ - განაზომთა ცალკეული შედეგების საერთო საშუალო არითმეტიკულისაგან გადახრაა.

თუ ავლნიშნავთ საერთო საშუალო არითმეტიკულს M_0 , რომლის წონა ტოლია $[p]$, მაშინ

$$M_0 = \frac{\mu}{\sqrt{[p]}} \quad \text{II.37}$$

მაგალითი. ცხრ.2.6. მონაცემების მიხედვით განვსაზღვროთ წონითი საშუალო, წონის ერთეულის საშუალო კვადრატული ცდომილება და წონითი საშუალოს საშუალო კვადრატული ცდომილება.

(II.34), (II.35) და (II.36) ფორმულების მიხედვით მივიღებთ

$$\bar{\beta} = 56^\circ 12' + (08'' \cdot 2 + 06'' \cdot 5 + 10'' \cdot 3 + 07'' \cdot 4 + 11'' \cdot 1) / (2 + 5 + 3 + 4 + 1) = 56^\circ 12' 07''$$

$$\square \mu = +\sqrt{45 / (5-1)} = 3,35; M_0 = 3,35'' / 15 = 0,9''$$

ცხრ; II.6

განაზომთა N	გაზომილი კუთხეები	გაზომვების რიცხვი n	$p = \frac{n}{3}$	v	v^2	$p v^2$
1	6° 12' 08'	6	2	0	0	0
2	6° 12' 06'	15	5	-2	4	0
3	6° 12' 10'	9	3	2	4	2
4	6° 12' 07'	2	4	1	1	4
5	6° 12' 11'	3	1	3	9	9
	=56°12'08		$\Sigma=15$			45

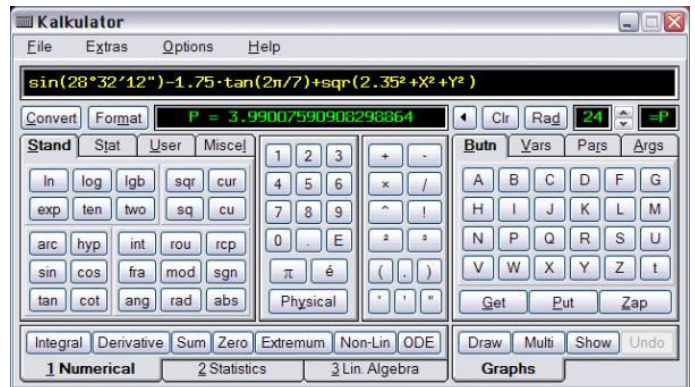
II.9.5. გეოდეზიური ბამოთვლების საფუძვლები

გამოთვლები, ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოების ძირითადი შემადგენელი ნაწილია. გეოდეზიური გაზომვებისა და შემდგომი გამოთვლების საფუძველზე ღებულობენ წერტილთა კოორდინატებს, ადგილმდებარეობის ხაზების ჰორიზონტალურ ქვედებულებს, სიმაღლეების ნიშნულებსა და სხვა მონაცემებს.

გამოთვლებისას მნიშვნელოვანია მათემატიკურ მოქმედებათა თანმიმდევრობის (ალგორითმი) მიღება და საჭირო ტექნიკური საშუალება (გამომთვლელი მოწყობილობა), რომლებსაც მიეკუთვნება: ელექტრონული გამოთვლელი მანქანები (ეგმ), კომპიუტერები, მაგიდის გამოთვლელი მანქანები, მიკროკალკულატორები, მათემატიკური ცხრილები, გრაფიკები (ნომოგრამები). მათი შერჩევა დამოკიდებულია სირთულეზე, სამუშაოს მოცულობაზე და საბოლოო შედეგის სიზუსტის მოთხოვნაზე. მაგალითად, დახრილი ხაზების ქვედღებულის ან კოორდინატთა ნაზრდების გამოსათვლელად საკმარისია ჩვეულებრივი მიკროკალკულატორი ან კომპიუტერში არსებული პროგრამა “კალკულატორის”, გამოყენება. იმისათვის, რომ გამოვიტვალოთ თეოდოლიტური სვლისათვის კოორდინატთა ნაზრდები ΔX და ΔY საკმარისია ვისეულმდგვანელოთ II.7 ცხრილში წარმოდგენილი პროგრამული გამოთვლების ორგანიზაციის თანმიმდევრობით.

პროგრამა „კალკულატორი“ ცხრ. II.7

სამართავი ბრძანებები $\Delta X = S \cos \alpha$	კლავიშები კალკულატორზე
α (კუთხე)	ციფრების ველში
F(ფუნქცია)	მარცხენა ველის ზემოთ მერვე
cos	მარცხენა ველში მე-5 რიგი, მე-2 სვეტი
• (გამრავლება)	პიქტოგრამების ველი მე-5 რიგი, მე-2 სვეტი
S	ციფრების ველი



კითხვები გამეორებისათვის:

1. რას შეისწავლის ტოპოგრაფია და გეოდეზია?
2. დაასახელეთ ტოპოგრაფიული რუკის დამახასიათებელი ნიშნები;
3. მეცნიერების რომელ დარგებთან აქვთ კავშირი ტოპოგრაფიასა და გეოდეზიას?
4. ამოცანები, რომელთა გადაწყვეტასთან კავშირი აქვთ ტოპოგრაფიასა და გეოდეზიას;
5. მოკლედ მიმოიხილეთ ტოპოგრაფიისა და გეოდეზიის განვითარების ისტორია;
6. რას ეწოდება ძირითადი დონებრივი ზედაპირი? გეოიდი? დედამიწის ელიფსოიდი? რა არის შვეული ხაზი? ნორმალის? შვეული ხაზის გადახრის კუთხე?
7. დაასახელეთ დედამიწის ელიფსოიდის ზომები, ფარდობითი შეკუმშულობა;
8. რას ეწოდება რეფერენც-ელიფსოიდი? მისი ორიენტირების წერტილი?
9. დაასახელეთ დედამიწის ფიგურისა და ზომების განსაზღვრის მეთოდები;
10. განსაზღვრეთ გეოდეზიური ქსელის დანიშნულება, ჩამოთვალეთ მისი სახეები;
11. დაასახელეთ სხვადასხვა გეოდეზიური ქსელების დაკავშირების მეთოდები?
12. რას ეწოდება ფარდობითი ზედაპირი? ჰორიზონტალური და ორთოგრაფიული პროექციები? ჰორიზონტალური ქვედღებული?
13. რას ეწოდება რუკის მასშტაბი? მოიყვანეთ მაგალითები;
14. როგორია დედამიწის სიმრუდის გავლენა მისი სიბრტყეზე გადატანისას გაზომილ მანძილებზე? სიმაღლეებზე? კუთხეებზე? (სფერული ექსცესი). რას ეწოდება ტოპოგრაფიული გეგმა?
15. ასხენით გეოგრაფიულ კოორდინატთა სისტემის არსი. ნახაზზე უჩვენეთ ეკვატორი, საწყისი მერიდიანი, პოლუსები და მოცემულ წერტილზე გამავალი პარალელი და მერიდიანი; ამ წერტილის გეოგრაფიულ კოორდინატები – გრძედი და განედი;
16. რას ეწოდება მერიდიანისა და პარალელის სიბრტყე? (ასტრონომიული, გეოდეზიური); განსაზღვრეთ გრძედი და განედი (გეოდეზიური, ასტრონომიული);
17. რას ეწოდება მერიდიანების შეახლოება? ნახაზზე უჩვენეთ შეახლოების კუთხე; მისი მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობები;

18. განსაზღვრეთ ბრტყელი მართკუთხა გეოდეზიურ კოორდინატთა სისტემის არსი; რას ჰქვია საკოორდინატო ღერძები? აბსცისა და ორდინატა?
19. განსაზღვრეთ პოლარულ კოორდინატთა სისტემის არსი; რა არის ტოპოცენტრული სისტემა? პოლარული კოორდინატები?
20. რას ეწოდება წერტილის სიმაღლე? (ორთომეტრული და გეოდეზიური), ნიშნული? აბსოლუტური და პირობითი სიმაღლე?, ამაღლება? რა არის გეოდეზიური კოორდინატები?
21. განმარტეთ პირდაპირი და შებრუნებული გეოდეზიური ამოცანის არსი; შეადგინეთ ნახაზი და უჩვენეთ კოორდინატთა ნაზრდები, მათი ნიშნები მეოთხედების მიხედვით;
22. რას ნიშნავს ხაზების ორიენტირება? ორიენტირების საწყისი ხაზები და სიბრტყეები? რა კავშირია ორიენტირების კუთხეებს შორის? რას ეწოდება მაგნიტური ისრის მიხრილობა? ორიენტირების პირდაპირი და შებრუნებული კუთხეები? როგორ ხდება რუმბების გადაყვანა დირექციულ კუთხეებში და პირიქით?
23. ზომის რა ერთეულები გამოიყენება ტოპოგრაფიასა და გეოდეზიაში?
24. მოახდინეთ ტოპოგრაფიულ-გეოდეზიურ პრაქტიკაში გამოყენებული ფიზიკური სიდიდეების კლასიფიკაცია;
25. რას ეწოდება ტოლზუსტი და არატოლზუსტი გაზომვები?
26. რას ეწოდება აუცილებელი და ჭარბ გაზომვათა რიცხვი?
27. განსაზღვრეთ გასაზომი სიდიდის ჭეშმარიტი მნიშვნელობის არსი; რას ეწოდება ჭეშმარიტი ცდომილება?
28. მოახდინეთ განაზომთა ცდომილებების კლასიფიკაცია. განმარტეთ საშუალო არითმეტიკულის არსი. რას ეწოდება პირობითი ნული? ფლუქტუაცია?
29. განმარტეთ საშუალო კვადრატული, ფარდობითი და ზღვრული ცდომილებების არსი
30. რას ეწოდება საშუალო არითმეტიკულის საშუალო კვადრატული ცდომილება?
31. განმარტეთ განაზომთა წონის არსი;
32. როგორ დამოკიდებულებაშია გაზომვის ერთი შედეგის წონა საშუალო არითმეტიკულის წონასთან?

თავი III. გეოდეზიური ბაზომეზები ალბილზე

ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოების შესრულებისას აუცილებელი ხდება დედამიწის ზედაპირზე სხვადასხვა სახის ბაზომეზების ჩატარება. მსხვილმასშტაბიანი ტოპოგრაფიული რუკების, მათი ელექტრონული ანალოგების, გეგმებისა და ადგილმდებარეობის ციფრული მოდელების მისაღებად შესრულებული აგეგმვების პროგრამით, სხვადასხვა სახის საძიებო, საპროექტო, საინჟინრო და სხვა გეოდეზიური სამუშაოების წარმოებისას ადგილზე ჩასატარებელია მთელი რიგი სამუშაოები, რომლის ძირითადი ნაწილი ბაზომეზებისაგან შედგება.

ტოპო-გეოდეზიური ბაზომეზების უშუალო ობიექტებია: **მანძილები** - დახრილი, ჰორიზონტალური და მართობული (მანძილები რელიეფის წერტილების სიმაღლეებს შორის). **კუთხეები** - ჰორიზონტალური და ვერტიკალური. ამ ბაზომეზების შესრულებისას გამოიყენება სხვადასხვა სახის გეოდეზიური ხელსაწყოები და სისტემები, რომელთა შერჩევას ბაზომეზის შედეგების სიზუსტე და ადგილმდებარეობის პირობები განაპირობებს.

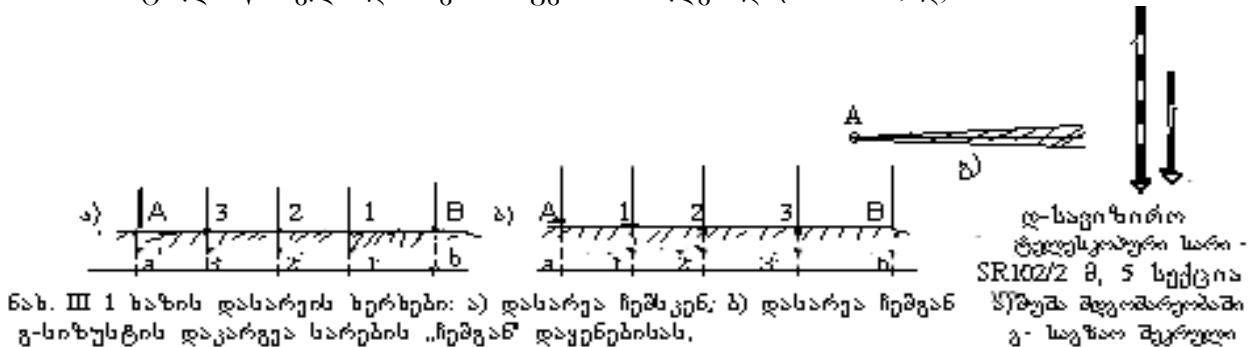
§III.1. ალბილზე ხაზების სიგრძეების ბაზომეზა.

III.1.1 ცნება ხაზების ბაზომეზაზე

გასაზომი ხაზის შედარების პროცესს სხვა, რომელიმე ეტალონურ სიდიდესთან **ხაზის სიგრძის ბაზომეზა** ეწოდება. ადგილზე ხაზის სიგრძის ბაზომეზის ხერხის შერჩევა დამოკიდებულია გამოყენებულ ხელსაწყოზე, ბაზომეზის სიზუსტის მოთხოვნაზე და ადგილმდებარეობის პირობებზე. ხაზების ბაზომეზა გასაზომი ხაზის გასწვრივ ხელსაწყოს (**მიწის საზომი ბაფთა, ხეულა, სიგრძემზომი, ინვარის მავთული**) უშუალოდ ჩადებით ხდება. სპეციალური ხელსაწყოები - **მანძილმზომები** კი ამ ამოცანას წყვეტენ ადგილმდებარეობის შეუცვლელად. ისინი იყოფა **ობტიკურ** და **ფიზიკურ** მანძილმზომებად. იმ ხაზის სიგრძე რომელს ბაზომეზა უშუალოდ მოუხერხებელია, შეიძლება მივიღოთ გამოთვლებით, აუცილებელი მონაცემები რომლისათვის მიიღება ირიბი ბაზომეზების საფუძველზე.

III.1.2. ბაზომეზების ჩატარების მეთოდიკა

ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოების ჩატარებისას ხაზოვანი ბაზომეზების შესრულების წინ აუცილებელია სწორი ხაზების მდებარეობის დადგენა, მათი ადგილზე შემდგომი დანიშნითა და დამაგრებით. შედარებით გრძელ ხაზებზე განაპირა წერტილებს შორის ხილვადობის შემთხვევაში ბაზომეზის სიზუსტის ამაღლებას ხელს შეუწყობს ხაზის საგ-დულის ვერტიკალურ სიბრტყეში დამატებითი სარების დაყენება. ამ პროცესს **დასარვა** ეწოდება. დასარვისას გამოიყენება ხის ან მეტალის 2,0 მ. სიგრძისა და 3,5-4,0 სმ დიამეტრის **სარები** მეტალის ბოლოთი, რომელიც შედგებილია 20-20 სმ-ის ტოლი წითელი და თეთრი ფერის ზოლებად (ნახ. III.1, დ).

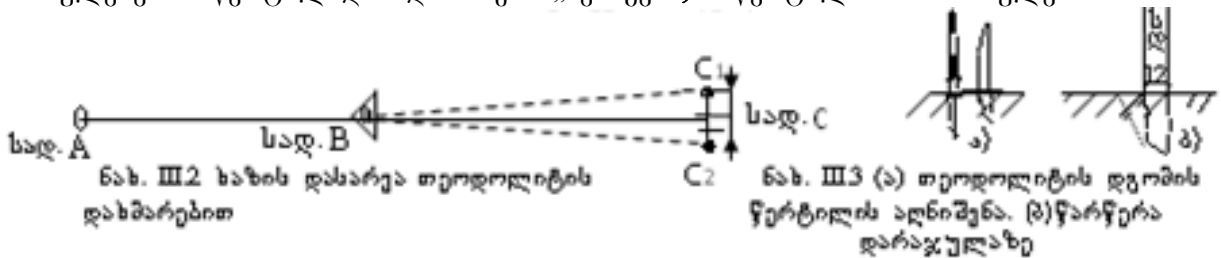


დასარვა შეიძლება შესრულდეს „თვალდათვალ“, ბინოკლის ან თეოდოლიტის ჭოგრის დახმარებით; სარებს განათავსებენ ერთმანეთისაგან 40-დან 100მ-მდე

დაშორებით, რელიეფის სირთულის, ხილვადობისა და სამუშაოს დანიშნულების მიხედვით.

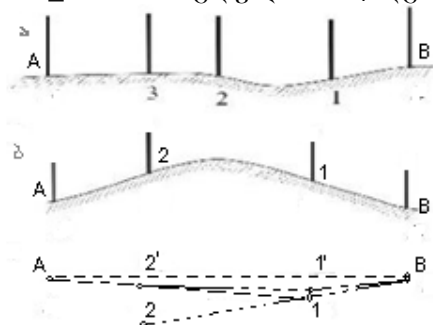
„თვალდათვალ“ ან ბინოკლით დასარვისას სარების ჩაყენება შეიძლება დავიწყოთ როგორც ხაზის ბოლოდან (*დასარვა ჩემსკენ*), ისე დასაწყისიდან (*დასარვა ჩემგან*). პირველ შემთხვევაში დამკვირვებელი დგება A წერტილში და უყურებს B სარს (ნახ. III.1, ა). მისი მითითებით დამხმარე აყენებს 1 სარს ისე, რომ მან გადაფაროს B სარი; ანალოგიურად ხდება 2, 3 და სხვა სარების ჩაყენება. მეორე შემთხვევაში სარების ჩაყენება პირიქით, ხაზის საწყისიდან იწყება (ნახ. III.1, ბ) და ის უფრო ნაკლები სიზუსტით გამოირჩევა.

იმ შემთხვევაში, როცა სწორი ხაზის წერტილების მდებარეობის მონიშნვა ადგილზე განსაკუთრებულ სიზუსტეს მოითხოვს, *დასარვას ასრულებენ თეოდოლიტის დახმარებით*. ამისათვის თეოდოლიტს დააყენებენ დგომის A წერტილზე, ხელსაწყოს მუშა მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ გაორიენტირებენ მოცემული მიმართულებით (ნახ. III.2). გამოიტანენ B წერტილს ხაზის საგდულში, რაც შეიძლება ამაღლებულ ადგილას, საიდანაც ორივე მხარეს უზრუნველყოფილია ხედვა შორ მანძილზე და ასრულებენ B წერტილიდან დასარვას „ჩემსკენ“, A წერტილის მიმართულებით.

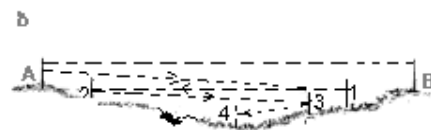


დგომის წერტილებს განათავსებენ ერთმანეთისაგან 200-დან 500მ-მდე და აღნიშნავენ ხის პალოებით, რომლის თავზე დასობილი ლურსმნის „ქუდი“ აღნიშნავს მოცემულ სადგურს და გვერდზე უყენებენ „დარაჯულას“, ნომრის მითითებით (ნახ. III.3). დგომის A წერტილზე დააყენებენ სარს და გადადიან ინსტრუმენტთან ერთად დგომის B წერტილზე, სადაც აყენებენ თეოდოლიტს და მუშა მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ სამხურ მილს მიმართავენ A წერტილისაკენ, ძაფთა ბადის ჯვარედინს უთავსებენ სარის ქვემოთა ცენტრალურ ნაწილს. გადაატარებენ ჭოვრს ზენიტზე და პირველი მიახლოებით გამოაქვთ C₁ წერტილი. C წერტილის მდებარეობის მეტი სიზუსტით განსაზღვრის მიზნით ღიბბს ან ალიდადას აუშვებენ და ხელსაწყოს ისევ მიმართავენ A წერტილისაკენ. იმეორებენ იგივე პროცედურას, რაც წინა შემთხვევაში რომლის შედეგად დებულობენ C₂ წერტილის მდებარეობას. C₁ C₂ მანძილის გაყოფით დებულობენ დგომის C წერტილის საბოლოო, დაზუსტებულ მდებარეობას და აღნიშნავენ მას ადგილზე წერტილითა და დარაჯულათი. ამის შემდეგ გადადიან დგომის C წერტილისაკენ და ასე შემდეგ, გასაზომი ხაზის ბოლომდე.

გასაზომი ხაზის ბოლოებს შორის ხედვის უქონლობისას მიმართავენ *საგდულთან თანდათანობით მიახლოების მეთოდს*. მაგალითად, A და B წერტილებს შორის უშუალო მხედველობას ხელს უშლის ბორცვი (ნახ. III.4); AB ხაზის ბოლოებზე დგებიან დამკვირვებლები, 1 და 2 წერტილებზე კი დამხმარეები სარებით. 1 დამხმარეს გამოყავს 2 სარი 1 A საგდულში (მდგომარეობა 2'). დამხმარეს 2' სარით გამოყავს 2'



ნახ. III. 4. ხაზების დასარვა ბორცვზე

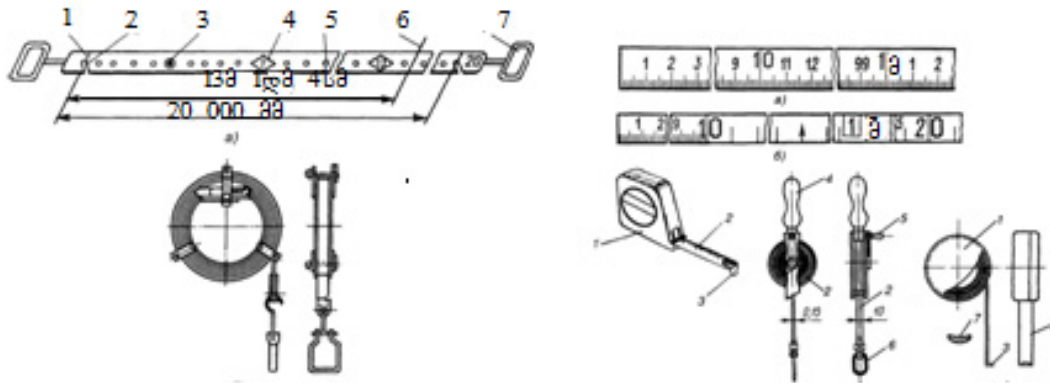


ნახ. III. 5. ხაზების დასარვა ხრამზე

- B საგდულში სარი 1 და ასე შემდეგ, მანამდე სანამ 1, 2 სარები არ აღმოჩნდებიან AB ხაზის საგდულში. ხრამზე ხაზის დასარვას აწარმოებენ საფეხურებად (max. III.5).

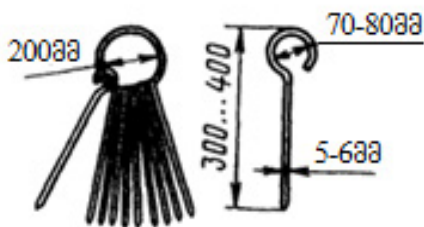
III.13. ხაზის სიბრძის ბასახომი ხელსაწყოები

ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოების შესრულებისას ფართოდ გამოიყენება *მიწის საზომი ბაფთები* (ნახ. III.6) და *ფოლადის ხვეულები*. (ნახ. III.7) მიწის საზომი ბაფთების სიგრძე 20, 24 და 50 მეტრს შეადგენს. ბაფთას ამზადებენ ფოლადის 10–20 მმ სიფართისა და 0,4-0,5 მმ სისქის ზოლისაგან. ხვეულების სიგრძე შეადგენს 5, 10, 20, 30 და 50 მ.



ნახ. III.6, ა- მიწის საზომი ბაფთა 13; ა-მიწის საზომი ბაფთა, სახელურით; ბ-ბაფთა სატრანსპორტო მდგომარეობაში გ-რკინის ჩხირების კომპლექტი. 1 - შტრიხი, 2 - ნაკვეთური, 3 - მოქლომი, 4 - ფირფიტა, 5 - ნახვრეტი, 6 - ხაზი სადამდეც შესრულებულია გაზომვა, 7 - სახელური

ნახ. III.7 - ხვეულები: 1- ფოლადის, 50-მეტრიანი; 2-ზონარის 10-მეტრიანი ა, ბ - დანაყოფების სახეები, გ - ჯიბის, ავტომატური; დ- ორთითაზე; ვ - ფუტლარში. 1 - ფუტლარი, 2- ტილო, 3 -დაბოლოებები ფიქსაციისათვის 4, 5 - სახელურები, 6 - რგოლი, 7 - ჭრილის დარული სახე



მანძილს (*ნომინალური სიგრძე*). ციფრირებული ბალტებით (ციფრირებულია ერთ ნახ. III. 6, ბ ფოლადის ჩხირები

მიწის საზომი ბაფთის კომპლექტში შედის: საკუთრივ ბაფთა მეტალის ჩარჩოთი, 6 ან 11 ცალი ფოლადის ჩხირი (ნახ.III.6. ვ). ლენტას სახელურებთან 1 თავსა და ბოლოში მორგებული აქვს სპილენძის ირიბად ამოჭრილი ფირფიტები 2 ჩხირებზე მოსადებად და ამოღარული შტრიხები. ბაფთის საერთო სიგრძედ ღებულობენ ამ შტრიხებს შორის ყოველი მეტრი ბაფთაზე აღნიშნულია თითბრის 3

მხარეზე პირდა პირი მიმართულებით 1, 2, 3. . . 19, მეორე მხარეზე - შებრუნებული რიგით). ნახევარი

მეტრები მონიშნულია მეტალის მოქლომით 4, ხოლო დეციმეტრები - ბაფთის ღერძზე განლაგებული 5 გამჭოლი ნახვრეტებით. სანტიმეტრების ათვლას აწარმოებენ „თვალდათვად“ ან სახაზავის დახმარებით.

მიწის საზომი ბაფთა და ფოლადის ხვეულა საშუალებას იძლევა მანძილები გაიზომოს 1:2000 ფარდობითი ცდომილებით. გაზომვის სიზუსტის ამაღლება შესაძლებელია სკალური ტიპის ბაფთის გამოყენებით, რომლის ბოლოებზე მოთავსებულია 10-15 სმ სიგრძის სკალა სანტიმეტრებიანი და მილიმეტრებიანი დანაყოფებით. გარდა ამისა, სიზუსტის ამაღლების მიზნით, ბაფთას ემატება დამხმარე მოწყობილობანი: ზამბარიანი დინამომეტრი, დანებით, ნემსებით და თერმომეტრით. დამატებითი მოწყობილობის გამოყენებით ხაზის გაზომვის ფარდობითი ცდომილება შეიძლება 1:5000-დე შევამციროთ.

საინჟინრო ნაგებობათა პროექტირებისა და მშენებლობის პრაქტიკაში წარმატებით გამოიყენება სხვადასხვა კონსტრუქციისა და მასალისაგან დამზადებული ხვეულები:

მეტალის, დახურულ კორპუსში 10, 20, 30 და 50მ სიგრძის. ჯვარედინაზე 50, 75 და 100მ; ე.წ. ჩანგალზე 20, 30 და 50მ; სხვადასხვა სიგრძის თასმის.

დაკიდებული ტიპის ხელსაწყოებიდან მაღალი სიზუსტის გაზომვებისათვის გამოიყენება **ინვარის მავთული**, რომელიც მზადდება რკინისა და ნიკელის შენადნობისაგან და ახასიათებს ძალიან მცირე ხაზოვანი გაფართოების კოეფიციენტი. გაზომვის პროცესში მისი ძირითადი ნაწილის – 24 მეტრიანი მავთულის – გაჭიმვა ხდება თანმიმდევრობით, ხაზის გასწვრივ ტოლი მანძილებით განთავსებულ, მეზობლად მდებარე შტატივებს შორის. ინვარის მავთულით გაზომვების ჩატარება მოითხოვს შრომისა და დროის დიდ დანახარჯებს ამიტომ დღეისათვის გეოდეზიური გაზომვების პრაქტიკაში ეს ხელსაწყო თითქმის არ გამოიყენება.

სიგრძეზომიც დასაკიდი ტიპის ხელსაწყოა და შედგება 500მ სიგრძის ფოლადის მავთულისაგან, რომელსაც გაჭიმავენ ორ ფიქსირებულ წერტილებს შორის. გაზომვის პროცესში მავთულზე გაატარებენ სპეციალურ მოწყობილობას, რომლის ძირითადი ნაწილებია მზომი ფირფიტა და ამთვლელი მექანიზმი, რომელიც საშუალებას იძლევა გაზომვის პროცესში დაადგინოს ფირფიტის შემოტრიალების რაოდენობა გატარებულ მონაკვეთზე.

ხაზების გაზომვისას საგეომობილო გზებზე, ქალაქის ქუჩებზე და სხვა მყარი საფარის არსებობის პირობებში ეფექტურია **საზომი ბორბლის (საველე კურვიმეტრი)** გამოყენება, რომელიც უზრუნველყოფს გაზომვას 1:1000 ფარდობითი ცდომილებით (ნახ.III.8).

დღეისათვის რიგ ქვეყნებში აწარმოებენ ელექტრონულ საზომ ბორბლებს მაგნიტური გადამცემით, რომელსაც აქვს მინი-კომპიუტერი დისპლეითა და კლავიატურით (ნახ.III.9).



ნახ. III. 8. საზომი ბორბალი SK3: ა – მუშა მდგომარეობაში; ბ – შეკრული



ნახ. III. 9. საზომი ელექტრონული ბორბალი F20

ნიკელის შენადნობისაგან სხვადასხვა მოდიფიკაციით დამზადებული ეს ხელსაწყოები მსუბუქი, მოხერხებული და შედარებით იაფი საზომი საშუალებაა. აქვთ რა გაზომვის ერთი პრინციპი, ბორბლები განსხვავდებიან დიაპაზონითა და სიზუსტით. მათში ჩადებულია ხაზის წინ და უკანა მიმართულებით გაზომვის, ანათვლის შენარჩუნებისა და ნულზე ჩამოგდების საშუალება.

გაზომვის წინ მზომი ხელსაწყოს მუშა სიგრძეს ადარებენ **ეტალონურ (საკონტროლო) ზომას**, რომლის სიგრძე დიდი სიზუსტითაა ცნობილი. ამ პროცესს **კომპარირება** ეწოდება. კომპარირებას ასრულებენ სპეციალურ მოწყობილობა – კომპარატორზე, საველე ან სტაციონალურ პირობებში.

საველე კომპარატორი წარმოადგენს სწორ ადგილას დამაგრებულ 100 - 120მ სიგრძის ბაზისს, რომლის ბოლოებს ხანგრძლივი შენახვისათვის ამაგრებენ მიწისპირა-მდე ჩაფლული ბეტონის პირამიდებით. პირამიდების ზედა ბოლოებში დამონტაჟებულია რკინის მარკები ჯვარედინული ნიშნებით. კომპარატორის სიგრძეს განსაზღვრავენ ნორმალური (საკონტროლო) ბაფთით, რომლის სიგრძე დიდი სიზუსტითაა ცნობილი, ან სხვა სახის უზუსტესი ხელსაწყოთი (შუქმანძილმზომით). ბაფთით გაზომვისას ხელსაწყო უნდა იყოს მუდმივად დაჭიმული დინამომეტრის დახმარებით. ნაშთის გასაზომად იყენებენ მილიმეტრებიან სახაზავს. კომპარატორის სიგრძედ ღებულობენ რამდენიმე გაზომვის საშუალო არითმეტიკულს. ანალოგიურ გაზომვას ახდენენ მუშა ბაფთითაც,

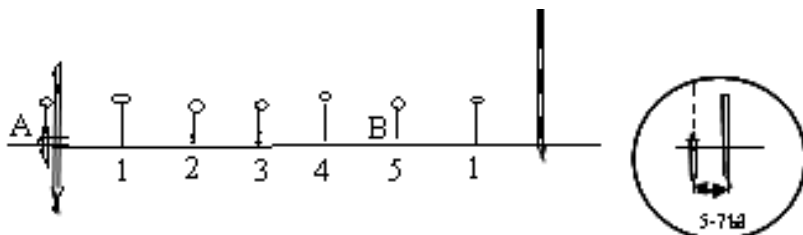
ადარებენ საშუალო შედეგს ეტალონთან და ნახულობენ კომპარირების ΔIK შესწორებას. მუშა ბაფთის სიგრძე ტოლი იქნება:

$$l=l_0 \pm \Delta IK$$

III.1

სადაც l – შესამოწმებელი ბაფთის სიგრძეა

ხაზის სიგრძის გაზომვას მიწის საზომი ბაფთით ასრულებს ორი შემსრულებელი. უკანა გამზომი იღებს ჩხირების კომპლექტიდან ერთს, ხოლო დანარჩენს გადასცემს წინა შემსრულებელს (ნახ. III.10). უკანა გამზომი ამაგრებს ჩხირით ლენტის ბოლოს საწყის წერტილზე, მიმართავს წინას ისე, რომ ბაფთა ჩაიდოს მკაცრად გასაზომი ხაზის საგდულში. ამის შემდეგ წინა გამზომი მსუბუქად შეარხევს ბაფთას, დაჭიმავს მას და ამაგრებს ჩხირით მის წინა ბოლოს 1 წერტილში. დაჭიმვისას უკანა გამზომი ფეხით აჭ-



ნახ. III.10 მიწის საზომი ბაფთით ხაზის სიგრძის გაზომვის სქემა

ერს ბაფთას, რათა აღკვეთოს მის გადაწევა. უკანა გამზომი იღებს ჩხირს, ხოლო წინა ტოვებს თავისას მიწაში და ორივე გადაინაცვლებს წინ ბაფთის სიგრძეზე. შემდეგ უკანა შემსრულებელი ამაგრებს ბაფთის ბოლოს 1 წერტილზე, პირველი გამზომის მიერ დატოვებულ ჩხირზე და მიმართავს პირველს ხაზის საგდულის გასწვრივ, რომელიც შეარხევს ბაფთას და ამაგრებს წინა ბოლოს 2 წერტილზე და გაზომვის პროცესი განმეორდება. გაზომვის მსვლელობისას უკანა შემსრულებელს ჩხირების რაოდენობა ეზრდება, ხოლო წინასთან მცირდება. **ჩხირების რაოდენობა უკანა შემსრულებელთან შეესაბამება ბაფთით გადაზომილი მონაკვეთების რაოდენობას.** წინა შემსრულებლის მიერ ბოლო ჩხირის დაყენების წერტილი შეესაბამება გასაზომ ხაზში ბაფთის ბოლო, მთლიან სიგრძეს. ბოლო ჩხირიდან ხაზის ბოლომდე მონაკვეთს განსაზღვრავენ 1სმ სიზუსტით.

გასაზომი ხაზის სიგრძეს განსაზღვრავენ ფორმულით

$$S_{\text{გას.}} = 20n + q,$$

III.2

სადაც n ჩხირების რაოდენობაა უკანა გამზომთან, q **ნარჩენის** სიგრძე.

ხაზს კონტროლის მიზნით ორჯერ ზომავენ და საბოლოო შედეგად მათ საშუალო არითმეტიკულს დებულობენ. ხელშემწყობი პირობებისას ორ განაზომს შორის სხვაობა არ უნდა იყოს 1:2000-ზე მეტი. საკონტროლო გაზომვისას ხშირად გამოიყენება სხვა ხაზის საზომი ხელსაწყო.

დახრილი ხაზის მოყვანა ჰორიზონტზე. ეკლიმეტრი. ტოპოგრაფიული გეგმების, განივი და გრძივი პროფილების შედგენისას ხაზის დახრილ ზედაპირზე გაზომვისას აუცილებელია ჰორიზონტალური პროექციის მოძებნა, რაც თავის მხრივ დახრის კუთხის განსაზღვრას მოითხოვს.

ჰორიზონტის მიმართ ν კუთხით დახრილი AB ხაზის (ნახ.II.11) ჰორიზონტალური პროექციის დასადგენად აუცილებელია ადგილზე გაიზომოს ბაფთით, ხეუულით ან მზომი ბორბლით მისი დახრილი მანძილი და AB ხაზის ჰორიზონტისადმი დახრის ν კუთხე.

დახრილი ხაზის $S = AB$ ჰორიზონტალური პროექცია $s = AC$ შეიძლება მივიღოთ ABC მართკუთხა სამკუთხედიდან ფორმულით:

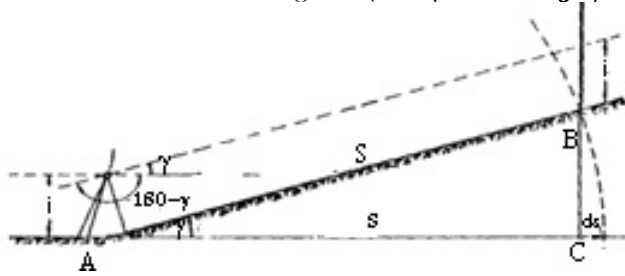
$$s = S \cos \nu$$

III.3

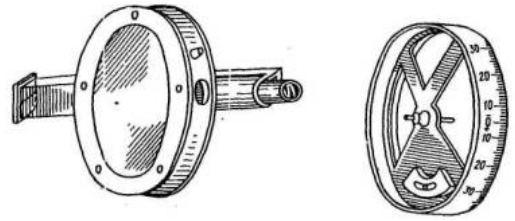
სიდიდეს

$$\Delta S = S - s = S - S \cos \nu = 2S \sin^2 \frac{\nu}{2}$$

ხაზის ჰორიზონტისადმი დახრის შესწორება ეწოდება



ნახ. III. 11. გაზომილი დახრილ ხაზის ჰორიზონტალური განსაზღვრის პროექციის სქემა



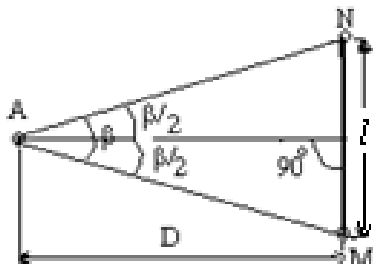
ნახ. III. 12. ეკლიმეტრი

ჰორიზონტისადმი დახრის კუთხეებს განსაზღვრავენ ოპტიკური თეოდოლიტის ვერტიკალური წრით ან სპეციალური პორტატიული ხელსაწყოს **ეკლიმეტრი** (ბერძნ. – *ekklinō* – გადავხრი და ფრანგ. *mètre* ... ბერძნ. – *Metreō* – ვზომავ) – **სიმაღლეზომის** (ნახ. III.12.) დახმარებით, რომელსაც აქვს ქანქარებიანი წრე.

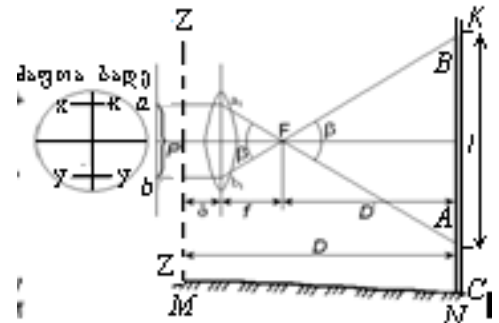
ადგილის AB ხაზის დახრის კუთხის ეკლიმეტრ-სიმაღლეზომით გაზომვისას წერტილზე დაყენებულ სარზე დამკვირვებლის თვალის დონეზე მონიშნულ სიმაღლეზე ხდება დგომის A წერტილიდან დამზირება, რომლის შემდეგ დილაკის დაჭერით ათავისუფლებენ წრეს და აითვლიან ვერტიკალური კუთხის მნიშვნელობას გრადუსებში.

აღმატების კუთხეებს წრის ცილინდრულ გარსაცავზე აქვთ დადებითი ნიშანი დახრის აღმატების და ნიშანი მინუსი - დადაბლების დახრის კუთხეებისათვის. ეკლიმეტრით დახრის კუთხეების გაზომვის ცდომილება $\pm 0,25^\circ$ შეადგენს. წრის გარსაცავზე დახრის კუთხეების სკალის გარდა აქვს აგრეთვე სკალა აღმატების მეტრებში განსაზღვრისათვის 15 და 20მ მანძილზე მდებარე წერტილებისათვის.

ოპტიკური მანძილზომებში მანძილის გაზომვისას გამოიყენება ოპტიკური ელემენტები, რომლებიც მანძილის დისტანციური ხერხით განსაზღვრის საშუალებას იძლევიან.



ნახ. III. 13. ოპტიკურ მანძილზომებში რეალიზებული პარალაქტიკური სამკუთხედის პრინციპი



ნახ. III. 14 ძაფებიანი ოპტიკური მანძილზომის მოქმედების პრინციპი.

კონსტრუქციული თავისებურებების მიხედვით ოპტიკური მანძილზომები იყოფა ძაფებიან და ორმაგი გამოსახულების მანძილზომებად. მანძილის გაზომვის პრინციპი იმ მართკუთხა ან ტოლგვერდა სამკუთხედის ამოხსნაზე დაფუძნებული, რომელიც შექმნილია დამკვირვებლის თვალსა და მანძილზომის ბაზისს შორის (მანძილის გაზომვის პარალაქტიკური მეთოდი) (ნახ. III.13) შემდეგი ფორმულით

$$D = \frac{l^2}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}$$

სადაც, D – გასაზომი მანძილია l – სამკუთხედის სიმაღლე, მანძილზომის ბაზა – სამკუთხედის ფუძე, ხოლო β პარალაქტიკური კუთხე, რომელიც იზომება ხაზის გაზომვის დროს. ოპტიკური მანძილზომებიდან ყველაზე გავრცელებულია ძაფებიანი მანძილზომი, რომლის მოქმედების პრინციპული სქემა მოცემულია ნახ. III.14. მანძილის განსაზღვრისას M წერტილზე აყენებენ ხელსაწყოს, ხოლო N-ზე KC ლარტ-

ყას სანტიმეტრებიანი დანაყოფებით, მაშინ დამზირების a და b სხივები მანძილმზომი შტრიხებიდან, ობიექტივში გაგლის შემდეგ გადაიკვეთებიან წინამდებარე მთავარ F ფოკუსში, ქმნიან მუდმივ β კუთხეს და ლარტყაზე აღნიშნავენ $AB = l$ მონაკვეთს, რომელსაც სიგრძემზომური მანძილი ეწოდება. თუ ავლნიშნავთ მანძილს ხელსაწყო ს ბრუნვის ღერძიდან ობიექტივის ცენტრამდე δ -ით, ხოლო მანძილმზომ ძაფებს შორის p -ით, ფოკუსურ მანძილს – f -ით და წინამდებარე მთავარი ფოკუსიდან ლარტყამდე მანძილს D' -ით, მთლიან მანძილს მანძილმზომიდან ლარტყამდე D -ით, მივიღებთ

$$D = \delta + f + D'$$

ნახაზიდან ჩანს, რომ $\delta = \frac{f}{p}l$. თუ ავლნიშნავთ $\delta + f$ c -ით – მანძილმზომის

მუდმივ შესაკრებს, ხოლო $\frac{f}{p}$ -ს k -ით მანძილმზომის კოეფიციენტს, მივიღებთ (III.1)

ფორმულას შემდეგი სახით $D = kl + c$. ფორმულა უჩვენებს, რომ ძაფებიანი მანძილმზომით გაზომილი მანძილის განსასაზღვრავად საკმარისია ვიცოდეთ ლარტყაზე l ანათვალი, k - მანძილმზომის კოეფიციენტი და c – მანძილმზომის მუდმივი შესაკრები. თანამედროვე ხელსაწყოებში $k=100$, ხოლო c ნულთან ახლოსაა, ამიტომ

$$D = 100 \cdot l$$

III. 4

შუქმანძილმზომები და რადიომანძილმზომები. მანძილების გაზომვა **შუქმანძილმზომებითა** და **რადიომანძილმზომებით** ერთ-ერთი ყველაზე ზუსტია და გამოირჩევა დროის ბიუჯეტისა და ფინანსების ნაკლები დანახარჯებით. ისინი განეკუთვნებიან ელექტრონული მანძილმზომების ჯგუფს და მათი მუშაობის პრინციპი ეფუძნება ელექტრომაგნიტური ტალღების მიერ ორმაგი გასზომი მანძილის გაგლის დროის გაზომვას. საძებნი მანძილი განისაზღვრება ფორმულით

$$S = \frac{v\tau}{2} = \frac{c\tau}{2n}$$

სადაც v ჰაერში ელექტრომაგნიტური ტალღების გავრცელების სიჩქარეა, c ვაკუუმში ($c=299792,5$ კმ/წმ), τ მათ მიერ გასაზომი მანძილის ორჯერ გაგლის დრო, ხოლო n - ჰაერის გარდატეხის მაჩვენებელი (დამოკიდებულია ტალღის სიგრძეზე და ატმოსფეროს მდგომარეობაზე). τ დროის დასადგენად არსებობს **ფაზური** და **იმპულსური** მეთოდი. იმპულსურ მეთოდს იყენებენ დიდი მანძილების გაზომვისას, ოღონდ ნაკლები სიზუსტით. ფაზური მეთოდის მაღალმა სიზუსტემ გეოდეზიურ წარმოებაში მისი ფართო გავრცელება განაპირობა.

შუქმანძილმზომები მანძილებს განსაზღვრავენ სინათლის სხივის დახმარებით, როდესაც გასაზომი ხაზის საწყის წერტილზე დაყენებულ სინათლის წყაროდან (სინათლის დიოდი ან ოპტიკური კვანტური გენერატორები – ლაზერები) მოდულატორზე გავლით, ელექტრომაგნიტური ტალღები გადაეცემა მის ბოლოს დაყენებულ ამრეკლავს. ამრეკლავიდან ელექტრომაგნიტური ტალღები უბრუნდება გადამცემთან მიერთებულ მიმღებს (ფოტოელექტრონული მამრავლები, ფოტოდიოდები), საიდანაც მღებული სიგნალი გამაძლიერებელზე და დემოდულატორზე გავლით სიგნალის გადამუშავების მოწყობილობას. ამ მოწყობილობიდან სხივი მიდის ინდიკატორის ტაბლოზე, სადაც გამოანათებს გაზომვის შედეგი საბოლოო ან შუალედური სახით.

ნახ. 3.15-ზე წარმოდგენილია ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული შუქმანძილმზომი Wild DISS DISTOMAT, რომელსაც გააჩნია შემდეგი ძირითადი ტექნიკური მახასიათებლები:



გაზომვის საშუალო კვადრატული ცდომილება – $\pm(3+2 \text{ ppm} \square)$ მმ; გასაზომი მანძილის დიაპაზონი – 1,5-დან 7000მ; სრული გაზომვის დრო – 4წმ; სამუშაო ტემპერატურის დიაპაზონი – -20°C - დან $+50^{\circ}\text{C}$ -მდე; ხელსაწყო მასა – 1,1 კგ.

ნახ. III. 15. შუქმანძილმზომი Wild DISS DISTOMAT (შვეიცარია)

რადიომანძილმზომები მანძილის ულტრამოკლე რადიოტალღების გავრცელების სიჩქარის მიხედვით, სანტიმეტრულ დიაპაზონში, გამოზომი ხელსაწყოებია.

ნებისმიერ ატმოსფერულ პირობებში და დიდ მანძილზე მუშაობის შესაძლებლობა განაპირობებს რადიომანძილმზომების უპირატესობას შეღებვისა და მსხვილი წყალსაცავების აგეგმვისას. „GPS“ სათანამგზავრო ნავიგაციის სისტემებში სანავიგაციო თანამგზავრებამდე მანძილს ასევე განსაზღვრავენ რადიოსიგნალების გავრცელების სიჩქარის მიხედვით. ასეთი რადიომანძილმზომები დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების მიერ და დედამიწის ზედაპირზე განთავსებულ მიმღებებში გამოსხივებული რადიოსიგნალების (ფსევდო-კოდების) სინქრონიზაციის პრინციპითაა აგებული.

III.14. ბანახომთა შედეგების სიზუსტე

ხაზების გაზომვის შედეგების სიზუსტე ძირითადად დამოკიდებულია მზომი ხელსაწყოების კლასზე და გაზომვის პირობებზე. ხაზის სიგრძეს მიწის საზომი ბაფთით აწარმოებენ მიწისპირზე, ამიტომ გაზომვის სიზუსტე დამოკიდებულია იმ ზედაპირის ხასიათზე რომელზეც იდება ბაფთა და მისი შეფასება ხდება ფარდობითი ცდომილებით, რომელიც კეთილსაიმედო პირობებში (სწორი ადგილი, მყარი საფარი) არ უნდა აღემატებოდეს 1:3000, საშუალო პირობებში (სუსტად დაბორცვილი ადგილი, სახნავი, სათიბები) 1:2000 და არაკეთილსაიმედო პირობებში (ჭაობი, ქვიშა, ხშირი ბუჩქნარი) 1:1000. სიგრძემზომით გაზომილი მანძილის ფარდობითი ცდომილება 1:10000 აღწევს, ხოლო ინვარის მავთულისა – 1:500000 - 1:1000000.

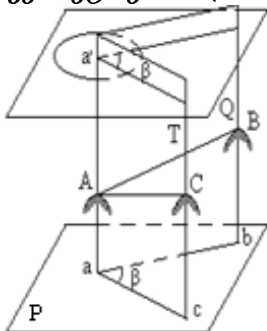
ძაფებიანი მანძილმზომებით გაზომილი ხაზის სიზუსტე დაბალია – 1:600-დან 1:200-მდე. ცდომილების შემცირების მიზნით რეკომენდირებულია მოკლე 200 მ-მდე მანძილების აღება და ლარტყის გამოსახულების რყევის პირობებში დაკვირვებაზე თავის არიდება. მისი მთავარი ღირსებაა გაზომვის მაღალი სიჩქარე.

§III.2. აღბილზე ჰორიზონტალური კუთხეებისა და მიმართულებების გაზომვა

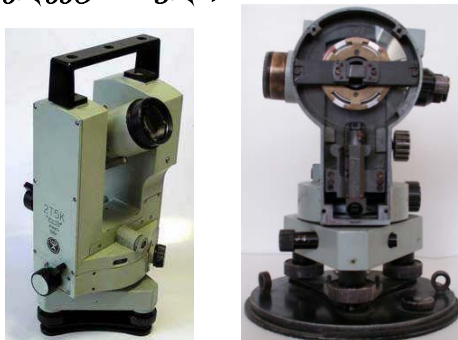
III.2.1. აღბილზე ჰორიზონტალური კუთხეებისა და მიმართულებების გაზომვის პრინციპი

ჰორიზონტალური ეწოდება **ორწახნაგა კუთხეს**, რომლის წიბო მოცემულ წერტილზე გამავალი შეეული ხაზია. ნახ. III.16-ზე T და Q სიბრტყეები გადიან A wertilze gamaval ZZ Sveul xazze da C da B დაკვირვების წერტილებზე. მათ მიერ შექმნილი ორწახნაგა კუთხის ზომა β **ხაზოვანი კუთხე** კი იქნება - CAB კუთხის პროექცია P ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე ანუ **ჰორიზონტალური კუთხე**.

ჰორიზონტალური კუთხეების გასაზომად გამოიყენება სხვადასხვა სახის ხელსაწყოები, მათ შორის უფრო ხშირად სარგებლობენ თანამედროვე **ობტიკური, ლაზერული, ციფრული თეოდოლიტებითა (theoimai-ვეყურებ" და dolichos-"გრძელი")** და **ტაქსომეტრებით (ნომოგრამული და ელექტრონული)**.



ნახ. III. 16. ჰორიზონტალური კუთხის გაზომვის სქემა



ნახ. III. 17. ზუსტი თეოდოლიტი – 2T5k. ა- ზოგადი სახე; ბ-თეოდოლიტის ჭრილი

ჰორიზონტალური კუთხის სწორად გაზომვის ძირითადი პირობაა მის წვეროზე თეოდოლიტის იმგვარად მოწესრიგება (P სიბრტყის პარალელურად), რომ ZZ წიბო შვეულად გადიოდეს ხელსაწყოს კუთხმზომი წრის – **ლიმბის** ცენტრზე. როგორც ნახ. III.16 - დან ჩანს **ac** და **ab** რადიუსები შესაბამისად **E** და **F** სიბრტყეებზე მდებარეობენ და **CAB** - ჰორიზონტალური კუთხის გვერდების პარალელური არიან. β სიდიდე ტოლია ხელსაწყოს კუთხმზომ წრეზე c და b წერტილებში აღებული ანათვლების სხვაობის.

III.2.2. კუთხმზომი ხელსაწყოები: თეოდოლიტი, მისი პრინციპული მოწყობილობა

თეოდოლიტი უნივერსალური ხელსაწყოა, რომლის დახმარებით შესაძლებელია ერთ-ერთი ცხ. III.1

ძირითადი მახასიათებლები	თეოდოლიტის ტიპები					
	T1	T2	T5	T15	T30	T60
ერთი ილეთით კუთხის გაზომვის საშუალო კვადრატული ცდომილება არა უმეტეს:						
ჰორიზონტალურის	1"	2"	5"	15"	30"	60"
ვერტიკალურის	1,5"	3"	12"	25"	45"	-
სამზერი მილის ხედვის არე	1&	1&3 0	1&3 0	1&3 0	2&	2&
სამზერი მილის გამადიდებლობა	30 ^x	25 ^x	25 ^x	25 ^x	18 ^x	15 ^x
ვიზირების უმოკლესი მანძილი, მ	5	2	2	1,5	1,2	1
თეოდოლიტის მასა არაუმეტეს, კგ	11,0	5	4,5	3,5	2,5	2,0

დროულად გაიზომოს როგორც ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კუთხეები, ისე მანძილები და ორიენტირების კუთხეები.

თეოდოლიტების კლასიფიკაცია ხდება სიზუსტის, კონსტრუქციული თავისებურებებისა და დანიშნულების მიხედვით.

სიზუსტის მიხედვით თეოდოლიტები იყოფა: **მაღალი სიზუსტის (პრეციზიული)** – T-0,5,

T-1, კუთხის გაზომვის საშ. კვად. ცდომილება $\pm 0,5 - \pm 1,0''$, **ზუსტი** – T-2, T-5K, 2T-5K და სხვ. საშ. კვად. ცდომილება $\pm 2 - \pm 10''$ და **დაბალი სიზუსტის (ტექნიკური)** – T15, T30, 2T-30 და სხვ. საშ. კვად. ცდომილება $\pm 15 - \pm 30''$. ცხ. III.1 მოცემულია სხვადასხვა სიზუსტის თეოდოლიტების ძირითადი მახასიათებლები.

თანამედროვე თეოდოლიტებს უშვებენ მინის წრეებითა და სპეციალური ოპტიკური მოწყობილობებით, რომლებიც აადვილებენ ხელსაწყოს მუშა მდგომარეობაში მოყვანასა და ანათვლების აღებას, ამიტომ მათ **ოპტიკურ თეოდოლიტებს** უწოდებენ. ოპტიკურ თეოდოლიტებს ხშირად კომპენსატორსაც უმატებენ, რომელიც ვერტიკალურ წრესთან არსებულ ცილინდრულ თარაზოს ცვლინ. ამ შემთხვევაში თეოდოლიტის მარკის აღნიშვნას ასო K-ს უმატებენ, მაგალითად, T5K.

თუ თეოდოლიტის ოპტიკა პირდაპირი გამოსახულების საშუალებას იძლევა, მაშინ მარკის აღნიშვნას ემატება II ასო (თუ რუსული წარმოებისაა).

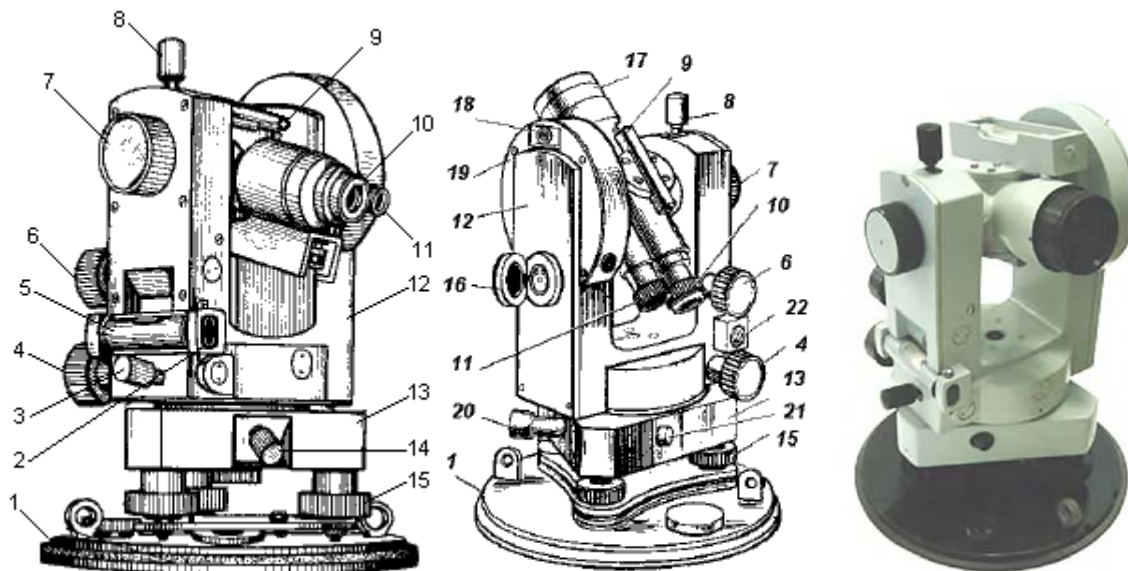
იმ შემთხვევაში, თუ წარმოება უშვებს გაუმჯობესებული კონსტრუქციის ხელსაწყოებს, საბაზისო მოდელების მარკებს უმატებენ შესაბამის ციფრს, მაგალითად, 2T5K (ნახ.III.17, ა), 4T30II.

ნახ.III.17, ბ-ზე წარმოდგენილია თეოდოლიტის გვერდითი ჭრილი, ნახ.III.18 ა და ბ-ზე მისი პრინციპიული სქემა და ძირითადი დერძები, ხოლო ნახ.III.18 გ-ზე მოცემულია ტოპოგეოდეზიურ წარმოებაში მეტად პოპულარული ზუსტი ხელსაწყო 2T30II (რუსეთი) – ტექნიკური თეოდოლიტი, გამეორებითი, ათვლის ცალმხრივი სისტემითა და პირდაპირი გამოსახულებით.

თეოდოლიტის ძირითადი ნაწილებია ჰორიზონტალური 3 და ვერტიკალური კუთხმზომი 9 წრეები და მათთან ერთ დერძზე მიერთებული **ალიდადა** (ნახ.III.17 ბ), **ამთვლელი მექანიზმით**. კუთხმზომი წრე 5-22 სმ დიამეტრის სარკისგანაა დამზადებული და აქვს ტოლ ნაწილებად დაყოფილი კუთხური სკალა, რომელსაც **ლიმბი** ეწოდება.

ზუსტი და ტექნიკური თეოდოლიტების ჰორიზონტალურ წრეებზე შტრიხები დატანილია 10', 20' და 1° ინტრვალებით; ვერტიკალური წრის ლიმბი ციფრირებულია 0-

დან 75° და 0-დან -75°-მდე, ამიტომ მას აქვს ასათვლელი სკალის ორი ნაწილი – ნიშნის გარეშე (დახრის კუთხით ამადლებსკენ) და უარყოფითი ნიშნით (დახრის კუთხე და- დაბლებსკენ). ლიმბების დანაყოფის ფასია 10', ანათვლის ცდომილება 0,5'. გრადუსული დანაყოფები წარწერილია საათის ისრის მიმართულებით. ორ მეზობელ შტრისს შორის მოქცეულ ლიმბის რკალს, გამოსახულს კუთხურ ზომებში, **ლიმბის დანაყოფის ფასი** ეწოდება. ორივე წრე გარედან დაცულია კორპუსით. **ალიდადა** ეწოდება სახაზავს ან წრეს, ბოლოებზე ამთვლელი მექანიზმით. ჰორიზონტალური ან ვერტიკალური წრის ალიდადა ბრუნავს ხელსაწყოს ბრუნვის შესაბამისი ღერძების გარშემო.



ნახ. III. 18. თეოდოლიტის პრინციპიალური სქემა. ა-მარჯვენა და ბ - უკანა ხედები; გ - ტექნიკური თეოდოლიტი 2T30II

1 – ფუძე; 2 – ცილინდრული თარაზოს შემასწორებელი ხრახნი; 3, 4 – ალიდადის მომჭერი და მიმმართველი ხრახნები; 5 – ცილინდრული თარაზო; 6 – სამხური მილის (ჭოგრის) მიმმართველი ხრახნი; 7 – კრემალურია; 8 – ჭოგრის დასამაგრებელი ხრახნი; 9 – ვიზირი (სამზირებელი); 10 – ჭოგრის ოკულიარი; 11 – ამთვლელი მიკროსკოპის ოკულიარი; 12 – კოლონა (სვეტი); 13 – სადგამი; 14 – ლიმბის დასამაგრებელი ხრახნი; 15 – ამწვეი ხრახნი; 16 – სარკე; 17 – ობიექტივი; 18 – ბუსოლის დასამაგრებელი; 19 – ვერტიკალური წრედი; 20 – ჰორიზონტალური წრის მიმმართველი ხრახნი; 21 – თეოდოლიტის ფუძეზე დასამაგრებელი ხრახნი;

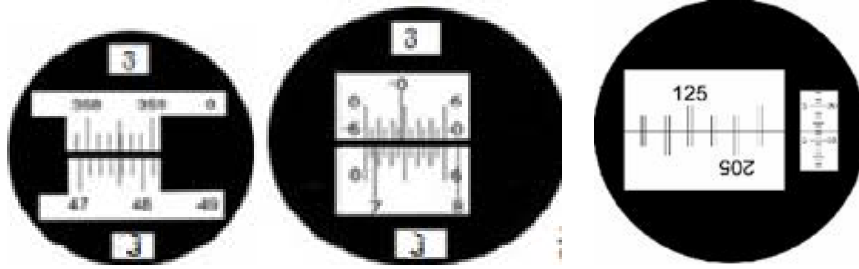
ამთვლელი მექანიზმი შედგება ლიმბის დანაყოფების ნაწილების შესაფასებელი და შტრისების გამადიდებელი მოწყობილობებისაგან. კუთხმზომ ხელსაწყოებში **ანათვალი** ეწოდება სკალის ნულოვან შტრისსა და ასათვლელ ინდექს შორის რკალის სიდიდეს. იმ შემთხვევაში, როცა ინდექსი აღმოჩნდება ლიმბის ორ მეზობელ, უდიდეს და უმცირეს შტრისს შორის, ანათვალი ტოლი იქნება: $a = n\tau + \Delta\tau$, სადაც n - ლიმბის მთელი τ დანაყოფებია სკალის დასაწყისიდან უმცროს შტრისამდე, ხოლო $\Delta\tau$ ინტერვალის უმცირეს შტრისა და ინდექს შორის. თეოდოლიტებში $\Delta\tau$ შეფასება სხვადასხვა ამთვლელი მოწყობილობით ხდება.

ზუსტ და ტექნიკურ თეოდოლიტებში გამოიყენება **შტრისებიანი მიკროსკოპები** (ნახ. III.19, ა), **სკალებიანი მიკროსკოპები** (ნახ. III.19, ბ) და **ობიექტიური მიკროსკოპ-მიკრომეტრი** (ნახ. III.19, გ) ამასთან შტრისებიანი გამოიყენება ძველი გამოშვების თეოდოლიტებში (T30, TOM). შტრისებიანი მიკროსკოპის (T30 ტიპის თეოდოლიტი) ხედვის ველში ჩანს ამთვლელი შტრისი 1 და ვერტიკალური B და ჰორიზონტალური Г ლიმბების დანაყოფები, რომელთა მეთაედების შეფასება თვალზომით 1' სიზუსტით ხდება. ჩვენს მაგალითზე ვერტიკალურ წრეზე ანათვალი უდრის - 358°29', ჰორიზონტალურზე - 47°38'.

სკალებიანი მიკროსკოპს აქვს მინის ფირფიტაზე ასათვლელი B სკალა. ლიმბების დანაყოფების გამოსახულება შეთავსებულია სკალის სიბრტყესთან ნახ. III, 19 ბ-ზე წარმოდგენილია სკალებიანი მიკროსკოპის ხედვის ველი. ანათვალი ჰორიზონტალურ

წრეზე წარმოადგენს $7^{\circ}08'$, ვერტიკალურზე - $0^{\circ}32'$. **ობტიკური მიკროსკოპ-მიკრომეტრი** საშუალებას იძლევა სკალის დანაყოფების ინტერვალების ნაწილები ავითვალთ წამის მეათედი სიზუსტით.

ხელსაწყოს აქვს პორიზონტალურ და ვერტიკალურ (თეოდოლიტებს კომპლესატო-



ნახ.III. 19. მიკროსკოპის ხედვის ველი ა) – შტრიხებიანი, ბ) – სკალებიანი გ) ობტიკური მიკროსკოპ-მიკრომეტრი ა) T30: ანათვალი $\beta V = 358^{\circ} 29'$; $\alpha V = 47^{\circ} 38'$; ბ) 2T30: ანათვალი $\beta V = -0^{\circ} 32'$; $\alpha V = 7^{\circ} 08'$; გ) T05: $\alpha V 125^{\circ} 13' 27,4''$ ($125^{\circ} 10' + 3' 27,4''$)

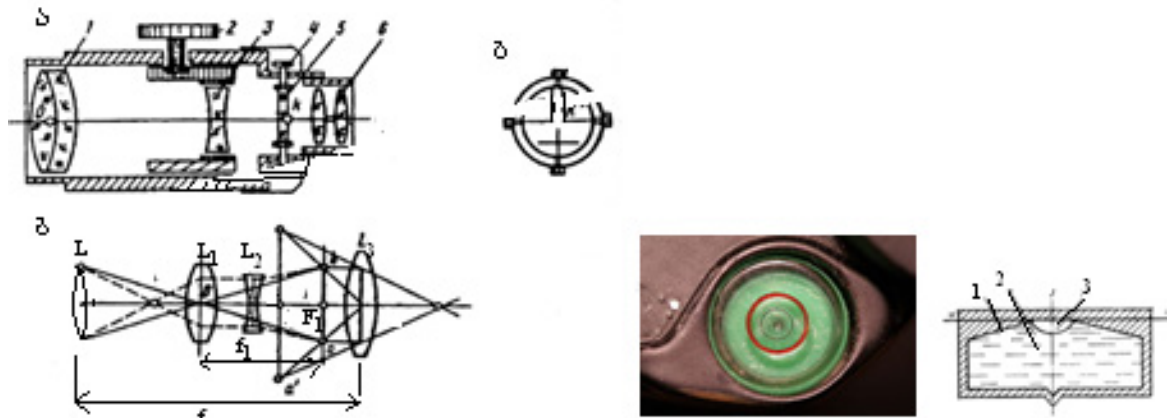
რის გარეშე) წრეებთან არსებულ **ცილინდრულ თარაზობი 2**, (ნახ.III.21). **თარაზოს** დახმარებით ხდება თეოდოლიტის ან მისი ნაწილების მოყვანა პორიზონტალური მდგომარეობაში, თეოდოლიტის სადგამის ამწევი 15 ხრახნების დახმარებით. ჭოგრთან არსებული თარაზო გამოიყენება მხოლოდ ვიზირების სხივით ნიველირების ჩატარებისას.

თარაზო შეიძლება იყოს ცილინდრული ან მრგვალი. ცილინდრული თარაზოს ამჟღავნებს ავსებულია გოგირდის ეთერით ან ეთილის სპირტით. თარაზოს ბუშტულა წარმოიშობა შემკვების ორთქლისგან და მისი ნორმალური სიგრძე $+20^{\circ}C$ ამჟღავნის სიგრძის $0,3-0,4$ შეადგენს. ამჟღავნის გარეთა მხარეზე დატანილია 2 მმ დანაყოფები. ამჟღავნის ერთი დანაყოფის რკალის შესატყვის ცენტრალურ კუთხეს **თარაზოს ფასი (თარაზოს საფასური) ეწოდება**. ცილინდრული თარაზოს დანაყოფის ფასია $1''$ -დან $2''$.

სკალის ცენტრი ითვლება ნულ-პუნქტად. ამჟღავნის შიგნითა ზედაპირზე ნულ-პუნქტში გატარებულ aa_1 მხებს **ცილინდრული თარაზოს ღერძი ეწოდება**. თუ თარაზოს ბუშტულა იმყოფება ნულ-პუნქტში, მაშინ თარაზოს ღერძს პორიზონტალური მდგომარეობა უკავია. თარაზოს ეს თვისება ფართოდ გამოიყენება გეოდეზიური ხელსაწყოს პორიზონტალურ მდგომარეობაში დასაყენებლად. წრიული თარაზოს დანაყოფის ფასი $\geq 2''$.

თეოდოლიტის ვერტიკალურ წრეს სპეციალური სამაგრი 18 (ნახ.III.18) უერთდება **ბუსოლი-ორიენტირი** (ნახ.V.17), რომლის დახმარებით ხდება მიმართულების მაგნიტური აზიმუტის განსაზღვრა. ალიდადა შეუდგენილია სვეტებთან 12 (ნახ.III.18), რომლებზეც დამაგრებულია პორიზონტალური HH_1 ღერძი; ამ ღერძზე ბრუნავს ვერტიკალურ წრესთან ერთად ყრუდ შეერთებული სამხერი მილი, ხოლო ვერტიკალური წრის 19 ალიდადა ამთვლელი მექანიზმითა და თარაზოთი წამოცმულია თავისუფლად, ხოლო თვით ჭოგრს აქვს 20^{\times} გადიდება და მისი გადატარება ზენიტზე თავისუფლად შესაძლებელი. ვერტიკალური წრის დანიშნულებაა ვერტიკალური კუთხეების გაზომვა. სამხერი მილი, რომლის დახმარებითაც ხდება თეოდოლიტიდან ორმაგ ფოკუსურ მანძილზე უფრო შორს მდებარე ობიექტებზე დაკვირვება, შედგება ობიექტივისა და ოკულიარისაგან, რომლებიც ისე არიან განლაგებულნი, რომ ობიექტივის უკანა ფოკუსი თითქმის უთავსდება ოკულიარის წინა ფოკუსსა და ძაფთა ბადეს. თანამედროვე თეოდოლიტებში შიდა ფოკუსირების გამოყენება საშუალებას იძლევა სამხერი მილი პერმენტულად იყოს დახურული და ფოკუსირების პროცესში სიგრძე არ შეიცვალოს. ნახ. III.20 წარმოდგენილია სამხერი მილის ობტიკური სქემა, სადაც L_1 დადებითი ლინზაა L_2 უარყოფითი (მაფოკუსირებელი), ხოლო მათ შორის მანძილი f_1 ფოკუსურ მანძილზე ნაკლებია, ამიტომ სისტემა პირობითი დადებითი f ფოკუსური მანძილის მქონე L ლინზის ექვივალენტურია. L ლინზის ფოკუსური მანძილი f თვით მილის სიგრძეზე მეტია. m სხივი L_1 და L_2 ლინზებში გარდატეხის შემდეგ ხვდება ოკულიარის L_3

ფოკალურ სიბრტყეზე მდებარე F_1 წერტილში, რომელიც ექვივალენტური ღინზის უკანა ფოკალურ სიბრტყეზე მდებარეობს. L_2 ღინზას *მაფოკუსირებელი* ეწოდება.



ნახ. III. 20. შიდა ფოკუსირებიანი მანძილმზომის სამზერი მილის სქემა. ა - მოწყობილობა;

- 1 - ობიექტივი; 2 - მაფოკუსირებელი მოწყობილობის თავი;
- 3 - მაფოკუსირებელი ღინზა; 4 - ბადის შემასწორებელი ხრახნები; 5-ბადის მინის ფირი; 6 - ოკულიარი; ბ - სხივების გავლის სქემა; გ - ძაფთა ბადე

ნახ. III. 21. თარაზოები. ა - წრიული ბ - ცილინდრული. 1. ამპულა, 2. სითხე, 3. ბუშტულა

ოპტიკური თეოდოლიტის ხედვის ველი. ჭოგრის სამზერ ველში გამოსახული ძაფთა ბადე (ნახ. III.22) იმყოფება სამზერი მილის შიგნით ოკულარის წინა ფოკუსის ახლოს მდებარე ოკულარულ მუხლში განთავსებულ ბადურა დიაფრაგმის მინის ფირზე. ჭოგრის ობიექტზე დასამიზნებლად გამოიყენება ძაფთა ბადის ვერტიკალური 1 და ჰორიზონტალური 2 შტრიხების წარმოსახვით გადაკვეთაზე მდებარე ფიქსირებული წერტილი - *ძაფთა ბადის გადაკვეთა* 4. მანძილმზომი ძაფების 5 დახმარებით ხდება ადგილ-მდებარეობის წერტილებად მანძილის განსაზღვრა, სადაც აყენებენ სპეციალურ ტაქომეტრიულ ან სანიველირო ლარტყას სანტიმეტრული დანაყოფებით. ორ პარალელურ ვერტიკალურ ხაზს 3 *ბისექტორი* ეწოდება და მათი დახმარებით ხდება კუთხური გაზომვები და სარებზე ზუსტად დამიზნება სარის გამოსახულების შტრიხებს შორის განთავსების გზით. დამიზნების ეს ხერხი გაცილებით ზუსტია ვიდრე ერთი ვერტიკალური შტრიხის გამოყენება. კრემალერიის დახმარებით ხდება ობიექტის გამოსახულების სიბრტყისა და ძაფთა ბადის სიბრტყის შეთავსება. ამასთან, დამკვირვებლის თვალის სამზერი მილის ოკულარის მიმართ გადანაცვლებისას, ძაფთა გადაკვეთა არ უნდა ჩამოცილდეს ობიექტის გამოსახულებას. წინააღმდეგ შემთხვევაში ადგილი აქვს სიბრტყეების გადაწევის, რასაც *პარალაქსი* (paralaxis-"გადახრა") ეწოდება. პარალაქსის გასწორება ადვილად მიიღწევა კრემალერიის მცირე შეტრიალებით.

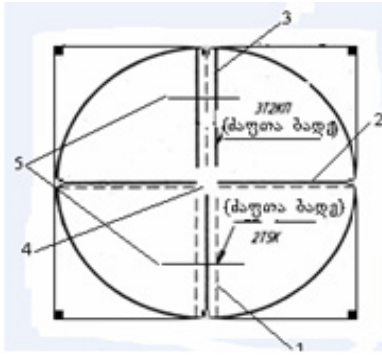
ობიექტზე დაკვირვებისას სამზერი მილის სრულყოფილად დაყენება *"თვალდა-თვალ"* ხდება, ოკულიარის რგოლის 6 დახმარებით (ძაფთა ბადის მკვეთრი გამოსახულების მიღწევით) და *"საგანზე"* - მაფოკუსირებელი 3 ღინზით (ნახ. III.20, ა). ძაფთა ბადის გადაკვეთისა და სამიზნეს შემართებელ წარმოსახვით ხაზს *დამზირების ღერძი* ან *დამზირების ხაზი ეწოდება*.

თეოდოლიტის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური წრეების განათება ხდება განათების სარკის 16 დახმარებით.

დღეისათვის რუსეთის მრეწველობა უშვებს T30-ის გაუმჯობესებულ მოდიფიკაციის 4T30П ხელსაწყოს.

უფრო ზუსტი ტექნიკური კლასის ხელსაწყოა T15 (ნახ. III.23, ა) - გამეორებითი, ლიმბებზე ათვლის ცალმხრივი სისტემით, 1° დანაყოფების ფასით. სკალები შედგება $1'$ შესაბამისი 60 დანაყოფისაგან, მიკროსკოპის ათვლის სიზუსტე შეადგენს $10''$.

თეოდოლიტს აქვს ალიდადურ ნაწილში ჩამონტაჟებული ოპტიკური ცენტრი, ხოლო ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ წრესთან აქვს ცილინდრული თარაზოები. ვერტიკალურ წრეზე ანათვლის აღების წინ დასაყენებელი ხრახნის დახმარებით



ნახ. III.22 ჭოგრის ძაფთა ბადე:
 1-ვერტიკალური შტრიხი, 2-ჰორიზონტალური შტრიხი; 3 - ხისექტორი;
 4-ძაფთა გადაკეთა 5- ძაფიანი მანძილზომის შტრიხები



ნახ.III. 23, ა - ტექნიკური (T15) და ბ - ზუსტი (T5K) თეოდოლიტები

აღიდადის თარაზოს ბუშტულა გამოყავთ ნულ-პუნქტში. მოდიფიცირებულ ხელსაწყოს T15K აქვს პირდაპირი გამოსახულება ჭოგრის ხედვის ველში და ცილინდრული თარაზოს მაგივრად - ვერტიკალური წრის კომპენსატორი.

უფრო ზუსტი ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოების (3 და 4 კლასის ტრიანგულაციისა და პოლიგონომეტრიის კუთხეების გაზომვა, ასტრონომიული დაკვირვებები, ზუსტი საინჟინრო სამუშაოები) შესრულებისას გამოიყენება ზუსტი და უზუსტესი თეოდოლიტები, მაგალითად, 2 T5K (ნახ.III.17), 3T5 KΠ (ნახ.III.23), 3 T2KΠ და სხვა.

სამუშაოს დაწყების წინ თეოდოლიტი ხერხემლის ხრანის დახმარებით მაგრდება შტატივზე (სამფეხზე), ხდება მისი ცენტრირება წერტილზე და ამწევი ხრახნების დახმარებით მუშა მდგომარეობაში მოყვანა - ხელსაწყოს ბრუნვის ღერძს ეძლევა შვეულის მიმართულება.

ტოპო-გეოდეზიურ წარმოებაში გამოიყენება ხის ან მეტალის გასაშლელი შტა-



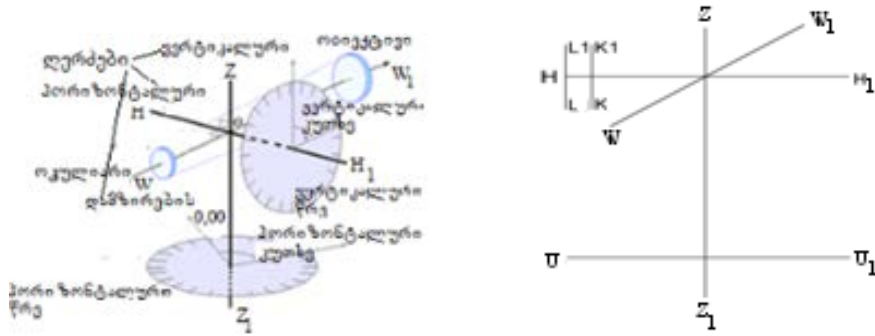
ნახ. III. 24. შტატივები: ხის ა (თეოდოლიტის) - და ბ - (მსუბუქი, ნიველირისთვის). გ - მეტალის; დ - ტრეგერისა და შტატივის ძირითადი ნაწილები: 1-ფირფიტა; 2 - ტრეგერის სამაგრი ხრახნი; 3-; 4-შტატივის თავი; 5 - ხერხემლის ხრახნი; 6 - მოსაჭერი და სამხრე თასმა; 7- წვერი; 8 - მბჯენი;

ტივები (ნახ. III.24. ა, ბ). ხის მასიური შტატივები, როგორც წესი, გამოიყენება ზუსტი და უზუსტესი თეოდოლიტებისათვის (4,5-დან 11,0 კგ-მდე წონის), ხოლო ტექნიკური თეოდოლიტებისათვის (2,0-დან 3,5 კგ-მდე წონის) შესაბამისად უფრო მსუბუქი ხის ან მეტალის შტატივები.

III.2.3. ოპტიკური თეოდოლიტის ღერძები და შემოწმება

თეოდოლიტს აქვს ოთხი ძირითადი ღერძი: ZZ_1 და HH_1 - შესაბამისად ვერტიკალური და ჰორიზონტალური. UU_1 - ცილინდრული თარაზოსა და WW_1 სამხერი მილის სამხერი ღერძი. ამ ღერძების ურთიერთმდებარეობა მკაცრად არის განსაზღვრული გეომეტრიული პირობებით რომელთა შემოწმება სავსე სამუშაოების დაწყების წინ აუცილებელია.

1. ჰორიზონტალური წრედის ცილინდრული თარაზოს წარმოსახვითი UU_1 ღერძი, ხელსაწყოს ვერტიკალური ZZ_1 ღერძის პერპენდიკულარული უნდა იყოს. ამ პირობის შესრულება ხელსაწყოს ვერტიკალური ღერძის შვეული მდგომარეობის შენარჩუნების გარანტიაა. შემოწმების მიზნით ხელსაწყო მოყავთ მუშა მდგომარეობაში, რომლის



ნახ.III. 25. ა, თეოდოლიტის მოქმედების სქემა ნახ.III. 25, ბ. თეოდოლიტის ძირითადი ღერძები

დროსაც ZZ_1 ღერძს შვეული მდგომარეობა უნდა ეჭიროს. ამ პროცესს ხელსაწყოს პორიზონტირება ეწოდება. შემოწმებისას, აღიდადასთან მყოფ ცილინდრულ თარაზოს აყენებენ ნებისმიერი ორი ამწვევი ხრახნის პარალელურად და ამოძრავებენ მათ სხვადასხვა მიმართულებით, სანამ თარაზოს ბუშტულა არ აღმოჩნდება ნულ-პუნქტში.

შემდეგ შემოაბრუნებენ ხელსაწყოს 90° და მესამე ხრახნის დახმარებით ისევ მოყავთ ბუშტულა ნულ-პუნქტში. აუცილებლობის შემთხვევაში მოქმედებას იმეორებენ. შემდეგ თარაზოს აყენებენ ორი ხრახნის პარალელურად და ისევ მოყავთ ბუშტულა ნულ-პუნქტში და, შემოატრიალებენ რა აღიდადას 180° , აკვირდებიან ბუშტულის მდგომარეობას. თუ იგი მოშორდა შუა ადგილს ერთზე მეტი დანაყოფით, თარაზოს შემასწორებელი ხრახნების დახმარებით ბუშტულა გადაყავთ ცენტრისკენ, მისი გადახრის ნახევრით, ხოლო მეორე ნახევრით ბუშტულა გადაყავთ ცენტრისკენ ამწვევი ხრახნების დახმარებით. გასწორებული თარაზოს მიხედვით აზუსტებენ თეოდოლიტის მუშა მდგომარეობას თარაზოს 90° - ით შემობრუნებისას. თუ თარაზოს ბუშტულა ერთზე მეტი დანაყოფით არ გადაიხარა, მაშინ პირობა შესრულებულია. წინააღმდეგ შემთხვევაში შემოწმებას იმეორებენ.

2. ჭოგრის სამხერი ღერძი WW_1 ჭოგრის ბრუნვის HH_1 ღერძის პერპენდიკულარული უნდა იყოს.

სამხერი ღერძის ბრუნვის ღერძზე დაშვეული ნორმალისაგან გადახრის კუთხეს **კოლიმაციური ცდომილება** ეწოდება. ამ პირობის შესრულება აუცილებელია იმისათვის, რომ ჭოგრის ზენიტზე გადატარებისას დამზირების ხაზი კოლიმაციურ სიბრტყეს შემოწერდეს და არა კონუსურ ზედაპირს. ამ შემოწმების შესასრულებლად თეოდოლიტს აყენებენ წერტილზე და მოყავთ ხელსაწყოს ბრუნვის ღერძი შვეულ მდგომარეობაში. ჭოგრს მიმართავენ მოშორებულ, პორიზონტზე მკაფიოდ გამოჩენილ საგნისკენ და ოკულიარის ძაფთა ბადის ვერტიკალურ ხაზს შეუთავსებენ მასზე შერჩეულ რომელიმე წერტილს. სამხერი მილი გადაყავთ ზენიტზე, შეატრიალებენ აღიდადას 180° და აკვირდებიან იგივე წერტილს. პორიზონტალურ წრეზე ხელმეორედ იღებენ M_2 ანათვალს. ამ ორ ანათვალს შორის სხვაობა $2C = M_2 - MM_1 + 180^\circ$, რომელსაც ორმაგი კოლიმაციური ცდომილება ეწოდება, არ უნდა აღემატებოდეს T_{30} სიზუსტის თეოდოლიტებისათვის $2'$. პირობის დარღვევის შემთხვევაში აწარმოებენ ხელსაწყოს იუსტირებას – ძაფთა ბადის ზედა შემასწორებელი ხრახნის მოშვების შემდეგ გვერდითი ხრახნების ამოძრავებით აღწვევენ კოლიმაციური ცდომილების ნულთან მიახლოებას. ზუსტი სამუშაოების ჩატარებისას C სიდიდეს განსაზღვრავენ სხვადასხვა მანძილზე (25, 200, 400, 1000მ).

3. ჭოგრის ბრუნვის პორიზონტალური HH_1 ღერძი ხელსაწყოს ბრუნვის ZZ_1 ღერძის პერპენდიკულარული უნდა იყოს.

ამ პირობის შესრულება ხელსაწყოს მუშა მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ კოლიმაციური სიბრტყის შვეული მდგომარეობის გარანტიაა. თეოდოლიტის შენობის კედლიდან 15-20 მ მოშორებით დაყენების შემდეგ მოგვყავს ZZ_1 ღერძი შვეულ მდგომარეობაში და ვუმიზნებთ ნათლად გამოხატულ მაღალ წერტილს (ნახ. III.27). დასამაგრებელი ხრახნის მოშვების შემდეგ მივმართავთ სამხერ მილს ქვევით და

ავღნიშნავთ a_1 წერტილს. ამის შემდეგ გადავატარებთ ჭოგრს ზენიტზე, მივმართავთ მას A წერტილისაკენ, ჩამოვწევთ ქვემოთ და დავნიშნავთ ძაფთა ბადის გადაკვეთის დაგეგმილების a_2 წერტილს. თუ დაგეგმილების a_1 და a_2 წერტილები ერთმანეთს დაემთხვა, მაშინ პირობა დაცულია. წინააღმდეგ შემთხვევაში ხელსაწყო საჭიროებს რემონტს სპეციალიზებულ სახელოსნოში, ან უნდა შეცვალოს დამამზადებელმა ქარხანამ, რადგანაც ისაა ამ პირობის დაცვის გარანტი.

4. ძაფთა ბადის ვერტიკალური ძაფი პერპენდიკულარული უნდა იყოს სამზერი მილის (ჭოგრის) ბრუნვის ჰორიზონტალური HH_1 ღერძის (ანუ უნდა მდებარეობდეს მის კოლიმაციურ სიბრტყეში).

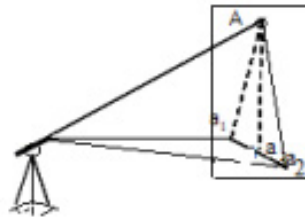
ამ შემოწმების შესასრულებლად ძაფთა ბადის ჯვარედინს ვუმიზნებთ ადგილმდებარეობის რომელიმე მკაფიოდ გამოხატულ A წერტილს. მიმართველი ხრახნით გადავაადგილებთ მას, თან თვალყურს ვადევნებთ დასაკვირვებელ წერტილის მდგომარეობას ვერტიკალური შტრიხის მიმართ. თუ წერტილი დარჩა ვერტიკალურ შტრიხზე, მაშინ პირობა შესრულებულია (ნახ. 3.28), წინააღმდეგ შემთხვევაში ჩასატარებელია იუსტირება, რისთვისაც უნდა მოიხსნას ხუფი, შევასუსტოთ ოკულიარის ოთხივე სამაგრი ხრახნი ნახევარი შემობრუნებით და შეატრიალებენ მას ვერტიკალური შტრიხის წერტილთან შეთავსებამდე. ეს შემოწმება შეიძლება შესრულდეს ჩამოკიდებული შეეულის ძაფზე ვერტიკალური შტრიხის მდგომარეობის შედარებით.

5. წრიული თარაზოს ღერძი ხელსაწყო ბრუნვის ZZ_1 ღერძის პარალელური უნდა იყოს. შემოწმებას ასრულებენ მხოლოდ ზუსტ და უზუსტესი თეოდოლიტებისათვის, ასევე ჰორიზონტალურ წრესთან წრიული თარაზოს მქონე ელექტრონული ტაქომეტრებისათვის, ცილინდრული თარაზოს შემოწმებების შერულების შემდეგ. ცილინდრული თარაზოს დახმარებით ხელსაწყო მოყავთ მუშა მდგომარეობაში და გამასწორებელი ხრახნების დახმარებით გაყავთ ბუშტულა ნულ-პუნქტში.

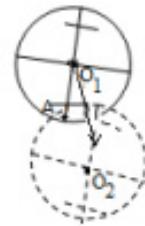
6. თეოდოლიტის ვერტიკალური წრის კომპენსატორი ხელსაწყო ბრუნვის ZZ_1



ნახ. III.26 ძაფთა ბადე
1-ძაფთაბადე-დიფერენციალური;
3-შემაწორებელი ხრახნები;
4-ოკულიარის სამაგრი ხრახნები



ნახ. III.27 ჭოგრის ბრუნვის ღერძის და ხელსაწყო ბრუნვის ღერძის პერპენდიკულარობის შემოწმება



ნახ. III.28 სამზერი მილის ბრუნვის ღერძის და ძაფთა ბადის ვერტიკალური შტრიხის პერპენდიკულარობის შემოწმება

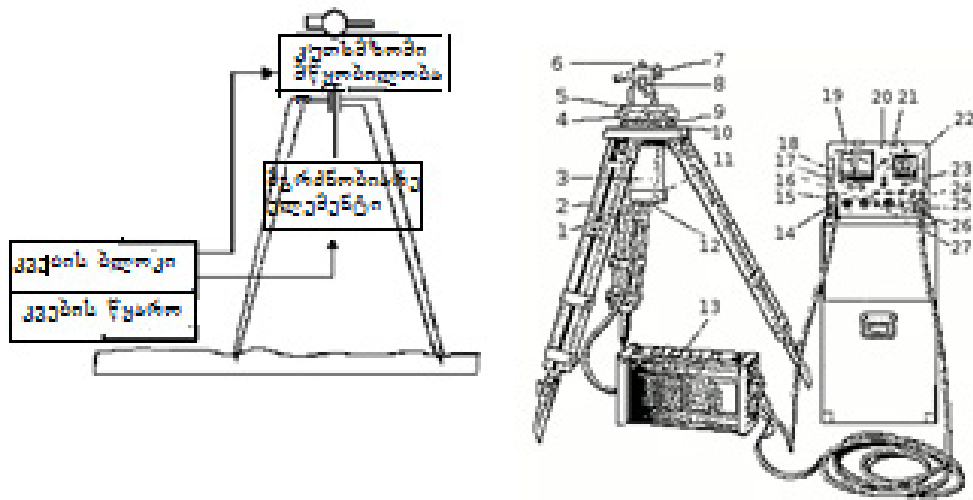
ღერძის შეეული მდგომარეობიდან $\pm 2'$ გადახრისას უნდა უზრუნველყოფდეს ვერტიკალურ წრეზე ანათვლის უცვლელობას.

ამ შემოწმებას აწარმოებენ მხოლოდ ქარხანა-დამამზადებელში ან სპეციალიზირებულ სახელოსნოში.

III.2.4. გიროთეოდოლიტები, ლაზერული, კოლური და ციფრული თეოდოლიტები

გიროთეოდოლიტი – დირექციული კუთხეებისა და ასტრონომიული აზიმუტების განსასაზღვრავი რთული ოპტიკო-მექანიკური გეოდეზიური ხელსაწყოა, რომელიც გამოიყენება სხვადასხვა სახის საინჟინრო – სამერკუშიდერო (შახტების ახალი ხაზები, მეტროპოლიტენის მშენებლობა და სხვ.) და მიწის საზომი სამუშაოების შესრულებისას, კარტოგრაფიის სფეროში. გიროთეოდოლიტის მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია ორიენტირების გიროსკოპულ ხერხზე (ნახ. 29). ხელსაწყო უნდა ჰქონდეს მგრძობიარე ელემენტი, მაგალითად, ქანქარისებური მიმღები; კუთხმზომი მოწყობილობა შტატივზე მეთვალყურეობის სისტემით, რომელიც საშუალებას იძლევა ვიზირების მომენტში

ჰორიზონტალურ წრეზე ანათვალის აღების, რევერსიისა და მიწის ობიექტებზე (საორიენტრო პუნქტზე) აზიმუტის გადასაცემად.



ნახ. III. 29. გიროთეოდოლიტის ძირითადი ნაწილები

1- შტეფსელის ბუდე; 2 - შტატივი; 3 - გირობლოკი; 4 - მიმართველი მოწყობილობა; 5 - ალიდადა; 6 - თეოდოლიტის დამატებითი ოკულიარი; 7 - სამხერი მილი; 8 - ოკულიარი; 9 - ამწევი ხრახნები; 10 - თეოდოლიტის ტრევერი; 11, 12 - არიეტერი I და II; 13 - აკუმულატორი; 14 - შტეფსელის ბუდე; 15 და 16 - ფაზის გადამრთველები და კონტროლი; 17 - ნულის დაყენება; 18 - ძაბვის რეგულატორი; 19 - მილიამპერ-მეტრი; 20 - კუთხეების ბლოკი; 21 - მუხრუჭი; 22 - ამპერვოლტმეტრი; 23 - გადამრთველი დენი-ძაბვა; 24 - მოტორი; 25 - შტეფსელის ბუდე; 26 - თერმოსტატი; 27 - განათება.

გიროთეოდოლიტები უზრუნველყოფენ დირექციული კუთხეების 5-დან 60"-მდე სიზუსტით განსაზღვრას, პრეცისიული რხევების მცირე 7-დან 15-მდე დიპაზონისას. აქვთ მუშაობის ძალზე ფართო ტემპერატურული დიაპაზონი – -40° -დან $+40^{\circ}$ -მდე და საკმაოდ მასიური წონა 40 – 50 კგ-მდე. გიროთეოდოლიტები ჩვენს დროშიც, როცა ოპტიკური გეოდეზიური ხელსაწყოების ჩანაცვლება მასიურად ხდება თანამგზავრული და ელექტრონული ხელსაწყოებით, შეუცვლელია ბევრ სფეროში.

გიროთეოდოლიტით დაკვირვებისას ყველა გაზომვები დაყავთ შევეული ხაზისკენ დაკვირვების წერტილზე და ჰორიზონტის სიბრტყეზე. აქედან გამომდინარე, გიროსკოპით განსაზღვრული აზიმუტი, გაიგივებულია ასტრონომიულ აზიმუტთან.

როდესაც ჰორიზონტალურ წრეზე გვაქვს რევერსიის წერტილების n_1 , n_2 და n_3 ანათვლები, მგრძობიარე ელემენტის (m) რხევების გაწონასწორების მდგომარეობის N_0 ანათვალს ნახულობენ ფორმულით:

$$N_0 = 0,5 [(n_1 + n_2)/2 + (n_2 + n_3)/2].$$

როგორც წესი, კონსტრუქციული თვალსაზრისით ჰორიზონტალურ წრეზე ამოვლელ მოწყობილობას გიროსკოპის როტორის ბრუნვის ღერძის მიმართ აყენებენ რომელიმე D კუთხით. ამიტომ ჰორიზონტალურ წრეზე ითვლიან:

$$MC = N_0 - \Delta,$$

სადაც Δ — მუდმივი შესწორებაა.

ორიენტირების პუნქტზე ასტრონომიული აზიმუტი

$$A = M - MC = M + \Delta - N_0,$$

სადაც M — ანათვალისა ჰორიზონტალურ წრეზე, გიროთეოდოლიტის მილის ოკ – ზე მიმართვისას.

გეოდეზიური აზიმუტის A_g მისაღებად საჭიროა δA შესწორების შეტანა აზიმუტში შევეული ხაზის გადახრაზე:

$$A_g = A + \delta A.$$

α დირექციულ კუთხეზე გადასასვლელად შეყავთ შესწორება მერიდიანების γ შეახლოებაზე გაუს-კრიუგერის პროექციაში:

$$\alpha = A_g + \gamma.$$

დღეისათვის საინჟინრო გეოდეზიური სამუშაოებისას გამოიყენება ავტომატური გიროსკოპური სადგურები, რომლებშიც შესამჩნევია გიროთეოდოლიტის და ელექტრონული (კომპიუტერული) ტაქომეტრის შესაძლებლობები.

სადგური საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ჭეშმარიტი აზიმუტი $\pm 20''$. განსაზღვრის დრო სრული პროგრამით გაშვებისას შეადგენს 20 წუთს.



ნახ. 30. ელექტრონული თეოდოლიტი LDT520 მიზნის ლაზერული მანქანებით

ლაზერული თეოდოლიტი – სპეციალური გეოდეზიური ხელსაწყო – წარმოადგენს ოპტიკური თეოდოლიტისა და ოპტიკური კვანტური გენერატორის (ოკბ) კომბინაციას, რომელიც სივრცეში ქმნის ხილვად სინათლის სხივს. ხელსაწყო გამოიყენება სხვადასხვა სახის საინჟინრო სამუშაოების (გვირაბების გაჭრა, გზებისა და ხიდების მშენებლობა, კონსტრუქციების მონტაჟი) გეოდეზიურ მომსახურებისას.

კონსტრუქციულად ლაზერულ თეოდოლიტში ჩვეულებრივი თეოდოლიტისაგან განსხვავებით, სამზერ მილი შეცვლილია ოპტიკური კვანტური გენერატორით (ოკბ) – ლაზერით. ასეთ ხელსაწყოებში ლაზერის სხივი შეიძლება გაუყვეს საეიზირო დერძს ან გაიაროს პარალელურად, მისგან ძალიან ახლო (10 სმ-პელიუმმდე) მანძილში. ლაზერული თეოდოლიტის კონსტრუქციაში გამოყენებული ნეონის გამომსხივეებლებს აქვთ მაღალი მონოხრომატულობა, ვიწრო მიმართულება მაღალი სპექტრალური სიმჭიდროვე და გაგრძელების დიდი სიშორე. ოკბ - დან გამოსული სპექტრის წითელი დიაპაზონის ტალღის სიგრძის სინათლის სხივი გადის გამოსხივების ფორმირების სისტემაში, რომელიც შედგება ტელესკოპური სისტემისა და სხივის გაშლის ან სკანირების მოწყობილობისაგან. სინათლის კონას გამოსვლისას აქვს 1'-დან 10' კუთხური გაშლადობა.

როდესაც სინათლის კონას ატარებენ თეოდოლიტის $25\times$ გამადიდებლობის სამზერი მილის ოპტიკურ სისტემაში (ტელესკოპური სისტემა) სინათლის ლაქის დიამეტრი 500 მ მანძილზე შეადგენს მხოლოდ 6 სმ-ს.

ლაზერის კონის *კუთხური გაშლადობა* ტელესკოპური სისტემის გამადიდებლობის უკუპროპორციულია.

ლაზერული ხელსაწყოების გამოყენებით ჩატარებული საინჟინრო-გეოდეზიური სამუშაოების ხარისხი და სიზუსტე ძლიერ არის დამოკიდებული ოკბ-ს სინათლის ლაქის ინდიკაციის შესაძლებლობაზე, რომელიც შეიძლება იყოს როგორც ვიზუალური (ლარტყაზე, მარკაზე, ან მარკა ეკრანზე საკოორდინატო ბადით), ისე ნახევრად ავტომატური და ავტომატური ფოტოელექტრონული ელემენტების გამოყენებით. ლაზერული ხელსაწყოების მოქმედების სიშორე ფოტომიმდები მოწყობილობის გამოყენებით თითქმის ხუთჯერ მატულობს.

ლაზერული ხელსაწყოებით მუშაობისას ლარტყის, შვეულისა და სასაგდულე მავთულების აუცილებლობა მოხსნილია. სამზერი მნიშვნელოვნად ამადლებს სიზუსტესა და შრომის ნაყოფიერებას.

„SOKKIA“-ს (იაპონია) ფირმის ხუთწამიანი ელექტრონული თეოდოლიტი LDT520 (ნახ.30) მიზნის ლაზერული მიმთითებლით მუშაობს 600 მ მანძილზე. აქვს სამზერი მილი ლაზერული სხივის აგების შესაძლებლობით. თავისი წინამორბედისაგან (LDT50) განსხვავდება მიზნის ლაზერული მიმთითებლის მოქმედების დიაპაზონით, მტვრისაგან და სინოტივისაგან დაცვის უმაღლესი ხარისხით და მუშაობის 2,5 ჯერ მეტი ხანგრძლივობით, რაც მას უპირატესობას ანიჭებს მიწისქვეშა გეოდეზიური სამუშაოების შესრულებისას.

ხელსაწყო აღჭურვილია კუთხმზომი დისკების მკითხველი თანამედროვე აბსოლუტური გადამცემებით, რომელიც ანათვლის საიმედოობის ამადლებისა და ენერგომოხმარების შემცირების საშუალებას იძლევა. ხელსაწყო უზრუნველყოფს კუთხური გაზომვების 5" სიზუსტეს ანათვლების დანაყოფის ფასით 1/5".

ხელსაწყოს შეუძლია უწყვეტად იმუშაოს 12,5 საათი გამსვლელი გამოსხივების მაქსიმალური 4,5 მეტ სიმძლავრისას და 13,5 საათი 1 მეტ სიმძლავრისას.

ელექტრონული თეოდოლიტები – კუთხმზომი გეოდეზიური ხელსაწყოებია, რომლებიც განკუთვნილია ადგილზე ნახევრადავტომატურ რეჟიმში გაზომვების ჩასატარებლად და წარმოადგენენ ხელსაწყოების სხვადასხვა კომბინაციას: ოპტიკური თეოდოლიტების, კოდური თეოდოლიტების, ჩამონტაჟებული შექმანილმზომებითა და ელექტრონული მანძილმზომი წამოსაცობით.

კოდური ტიპის ელექტრონული თეოდოლიტები უზრუნველყოფენ გაზომილ კუთხეებზე ინფორმაციის გატანას უშუალოდ თეოდოლიტის ჰორიზონტალურ წრეზე დამონტაჟებულ დისპლეიზე.



„SOKKIA“-ს ფირმის ელექტრონულ თეოდოლიტებს აქვთ კომპენსატორი, დისპლეი და ამგებავი ტრეკერი. მაღალი ხარისხის ოპტიკა სამზერ მილს 30^x გადიდებისა და მკაფიო გამოსახულების საშუალებას აძლევს. ხელსაწყო შეიძლება გამოვიყენოთ სამრეწველო მოწყობილობების მონტაჟისას, ობიექტებისა და ნაგებობათა მშენებლობისას, საინჟინრო და სხვა სახის კვლევა – ძიებისას, მაღალი სიზუსტის გაზომვებისას.

ციფრული თეოდოლიტი CST/Berger DGT 10 (ნახ.31) – უნიკალური ხელსაწყოა, რომელიც იდეალურად ასრულებს ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კუთხეების გაზომვის ფუნქციას. ხასიათდება

ნახ.31. ციფრული თეოდოლიტი CST/Berger DGT 10 – კუთხური გაზომვების უმაღლესი სიზუსტით (ცხრ.2). ყველა აუცილებელი ინფორმაციის წაკითხვა შეიძლება დიდ ორმხრივ დისპლეიზე. შესრულებულია უახლესი ინკრემენტული ტექნოლოგიით, თანამედროვე ცოდნისა და ტექნოლოგიური მიღწევების გამოყენებით.

ელექტრონული თეოდოლიტების მახასიათებლები ცხრ. III.2

თეოდოლიტები	გამოსახულება	სიზუსტე (საშ.კვ.გადახრა)	გამადიდებლობა	ვიზორების მინ. მანძილ	ხედვის ველისკუთხე	ხელსაწყოების წონა	მუშა ტემპერატურები C	დისპლეი LCD	აკუმულიატორი Ni-H	მუშაობის ხანგრძლივობა
CST/Berger DGT 10	პირდაპირი	5	30 ^x	1,3-	1' 20"	4,5კგ	-20-+50	თხევადკრისტ. 2 ბჭკ.	გადასატენი 4ბატ AA.	15
LDT520	—	5	25 ^x	-600						12,5-13,5

III.2.5. ჰორიზონტალური კუთხეების გაზომვა; ციომიღებათა წყაროები და გაზომვის სიზუსტე

თეოდოლიტის სამუშაო მდგომარეობაში მოყვანა. თეოდოლიტის სამუშაო მდგომარეობაში მოყვანა მოიცავს: 1. ცენტრირებას - ხელსაწყოს ბრუნვის ZZ₁ ღერძის შვეულ მდგომარეობაში მოყვანას; 2. სამზერი მილისა და ამოვლელი მიკროსკოპის დაყენებას თვალდათვალად; 3. ორიენტირებას დაკვირვების ჩასატარებლად.

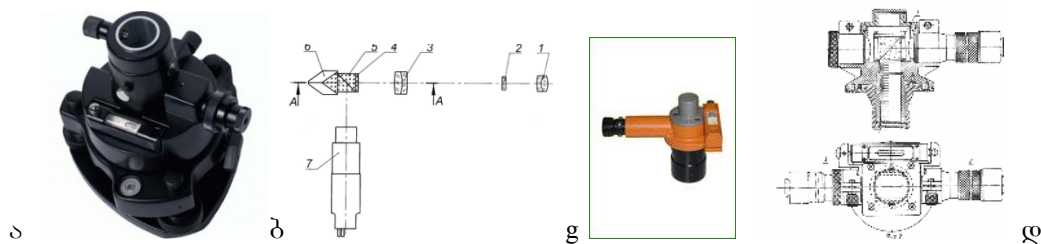
თეოდოლიტის წერტილზე მოწესრიგება იწყება შტატივის დაყენებით, არეგულირებენ მის ფეხებს დამკვირვებლის სიმაღლის შესაბამისად, შტატივის თავზე აყენებენ თეოდოლიტს და ამაგრებენ მას ხერხემლის ხრახნით. ამწვევი ხრახნების მოძრაობით ცდილობენ მათ თავიანთი ღარების სვლის მიმართ მიაღებინონ საშუალო მდგომარეობა

ცენტრირება – ხელსაწყოს გასახომი კუთხის წვეროზე ან ასაგეგმი ქსელის წერტილზე მოწესრიგების პროცესში მეტად მნიშვნელოვანი ეტაპია, რომელიც მოიცავს თეოდოლიტის ვერტიკალური ZZ₁ ღერძის ამ წერტილებთან ერთ შვეულ ხაზზე დაყენებას. ცენტრირებას ასრულებენ შვეულის ან ოპტიკური ცენტრირის დახმარებით.

პირველ შემთხვევაში შტატივს მასზე დამაგრებული თეოდოლიტით აყენებენ ისე, რომ შეუული მიახლოებით აღმოჩნდეს წერტილზე, თანაც აკვირდებიან, რომ ხელსაწყოს ჰორიზონტალური წრედის სიბრტყე იყოს დაახლოებით ჰორიზონტალური. შტატივის ბოლოებზე ფეხის დაჭრითა და მისი გრუნტში (ან რაიმე სხვა, უფრო მყარ საფარზე) ჩასობით აღწევენ თეოდოლიტის უფრო ზუსტ ცენტრირებას. და ბოლოს, ხერხემლის ხრახნის წინასწარ მოშვების შემდეგ, შტატივის თავზე ხელსაწყოს თანმიმდევრული გადანაცვლებით ხდება საბოლოო ცენტრირება 5მმ სიზუსტით, რომლის შემდეგ ისევ ამაგრებენ ხერხემლის ხრახნს.

ცენტრირების სიზუსტის ასამაღლებლად გამოიყენება თეოდოლიტის სადგამში ჩამონტაჟებული ოპტიკური ცენტრი, რომელიც შედგება ოკულიარისაგან 1, ძაფთა ბადისაგან 2, ფოკუსირების ლინზისაგან 3, ობიექტივისაგან 4 და სხივის 90° ქვემოთ მიმართული პრიზმისაგან 5 ან სპეციალური ოპტიკური ცენტრი (ნახ.III.26).

ოპტიკური ცენტრით სარგებლობისას, ხელსაწყოს წეტილზე წინასწარი დაყენების შემდეგ, მოსახერხებელია ჯერ შტატივის ერთი ბოლოს ჩასობა გრუნტში, ხოლო დანარჩენი ორის დახმარებით ხელსაწყოს ამოძრავება და თან ცალი თვალით ოპტიკური ცენტრის ობიექტივში დაკვირვება დასაცენტრირებელი წერტილის ხედვის არეში დაფიქსირების მიზნით. საბოლოოდ ის უნდა აღმოჩნდეს ცენტრის რგოლების შიგნით; ამისათვის დამატებით იყენებენ ხელსაწყოს სადგამის ამწვე ხრახნებს, რომელთა მოძრაობით აღწევენ საბოლოო ცენტრირებას 0,5 მმ სიზუსტით. ამის შემდეგ შტატივის სამივე ბოლოებს მყარად ასობენ გრუნტში.



ნახ.III. 32. ოპტიკური ცენტრი: ა - თეოდოლიტში ჩამონტაჟებული; ბ - მისი პრინციპიული სქემა; გ-სპეციალური ოპტიკური ცენტრის ზოგადი სახე; დ - სქემა

თეოდოლიტის ვერტიკალური ZZ_1 ღერძის შეუულ მდგომარეობაში მოყვანა
 ხორციელდება ჰორიზონტალური წრედის გასწორებული ცილინდრული თარაზოს დახმარებით. ამისათვის ალიდადის შემოტრიალებით ცილინდრულ თარაზოს მიახლოებით განათავსებენ ორი ამწვე ხრახნის პარალელურად და, მათი ერთმანეთის საპირისპირო მიმართულებით ერთდროული მოძრაობით, გაყავთ თარაზოს ბუშტულა შუაში. ამის შემდეგ ალიდადას შეატრიალებენ დაახლოებით 90° მესამე ხრახნის მიმართულებით და მისი მოძრაობით ისევ გაყავთ თარაზოს ბუშტულა შუაში. როგორც წესი ამ ოპერაციას იმეორებენ რამოდენიმეჯერ, სანამ ვერტიკალური წრედის ალიდადის ნებისმიერი მდგომარეობისას თარაზოს ბუშტულა ნულ-პუნქტში არ გაჩერდება.

ჭოგრისა (სამხური მილის) და ამთვლელი მექანიზმის მიკროსკოპის დაყენებას თვალის მიხედვით, როგორც წესი, ასრულებენ ერთხელ, სამუშაოს დაწყების წინ. ამისათვის, ოკულიარის დიოპტრული რგოლის ამოძრავებით, აღწევენ ძაფთა ბადის მკაფიო გამოსახულებას. ანალოგიურად ამთვლელი მიკროსკოპის დიოპტრული რგოლის მოძრაობით აღწევენ ჰორიზონტალური და ვერტიკალური წრედების ლიმბებზე დანაყოფებისა და ციფრირების მკაფიო გამოსახულებას. ამთვლელი მიკროსკოპის გამოსახულების საჭირო განათებას უზრუნველყოფენ განათების სარკის შესაბამისი შემობრუნებით.

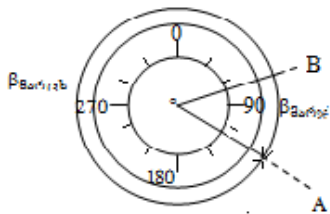
დაკვირვების მიზნით ორიენტირება მოიცავს ოპტიკური სამიზნის დახმარებით, განთავისუფლებული ლიმბით ან ალიდადით ჭოგრის მოცემულ **ობიექტზე** მიახლოებით მიმართვას, სამხური მილის საგანზე დაყენებას მაფოკუსირებელი ხრახნის (კრემალურის) მოძრაობით, ლიმბის ან ალიდადას დამაგრების შემდეგ მიმართული ხრახნის დახმარებით სამხური მილის ზუსტ მიმართვას საგანზე (ძაფთა ბადის ზედა ორ შტრიხს

შორის აქცევენ დასაკვირვებელ ობიექტს). აუცილებლობის შეთხვევაში ხდება პარალაქტის გასწორება.

ჰორიზონტალური კუთხეებისა და მაგნიტური აზიმუტების მიმართულებების გაზომვა. ჰორიზონტალურ კუთხეებს გაზომვის წინ დანიშნავენ ადგილზე სამი წერტილით, თეოდოლიტს დააყენებენ გასაზომი კუთხის წვეროზე, ხოლო გვერდების ბოლოებზე დააყენებენ სარებს და მოყავთ ხელსაწყო მუშა მდგომარეობაში. არსებობს ჰორიზონტალური კუთხეების გაზომვის შემდეგი ძირითადი ხერხები: ილეუების, ლიმბისა და ალიდადის ნულების შეთავსების, წრიული ილეუების, გამეორების.

განვიხილოთ ტოპოგრაფიული აგეგმვების წარმოებისას ყველაზე გამოყენებადი **ილეუების ხერხი**, რომელიც მდგომარეობს სვლიდან მარჯვენა კუთხის გაზომვაში (ნახ. III.33), რომელიც მოიცავს ორ ტოლფას ნახევარილეთს. ნახევარილეთებს შორის განსხვავებას დამზირების ღერძის მიმართ ვერტიკალური წრის მდგომარეობა განსაზღვრავს. წრის მდებარეობა ღერძიდან მარჯვნივ განსაზღვრავს თეოდოლიტის მდგომარეობას "მარჯვენა წრე" (მარჯ.წ.), ხოლო მარცხენივ – "მარცხენა წრე" (მარც.წ.) ჩვეულებრივად გაზომვებს "მარცხენა წრით" იწყებენ.

ოკულარისა და კრემალურიის დახმარებით თეოდოლიტის ჭოგრს აყენებენ თვა-ლზე და საგანზე, **A** სარზე გაორიენტირებით. ჭოგრისა და



ნახ.III. 33. ორიზონტალური კუთხის გაზომვა ილეუების ხერხით

ჰორიზონტალური წრედის ალიდადის მარცხ **B** მარჯ 270° დამაგრების შემდეგ მიმართული ხრახნების დახმარებით ხდება ძაფთა ბადის ბისექტორის შეთავსება **A** წერტილზე დაყენებულ ნიშანთან. მიკროსკოპის **B** **ოკულარული რგოლის მანიპულირებით ხდება ლიმბის** შტრიხების მკაფიო გამოსახულების მიღწევა, რომლის შემდეგ იღებენ **a** ანათვალს ჰორიზონტალურ წრედზე. სამაგრი ხრახნების დახმარებით აუშვებენ ალიდადას და ჭოგრს მიმართავენ წერტილისაკენ; ისევ დაამაგრებენ ალიდადას და იღებენ **b** ჰორიზონტალურ ანათვალს. შესრულებული ოპერაცია

შეადგენს ერთ **ნახევარილეთს**.

სვლის მიმართ მარჯვნივ მდებარე გაზომილი **AOB** კუთხის მნიშვნელობა **a** და **b** ანათვლების სხვაობის ტოლია.

$$\beta = a - b \quad \text{III.5}$$

გაზომვისას ლიმბის ნული შეიძლება აღმოჩნდეს გასაზომი კუთხის შიგნით (ნახ. III. 33); ამ შემთხვევაში უმცირეს, უკანა ანათვალს ემატება 360° და მაშინ:

$$\beta = (a+360^\circ) - b \quad \text{III.6}$$

ცხრ.III.3

დგომის წერტილის ნომერი	დაკვირვების წერტილის ნომერი	მარც. ან მარჯ. წ.	ანათვლები	ჰორიზონტალური კუთხეები	
				გაზომილი	საშუალო
0	A	მარც	125° 51' (1)	81° 38' (5)	81° 38, 5(7)
	B		44° 13' (2)		
	A	317° 19' (3)			
	B	225° 40' (4)	81° 39' (2)		

მარცხენა კუთხე (მარცხ.) მიიღება სხვაობიდან $(b+360^\circ) - a$, რომელიც წარმოადგენს მარჯვენა კუთხის დამატებას 360°-მდე.

უხეში ცდომილებების თავიდან აცილებისა და გაზომვის შედეგების სიზუსტის ასამაღლებლად ასრულებენ მეორე ნახევარილეთს, რომლის დაწყების წინ ჰორიზონტალურ წრეს გადაადგილებენ 1-3°.

§III.3. ადგილზე წერტილთა სიმაღლეების განსაზღვრა

III.3.1. ამაღლება და მისი განსაზღვრის მეთოდები

გეოდეზიასა და ტოპოგრაფიაში სხვადასხვა სახის თეორიული და პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად აუცილებელია დედამიწის ზედაპირზე შერჩეული გარკვეული რაოდენობის წერტილების სიმაღლური კოორდინატების – პირობითად მიღებული საწყისი ზედაპირიდან მოცემულ წერტილებამდე მართობული მანძილის დადგენა. სიმაღლეთა მთელი სისტემა ურთიერთ დაკავშირებულია და აქვს ერთი საწყისი.

შესასწავლი ტერიტორიის ელემენტების სიმაღლური მახასიათებლების განსაზღვრავად ჩატარებულ გაზომვითი მოქმედებების ერთიანობას *ნიველირება* ეწოდება. ცნობილია ნიველირების შემდეგი ძირითადი მეთოდები ა) *გეომეტრიული*, ბ) *ტრიგონომეტრიული* და გ) *ფიზიკური* (ბარომეტრული, ჰიდროსტატიკური, მექანიკური, აერორადიონიველირება).

III.3.2. გეომეტრიული ნიველირება – პრინციპი.

გეომეტრიული ნიველირების არსი მდგომარეობს პირობითი დონებრივი ზედაპირიდან დედამიწის ფიზიკური ზედაპირის წერტილებამდე ვერტიკალური მიმართულებით მანძილის განსაზღვრაში.

განვიხილოთ ნახაზი III.31, სადაც ამაღლება h პირობით დონებრივ და მოცემულ წერტილზე გამავალ დონებრივ ზედაპირს შორის მართობული ხაზია, ე.ი. A და B , დედამიწის ფიზიკური ზედაპირის წერტილებიდან პირობით დონებრივ ზედაპირამდე მანძილია.

ნიველირებისას პირობითი დონებრივი ზედაპირი შეთავსებულია *ნიველირის* – გეოდეზიური ხელსაწყოს ჰორიზონტალურ სხივთან, ხოლო a და b მონაკვეთების სიგრძეს განსაზღვრავენ A და B წერტილებზე მართობულად დაყენებული *სანიველირო ლარტყებით*. a და b სიგრძეების მისაღებად არსებობს ორი წესი: 1. *ნიველირება შუა წერტილიდან* - ხელსაწყოს A და B წერტილებს შორის დაყენებით და 2. *ნიველირება წინ* - ნიველირის რომელიმე მათგანზე განთავსებით.

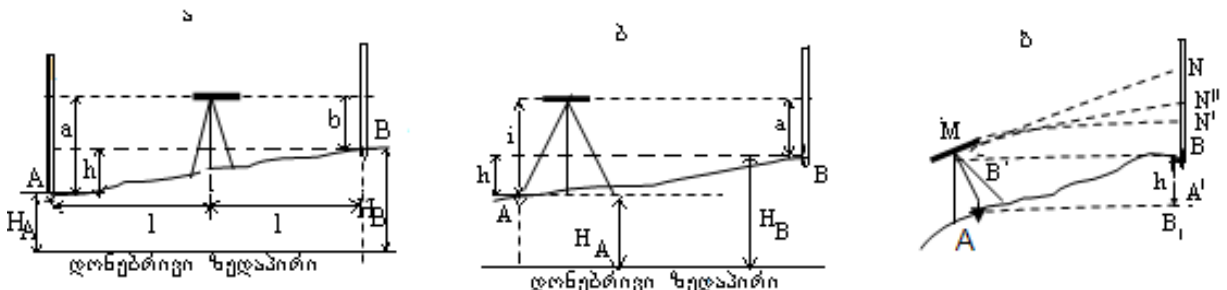
გეომეტრიული ნიველირებისათვის ნიველირთან ერთად შესაძლებელია გამოვიყენოთ სხვა ხელსაწყოები (თეოდოლიტი, ტახეომეტრი და სხვა), თუ მათ დამზირების სხივს მივცემთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობას.

გეომეტრიული ნიველირებას შუა წერტილიდან იწყებენ უკანა წერტილზე ლარტყის დაყენებით, რომლის შემდეგ ირჩევენ პოზიციებს ნიველირისა და წინა ლარტყისათვის ისე, რომ მანძილი ხელსაწყოდან უკანა და წინა ლარტყებს შორის იყოს ტოლი (ნახ. III.34, ა). A და B წერტილებს შორის h ამაღლების განსაზღვრას იწყებენ ხელსაწყოს სამუშაო მდგომარეობაში მოყვანით, რომლის შემდეგ ლარტყები მოყავთ შვეულ მდგომარეობაში და იღებენ a („უკან ხედვა“) და b („წინ ხედვა“) ანათვლებს.

(ნახ. III.34, ა) - დან ჩანს, რომ A და B წერტილებს შორის ამაღლება ტოლია:

$$h=a-b$$

III.7



ნახ. 34. გეომეტრიული ნიველირების სახეები: ა - შუა წერტილიდან; ბ - ნიველირება წინ; გ - დედამიწის ზედაპირის სიმშუდისა და ტეფთაქციის გავლენა ნიველირების სიზუსტეზე

იმ შემთხვევაში, თუ h აღმოჩნდება დადებითი, მაშინ წინა B წერტილი ყოფილა A უკანა წერტილზე დაბლა და, პირიქით, უარყოფითი h ამაღლებისას წინა წერტილი მდებარეობს უკანა წერტილზე დაბლა.

ამრიგად, **წინა წერტილის ამაღლება უკანა წერტილის მიმართ ტოლია სხვაობისა „უკან ხედვა“ - „წინ ხედვა“.**

იმ შემთხვევაში, თუ ცნობილია უკანა A წერტილის სიმაღლე H_A , მაშინ წინა B წერტილის H_B სიმაღლეს მივიღებთ h აღმატების გამოთვლის შემდეგ, ფორმულით:

$$H_B = H_A + h \quad \text{III.8}$$

ე.ი. **წინა წერტილის სიმაღლე უკანა წერტილის სიმაღლისა და მათ შორის ამაღლების ჯამის ტოლია.**

მომდევნო წერტილის სიმაღლე ასევე შესაძლებელია განისაზღვროს ხელსაწყოს H_i პორიზონტის დახმარებით:

$$H_i = H_A + a \quad \text{III.9}$$

ხელსაწყოს პორიზონტი ტოლია წერტილის სიმაღლეს მიმატებული „ხედვა ამ წერტილზე“. მაშინ წინა B წერტილის სიმაღლე ადვილად განისაზღვრება ფორმულით:

$$H_B = H_i - b \quad \text{III.10}$$

წერტილის სიმაღლე ხელსაწყოს პორიზონტისა და ამ „წერტილზე ხედვისას“ აღებული ანათვლის სხვაობის ტოლია.

შუა წერტილიდან ნიველირებისას შედეგზე პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს ხელსაწყოს იუსტირების სიზუსტე, აგრეთვე დედამიწის სიმრუდე და ატმოსფეროს რეფრაქცია*. ამასთან ეს ხერხი დროის ბიუჯეტის ეკონომიით მნიშვნელოვნად განსხვავდება ნიველირებისაგან „წინ“, რამაც განაპირობა ტოპოგოდეზიურ წარმოებაში ძირითადად მისი გამოიყენება.

გეომეტრიული ნიველირებისას ხერხით „წინ“, ხელსაწყოს აყენებენ ისე, რომ მისი სამხერი მილის ოკულიარი აღმოჩნდეს A წერტილზე გამავალ შვეულ ხაზზე (ნახ. III.34, ბ). ოკულიარის ცენტრიდან წერტილებამდე მართობულ მანძილს **ხელსაწყოს სიმაღლე** ეწოება. მას, როგორც წესი, ლარტყის დახმარებით ზომავენ.

თუ B წერტილზე დავაყენებთ ლარტყას და ავიღებთ მასზე ანათვალს „ხედვით წინ“ (ნახ. III.34, ბ) მაშინ A და B წერტილებს შორის ამაღლება განისაზღვრება ფორმულით:

$$h = i - a \quad \text{III.11}$$

გეომეტრიული ნიველირების ეს ხერხი გამოირჩევა ნაკლები სიზუსტით, რადგანაც მასზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ დედამიწის სიმრუდე, ხელსაწყოს იუსტირების *სიზუსტე* (ე.ი. სავიზირო ღერძის პრაქტიკული პორიზონტალურობის უზრუნველყოფა) და ატმოსფეროს რეფრაქცია. ამიტომ ძირითადად გამოიყენება საველე სამუშაოების დაწყების წინ ხელსაწყოს შემოწმებებისას და იუსტირებისას. ნახ. III.34, გ-ზე ნიველირის სავიზირო სხივი ვრცელდება ამ წერტილზე MN' დონებრივი ზედაპირის მხები MN წრფის გასწვრივ. სავიზირო სხივის დონებრივი ზედაპირიდან გადახრის სიდიდის გამოთვლა შესაძლებელია ფორმულით

$$N'N = \kappa = \frac{l}{2R}, \quad \text{III.12}$$

სადაც R - დედამიწის საშუალო რადიუსია, ხოლო l - მანძილი AB.

რეფრაქციის გავლენით სავიზირო სხივი MN'' მრუდის სახეს იღებს, რომლის გადახრა გამოითვლება მიახლოებითი ფორმულით

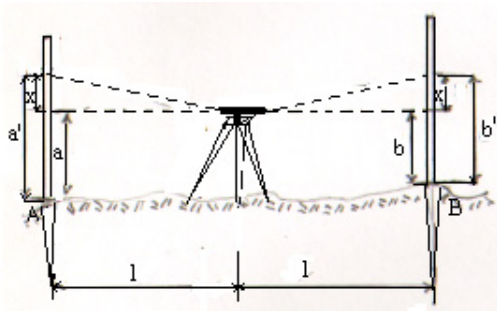
$$N N'' = r = \frac{l}{2R_1}, \quad \text{III.13}$$

სადაც R_1 - რეფრაქციული მრუდის რადიუსია.

პრაქტიკაში გამოითვლიან სავიზირო სხივის საერთო გადახრას

$$f = \kappa \cdot r = 0,43 \frac{l}{R}$$

III.14



ნახ. III. 35. სმზური სხივის არაპარალელურობაზე ცლომილების კომპენსირება

არაპორიზონტალურობის გამო a და b ანათვლების ადგილას ხდება a' და b' ალება. თუ ავლნიშნავთ ლარტყაზე ანათვლებში ცლომილებას x - ით, მაშინ $a = a' - x$ და $b = b' - x$.

აუცილებლობის შემთხვევაში გადახრის სიდიდეს მხედველობაში ლებულობენ ნიველირების პროცესში – III.12 და III.13 ან III.14 ფორმულებით მიღებული სიდიდეების გაზომვის შედეგში შეყვანის გზით.

შუა წერტილიდან ნიველირებას ნიველირებისაგან წინ აქვს შემდეგი უპირატესობები: ჯერ ერთი, მატულობს მანძილი პიკეტებს შორის და მეორე, ხდება სავიზირო ღერძის კორიზონალური მდგომარეობიდან შესაძლო გადახრის გამო ანათვლებში ცლომილებათა კომპენსირება. მართლაც, როგორც ნახ. III.35-დან ჩანს, სავიზირო ღერძის

III.3.3. გეომეტრიული ნიველირების წარმოება, მისი სახეები.

ბანახომთა შედეგების სიზუსტე

გეომეტრიული ნიველირების სახეები. ნიველირებას ხელსაწყოს ერთი დაყენებიდან - (სადგურიდან) ეწოდება **მარტივი**. იმ შემთხვევაში, როცა საჭიროა განისაზღვროს ამადლება ან სიმაღლეები მრავალი წერტილებისათვის მნიშვნელოვან მანძილზე ნიველირებას აწარმოებენ რამდენიმე სადგურიდან, ე. ი დააგებენ **სანიველირო სვლას**. ასეთ ნიველირებას ეწოდება **რთული**. რთული ნიველირებისას ორ მეზობელ სადგურისათვის საერთო წერტილებს **დამაკავშირებელ**, ხოლო დანარჩენს **შუალედურ** წერტილებს უწოდებენ (ნახ. III.36).

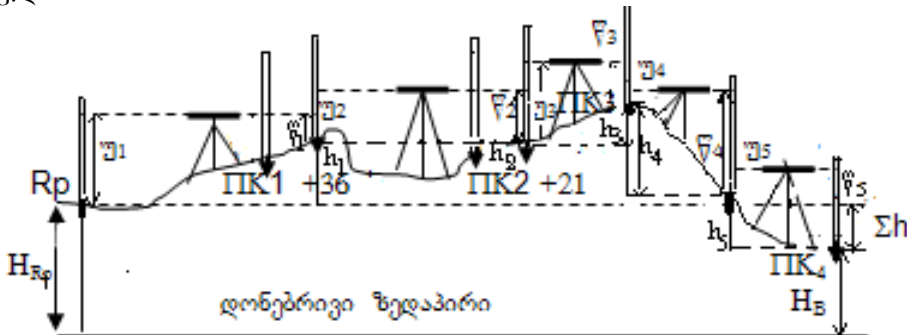
რთული ნიველირებისას განსაკუთრებული ყურადღებას აქცევენ დამაკავშირებელ წერტილებს, რადგანაც ერთ-ერთი ასეთი წერტილის სიმაღლის განსაზღვრისას დაშვებული შეცდომა გადაეცემა ყველა მომდევნოს.

სვლაში $RpPK_4$ დამაკავშირებელ წერტილებს შორის ამადლება უკანა A_i და წინა B_i ლარტყებზე ანათვლების მიხედვით მიიღება შემდეგი ფორმულის დახმარებით:

$$\sum h_i = \sum a_i - \sum b_i,$$

III.15

ე.ი სვლის ამადლებათა ჯამი უკანა და წინა ლარტყებზე აღებული ანათვლების ჯამებს შორის სხვაობის ტოლია. ბოლო PK_4 წერტილის ნიშნული გამოითვლება ფორმულით



ნახ. III. 36. სანიველირო სვლის სქემა: დამაკავშირებელი წერტილები ($Rp, +36, +21, PK_3, +56, PK_4$) შუალედური წერტილები: (PK_1, PK_2)

*რეფრაქცია (ლათ. Refractio – გარდატეხა) – ატმოსფერულ-ოპტიკური მოვლენა, რომელიც გამოწვეულია სინათლის სხივების გარდატეხით და გამოიხატება დაშორებული ობიექტების წარმოსახვით გადაანაცვლებით

$$H\Pi K_4 = H Rp + \sum h_i = H Rp + h Rp\Pi K_4$$

სანიველირო სვლები შეიძლება იყოს **შეკრული** და **ღია**. შეკრული სვლის ერთ-ერთ ნაირსახეობას წარმოადგენს ნიველირების ერთი და იმავე ხაზზე პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით შესრულებული სვლა. გაზომვის ცდომილებათა არარსებობისას ამადლება პირდაპირი და შებრუნებული სვლით ტოლი უნდა იყოს აბსოლიტური მნიშვნელობისა საპირისპირო ნიშნით.

სადგურზე ნიველირებას ასრულებენ შემდეგი თანმიმდევრობით. ლარტყებს აყენებენ წერტილებზე, რომელთა შორის მანძილი ვაკე ადგილებში 100-200 მეტრია. ხელსაწყო მოყავთ მუშა მდგომარეობაში და იღებენ ანათვლებს შემდეგ თანმიმდევრობით: 1) უკანა ლარტყის შავ მხარეზე; 2) წინა ლარტყის შავ მხარეზე; 3) უკანა ლარტყის წითელ მხარეზე; 4) წინა ლარტყის წინა მხარეზე. ამასთან მუდმივად ადევნებენ თვალს ცილინდრული თარახოს ბუშტულის ბოლოებს შორის კონტაქტს. ანათვლები შეაქვთ გეომეტრიული ნიველირების ჟურნალში (ცხრ III.4)

ცხრ. III.4

სადგურის N	ანათვლები		ამადლება h	h saS
	u	w		
Rp 207	1657(1)	0432(2)	+1225(5)	+1225(10)
X1	6439(4)	5115(3)	+1324(6)	
	782(7)	4683(8)	+99(9)	

ჟურნალში ყველა დაანგარიშებას ახდენენ ნიველირის სადგურიდან და ლარტყების პიკეტებიდან მოხსნამდე. გამოთვლებს აწარმოებენ შემდეგი თანმიმდევრობით: ა) გამოით-ვლიან (5) = (1)-(2) და (6) = (4)-(3) ამადლებას. წყვილი ლარტყების შერჩევის წესიდან გამომდინარე, რომლის მიხედვითაც ანათვლები, რომლითაც იწყება ლარტყების წითელი მხარე, განსხვავდება 100 მმ. სხვაობა (5)-(6) = 100±3(მმ). შემდეგ გამოითვლიან ლარტყების წითელი მხარეების საწყისი ანათვლების მნიშვნელობებს: (7) = (4)-(1) და (8) = (3)-(2). მე-(9) მოქმედება საკონტროლოა ჯამების მეთოდით: (9) = (6)-(5) = (7)-(8). საბოლოო შედეგს $h_{საშ}$ დებულობენ ფორმულით

$$h_{საშ}=(10)=\frac{(5)+(6)}{2}=\frac{h_1+h_2}{2} \quad \text{III.17}$$

იმ შემთხვევაში, თუ ლარტყების წითელი მხარეების ანათვლები განსხვავდებიან 100 მაშინ მეტრებისა და დეციმეტრების მნიშვნელობებს იღებენ ლარტყის შავ მხარეზე აღებული ანათვლებიდან; საშუალო გამოყავთ მხოლოდ სანტიმეტრებისა და მილიმეტრებისაგან.

გამოთვლების შემდეგ ნიველირი გადააქვთ მომდევნო სადგურზე; უკანა ლარტყა გადააქვთ წინ და ის ხდება წინა, ხოლო ყოფილი წინა, რჩება რა ადგილზე, ხდება უკანა ლარტყა. სანიველირო სვლას ამთავრებენ სვლის ბოლო წერტილზე, რომლის ნიშნული (როგორც საწყისის) ცნობილია. შეკრულ სვლაში საწყისი წერტილი საბოლოოცაა.

თუ ჟურნალში ჩანაწერები და გამოთვლები ჩატარებულია სწორად, შეიძლება დავიწყოთ f შეუბმელობის გამოთვლა მთლიანი სვლისათვის:

ა) $f = \sum h_{საშ}$. შეკრული სვლისათვის;

ბ) $f = \sum h_{საშ} - (H_{ბოლო.წ.} - H_{საწყ.წ.}) = \sum h_{პრ.} = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n$ ღია სვლისათვის.

III.18

დასაშვები შეუბმელობის შემთხვევაში მისი მნიშვნელობის კომპენსირებას ახდენენ u შესწორებებით:

$$u = -f \frac{L_i}{L} \quad \text{III.19}$$

სადაც, L_i - მეზობელ წერტილებს შორის მონაკვეთის სიგრძეა, ხოლო $L = \sum_1^k L_i$. აქ

k - შუალედური წერტილების რიცხვია. კონტროლი: $\sum_i = -f$.

შესწორებათა შეტანის შემდეგ გამოითვლიან შუალედური წერტილების საბოლოო სიმაღლურ ნიშნულებს.

III.3.4. გეომეტრიულ ნიველირებაში გამოყენებული ხელსაწყოები – ნიველირები

ხელსაწყოები და ნივთები. გეომეტრიული ნიველირების ძირითადი თანამედროვე ხელსაწყოა ნიველირი, რომლის კომპლექტში შედის: ამა თუ იმ კონსტრუქციის ნიველირი, მისთვის განკუთვნილი შტატივი, ორი სანიველირო ლარტყა და სანიველირო ბუნიკები ან ომბოხები.

ნიველირის მოწყობილობასა და კონსტრუქციულ თავისებურებებს გავეცნოთ რუსული და სხვა ქვეყნებში წარმოებული ხელსაწყოების მაგალითზე.

ნებისმიერი კონსტრუქციის ნიველირი შედგება სამი ძირითადი ნაწილისაგან (ნახ. III.36. ა, ბ): ჭოგრი, რომელიც მომარაგებულია ძაფთა ბადით ლარტყიდან ანათვლების ასაღებად, მოწყობილობა, რომელიც უზრუნველყოფს სავიზირო ხაზის ჰორიზონტალურ მდგომარეობას და სადგამისაგან ხელსაწყოს მუშა მდგომარეობაში მოსაყვანი მოწყობილობით. ნიველირი მოძრაობს მხოლოდ ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მართობული ღერძის ირგვლივ.

სიზუსტის მიხედვით ნიველირები იყოფა სამ ტიპად: **მაღალი სიზუსტის** (რუსული წარმოების H-05 ტიპის), **ზუსტი** (H-3 ტიპის) და **ტექნიკური** (H-10 ტიპის). ნიველირის მარკასთან ციფრი მიუთითებს ორმაგი სანიველირო სველის ერთ კილომეტრზე ამადლებაში საშუალო კვადრატული ცდომილების მნიშვნელობას მილიმეტრებში.

კონსტრუქციული თავისებურებების მიხედვით ნიველირებს სამხერ მილთან შეიძლება ჰქონდეთ ცილინდრული თარაზო, სამხერი ღერძის ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში ხელით მოსაყვანად და კომპენსატორი, რომელსაც ავტომატურად მოყავს სამხერი სხივი ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. ასეთი სახის ნიველირების მარკის აღნიშვნას ემატება ასო k (H-3k).

კომპენსატორიანი ნიველირების გამოყენება შრომის ნაყოფიერებას 15–20% ზრდის, რაც მას დიდ უპირატესობას ანიჭებს პირველი ტიპის ნიველირებთან შედარებით.

ზოგიერთ ნიველირებს ერთდროულად ჰორიზონტალური კუთხმზომი წრე – ლიმიტიც აქვთ, რომლის პირველი ასო Π (რუს) ან L (სხვა დანარჩენში) ემატება მარკის აღნიშვნას (მაგალითად, H-3kL), ხოლო ხელსაწყოს მარკის წინ მდგარი ციფრი კი საბაზო მოდელის გაუმჯობესებული მოდიფიკაციის ნომერს (მაგალითად, 2 H-3L).

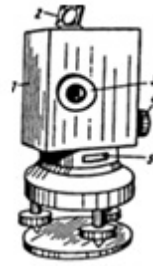
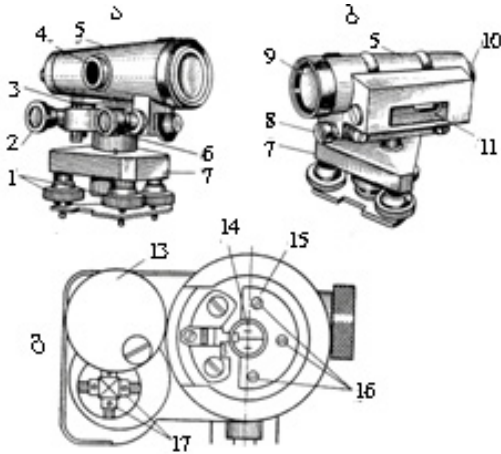
ნახ. III.37-ზე წარმოდგენილ ზუსტ ნიველირში გამოყენებულია ხედვის ველში შებრუნებული გამოსახულებისა და 30^\times - ჯერადი გადიდების სამხერი მილი 5, რომლის ობიექტივს 9 აქვს გამაშუქებელი ოპტიკა და ოკულიარი 10 დიოპტრული რგოლებით.

მაფოკუსირებელი (ელევაციური) ხრახნით 2 ხდება განათების დაყენება. სამხერი მილის სამიზნის 12 დახმარებით ლარტყისკენ მიახლოებითი მიმართვის შემდეგ მიმართველი 6 ხრახნის დახმარებით ხდება უკვე ძაფთა ბადის ზუსტი შეთავსება, ხოლო მომჭერი 8 ხრახნით ამ მდგომარეობის დაფიქსირება. სამხერი მილი შეერთებულია სადგამთან 7 ბრუნვის შეუღული ღერძით. სამხერ მილთან მდებარე წრიული თარაზოს 3 დანიშნულებაა ბრუნვის ღერძის შეუღულ მდგომარეობაში მიხლოებითი მოყვანა ამწევი 1 ხრახნების დახმარებით. ნიველირის სამხერ მილთან ყრუდ მიერთებული კონტაქტური ცილინდრული თარაზოს ბუშტულების ნახევრების საპირისპირო ბოლოების გამოსახულება ლინზების სისტემის დახმარებით გადაეცემა სამხერი მილის ხედვის არეში (ნახ. III.37, ბ). ლარტყაზე ანათვლის ადების წინ ელევაციური ხრახნით 2 ახორციელებენ ბუშტულის ბოლოების ზუსტ შეთავსებას (კონტაქტს) და ამით სამხერი მილის ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანას.

ნახ. 39 –ზე მოცემულია თარაზობიანი ნიველირის პრინციპული სქემა და ძირითადი დერძები.

ზუსტ ნიველირს H-3k (ნახ. III.38, ა) აქვს ხელსაწყო ბრუნვის დერძის შეუღლი მდგომარეობიდან $\pm 15'$ საზღვრებში გადახრისას სამზერი მილის ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში ავტომატურად მოსაყვანი მოწყობილობა – კომპენსატორი.

H-3 ნიველირისაგან განსხვავებით H-3k არა აქვს მომჭერი ხრახნი, რადგანაც სამზერი მილი თავისი ბრუნვის დერძის გარშემო მოძრაობს მსუბუქი შეხებით. ამიტომ მიახლოებითი დამზერა ღარტყაზე ხდება ხელით, ხოლო ზუსტი - შეუზღუდავი მოქმედების მიმართველი ხრახნით.



ნახ. III.38 ნიველირები კომპენსატორით
 ა - ტექნიკური H-10 კ/ლ 1-ხუფი; 2- სარკე;
 3 - ოკულიარი; 4 - მიმართველი ხრახნი;
 5 - ფანჯარა ჰორიზონტალურ წრის შეკლიდან
 ანათელის ასაღებად;
 ბ - ზუსტი ნიველირი 3H-2კ/ლ ქანქარისებური
 მაგნიტურ- ოპტიკური კომპენსატორით;

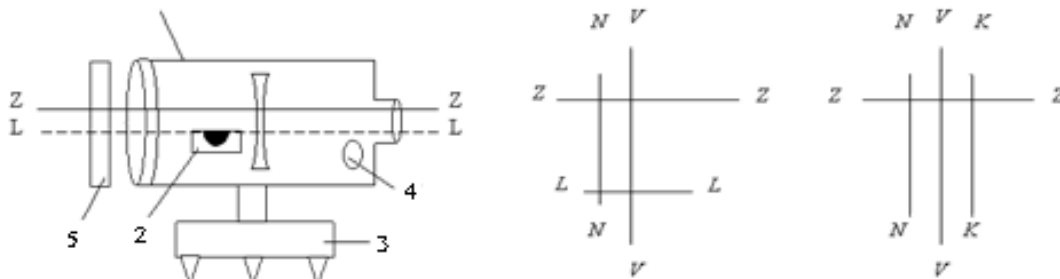
ნახ. III. 37. ნიველირები სამზერ მილთან ცილინდრული თარაზოთი და მისი ძირითადი ნაწილები

ა - მარჯვენა მხარე; ბ - მარცხენა მხარე; გ - სამზერი მილის ოკულიარის ხედვის ველი დამცავი ხუფის გარეშე. 1 - ამწევი ხრახნები; 2 - ელევაციური ხრახნი; 3 - წრიული თარაზო; 4 - კრემალურია; 5 - სამზერი მილის კორპუსი; 6 - მიმართველი ხრახნი; 7 - სადგამი (ტრეგერი; 8 - სამაგრი ხრახნი; 9 - ობიექტივი; 10 - ოკულიარი; 11 - კონტაქტური ცილინდრული თარაზო; 12 - ცილინდრული თარაზოს იუსტირების ხრახნები; სამიზნე; 13 - ხუფი; 14 - ძაფთა ბადე; 15 - მეტალის ფირფიტა; 16 - ძაფთა ბადის სამაგრი ხრახნები



ნახ. III 38, ა – niveliri H-3k

ნახ. III.39, ბ წარმოდგენილია ქანქარისებური, მაგნიტურ-ოპტიკური კომპენსატორის მუშაობის სქემა, რომელიც მოთავსებულია ძაფთა ბადესა 4 და მაფოკუსირებელი ლინზას 1 შორის. კომპენსატორი შედგება ორი 3 და 5 მართკუთხა პრიზმისაგან რომელთაგან, ზედა გამოსახულებას გადასცემს ძაფთა ბადის 4 სიბრტყეში და ამიტომ უძრავადაა შეერთებული სამზერი მილის კორპუსთან, ხოლო ქვედა, ქანქარასთან, ჩამოკიდებულია წყვილ ფოლადის 2 ძაფებზე. ქანქარისა და პრიზმების შეერთებულია



კომპენსატორით 3H-2კ/ლ;

ნახ. III.39. თარაზობიანი ნიველირი. ა - პრინციპიული სქემა; ბ - გეომეტრიული დერძების ურთიერთმდებარეობა. 1-სამზერი მილი; 2 - ცილინდრული თარაზო; 3 - სადგამი; 4 - ელევაციური ხრახნი; 5-ობიექტივი

რხევების ჩახშობა ხდება ჰაერის 7 დემპფერის (გერმ. "Dämpfer" - რხევების ჩახშობი", „დამამშვიდებელი“ ან „ამორტიზატორი“) დახმარებით. სამზერი მილის კუთხით დახრისას ზედა პრიზმა იხრება მასთან ერთად იგივე კუთხით, მაშინ როცა ქვედა შებრუნდება მილის დახრის საპირისპირო მიმართულებით, რაც იწვევს სავიზირო სხივის გადაწვევას და ის ისევ პორიზონტალურ მდგომარეობას იკავებს.

ტექნიკურ ნიველირ H-10KJI-საც (ნახ. III.39, ბ) აქვს ოპტიკურ-მექანიკური კომპენსატორი. ხელსაწყოს სამზერ მილს აქვს პირდაპირი გამოსახულება. ნიველირის ქვედა ნაწილში მოთავსებულია პორიზონტალური ლიბი, რაც აფართოებს მის შესაძლებლობებს სხვადასხვა სახის საინჟინრო სამუშაოების წარმოებისას.

დღეისათვის რუსეთში H-3K ნიველირის ადგილას უშვებენ მოდიფიცირებულ ხელსაწყოს 3H-2KJI, რომელსაც აქვს პირდაპირი გამოსახულება და უზრუნველყოფს გაზომვის წარმოებას ± 2 მმ სიზუსტით ორმაგი სანიველირო სვლის ერთ კილომეტრზე.

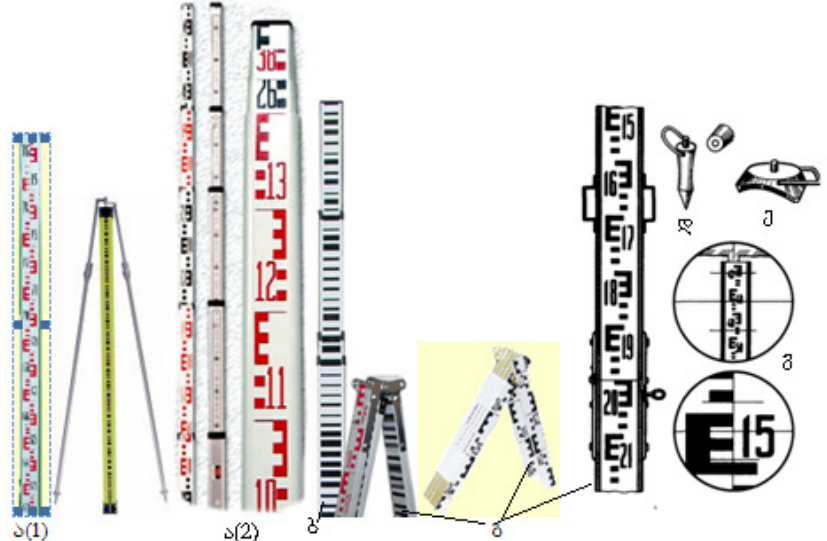
სანიველირო ლარტყები. ნიველირებისათვის გამოიყენება *მთლიანი, დასაკეცი, გასაწვევი* და *ტელესკოპური ლარტყები* (ნახ. III.40). მათ ამზადებენ წიწვოვანი ჯიშის ხის გამომშრალი მასალისაგან, პლასტმასისაგან ან სპეციალური დურალუმინის შენადნობებისაგან.

ტოპოგრაფიულ წარმოებაში ჩვეულებრივ გამოიყენება ტექნიკური ნიველირება, რომლისთვისაც გამოიყენება *ცალმხრივი* ან *ორმხრივი მთლიანი* ან *დასაკეცი* ლარტყები 10 - მილიმეტრებიანი დანაყოფებით. ორმხრივი ლარტყები 3 მ სიგრძისაა. ერთ მხარეზე შავი საღებავით (შავი მხარე, ძირითადი) დატანილია სანტიმეტრებიანი დანაყოფები, მათ-გან გამორჩეულია 5-და 10-სანტიმეტრებიანი. წარწერები გაკეთებულია ყოველ დეცი-მეტრთან. შავი მხარის ნული ემთხვევა ლარტყის ქუსლს და დანაყოფების მნიშვნელობა მატულობს ქვემოდან ზემოთ. მეორე მხარეზე დანაყოფები დატანილია წითელი საღებავით (წითელი მხარე), ამასთან წითელ მხარეზე ქუსლს შეესაბამება 4687 მმ მთლიანი და 4468 მმ დასაკეცი ლარტყებზე. პირდაპირგამოსახულებიანი ნიველირებით მუშაობისათვის ლარტყებს ამზადებენ პირდაპირი ციფრირებით და გადაბრუნებული ციფრირებით იმ ხელსაწყოებისათვის, რომლებსაც აქვთ სამზერი მილი შებრუნებული გამოსახულებით.

სანიველირო ლარტყების წითელი მხარე გამოიყენება ნიველირების სისწორის გასაკონტროლებლად.

ნიველირებისას ძალზე მოხერხებული აღმოჩნდა დურალის შენადნობისაგან დამზადებული ტელესკოპური ლარტყები (ნახ. III.40. ა, 2). ნიველირების ადგილმდებარეობის რელიეფის სირთულის მიხედვით ასეთი ლარტყების სიგრძე შეიძლება შევცვალოთ 2-დან 4-მეტრამდე.

ნიველირებისას ლარტყას აყენებენ მიწისპირამდე ჩასობილ პალოებზე, მეტალის ომბოხებზე ან სპეციალურ ბუნიკებზე (ნახ. III.40. დ, ე). ტექნიკური ან უფრო დაბალი სიზუსტის ნიველირებისას ლარტყა შეიძლება დავაყენოთ ნებისმიერ მყარ წერტილებზე



ნახ. III. 40. სანიველირო ლარტყები: ა - მთლიანი; ბ - გასაწვევი; გ - დასაკეცი; დ - ომბოხო და ე - ბუნიკი. v - სანიველირო ლარტყის გამოსახულება ნიველირის სამზერ მილში-ანათვალი 1536 მმ;

(რიცხის ქვა, ხის ფესვები და კუნძები, ქვები, და სხვა).

ნიველირის ლარტყას აყენებენ შვეულად მასზე მიმაგრებული წრიული თარაზოს დახმარებით, რომლის ღერძების პარალელურობას სამუშაოს დაწყების წინ ამოწმებენ შვეულის დახმარებით. თუ ლარტყას თარაზო არა აქვს 1500 მმ ნაკლები ანათვლებისას მას შვეულ მდგომარეობას აძლევენ თვალდათვალ, ხოლო 1500 მმ-ზე მეტი ანათვლებებისას ლარტყას ნელა შეარყევენ წინ და უკან შვეული ხაზის მიმართ, ამასთან ანათვლის მინიმალური მნიშვნელობა იქნება ლარტყის შვეული მდგომარეობის შესაბამისი და ის შეაქვთ ნიველირების საველე ჟურნალში.

ლაზერული ნიველირები. ბოლო წლებში ტოპო-გეოდეზიურ წარმოებაში გამოყენება პოვა ლაზერულმა ნიველირებმა, რომლის მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია ლაზერის – ხილვადი დიაპაზონის სინათლის წყაროების ოპტიკური კვანტური გენერატორების (ოკბ) გამოყენებაზე, რომელიც დაფუძნებულია ატომებისა და მოლეკულების იძულებით გამოსხივებაზე. ლაზერულ ნიველირებში ავტომატიზაციის შესაძლებლობები ემყარება ხელსაწყოს მიერ წარმოსახვითი ხაზის ან სიბრტყის შექმნას. მათი გადაკვეთისას ვერტიკალურ ლარტყასთან გამოანათებს სინათლის ლაზერული ლაქა ან ჰორიზონტალური სინათლის სხივი, რომლისგანაც აითვლიან აღმატებას. ამ მიზნით გამოიყენება სინათლის ნაკადის ვიზუალური ან ფოტოელექტრონული ინდიკაცია. ერთ ლაზერულ ნიველირს ერთდროულად შეუძლია რამდენიმე ლარტყის მომსახურება.

ყველა ლაზერული ნიველირი სამ დიდ ჯგუფად იყოფა:

1) ცილინდრული თარაზოთი გამომსხივებლის კორპუსთან ან ნიველირის სამზერ მიღზე, რომელთანაც მაგრდება ლაზერული გამომსხივებელი;

2) თვითდაყენების ლაზერული სხივით (მაგალითად, ნიველირი კომპენსატორითა და ლაზერული წამოსაცობით);

3) მბრუნავი ლაზერული სხივით, რომელიც სივრცეში ხედვით საყრდენ ჰორიზონტალურ სიბრტყეებს ქმნის;

რუსული წარმოების ლაზერული ნიველირი "Лимка-Горизонт" (ნახ. III.41) ტექნიკური მახასიათებლები (ცხრ. III.5), ჩვეულებრივი ოპტიკური ნიველირის სქემითაა შესრულებული, რაც მასთან მუშაობას შეჩვეულსა და გასაგებს ხდის.

იგივე მაჩვენებლებით ხასიათდება, ნიველირი "Лимка-Горизонт"-ის ლაზერული წამოსაცობი "Лимка-ЛВН", რომელიც უზრუნველყოფს სერიული ოპტიკური ნიველირის 2Н-3Л (ნახ. III.41, ბ) მუშაობას ლაზერული ხელსაწყოს რეჟიმში.

როტაციული ლაზერული ნიველირი GRL 150 HV Set Professional (ნახ. III.41, გ) გამოირჩევა მომსახურების სიმარტივით, რომელიც უზრუნველყოფილია ერთლიდაკიანი მართვითა და ინტუიციურად გასაგები დისპლეით.

გერმანული წარმოების ლაზერული როტაციული ნიველირი **GRL 150 HV** (ნახ. III.41, გ) განკუთვნილია ამდლების განსასაზღვრავად, სივრცეში ხედვითი საყრდენი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური სიბრტყეების შესაქმნელად. ხელსაწყო ასხივებს წითელ ლაზერულ სხივს ორი ურთიერთმართობული მიმართულებით. ერთ-ერთი ლაზერული სხივი, ბრუნვის შედეგად, ქმნის ხედვით მართობულ ხაზს. ხელსაწყო გამოიყენება სხვადასხვა სახის გეოდეზიური სამუშაოების შესრულებისას.

ცხრ. III.5

N	ნიველირის დასახელება	ლაზერული სხივის პროექციის მანძილი გამოსხივების ფოტოელექტრონული მიმღების გარეშე (მ)	ლაზერული ლაქის დიამეტრი (მმ)	ჰორიზონტზე დაყვანის სიზუსტე	სამუშაო ტემპერატურის დიაპაზონი	ხელსაწყო მასა კგ
1	"Лимка-Горизонт"	100	10	20"	20°-დან+40°C-მდე	1
2	Л30	100	5	30"(±2მმ 15 მ-ზე)	-20°C-დან+50°C-დე	
3	GRL 150 HV	150	5	0,1mm	-10 – +50 °C	



ნახ. III. 41. ლაზერული ნიველირები ა) "Лимка-Горизонт"-ი; ბ) სერიული ოპტიკური 2H-3L ლაზერული წამოსაცობით "Лимка-ЛВН"; გ) როტაციული GRL 150 HV Set Professional

±

ელექტრონული ნიველირები. ელექტრონული (კოდური) ნიველირების გამოჩენამ შესაძლებელი გახადა სანიველირო სამუშაოების პროცესის სრული ავტომატიზაცია.



ა

ბ

ნახ. III. 42, ა) "Carl Zeiss"-ის (გერმანია) ფირმის პრეციზიული ელექტრონული ნიველირი RENE 002A. ბ) "Topcon"-ის (იაპონია) ფირმის ზუსტი ელექტრონული ნიველირი DL-102C.

კოდური ნიველირები წარმოადგენენ ოპტიკური ხელაწყოს – სპეციალიზებული მინი-კომპიუტერისა და სპეციალური, ანათოლის ავტომატიზირებულად ასაღები კოდირებულდანაყოფიანი ორმხრივი ლარტყის კომბინაციას.

მაღალი სიზუსტის გეოდეზიური სამუშაოების წარმოების პრაქტიკაში ფართო გამოყენება პოვა "Carl Zeiss" (გერმანია) ფირმის პრეციზიულმა ნიველირმა RENE 002A (ნახ.III.42, ა) ნიველირი გამიზნულია I და II კლასის სიზუსტის ნიველირების შესასრულებლად. მას ასევე გამოიყენებენ სხვადასხვა სახის საპასუხისმგებლო საინჟინრო სამუშაოების შესრულებისას და მეცნიერებასა და ტექნიკაში რიგი გამოყენებითი ამოცანების გადასაწყვეტად.

სადგურზე სამუშაოს ასრულებენ შემდეგი თანმიმდევრობით: ნიველირის ორ სანიველირო წერტილს შორის მრგვალი თარაზოს დახმარებით დააყენების შემდეგ მინი-კომპიუტერის მეხსიერებაში შეყავთ ინფორმაცია საწყისი და ბოლო რეპერების სიმაღლეებზე, სადგურების ნომრები და სხვა ინფორმაცია, თანმიმდევრობით მიმართავენ სამზერ მილს უკანა და წინა ლარტყეებზე და აჭერენ კლავიშზე "ანათვალი". სადგურზე ყველა გმოთვლებს და სანიველირო ქსელის გაწონასწორებას ასრულებს სპეციალიზებული მინი-კომპიუტერი სპეციალური პროგრამების პაკეტის გამოყენებით.

ცხრ. III.6

N	ნიველირების დასახელება	ნიველირო ელის საშ.კვად. ვლომილება 1კმ-ზე	ვიზირების მინიმალური მანძილი	კომპიუტერის დაყენების საშუალო სიზუსტე	კომპიუტერის სამუშაო დიაპაზონი	სამუშაო ტემპერატურების დიაპაზონი
1	RENE 002A "Carl Zeiss"	±2mm	1,5	± 0,05"	± 10'	20°C-dan +40°C-mde
2	DL-102C.	±1mm	2-dan 100 km-mde	± 0,5"	± 15'	-20°C-dan +50°C-mde

RENE 002A ნიველირების ავტომატურ რეჟიმში შესრულების საშუალებას იძლევა. სავიზირო სხივის პორიზონტალურ მდგომარეობაში დასაყენებლად ნიველირი მომარაგებულია უზუსტესი კომპენსატორით ვიზირების ხაზის პორიზონტზე 1"-ზე ნაკლები ცლომილებით. ანათვალი ლარტყაზე შედგება სანიველირო ლარტყაზე უხეში (მეტრები,

დეცი-მეტრები, სანტიმეტრები) და მიკრომეტრულ მნიშვნელობებისაგან (მილიმეტრი და მისი წვლილადი), რომლის რეგისტრირება ხდება ელექტრონული მოწყობილობით. მიღებული მნიშვნელობები შეიძლება გადაეცეს ინტერფეისულ პორტზე გავლით გარე დამამახსოვრებელ მოწყობილობას საბაზო კომპიუტერზე შემდგომი ავტომატიზირებული დამუშავებისათვის. ნიველირი უზრუნველყოფს მიღებული ინფორმაციის სტანდარტულ დისკეტებზე ჩაწერას.

თანამედროვე მცირეგაბარიტიან ზუსტ ნიველირს DL-102C (ნახ. III.42, ბ) ფართო გამოყენება აქვს:

- III და IV კლასების ნიველირების ქსელის დაგებისას;
- საპასუხისმგებლო საინჟინრო ნაგებობების დეფორმაციაზე დაკვირვებებისას;
- სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების წარმოებისას;
- ტოპოგრაფიული აგეგმვებისას;
- სხვადასხვა სახის მიწისქვეშა და მიწისზედა საინჟინრო სამუშაოების შესრულებისას;

"Carl Zeiss"-ის (გერმანია) ფირმის პრეციზიული ნიველირის RE I 002 და "Topcon"-ის (იაპონია) ფირმის მცირეგაბარიტიანი ზუსტი ნიველირის DL-102C ძირითადი ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია III.6 ცხრილში.

ნიველირების გაკონტროლების ხერხები. გეომეტრიული ნიველირებისას უხეში შეცდომების გამორიცხვისა და შემთხვევითი ცდომილებების გავლენის შესამცირებლად აუცილებელია შემდეგი ხერხებიდან ერთ-ერთის შესრულება.

სამუშაოს ორი ნიველირით წარმოება. ნიველირებას ასრულებს ორი მენიველირე-პირველი აფიქსირებს ყველა რეპერს, მაკავშირებელ და შუალედურ წერტილებს, ხოლო მეორე მარტო რეპერსა და მაკავშირებელს. ცალკეული მაკავშირებელი წერტილების ნიშნულებს შორის დაუშვებელი შეუბმელობის აღმოჩენისას ასრულებენ მესამე (საკონტროლო) ნიველირებას მხოლოდ ამ წერტილებს შორის. ნიველირების კონტროლის ეს ერთ-ერთი ყველაზე საიმედო ხერხი ფართოდ გამოიყენება საინჟინრო ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოების შესრულებისას.

ორმაგი სანიველირო სვლა. ამ შემთხვევაში ნიველირებას აწარმოებენ ერთი ნიველირით, ოღონდ პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით. მიღებულ აღმატებებს ადარებენ ერთმანეთს, ხოლო განსხვავებას - მოცემული კლასის ნიველირებისათვის დასაშვებ ცდომილებას. ნიველირებისა და კონტროლის ეს ხერხი უფრო ხშირად გამოიყენება ტრასირების ხაზის სახელმწიფო სანიველირო ქსელის პუნქტებთან მისაბმელად.

შეკრული სანიველირო სვლა. გამოიყენება ტოპოგრაფიული აგეგმვებისათვის შეკრული თეოდოლიტური სვლების - პოლიგონების სახის საგეგმო-სიმაღლური ქსელის შესაქმნელად. ამ შემთხვევაში კონტროლს წარმოადგენს დამაკავშირებელ წერტილებს შორის აღმატებების ალგებრაული ჯამი, რომელიც თეორიულად ნულის ტოლი უნდა იყოს. ეს ხერხი ვერ იძლევა ცდომილების ცალკეულ რგოლებში დაფიქსიების საშუალებას, მაგრამ გამოირჩევა დროის ბიუჯეტის მნიშვნელოვანი ეკონომიით.

სანიველირო სვლა სახელმწიფო სანიველირო ქსელის რეპერებსა და მარკებს შორის. რადგანაც ამ პუნქტების სიმაღლეები ყოველთვის ცნობილია უფრო მაღალი კლასის ნიველირების შედეგებისაგან, მათ ადარებენ საკუთარი ნიველირების შედეგებს. დასაშვები შეუბმელობის შემთხვევაში მათ პროპორციულად ანაწილებენ შებრუნებული ნიშნით სანიველირო სვლის მხარეებს შორის. ასეთი ტიპის სვლებს ხშირად იყენებენ ღია სანიველირო სვლის გატარებისას. ეს ხერხიც ვერ იძლევა სხვადასხვა ნიშნის მქონე აღმატებებში ტოლი შეცდომების აღმოჩენის საშუალებას.

ცალკეული სანიველირო სვლები დამატებითი საკონტროლო წერტილებით ზოგჯერ ასევე გამოიყენება, როცა დამაკავშირებელი წერტილების ნიშნულები შესაძლებელია მივიღოთ ორჯერ, მეზობელი სადგურებიდან ნიველირებისას, რაც იქნება ნიველირების კონტროლი.

ნიველირების შემოწმებები და იუსტირება. ნიველირის გამოყენებით სავსე სამუშაოების დაწყების წინ ხელსაწყო უნდა შევამოწმოთ და აუცილებლობის შემთხვევაში ჩაუტარდეს უსტირება.

H-3, 2H-3II, 3H-2KII და H-10 ნიველირები უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ პირობებს:

1. ნიველირის შტატივისა და სადგამის თავი მდგრადი უნდა იყოს. შემოწმებას ასრულებენ ისე, როგორც თეოდოლიტისას (იხ. III.2.2)

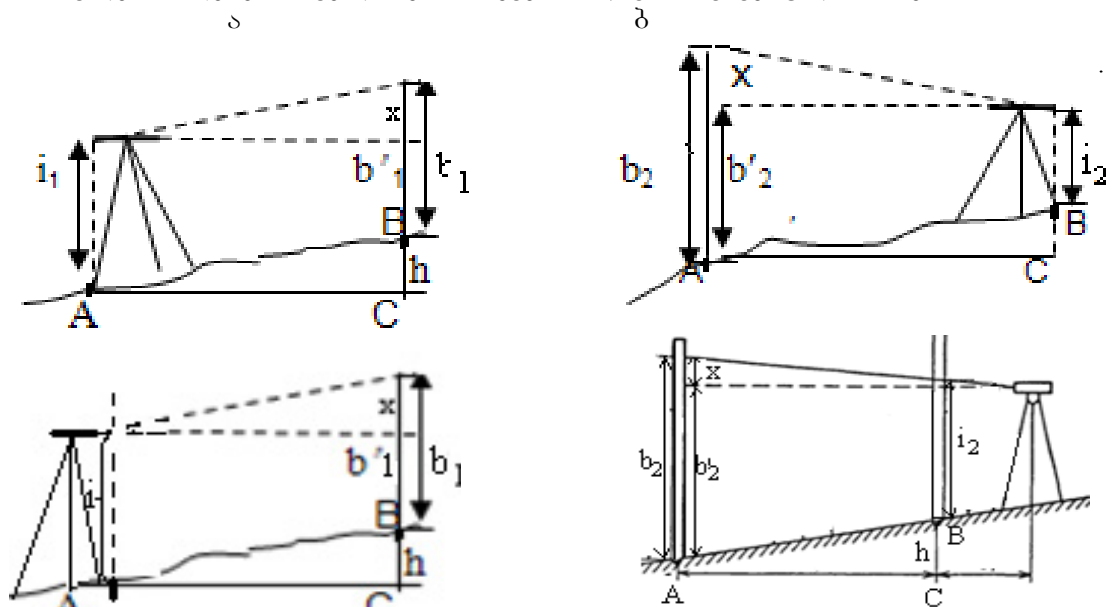
2. მრგვალი თარაზოს ღერძი ნიველირის ბრუნვის ღერძის პარალელური უნდა იყოს. ამ შემოწმების შესასრულებლად ამწევი ხრახნების დახმარებით მრგვალი თარაზოს ბუშტულა მოყავთ შუა ადგილას (თარაზოს კოლოფის სარკვე დატანილი წრის ცენტრში) და სამზერ მილს შემოატრიალებენ თავისი ღერძის გარშემო 180°. ამასთან, თუ მრგვალი თარაზოს ბუშტულა დარჩება ცენტრში, მაშინ პირობა შესრულებულია. თუ ბუშტულა გადაინაცვლებს, მაშინ მრგვალი თარაზოს შემასწორებელი ხრახნების დახმარებით ისევ უნდა იქნას დაბრუნებული გადაწევის რკალის ნახევარით. შემოწმებას იმეორებენ მანამ, სანამ სამზერი მილის შემობრუნებისას ბუშტულა ცენტრში არ დარჩება.

3. ძაფთა ბადის ჰორიზონტალური ძაფი მართობული უნდა იყოს ხელსაწყოს ბრუნვის ღერძის. ამ პირობის შესასრულებლად ნიველირიდან 20-30 მეტრის მოშორებით აყენებენ ლარტყას. სამზერ მილს მიმართავენ ისე, რომ ლარტყის გამოსახულება განთავსდეს მისი ხედვის ველის განაპირას და იღებენ ანათვალს ძაფთა ბადის ჰორიზონტალური ძაფით. შემდეგ მილს მიმართველი ხრახნით შემოაბრუნებენ ისე, რომ ლარტყის გამოსახულება აღმოჩნდეს მილის ხედვის საიწინააღმდეგო მხარეს. თუ ანათვალი არ შეიცვალა, მაშინ პირობა შესრულებულია. წინააღმდეგ შემთხვევაში, უნდა მოიხსნას ოკულიარის დამცავი ხუფი, მოეშვას სამზერი მილის ოკულიარული ნაწილის სამაგრი ხრახნები და ძაფთა ბადის მობრუნებით ხრახნების ჭრილში არსებული ლუფთის ხარჯზე, აღწევენ შემოწმების პირობების შესრულებას.

4. სამზერ მილთან ცილინდრულ თარაზოიანი ნიველირებისათვის ჭოვრის სამზერი ღერძი თარაზოს წარმოსახვითი ღერძის პარალელური უნდა იყოს (მთავარი შემოწმება)

კომპენსატორიანი ნიველირებისათვის ჭოვრის სამზერი ღერძი ჰორიზონტალური უნდა იყოს.

ხელსაწყოს კონსტრუქციისაგან დამოუკიდებლად მთავარი პირობის შესრულება ხდება შემდეგნაირად: შედარებით სწორ ზედაპირზე ერთმანეთისაგან დაახლოებით 50-70მ-ში მყარად აყენებენ ორ A და B წერტილს და ასრულებენ ორმაგ ნიველირებას "წინ" (ნახ. III.43, ა). ხელსაწყოს i სიმაღლის მეტი სიზუსტით განსაზღვრის მიზნით სამზერ მილში ლარტყის მკაფიო გამოსახულების უზრუნველსაყოფად მიზანშეწონილია ხელსაწყო დავაყენოთ წერტილზე დაყენებული ლარტყიდან 2-3 მ მოშორებით, ანუ ანათვლებს იღებენ ნიველირების მკვეთრად განსხვავებული მხრებისას (ნახ. III.43, ბ).



ნახ. III. 43. სამზერი მილის დამზირების ღერძისა და ცილინდრული თარაზოს ღერძის პარალელურობის (მთავარი პირობის) შემოწმება: ა) ორმაგი ნიველირებით, ხერხით "წინ". ბ) ორმაგი ნიველირებით, მკვეთრად განსხვავებული მხრებისას

ხელსაწყოს დგომის პირველ წერტილზე იზომება მისი სიმაღლე i_1 ან იღებენ ანათვალს ახლოს და შორს მდგომ ლარტყებზე: $a_1 = i_1$ და b_1 . შემდეგ ხელსაწყო გადააქვთ მეორე სადგურზე და იმეორებენ იგივე პროცედურას, რომლის შედეგად დებულობენ i_2 ან $a_2 = i_2$ და b_2 მნიშვნელობებს.

თუ მილის დამზირების ღერძისა და ცილინდრული თარაზოს ღერძის პარალელურობის პირობა (ან დამზირების ღერძის კორიზონტალურობა) შესრულებულია, მაშინ ლარტყაზე სწორი ანათვლები შესაბამისად ტოლი იქნებოდა b'_1 და b'_2 , ამ პირობის შეუსრულებლობისას ორივე ანათვალს ექნება ერთი და იგივე ცდომილება x . ამასთან ზუტი ანათვლები შეადგენენ:

$$b'_1 = b_1 - x \quad b'_2 = b_2 - x \quad \text{III. 20}$$

ამაღლების განსაზღვრისათვის (ნახ. 43) შეიძლება დავწეროთ ორი გამოსახულება:

$$h = i_1 - b'_1 = i_1 - b_1 + x$$

და

$$h = b'_2 - i_2 = b_2 - x - i_2 \quad \text{III.21}$$

III.21 განტოლებათა მარჯვენა მხარეების გატოლების შედეგად მივიღებთ:

$$i_1 - b_1 + x = b_2 - x - i_2$$

გამოვითვალთ x ცდომილების მნიშვნელობა

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} \quad \text{III.22}$$

ტექნიკური ნიველირებისათვის x ცდომილების მნიშვნელობა არ უნდა აღემატებოდეს $x \leq \pm 4\text{მმ}$. პირობის შეუსრულებლობისას ნიველირი საჭიროებს იუსტირებას.

x ცდომილების განსაზღვრის შემდეგ გამოითვლიან A წერტილზე დაყენებულ ლარტყაზე სწორი ანათვალის მნიშვნელობას $b'_2 = b_2 - x$, და, ელევაციური ხრახნის დახმარებით, ძაფთა გადაკვეთას შეუთავსებენ ამ ანათვალს. ამასთან, ცილინდრული თარაზოს ბუშტულა დაშორდება კონტაქტურ მდგომარეობას. თარაზოს შემასწორებელი ხრახნების მოძრაობით მოყავთ ბუშტულა ამპულის შუაში (კონტაქტური მდგომარეობა). შესწორებას იმეორებენ ცდომილების საბოლოო გასწორებამდე.

კომპენსატორიანი ნიველირებისათვის იუსტირებას ასრულებენ ძაფთა ბადის შესასწორებელი ხრახნების მეშვეობით b'_2 ანათვლის სწორი მნიშვნელობის მიღებამდე.

III.3.5. სანიველირო ტრასის დაკმაფვა

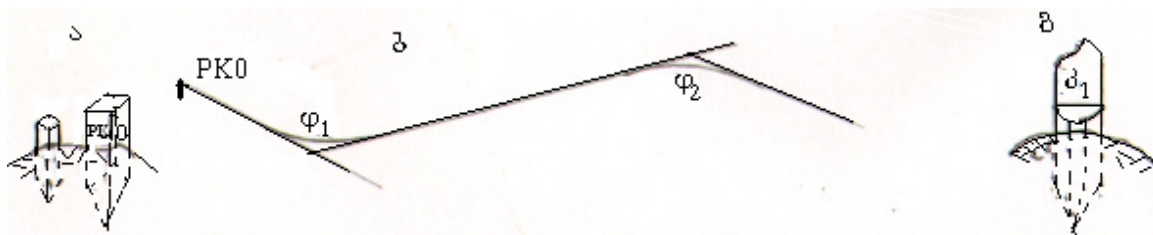
საავტომობილო და რკინისგზების მშენებლობა, მელიორაციული სამუშაოების შესრულება, სხვადასხვა სახის ჰიდროლოგიური და გეომორფოლოგიური კვლევა-ძიება და სხვა მოითხოვს ნიველირების ჩატარებას ნაკებობების ან მათი საპროექტო მიმართულების გასწვრივ. მსგავსი სამუშაოების შესრულებისას ხდება ადგილმდებარეობის რელიეფის ცვლილებისა და მახასიათებელი წერტილების სიმაღლის დადგენა, შემდგომში მომავალი ნაკებობის ღერძზე გრძივი პროფილის შედგენით.

ტრასის ნიველირებისას სრულდება შემდეგი სახის სამუშაოები:

1. პიკეტაჟის დანიშნვა; 2. ნიველირების საველე პროცესი; 3. კამერალური სამუშაოები (სანიველირო ჟურნალის დამუშავება, პიკეტების, საპლიუსო წერტილებისა და განივების ნიშნულების გამოთვლა); 4. გრაფიკული სამუშაოები (პროფილის აგება).

პიკეტაჟის დანიშვნის წინ ნიველირების ხაზის მოხვევის წერტილებში სასურველია დავაყენოთ სარები, რომლებიც შემდეგში დაგვეხმარება ხაზის სწორი მონაკვეთების დანიშვნაში. ტრასის საწყის წერტილში მიწის დონეზე ასობენ საწყისი პიკეტის აღმნიშვნელ ხის პალკებს. დანარჩენი პიკეტების დანიშვნა ხდება სიგრძის გასაზომი ხელსაწყოების დახმარებით. პიკეტებს ნიშნავენ ყოველ 100 (იშვიათად 50) მ-ში, მათ გვერდით ასობენ მიწის ზედაპირიდან 15-20 სმ სიმაღლის მეორე პალკსაც, პიკეტების

ნომრების წარწერით („დარაჯულა“). გარდა ამისა, პალოებს ტრასის მიმართულებით ქანობის შეცვლის წერტილებზეც ასობენ. მათ **პლუს** წერტილები ეწოდება. პლუს წერტილების მდებარეობის განსაზღვრის მიზნით ზომავენ მანძილს უკანა პიკეტიდან და აწერენ შესაბამის „დარაჯულაზე“ (მაგ. PK2+38). საჭიროების შემთხვევაში საპიკეტო მანძილებად შეიძლება მივიღოთ 20 ან 40 მეტრი (მაგალითად, ქალაქში). პიკეტაჟის დანიშვნის პარალელურად, ტრასის მიმართულებით, თეოდოლიტით იზომება მოხვევის კუთხეები (ნახ. III.44, ბ), რომელთა წვეროები უნდა დავნიშნოთ ხის პალოებით და გავუკეთოთ სათანადო წარწერა: (ნახ. III.44, გ) კუთხის ნომერი, მანძილი უკანა მეზობელ პიკეტამდე და მოხვევის კუთხის დასახელება (მარჯვენა ან მარცხენა) კუთხეებს ზომავენ ტექნიკური თეოდოლიტით ერთი ილეით.



ნახ. III. 44. პროფილის სანიველირო ტრასის დანიშვნა. ა - პიკეტების დამაგრება; ბ - ტრასაზე მოხვევის კუთხეების დანიშვნა გ - მოხვევის კუთხის დამაგრება

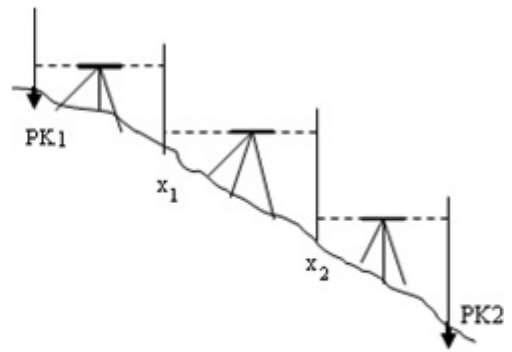
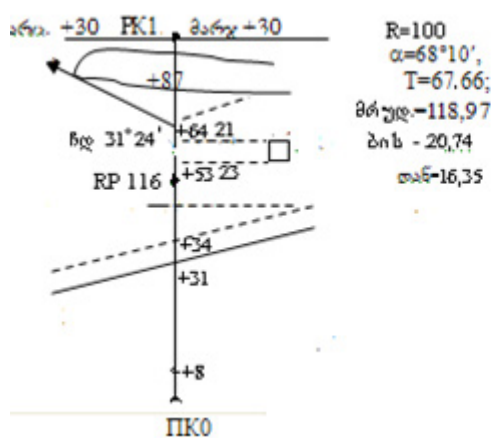
სანიველირო ხაზი გზადაგზა მაგრდება მუდმივი წერტილებით – რეპერებით. თუ ტრასის ორივე მხარეს რელიეფი არაერთგვაროვანია, ნიშნავენ მოკლე განივ (გასწვრივი, ტრასის მართობულად) ხაზებს 10-50 მ-დე. დარაჯულაზე აწერენ პიკეტის ნომერს; წარწერა „მარცხნივ“ ან „მარჯვნივ“ უჩვენებს განივი პიკეტის მდებარეობას ტრასის მიმართ და განივ პიკეტამდე მანძილს ტრასიდან მაგ. PK 12_{მარჯ.}+25.

ტრასის გავლის ორივე მხარეს პიკეტაჟის დანიშვნის პარალელურად აწარმოებენ ვიწრო (დაახლოებით 30-40 მ) ზოლის ადგილმდებარეობის თვალზომით აგეგმვას.

ყველა სახის გაზომვების ჩაწერა ხდება საპიკეტაჟო ჟურნალში – მილი-მეტრებიანი ქაღალდისაგან შედგენილ რვეულში. ჟურნალის გვერდების შუაში გამოხაზავენ ნიველირების ტრასის ღერძს სწორი ხაზის სახით, რომელზეც აჩვენებენ ყველა პიკეტებს, საპლიუსო წერტილებსა და განივების წერტილებს მათი ნუმერაციით; ტრასის მოხვევის კუთხეებს აჩვენებენ პირობითად. თვალზომური აგეგმვის საფუძველზე პირობით ტოპოგრაფიულ ნიშნებში გამოიხაზება გზები, ხრამები, მდინარეები, ნიადაგ-მცენარეული საფარი, სამეურნეო და კულტურის ობიექტები, სიტუაციის სხვა ელემენტები (max.III.45). გეომეტრიული ნიველირების შედეგად დებულობენ პიკეტებისა და პლუს წერტილების ნიშნულებს. ნიველირებას აწარმოებენ შემდეგი თანმიმდევრობით: ნიველირს აყენებენ დაახლოებით ტრასის საგდულში, პიკეტებს შორის შუა ადგილას, ხოლო ლარტყებს საწყის (სვლის მიმართულებით უკანა) და მომდევნო (სვლის მიმართ წინა) პიკეტზე. ანათვლებს დებულობენ ლარტყის ორივე მხარეზე. მათ შორის სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს 4მმ. გამოთვლების დამთავრების შემდეგ უკანა მელარტყეს აგზავნიან თანმიმდევრულად პლუს და განივ წერტილებზე. ანათვლებს ამ წერტილებზე იღებენ მხოლოდ შავ მხარეზე. ძლიერ დაქანებული ფერდობების ნიველირების დროს

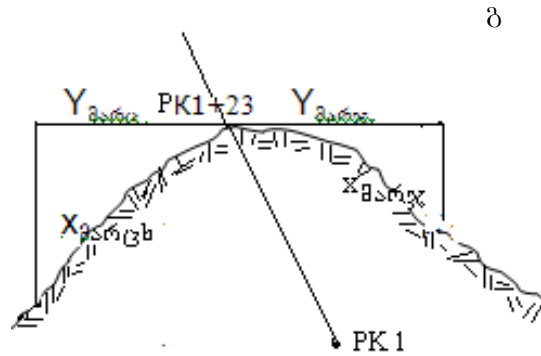
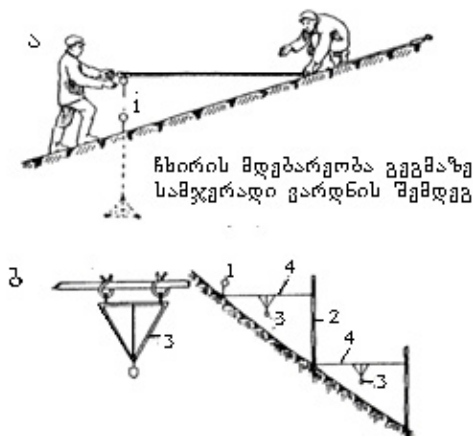
(ნახ. III.46), როცა პიკეტების შუაზე დაყენებული ნიველირიდან ლარტყებზე ანათვლების აღება არ შეიძლება (სხივი ეცემა მიწაში პიკეტს ქვევით ან გადადის ლარტყის თავზე), ტრასის გასწვრივ ინიშნება ე.წ. „იქს“ (X) წერტილები. პიკეტებს შორის ასეთი წერტილების რაოდენობას ფერდობის დაქანება განსაზღვრავს.

ნიველირება გართულებულია განივი მიმართულებით ტრასის მთავორიან ადგილებში გაგლისას. სამუშაოს ამარტივებს **ვატერპასის** – ორი სანიველირო ლარტყის კომბინაციის გამოყენება, როცა ერთი მათგანი ცილინდრული თარაზოს დახმარებით X განივის ჰორიზონტალურობას უზრუნველყოფს, ხოლო მეორეს აყენებენ ვერტიკალურად – მართობული Y მანძილის მისაღებად (ნახ. III.46). X და Y მნიშვნელობებს წერენ ცალკე,



ნახ. III. 45. საპიკეტაჟო ჟურნალი ნახ. III. 46. სანიველირო სელაში x წერტილების ჩართვა ▲

ცხრილის სახით და გამოიყენება განივი პროფილების აგებისას (ცხრ. III.7). განივ პროფილს აგებენ მილიმეტრებიან ქაღალდზე, რომელზეც გაატარებენ სწორ ხაზს და დანიშნავენ წერტილს. წერტილის მარჯვენა და მარცხენა მხარეს მასშტაბში გადაზომავენ x აბსცისებს; ამ წერტილებზე აღმართავენ მართობებს და იმავე მასშტაბში გადაზომავენ y ორდინატებს თავიანთი ნიშნის მიხედვით. მართობების ბოლოების შეერთება მოგვცემს განივ პროფილს მოცემულ წერტილზე.



ნახ. III. 47. განივის ნიშნულების განსაზღვრა ვატერპასის დახმარებით ა) განივის მდებარეობა ტრასაზე; ბ) ვატერპასით მუშაობის სქემა; გ - ტრასაზე განივის მდებარეობის სქემა

საველე სამუშაოების დამთავრების შემდეგ იწყებენ მონაცემების კამერალურ დამუშავებას. თუ ტრასის დასაწყისში საყრდენი წერტილების ნიშნულები ცნობილია შეუბმელობას ანგარიშობენ (III.18) ფორმულით. ნიველირების პირობითი ნიშნულიდან დაწყების შემთხვევაში კი ფორმულით

$$f_h = \sum h_{პირ.} - \sum h_{უებრ.}$$

დასაშვებ შეუბმელობას განსაზღვრავენ ტექნიკური ნიველირებისათვის მიღებული (იხ. § III.3.1). დასაშვები შეუბმელობის შემთხვევაში მას პროპორციულად ანაწილებენ დამაკავშირებელ წერტილებს შორის.

სადგურზე საპლიუსო და განივების წერტილების ნიშნულებს ითვლიან ხელსაწყოს ჰორიზონტის ხერხით **ხჰ**. მოცემული სადგური-სათვის **ხჰ**-ს მნიშვნელობას დებულობენ უკანა წერტილის აბსოლუტური ნიშნულისა და მასზე დაყენებული ლარტყის შავ მხარეზე აღებული ანათვლის შეჯამებით. შემდეგ **ხჰ**-ს თანმიმდევრობით აკლებენ პლუს და განივ წერტილებზე აღებულ ანათვლებს.

გამოთვლების შედეგები გამოიყენება პროფილის ასაგებად.

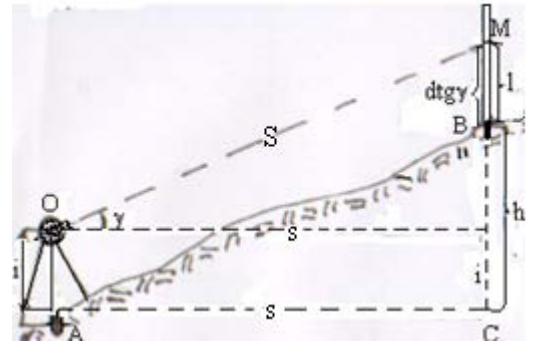
ცხრ. III.7

N	განივის ჰორიზონტალური მანძილები (მ)		განივის ვერტიკალური მანძილები(მ)	
	მარჯვენა	მარცხენა	მარჯვენა	მარცხენა
I-I	2,45	2,80	2,73	2,97

III.3.6. ტრიგონომეტრიული ნიველირების პრინციპი. აღვილზე ვერტიკალური კუთხეების გაზომვა და ამაღლების განსაზღვრა. ტრიგონომეტრიული ნიველირების სიზუსტი

ტრიგონომეტრიული ნიველირება ეწოდება აღვილმდებარეობის წერტილების სიმაღლეებს შორის სხვაობის (ამაღლების) გაზომვისა და მათი სიმაღლეების დადგენის პროცესს კუთხმზომი გეოდეზიური ხელსაწყო დახრილი დამზირების სხივის მეშვეობით.

წერტილებს შორის აღმატების განსაზღვრა ხდება იმ მართკუთხა სამკუთხედის ამოხსნის საფუძველზე, რომლის კათეტები წერტილის დონებრივი ზედაპირისა და B წერტილზე დაშვებული შვეული ხაზის მონაკვეთებითაა შექმნილი, ხოლო ჰიპოტენუზა ფერდობის ხაზია. (ნახ. III.48) ტრიგონომეტრიული ნიველირების პროცესში A და B წერტილებს შორის შესაბამისი ხელსაწყოების დახმარებით აღვილზე იზომება მანძილი და დახრის γ კუთხე. ასე მაგალითად, თუ A წერტილზე დაგაყენებთ თეოდოლიტს, ხოლო B -ზე ლარტყას, მაშინ ერთდროულად შესაძლებელი იქნება ორივე სიდიდის განსაზღვრა, როცა მანძილი იზომება მექანიკური ხელსაწყოთი (მაგ. ბაფთა) ან შექმანდილმზომებით



ნახ. III. 48. ტრიგონომეტრიული ნიველირების პრინციპიალური სქემა

$$h = S \cdot \sin \gamma \quad \text{III.23}$$

იმ შემთხვევაში, როცა წერტილებს შორის მანძილი ოპტიკური მანძილმზომით იზომება და ლარტყა B წერტილზე ვერტიკალურადაა დაყენებული მანძილმზომით გაზომილი მანძილის (III.3) მნიშვნელობის (III.23) ფორმულაში ჩასმით მივიღებთ

$$h = \frac{1}{2} s' \sin 2\gamma \quad \text{III.24}$$

ჰორიზონტის ხაზთან მიმართების მიხედვით დახრის კუთხეები შეიძლება იყოს დადებითი ან უარყოფითი. თეოდოლიტით ვერტიკალური კუთხის გაზომვა შემდეგი თანმიმდევრობით ხორციელდება: ხელსაწყოს დააყენებენ A წერტილზე და მოყავთ მუშა მდგომარეობაში. γ კუთხის გასაზომად ჭოგრის სამზერ მილს მიმართავენ B წერტილზე დაყენებული ლარტყისკენ და ბაფთა ბადის ჯვარედინას უმიზნებენ ხელსაწყოს i სიმაღლეზე. ანათვლის ადების წინ ვერტიკალურ წრესთან არსებული ცილინდრული თარაზოს ბუშტულა მიმართველი ხრახნის მოქმედებით მოყავთ შუა აღვილას. ანათვლებს იღებენ ორჯერ, ვერტიკალური წრის მარჯვენა და მარცხენა მდგომარეობისას. γ კუთხე გამოითვლება ფორმულით $\gamma = (\text{მარჯ.წ.} - \text{მარცხ. წ.})/2$

იმ შემთხვევაში თუ ლიშბის $0^\circ - 180^\circ$ და ამოვლელი მექანიზმის დიამეტრები ერთმანეთს ემთხვევა, დამზირების ღერძს კი ჰორიზონტალური მდგომარეობა უკავია, ვერტიკალურ წრედთან მდებარე ცილინდრული თარაზოს ბუშტულის ნულპუნქტში ყოფნისას ანათვალი ვერტიკალურ წრედზე ნულის ტოლი უნდა იყოს, თუმცა პრაქტიკაში ეს პირობა ყოველთვის არ სრულდება. ანათვალს ვერტიკალურ წრეზე, როცა ჭოგრი

ჰორიზონტალურ მდგომარეობაშია **ნულ-ადგილი (ნა)** ეწოდება. მისი მნიშვნელობის დადგენა შესაძლებელია ერთი და იგივე წერტილის ვერტიკალური წრის ორივე მდგომარეობიდან დაკვირვების შედეგად, ფორმულით

$$n_a = (\text{მარჯ.წ.} + \text{მარცხ.წ.} + 180^\circ) / 2 \quad \text{III.25}$$

პრაქტიკაში, ტოპოგეოდეზიური სამუშაოების დაწყების წინ, ნულ-ადგილი უნდა გასწორდეს. ამისათვის მოშორებულ საგანზე მარჯვენა და მარცხენა წრედის მდგომარეობიდან დაკვირვებით გამოითვლიან **ნა**. 0° -გან განსხვავებული მნიშვნელობის მიღებისას ვერტიკალური წრედის ალიდადის მიმართველი მოწყობილობით დააყენებენ გამოთვლილი დახრის γ კუთხის შესაბამის ანათვალს. **ნა** - დან გადანაცვლებულ ბუშტუ-

ლას, შემასწორებელი ხრახნების მოქმედებით, ადგილზე აბრუნებენ. თეოდოლიტებში ნულის ადგილას აქვს თვითდაყენებადი ოპტიკური კომპენსატორი, რომელიც ათავისუფლებს დამკვირვებელს ვერტიკალურ წრედზე ანათვლის აღების წინ თარახოს ნულის ადგილას დაყენებისაგან.

კომპენსატორმა უნდა უზრუნველყოს ანათვლის უცვლელობა თეოდოლიტის ვერტიკალური ღერძის 3' გადახრისას. ამ პირობის შესამოწმებლად თეოდოლიტს აყენებენ ღია მოედანზე ისე, რომ ორი ამწევი ხრახნის შემაერთებელი ხაზი დამზირების ხაზის მართობული იყოს. უმიზნებენ მოშორებულ საგანს და ხელსაწყოს ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ იღებენ ანათვალს ვერტიკალურ წრედზე. მესამე ამწევი ხრახნის 3-4 მოძრაობით აწევენ (დაწევენ) სამზერ მილს. ხელახლა დაუმიზნებენ იმავე წერტილს და იღებენ ანათვალს. შემოწმებას იმეორებენ ამწევი ხრახნების ყველა წყვილზე.

წყვილ ანათვლებს შორის განსხვავება არ უნდა აღემატებოდეს 0,1', მეტი განსხვავებისას ხელსაწყოს ასწორებენ სახელოსნოში.

თუ ხელსაწყოს i და ვიზირების v სიმაღლეები განსხვავდებიან, დგომის A და დაკვირვების B წერტილებს შორის ამადლეება (ნახ. III. 48) გამოითვლება ტრიგონომეტრიული ნიველირების ფორმულით:

$$h = stgy + i - v + f \quad \text{III.26}$$

სადაც s A და B წერტილებს შორის ჰორიზონტალური ქვედღებუღია, ხოლო f შესწორებაა დედამიწის სიმრუდეზე და რეფრაქციაზე.

დედამიწის სიმრუდეზე და რეფრაქციაზე შესწორებას 300 მ-ზე და უფრო მეტი მანძილებისათვის ღებუღობენ ცხრილებიდან. თუ ფორმულაში (III.26) გამოყენებუღია თეოდოლიტის მანძიღმზომით განსაზღვრუღი მანძიღი S' მაშინ მივიღებთ

$$h = \frac{1}{2} S' \sin 2\gamma + i - v + f \quad \text{III.27}$$

დახრის კუთხის გაზომვისას ხშირად მოსახერხებელია დამზირება ლარტყაზე ინსრუმენტის სიმაღლის შესაბამის ღონეზე მოხდეს ($i = v$). ამ შემთხვევაში ფორმუღები (III.26) და (III.27) შემდეგ სახეს მიიღებენ $h = S \cdot tgy + f$, $h = \frac{1}{2} S' \sin 2\gamma + f$

ერთმანეთისაგან მნიშვნეღვანი მანძიღით დაშორებუღ წერტილებს შორის ამადლეღის განსაზღვრა შესაღლებელია ე.წ. **სიმაღლური სვღების** დაღებით. ამ შემთხვევაში სვღის წერტილებს შორის ტრიგონომეტრიულ ნიველირებას აწარმოებენ თანმიმდევრობით. კონტროლისათვის და სიზუსტის ამადლეღის მიზნით გაზომვებს აწარმოებენ პირდაპირი და შებრუნებუღი მიმართუღებით. ამასთან, მიღებუღ ამადტებებს შორის დასაშეღები განსხვავება აბსოღიტური მნიშვნეღობით არ უნდა აღემატებოდეს 0,04მ სვღის 100 მ-ზე. გაზომიღი ამადტებების საბოღლო შედეგად ღებუღობენ მათი აბსოღუტური მნიშვნეღობების საშუაღლო არითმეტრიკულს პირდაპირი ამადლეღის ნიშნით. ტრიგონომეტრიული ნიველირების სიზუსტის შეფასება სვღის შეუბმეღობით ხდება.

სვღის Σh ამადლეღათა ჯამში f_h შეუბმეღობას გამოითვღიან ფორმულით $f_h = \Sigma h - (H_b - H_s)$, სადაც H_b და H_s - შესაბამისად სვღის ბოღლო და საწყისი წერტილების სიმაღლეღია. დასაშეღებ შეუბმეღობას განსაზღვრავენ ფორმულით $f_h \text{ დას} = 0,04 S \sqrt{n}$ სმ, სადაც S - ხაზის საშუაღლო სიგრძეა ასეუღ მეტრებში.

დასაშეღებ შეუბმეღობას ანაწიღებენ ყვეღა ამადლეღებზე, შებრუნებუღი ნიშნით, ხაზების სიგრძის პროპორციულად.

III.3.7. ბარომეტრული ნიველირება – პრინციპი, ხელსაწყოები და მათთან მუშაოღის მეთოღიკა; მიღებუღი შეღბებების სიზუსტე

გეოგრაფიული კვღევაღებისას, ასევე მთიანი და მაღალმთიანი ადგიღების რელიეფის აკღემვისას სიმაღლის განსაზღვრის პროცესი შესაღლებელია დავაღჩართო **ბარომეტრული ნიველირების** ხერხით.

ბარომეტრული ნიველირება დაფუძნებულია **ბ. პასკალის** (1623-1662წ.წ. ფრანგი მეცნიერი, მათემატიკოსი და ფიზიკოსი) მიერ 1647წ. პაერის წნევასა და ზღვის დონიდან წერტილის სიმაღლეს შორის დადგენილ კავშირზე. ატმოსფერულ წნევას ზომავენ **ბარომეტრით** (ბერძ. baros-სიმძიმე და metreo-ვზომავ) და **სრულ ბარომეტრულ ფორმულაში** მიღებულ მონაცემთან ერთად შეყავთ შესწორებები პაერის ტემპერატურაზე, სინოტივესა და თავისუფალი ვარდნის აჩქარებაზე.

ბარომეტრული ნიველირებისას სარგებლობენ ბაბინეს შემოკლებული ფორმულით

$$h=16000(1+0,004 \frac{t_1+t_2}{2}) \frac{B_1-B_2}{B_1+B_2} \quad \text{III.28}$$

სადაც B_1 და B_2 - წნევაა 1 და 2 წერტილებზე, ხოლო t_1 და t_2 - შესაბამისად პაერის ტემპერატურა.

ბაბინეს ფორმულით შედგენილია სიმაღლეთა ბარული მუხლების ცხრილები $t_{საშ} = (t_1+t_2)/2$ $B_{საშ} = (B_1+B_2)/2$ არგუმენტების მიხედვით. მაშინ აღმატების განსაზღვრის ფორმულა შემდეგ მარტივ სახემდე დაიყვანება

$$h=B(B_1 - B_2) \Delta h, \quad \text{III.29}$$

სადაც Δh ბარული მუხლია

ატმოსფერულ წნევას ზომავენ ზამბარებიანი ბარომეტრით, რომელმაც **ანეროიდის** (უხითხო) სახელი მიიღო (ნახ. III.48). რუსული წარმოების ბარომეტრ-ანეროიდი БАММ წნევის გაზომვას უზრუნველყოფს 0,2-0,3 მმ ვც.სვტ. გამოიყენება ასევე ზამბარიანი მიკრობარომეტრი БНП.

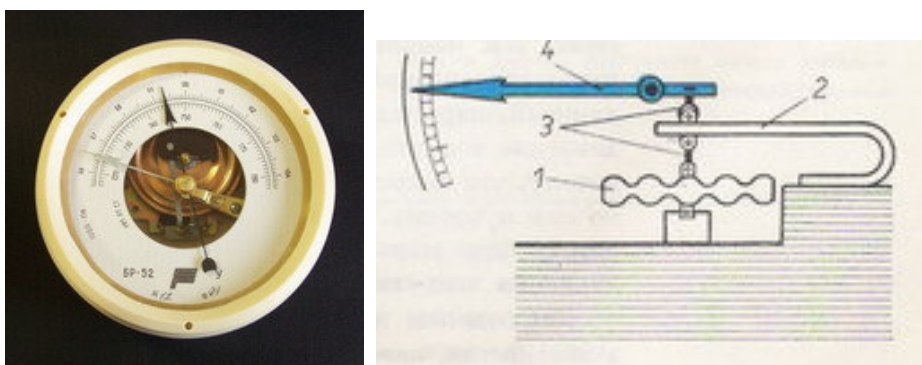
ბარომეტრ-ანეროიდის ჩვენება განსხვავდება ვერცხლისწყლის ბარომეტრის ჩვენებისაგან. ამიტომ მისი ამ უკანასკნელის ჩვენებაზე დასაყვანად ყოველ წერტილზე შესატანია სამი შესწორება: სკალის Δh_s , ტემპერატურის Δh_t და დამატებითი ΔA_0 . წნევას გამოითვლიან ფორმულით

$$B=A+\Delta A_{sk} +\Delta A_t +\Delta A_0 \quad \text{III.30}$$

ტემპერატურულ შესწორებას ΔA_t -ს გამოითვლიან ფორმულით

$$\Delta A_t =bt_{a},$$

სადაც b ტემპერატურული კოეფიციენტი, ანეროიდის 1°C-ზე შესწორება, t_a - ხელსაწყოს ტემპერატურა.



ნახ. III. 49. ბარომეტრი-ანეროიდი ა – საერთო სახე. ბ – ძირითადი ნაწილები
1 – მემბრანა - მეტალის დახურული ყუთი ტალღისებური (გოფირებული) ზედაპირით;
2 – ფოლადის ზამბარა; 3 – გადამცემი მექანიზმი; 4 – ისარი მაჩვენებელი.

შესწორება $\Delta A_{სკ}$ შეაქვთ სკალის არაწრფივობაზე. დამატებითი შესწორება ΔA_0 წარმოიშობა: – ტემპერატურული და სკალის შესწორების არაზუსტი ანგარიშის, ხელსაწყოს მექანიკურ ცდომილებათა არსებობისა და ნულის ერთგვარ გადაწევაზე. ამ შესწორებას განსაზღვრავენ სელის გატარების წინ და დამთავრებისას. სკალურ და

ტემპერატურულ შესწორებისას განსაზღვრავენ სპეციალურ ბარო- და თერმოკამერებში სამუშაოთა სეზონის დაწყების წინ და ჩაწერენ ხელსაწყოს პასპორტში.

მიზნისაგან დამოკიდებულებით ბარომეტრული ნიველირება შეიძლება ჩავატაროთ შემდეგი სახით: საინჟინრო საქმეში და სხვადასხვა გამოკვლევებში ძირითადად გამოიყენება ბარომეტრული ნიველირება მარშრუტებად. ცალკეული ფართობების თვალზომური აეგმვისას ხშირად გამოიყენება ამ ფართობის დროებითი სადგურზე დაფრდნობით ან მის გარეშე ბარომეტრული ნიველირება შეკრული სვლების სახით, მოძრავ სადგურებზე და სხვა. ხერხის შერჩევა დამოკიდებულია აგრეთვე სამუშაოს მოცულობაზე, სიზუსტეზე, დაკვირვების რაოდენობაზე და არსებულ ხელსაწყოებზე.

სვლების ხერხი დროებითი ბარომეტრული სადგურის გარეშე. დამკვირვებელი თანმიმდევრობით შემოივლის ყველა წერტილს, გაზომავს მათზე წნევასა და ტემპერატურას, ჩაიწერს დროს და ბრუნდება საწყის წერტილზე, სადაც ხელახლა აკეთებს დაკვირვებებს. საწყის წერტილზე სვლის დასაწყისსა და ბოლოს დაფიქსირებული წნევათა სხვაობა წარმოადგენს შეუბმელობას – ატმოსფერული წნევის დედამიური სვლისა და ხელსაწყოს ცდომილებათა შედეგს. შეუბმელობას ანაწილებენ დაკვირვებაზე დახარჯული დროის პროპორციულად. ეს ხერხი საშუალებას იძლევა სიმაღლე 2-2,5 მ სიზუსტით განისაზღვროს.

სადგურზე სამუშაოს ჩატარების თანმიმდევრობა. წნევის გაზომვის წინ ღია ანეროიდით ხელში წერტილზე დგებიან 4-5 წუთი. ამ დროის განმავლობაში ის იღებს გარშემო ჰაერის ტემპერატურასა და წნევას. ანეროიდის ტემპერატურას განსაზღვრავენ მისი თერმომეტრით; ანათვლის აღების წინ აკაკუნებენ მინის სახურავის ცენტრზე რათა ისარმა გადალახოს ინერცია. ანეროიდი უკავიათ მკერდის დონეზე და ანათვლის 3-4 - ჯერ აღების შემდეგ ზომავენ მის სიმაღლეს დედამიწის ზედაპირიდან, გამოითვლიან საშუალოს და აფიქსირებენ დროს. ჰაერის ტემპერატურის გაზომვის წინ თერმომეტრ-პრამას 2-3 წუთის განმავლობაში ამოძრავებენ თავზევით. წნევის, დროის, ჰაერისა და ბარომეტრის ტემპერატურის მაჩვენებლები შეაქვთ ბარომეტრული ნიველირების ჟურნალში.

ჟურნალის დამუშავებას იწყებენ ყოველი სადგურისათვის ანეროიდის მაჩვენებლის ვერცხლისწყლის ბარომეტრის მაჩვენებელზე დაყვანით (III.30 ფორმულით). შემდეგ გამოითვლიან პირველ სადგურზე წნევის ცვლილებას სამუშაოს დაწყებასა და დამთავრებას შორის; ადგენენ შესწორებებს სხვა წერტილებზე გამოთვლილი წნევის მნიშვნელობებისათვის, სვლის მიმართულებით მოძრაობის დროის პროპორციულად. სვლის მეზობელ წერტილებს შორის საშუალო ტემპერატურისა და წნევის განსაზღვრის შემდეგ ცხრილებიდან ამოიწერენ ბარული მუხლების მნიშვნელობებს; ითვლიან აღმატებებს მეზობელ სადგურებს შორის (III.29) ფორმულით და განსაზღვრავენ წერტილების ნიშნულებს.

ბარომეტრული ნიველირების სიზუსტე დამოკიდებულია ხელსაწყოს ტიპზე, ატმოსფეროს წონასწორობაზე, ნიველირების ხერხზე და სხვა მიზეზებზე.

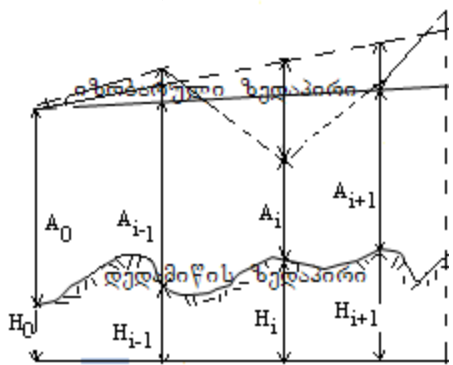
III.3.8. ნიველირების სხვა სახეები

აერორადიონიველირება. ადგილმდებარეობის წერტილების სიმაღლის განსაზღვრის ხერხს საფრენი აპარატდან დედამიწის ზედაპირამდე და უკან რადიოტალღების გავრცელების დროის გაზომვის საფუძველზე აერორადიონიველირება ეწოდება. აერო-რადიონიველირება სრულდება ფრენის სიმაღლის რადიოსიმაღლემზომის დახმარებით და თვითმფრინავის **სტატოსკოპით – დიფერენციალური ბარომეტრებით** გაზომილი საწყისი იზობარული ზედაპირიდან (თანაბარი ატმოსფერული წნევის ზედაპირი), რომელიც რეალურ ატმოსფეროში არამყარია (ნახ. III.49). ამიტომ აუცილებელია იზობარული ზედაპირის ჰორიზონტისადმი დახრის მხედველობაში მიღება. განსასაზღვრავი წერტილის ამადლება საყრდენის მიმართ ტოლი იქნება:

$$h_i = A_0 - A_i + \delta A_i + \sigma_i,$$

სადაც A_0 და A_i - ფრენის სიმაღლეა საწყისი და განსასაზღვრავი წერტილებიდან, δA_i - ფრენის სიმაღლის ცვლილება იზობარული ზედაპირის მიმართ, σ_i - შესწორება ჰორიზონტის მიმართ იზობარული ზედაპირის დახრაზე. საძებნი წერტილების ნიშნულები ტოლი იქნება $H_i = H_0 + h_i$, სადაც H_0 - საწყისი წერტილის აბსოლუტური ნიშნულია.

რადიოსიმაღლემზომი. მფრინავი აპარატის ფრენის სიმაღლის დამდგენი ხელსაწყოა, რადიოტალღის გამოსხივებისა და ხელსაწყოს მიერ მისი ქვემდებარე ზედაპირიდან არეკვლის მიღების მომენტებს შორის დროის განსაზღვრის საფუძველზე. რადიო-სიმაღლემზომები შეიძლება იყოს გამოსხივებული რადიოტალღების სიხშირული და იმპულსური მოდულაციის. იმპულსური მოდულაციის სიმაღლემზომები გამოიყენება ძირითადად აერო-ფოტოგადაღებებისას. ამ ხელსაწყოთი ფრენის სიმაღლის განსაზღვრის საშუალო ცდომილება ტოლია $\pm 1,5-2,0$ მ, ლაზერულით კი $\pm 0,5-1,0$ მ.



ნახ. III. 50. აერორადიონიველირების პრინციპი

კითხვები III თავის გამეორებისათვის

- ჩამოთვალეთ ტოპო-გეოდეზიური გაზომვების უშუალო ობიექტები;
- რას ნიშნავს ხაზის სიგრძის გაზომვა?
- რა არის ხაზის დასარგვა? აღწერეთ საგდულთან თანდათანობით მიახლოების მეთოდი;
- რა ხელსაწყოებით იზომება ადგილზე ხაზის სიგრძე?
- რას ეწოდება საზომი ხელსაწყოების კომპარირება?
- რომელი ფორმულით განსაზღვრავენ გასაზომი ხაზის სიგრძეს?
- როგორ მოვიყვანოთ დახრილი ხაზი ჰორიზონტზე? რა არის ეკლიმეტრი?
- რა არის ხაზის ჰორიზონტისადმი დახრის შესწორება?
- როგორია ოპტიკური მანძილმზომის მოქმედების პრინციპი?
- ახსენით შუქმანძილმზომებისა და რადიომანძილმზომების მუშაობის პრინციპი;
- რაზეა დამოკიდებული ხაზების გაზომვის შედეგების სიზუსტე?
- რას ეწოდება ჰორიზონტალური კუთხე?
- რომელია ჰორიზონტალური კუთხეების გასაზომი თანამედროვე ხელსაწყო? მოახდინეთ მათი კლასიფიკაცია;
- ჩამოთვალეთ და ნახაზზე აჩვენეთ თეოდოლიტის ძირითადი ნაწილები;
- როგორაა მოწყობილი თეოდოლიტებში კუთხმზომი წრე – ლიმი და ამთვლელი მექანიზმი?
- რა სახის თარაზოები გამოიყენება თეოდოლიტებში? ახსენით მათი დანიშნულება და მოქმედების პრინციპი;
- რა არის ბუსოლი-ორიენტირის დანიშნულება?
- რომელია თეოდოლიტის ძირითადი ღერძები? რა გეომეტრიულ პირობებს უნდა აკმაყოფილებდეს თეოდოლიტი? როგორ მოვახდინოთ მათი შემოწმება?
- მოკლედ დაახასიათეთ ლაზერული, კოდური, გირო- და ციფრული თეოდოლიტები, ახსენით მათი მუშაობის პრინციპი და შესაძლებლობები;
- როგორ მოვიყვანოთ თეოდოლიტი მუშა მდგომარეობაში?
- აღწერეთ ჰორიზონტალური კუთხეების გაზომვის ილეთების ხერხი;
- განსაზღვრეთ ნიველირების არსი;
- დაახასიათეთ ნიველირების ძირითადი მეთოდები;
- ახსენით გეომეტრიული ნიველირების არსი და აჩვენეთ ის სქემატურად;
- რა იძლევა ნიველირებისას პირობით დონებრივ ზედაპირს?
- რა არის აღმატება? რომელი ფორმულით ანგარიშობენ მას?
- გეომეტრიული ნიველირების რომელი ხერხები იცით? მოახდინეთ მათი შედარებითი დაახასიათება;
- რას ეწოდება ხელსაწყოს ჰორიზონტი?
- ნახაზზე აჩვენეთ დედამიწის სიმრუდისა და რეფრაქციის გავლენა ლარტყაზე აღებულ ანათვალზე. გამოიყვანეთ ფორმულა;
- რა შედის ნიველირის კომპლექტში?
- ჩამოთვალეთ ნიველირის ძირითადი ნაწილები და განსაზღვრეთ მათი ფუნქციები;
- მოახდინეთ ნიველირების კლასიფიკაცია; მოიყვანეთ მათი მოკლე დაახასიათება;
- აღწერეთ რომელიმე თანამედროვე ნიველირი. ნახაზზე აჩვენეთ მისი სამზერი მილის ხედვის ველი;
- ნახაზზე აჩვენეთ ნიველირის ძირითადი ღერძები; ჩამოთვალეთ ის გეომეტრიული პირობები, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ნიველირი;

35. როგორ მოვახდინოთ ნიველირის შემოწმება? აჩვენეთ ნახაზი;
36. ახსენით კომპენსატორიანი ნიველირის მუშაობის პრინციპი;
37. დაახასიათეთ მარტივი და რთული ნიველირების სახეები;
38. რას ეწოდება დამაკავშირებელი და „იქს“ (x) წერტილები?
39. რომელი ფორმულით გამოითვლიან სვლაში აღმატებათა ჯამსა და ბოლო წერტილის ნიშნულს?
40. რას ეწოდება გახსნილი და შეკრული სანიველირო სვლები?
41. აღწერეთ სამუშაოთა თანმიმდევრობა სადგურზე; როგორ ვაწარმოოთ ჟურნალი?
42. როგორ გამოვითვალოთ შეუბმელობა შეკრულ და გახსნილ სანიველირო სვლებში? როგორ ხდება მისი განაწილება?
43. რისთვის გამოიყენება პროფილის გრძივი ნიველირება და რა სახის სამუშაოები სრულდება ამ დროს? როგორ ხდება პიკეტაჟის დაკვაღვა და დამაგრება?
44. როგორ ხდება განივი პროფილების დაკვაღვა ადგილზე?
45. როგორ ხდება საპიკეტაჟო ჟურნალის წარმოება? მოიყვანეთ მაგალითი;
46. განმარტეთ ტრიგონომეტრიული ნიველირების არსი; შედგინეთ ნახაზი;
47. როგორ გამოვიანგარიშოთ ამადლება თუ მანძილი A და B წერტილებს შორის გაზომილია ბაფთით? ოპტიკური მანძილმზომით?
48. რას ეწოდება თეოდოლიტის ვერტიკალური წრის ნულადგილი? როგორ ხდება მისი შესწორება?
49. რომელი ფორმულით ხდება წერტილებს შორის აღმატების განსაზღვრა? რას ეწოდება რეფრაქცია?
50. როგორ უნდა გამოვითვალოთ შეუბმელობა სიმაღლურ სვლაში?
51. განმარტეთ ბარომეტრული ნიველირების არსი; რა შემთხვაში გამოიყენება ის? რომელი ბარომეტრები გამოიყენება ამ მიზნით? მოიყვანეთ სიმაღლის განსაზღვრის საბოლოო ფორმულა. აღწერეთ სადგურზე სამუშაოების ჩატარების თანმიმდევრობა;
52. როგორ ხდება სიმაღლეთა განსაზღვრა აერორადიონიველირების გამოყენებით? როგორია მიღებული შედეგების სიზუსტე?

თავი IV. ადგილმდებარეობის წერტილთა გეგმიური და სიმაღლური კოორდინატების განსაზღვრა

§IV.1. სახელმწიფო გეგმიური გეოდეზიური ქსელები

ადგილზე ჩატარებული საზოგადოებრივი და კუთხური გაზომვების დახმარებით ხდება დედამიწის ზედაპირის წერტილებს შორის იმ გეომეტრიული კავშირის დამყარება, რომელიც განსაზღვრავს მათ გეგმიურ მდგომარეობას სიბრტყეზე მიღებულ კოორდინატთა სისტემაში. *გამოსახლელები, ანუ საწყისი წერტილები* კოორდინატები, რომელთაგანაც აწარმოებენ გაზომვებს, განსაზღვრულია ან წინასწარ არის მოცემული. მათგან დაშორების მიხედვით დაგროვილი ცდომილებები, რომლებიც უცილობლად თან ახლავს გაზომვებს, ამცირებენ კოორდინატთა განსაზღვრის სიზუსტეს. თუ გამოვიყენებთ ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელ რამდენიმე საწყის წერტილებს, განსაზღვრული კოორდინატების შეთანხმება გაძნელებულია. აქედან გამომდინარე, იქმნება საწყისი წერტილების გეგმიური მდგომარეობის კოორდინატთა ერთიანი სისტემაში განსაზღვრის აუცილებლობა, რაც საშუალებას იძლევა თავიდან იქნას აცილებული გაზომვების ცდომილებები და ასევე გააიოლებს გაფანტული სამუშაოების მთლიანობაში მოქცევას. კოორდინატთა ერთიანი სისტემით ერთმანეთს შორის დაკავშირებული საწყისი წერტილები წარმოქმნიან *მთავარ გეოდეზიურ ქსელებს*, რომლებიც გამოიყენება აგეგმვების წარმოებისას.

საწყისი წერტილების გეგმიური კოორდინატების განსაზღვრა ხდება ასტრონომიული და გეოდეზიური მეთოდებით. *ასტრონომიული მეთოდებით* კოორდინატებს განსაზღვრავენ ვარსკვლავებზე დაკვირვებით, ყველა ცალკე აღებულ წერტილზე, ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად. *გეოდეზიური მეთოდები* მოითხოვს ყველა საწყის წერტილებს შორის კუთხური და საზოგადოებრივი გაზომვების ჩატარებას. გეოდეზიური ქსელები დანიშნულების, დაგების თანმიმდევრობისა და სიზუსტის მიხედვით იყოფა *სახელმწიფო გეოდეზიურ ქსელად, გამახშირებელ გეოდეზიურ ქსელად და საგეგმავ გეოდეზიურ ქსელად*.

IV.1.1. გეგმიური გეოდეზიური ქსელის შიქმის მეთოდები

გეოდეზიური ქსელებიდან ყველაზე ზუსტი და საერთოა *სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელი*, რომელიც იყოფა ოთხ კლასად. კლასები ერთმანეთისაგან განსხვავდება კუთხეებისა და მანძილების გაზომვის სიზუსტით, გვერდების სიგრძითა და შემდგომი განვრცობის წესით.

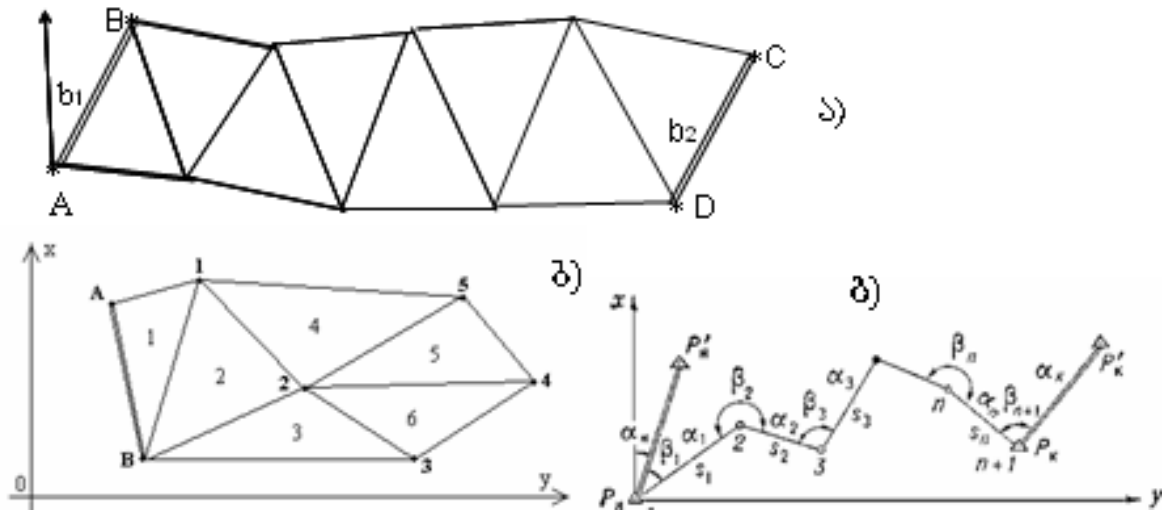
სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პუნქტების გეგმიური მდგომარეობის განსაზღვრა ხდება *ტრიანგულაციის, ტრილატერაციისა და პოლიგონომეტრიის* მეთოდებით. ბოლო პერიოდში დაიწყო *მიწისზედა-კოსმოსური* მეთოდის გამოყენება თანამგზავრული ნავიგაციის სისტემის („GPS“) გამოყენებით, რომელიც მისი ხელმისაწვდომობით, სიზუსტითა და რეალიზაციის სიმარტივით უახლეს მომავალში გახდება ძირითადი.

ტრიანგულაციის მეთოდის არსი მდგომარეობს დედამიწის ზედაპირზე გეოდეზიური ქსელების დაგებაში ერთმანეთის მიჯრით მდებარე სამკუთხედების სისტემის სახით, რომელთა წვეროებზე განთავსებულია გეოდეზიური პუნქტები (ტრიანგულაციის პუნქტები), რომლებშიც გაზომილია ყველა კუთხე და ცალკეული გვერდების სიგრძეები – *ბაზისები*. მათზე დაყრდნობით ხდება დანარჩენი გვერდების გამოთვლა (ნახ. IV.1, ა)

სამკუთხედებში ჰორიზონტალური კუთხეებს უზუსტესი თეოდოლიტებით ზომავენ, ხოლო ბაზისებს შუქმანძილმზომებით, ელექტრონული ტაქომეტრებით ან სხვა უზუსტესი საზომი ხელსაწყოებით.

ტრიანგულაციის ქსელის დასაწყისში გაზომილი ბაზისისგან დაშორების მიხედვით გვერდების განსაზღვრის სიზუსტე კლებულობს ამიტომ სიზუსტის ამადლებისა და კონტროლის მიზნით სამკუთხედების რიგის ბოლოს იზომება კიდევ ერთი ბაზისი.

პოლიგონომეტრია (ბერძ. *polygonos* - მრავალკუთხოვანი და *metria* - ვზომავ) – ადგილზე ტეხილი საზღვრის სახით დაგებული სველების სისტემაა, რომელშიც გაზომილია ყველა გვერდის სიგრძე და მოხვევის ჰორიზონტალური კუთხეები. პოლიგონომეტრიული სველების წვეროებს *პოლიგონომეტრიული პუნქტები* ეწოდება (ნახ. IV.1, ა). ტრიანგულაცია (ლათ. *Trilaterus* - სამგვერდა) – ერთმანეთის მიჯრით მდებარე სამკუთხედების სისტემისაგან შემდგარი ქსელია, რომელშიც გაზომილია ყველა გვერდის სიგრძე.



ნახ. IV. 1. გეოდეზიური ქსელების გეგმიური საფუძვლის მეთოდები
 ა – ტრიანგულაცია, ბ – ტრილატერაცია, გ – პოლიგონომეტრია

მიწისზედა კოსმოსური მეთოდი დაფუძნებულია თანამგზავრული ნავიგაციის სისტემებისა და ხელსაწყოების („GPS“) გამოყენებაზე. ისინი საშუალებას იძლევიან სწრაფად განისაზღვროს გეოდეზიური პუნქტების სამგანზომილებიანი კოორდინატები სანტიმეტრის მეთაქვების სიზუსტით. გაზომვის საჭირო სიზუსტის მისაღწევად და მათ გასაკონტროლებლად პუნქტებზე კოორდინატთა განსაზღვრა ხდება მრავალჯერ, სხვადასხვა დროს, ცაზე ნავიგაციური თანამგზავრების (თანავარსკვლავედების) განსხვავებულ მდებარეობისას.

გეოდეზიური ქსელების შექმნისა და განვრცობის *მიწისზედა კოსმოსური მეთოდი* – ნებიმიერ ტერიტორიაზე გეოდეზიური გაზომვების ყველაზე თანამედროვე, უნივერსალური, ზუსტი და მარტივი მეთოდი; ის განსაკუთრებით ეფექტურია დაუსახლებელ რაიონებში, გეოდეზიური ქსელის პუნქტების დაბალი სიმჭიდროვისას.

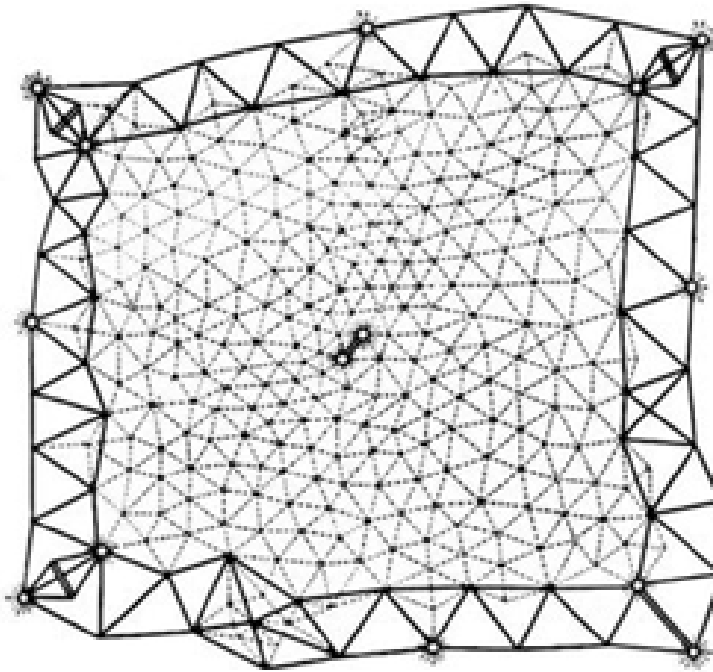
გეოდეზიური ქსელების დაგების მეთოდს ეკონომიკური და ტექნიკური მიზანშეწონილობა განსაზღვრავს. ასე მაგალითად, პოლიგონომეტრიული ქსელების დაგება მიზანშეწონილია დახურულ (ციან ან განაშენიანებულ) ადგილებში, ელექტრონული ტაქომეტრების გამოყენებით, რომელიც საშუალებას იძლევა ერთი ხელსაწყოთი, მაღალი სიზუსტით, გაიზომოს ჰორიზონტალური მანძილები და კუთხეები.





IV.12. სახელმწიფო საბაზო გეოდეზიური ქსელი

სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელი იყოფა 1, მე-2, მე-3, და მე-4 კლასებად.

1 კლასის გეოდეზიური ქსელი დაიკება ტრიანგულაციის მწკრივებად ან პოლიგონომეტრიულ სველებად, მერიდიანებისა და პარალელების გასწვრივ, რომლებიც ქმნიან 200-250 კმ-იან რგოლებს.

რგოლები, კვეთენ რა ერთმანეთს, ქმნიან დაახლოებით 800-1000 კმ პერიმეტრის მქონე სატრიანგულაციო პოლიგონებს (ნახ. IV.2). გადაკვეთის წერტილებზე იზომება საბაზისო გვერდები, არა უმეტეს 1:400 000 ფარდობითი ცდომილებით. განედისა და



-  პირველი კლასის ტრიანგულაციის რიგები
-  მეორე კლასის ტრიანგულაციის ქსელები
-  ბაზისები და ბაზისური გვერდები
-  ასტრონომიული პუნქტები

ნახ. IV. 2. სახელმწიფო გეგმური გეოდეზიური ქსელის სქემა (სატრიანგულაციო პოლიგონი)

გრძედის განსაზღვრის მიზნით ტრიანგულაციის ბაზისური გვერდების ბოლოების პუნქტებზე ან პოლიგონომეტრიული სფერების განაპირა საზებზე ასრულებენ ასტრონომიულ დაკვირვებებს, ასევე განსაზღვრავენ მიმართულების აზიმუტს, ან დირექციულ კუთხეს (ე.წ. ლაქლასის პუნქტები).

პოლიგონომეტრიული სფერების გვერდების სიგრძეებს ზომავენ 1:300 000 ფარდობითი ცდომილებით. I კლასის ქსელებში პორიზონტალური კუთხეები იზომება უზუსტესი თეოდოლიტებით, ტრიანგულაციის პუნქტებზეკუთხურ გაზომვებში საშუალო კვადრატული ცდომილებით $m_{\beta}=0,5''$, ხოლო პოლიგონომეტრიის პუნქტებზე $m_{\beta}=0,7''$.

I კლასის გეოდეზიური ქსელი წარმოადგენს გეოდეზიურ საფუძველს მთელ ქვეყანაზე კორდინატთა ერთიან სისტემაში ქსელების შემდგომი განვრცობისათვის I კლასის პოლიგონის შიგნით.

ტრიანგულაციისა და პოლიგონომეტრიის მეთოდით ხდება II კლასის გეოდეზიური ქსელების დაგება. აქ ბაზისური საზები იზომება არა ნაკლებ ერთისა ყოველ 25 სამკუთხედში, 1:300000 ფარდობითი ცდომილებით, ხოლო პოლიგონომეტრიის გვერდები კი 1:250000-ით. პორიზონტალური კუთხეები იზომება საშუალო კვადრატული ცდომილებით: $m_{\beta} \leq 1,0''$.

ცხრილი IV.1

ქსელის მახასიათებლები	გ ე ო დ ე ზ ი უ რ ი ქ ს ე ლ ი ს და გ ე ბ ი ს მ ე თ ო დ ი							
	I კლასი		II კლასი		III კლასი		IV კლასი	
	ტრიანგ.	პოლიგ.	ტრიანგ.	პოლიგ.	ტრიანგ.	პოლიგ.	ტრიანგ.	პოლიგ.
რგოლის სიგრძე, კმ	200-250							
გვერდის სიგრძე, კმ	20	20	7-20		5-8	3-8	2-5	
გვერდის სიგრძის ფარდობითი ცდომილება	1: 400000	1:300000	1:300000	1:250000	1:200000	1:200000	1:200000	1:200000
კუთხის გაზომვის საშუალო კვადრატული ცდომილება წმ.	0,7	0,4	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0

II კლასის გეოდეზიურ ქსელებს ახშირებენ III და IV კლასის პუნქტებით, სადაც ტრიანგულაციის ქსელებზე ბაზისების სიგრძეების გაზომვა ხდება 1:200 000 ფარდობითი ცდომილებით, ხოლო პოლიგონომეტრიულზე 1:200 000 და 1:150 000 - ით შესაბამისად. პორიზონტალური კუთხეები იზომება უზუსტი თეოდოლიტით, დასაშვები

საშუალო კვადრატული ცთომილებით: $m_{\beta} \leq 1,5''$ III კლასისათვის და $m_{\beta} \leq 2,0''$ IV კლასისათვის.

სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პარამეტრები და სიზუსტეები მოცემულია IV.1 ცხრილში.

IV.1.3. გეგმური ბაზისშირეპელი და აბეგმვის ქსელები

გეგმური გახშირების ქსელებს ქმნიან 1:500–1:5000 მასშტაბის ტოპოგრაფიული აბეგმვების გეოდეზიური საფუძვლისა და სხვადასხვა სახის საინჟინრო სამუშაოების სახელმწიფო გეოდეზიურ ქსელში ჩართვის მიზნით.

გახშირების ქსელები იყოფა 1 და 2 თანრიგის ტრიანგულაციისა და პოლიგონომეტრიის ქსელებად.

გახშირების ტრიანგულაციურ ქსელებს აგებენ უმეტესად გახსნილ ადგილებში სამკუთხედებისა და ცენტრალური სისტემის სახით. ამასთან ისინი ეყრდნობიან უფრო მაღალი სიზუსტის სახელმწიფო საგეგმო გეოდეზიური ქსელის გვერდებს ან პუნქტებს.

გახშირების პოლიგონომეტრიული ქსელების დაგება ხდება აბეგმვის გეოდეზიური საფუძვლისათვის ცალკეული თეოდოლიტური სველების, ან მათი სისტემის სახით, უფრო ხშირად დახურულ ადგილებში, შეზღუდული ხედვით. ასეთი სახის ქსელებს აგებენ სახელმწიფო საგეგმო გეოდეზიური ქსელის პუნქტებს შორის, ან დამოუკიდებელი ქსელების სახით, გეოდეზიური ქსელის პუნქტებთან მათი შემდგომი მიერთებით.

გახშირების გეოდეზიური ქსელების ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია ცხრ. IV.2.

ცხრ. IV.2

N	გახშირების ქსელების მახვენებლები	ტრიანგულაციური ქსელი		პოლიგონომეტრიული ქსელი	
		1 თანრიგის	2 თანრიგის	1 თანრიგის	2 თანრიგის
1	გვერდების სიგრძე, კმ	2- 5	0,5-3	----	-----
2	კუთხის გაზომვის საშ. კვ. ცთომილება	$\leq 5''$	$\leq 10''$	$\leq 5''$	$\leq 10''$
3	სამკუთხედებში შეუბმელობა კუთხური	$\leq 20''$	$\leq 40''$	----	-----
4	საწიხის ხაზების ფარდობითი ცდომილება	1: 50 000	$\leq 1: 25000$	----	----
5	ყოველი გვერდის ფარდობითი ცდომილება და პოლიგონომეტრიული სველის დასაშვები შეუბმელობა	----	---	$\leq 1: 10\ 000$	$\leq 1: 5000$

IV.1.4. თეოდოლიტური სველები და მათი სახეები. თეოდოლიტური სველის წერტილების კოორდინატების გამოთვლა

თეოდოლიტური სველა გეგმური გეოდეზიური ქსელის შექმნის ერთ-ერთი უმარტივესი მეთოდია და წარმოადგენს გეოდეზიურ ანაგებს ადგილზე ტეხილი ხაზების სახით, რომელშიც კუთხეებს ზომავენ თეოდოლიტის ერთი სრული იღვით, ხოლო გვერდების სიგრძეებს პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით, ფოლადის ბაფთით ან სხვა მექანიკური და ელექტრონული ხელსაწყოებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ მოთხოვნებს გაზომვის სიზუსტეზე. გაზომილი მანძილების ჰორიზონტალურ პროექციაში მოსაყვანად ვერტიკალური კუთხეები იზომება თეოდოლიტის ვერტიკალური წრედით და შესწორებები შეაქვთ ხაზის 1,5°-ზე მეტი დახრისას. თეოდოლიტური სველების შექმნისას განსაკუთრებით ეფექტურია ელექტრონული ტახეომეტრებისა და თანამგზავრული ნავიგაციის სისტემების - „GPS“-ის გამოყენება.

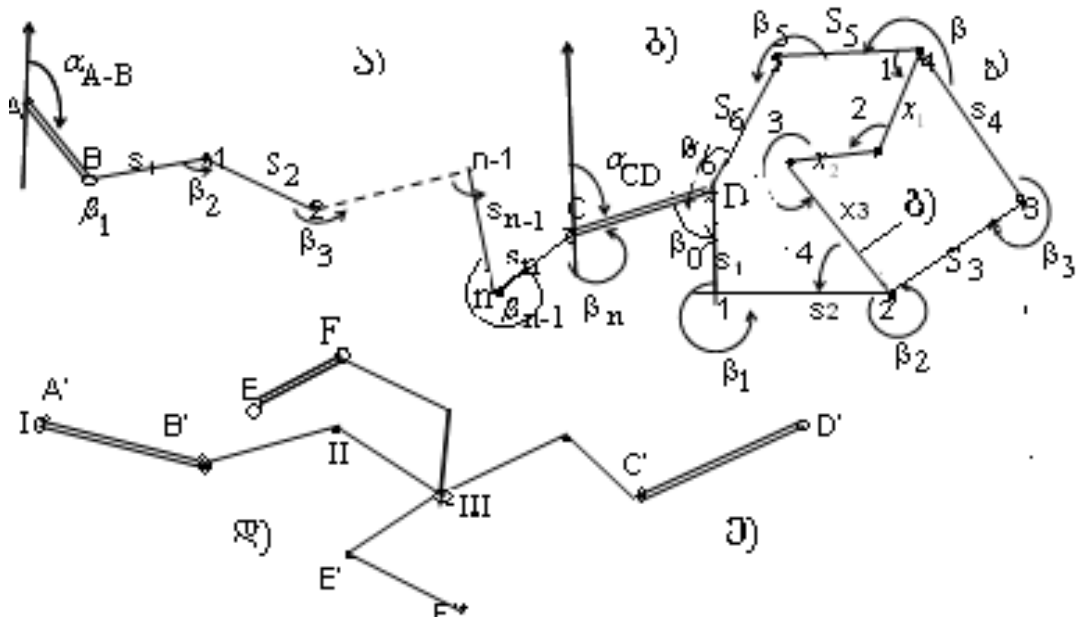
როგორც წესი, თეოდოლიტურ სვლებს აგებენ სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის ან გახშირების გეოდეზიური ქსელის პუნქტებს შორის.

განასხვავებენ *შეკრულ*, *ღია* და *დაკიდებული* სახის თეოდოლიტურ სვლებს (ნახ. IV.2). თუ შეკრული თეოდოლიტური სვლის წერტილებიდან შეუძლებელი ხდება პოლიგონის შიგნით მოქცეული ტერიტორიის აგეგმვა, თეოდოლიტური სვლების გვერდებზე დაყრდნობით დააგებენ ერთ ან რამდენიმე *დიაგონალურ სვლებს*, რომლებიც წარმოადგენენ გახსნილი თეოდოლიტური სვლის ნაირსახეობას. დიდი ფართობების აგეგმვისას, ადგილმდებარეობის სრულყოფილად ათვისების მიზნით, საჭირო ხდება *თეოდოლიტური სვლების სისტემის* შექმნა (ნახ. IV.2, დ). ასეთი სვლების გადაკვეთის წერტილებს *საკვანძოს* უწოდებენ.

ღია თეოდოლიტური სვლები უფრო ხშირად გამოიყენება საზოგადო საინჟინრო ნაგებობების აგეგმვის საფუძველად, ამასთან, ისინი როგორც წესი, ორივე ბოლოთი ეყრდნობიან სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პუნქტებს. *დაკიდებული* ეწოდება სვლას თუ ის მასზე უფრო ზუსტ საფუძველს ეყრდნობა მხოლოდ ერთი დაბოლოებით (ნახ. IV.2, ე). ასეთი სახის სვლებს ხშირად გამოიყენებენ ძირითადი აგეგმვის საზღვრიდან რამდენადმე დაშორებულად განთავსებული წვრილმანის ან ადგილმდებარეობის ობიექტების ასაგეგმად. დაუშვებელი ცდომილებათა დაგროვების თავიდან ასაცილებლად ასეთ სვლებში გვერდების რაოდენობა შეზღუდულია ($n \leq 3$).

თეოდოლიტური სვლის ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია ცხრ. IV, 3.

S5



ნახ. IV. 2. თეოდოლიტური სვლის სახეები. ა) გახსნილი; ბ) შეკრული; გ) დიაგონალური; დ) სისტემური; ე) დაკიდებული; A, B, C, D, E, F, A', B', E', F', C', D', (I) - სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პუნქტები; II - თეოდოლიტური სვლის წერტილები; III - საკვანძო წერტილი

გაზომვების დაწყების წინ ხდება ადგილმდებარეობის რეკონოსცირება, რომლის მიზანია სვლის წერტილებისათვის შემდგომი სამუშაოების ჩასატარებლად მოსახერხებელი ადგილის შერჩევა (მათ შორის როგორც პირდაპირი ხედვის, ისე ასაგეგმი ტერიტორიის მაქსიმალური მიმოხილვის უზრუნველყოფა) და გამოირჩევა ხანგრძლივი შენახვის უზრუნველყოფით. წერტილებს ამაგრებენ *დროებითი* (ხის ბოძები და პალოები, მეტალის ომბოსები და მილები) ან *ხანგრძლივი შენახვის* (ბეტონის მონოლითზე დაყენებული რკინაბეტონის პილონები, მილები, ხის ბოძები) *გეოდეზიური ნიშნებით* (ნახ. IV.3) და დადგენილი ფორმის თხრილით შემოზღუდავენ. დროებითი ნიშნების ცენტრებს უკეთებენ მარკირებას, საღებავით ან ლურსმნით. მათ იყენებენ შედარებით მცირე უბნებზე, ან როცა არ არის მათი ხანგრძლივი შენახვის აუცილებლობა.

თეოდოლიტურ სვლებში იზომება სვლის მიმართულებით მარჯვნივ ან მარცხნივ

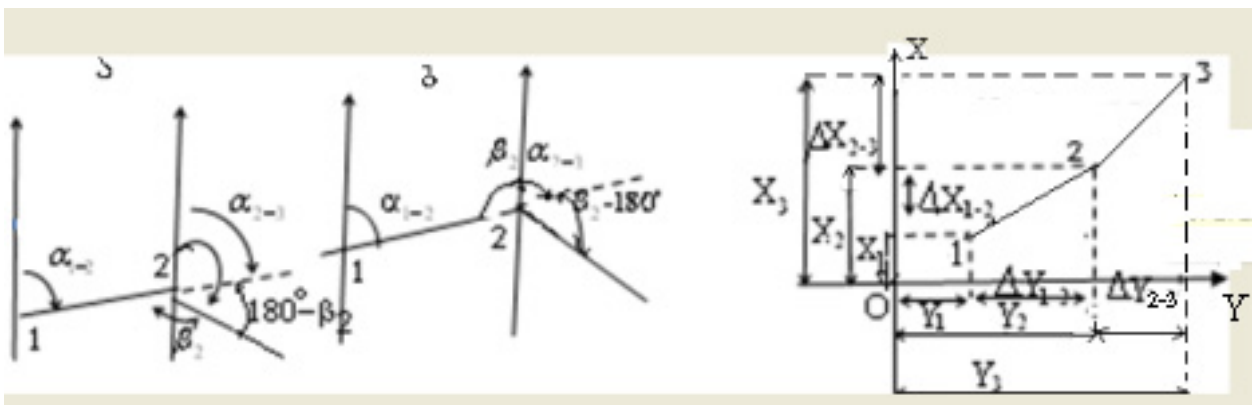
აგეგმვის მასშტაბი	გვერდების მაქსიმალური სიგრძე		სხვაობა ნახევარიღეთებში კუთხეების მნიშვნელობაში	კუთხური შეუბმელობა
	გაუნაშენიანებულ ტერიტორიაზე	განაშენიანებულ ტერიტორიაზე		
1 : 5000	350	500	1,5	$f\beta$ დას. $=1,5\sqrt{n}$
1 : 2000	200	300	-----	-----
1 : 1000	150	200	-----	-----
1 : 500	100	150	-----	-----

მდებარე ჰორიზონტალური კუთხეები ერთი სრული იღეთით. კუთხის გაზომვისას ნახევარ იღეთებს შუა ახდენენ ღიშის გადანაცვლებას 90° , ნახევარიღეთებში კუთხეების მნიშვნელობებს შორის სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს $1,5'$, ხოლო გვერდების სიგრძე არ უნდა იყოს 350 მ-ზე მეტი და 20 მ-ზე ნაკლები.



თეოდოლიტური სვლების ზღვრული ფარდობითი ცდომილება კეთილსაიმედო პირობებში (სწორი ადგილი, მყარი საფარი) არ უნდა აღემატებოდეს $1:3000$ -ს, საშუალო პირობებში (ბორცვიანი ადგილი, სახნავი, სათიბები) $1:2000$ და არაკეთილსაიმედო პირობებში (ჭაობი, ქვიშა, ხშირი ბუჩქნარი) $1:1000$.

საზოგადოებრივი და კუთხური გაზომვების ჩასაწერად გა-
 IV. 3. ხანდგრძლივი შენახვის მოიყენება დადგენილი ფორმის ჯურნალი. საველე გაზომ-
 გეოდეზიური ნიშნები კუთხეების შედეგების მიხედვით განსაზღვრავენ თეოდოლიტური
 სვლების წერტილების კოორდინატებს პირდაპირი გეოდეზი-
 ური ამოცანის ამოხსნის გზით (იხ. §II. 5.3), სვლის თითოეული ხაზზე. ამისათვის
 აუცილებელ ორიენტირების კუთხეებს ღებულობენ გამოთვლების გზით, რომელიც
 დაფუძნებულია მათსა და სვლის კუთხეებს შორის არსებულ გეომეტრიულ დამო-
 კიდებულებაზე. საწყის დირექციულ კუთხეს ღებულობენ იმ სარდენი გეოდეზიური ან
 გასშირების ქსელის კოორდინატების კატალოგებიდან, რომელთა პუნქტებს ეყრდნობა
 მოცემული თეოდოლიტური სვლა. იზოლირებულ სვლებში ზომავენ ერთ-ერთი გვერდის
 მაგნიტურ ან გეოგრაფიულ აზიმუტს და მას ღებულობენ სვლის საწყის კუთხედ.



ნახ. IV. 4. დირექციულ კუთხეებს შორის კავშირი
 ა - მოხვევის კუთხე სვლის მიმართულებიდან
 მარჯვნივ ბ - მოხვევის კუთხე სვლის
 მიმართულებიდან მარცხნივ

ნახ. IV. 5. თეოდოლიტური სვლის
 წერტილების კოორდინატებს
 შორის დამოკიდებულება

უნდა გვახსოვდეს, რომ ყოველი მომდევნო დირექციული კუთხე ტოლია წინამდებარე გვერდის დირექციულ კუთხეს მიმატებული 180° და გამოკლებული სვლის მიმართულებით მარჯვენა ჰორიზონტალური კუთხე. იმ შემთხვევაში, როცა გაზომილია სვლის მიმართულებით მარცხენა კუთხეები, ეს დამოკიდებულება შემდეგ სახეს მიიღებს: წინამდებარე დირექციულ კუთხეს მიმატებული სვლის მიმართულებით გაზომილი მარცხენა ჰორიზონტალური კუთხე და გამოკლებული 180° . ნახ. IV.4-ზე მოცემულია ერთ-ერთი თეოდოლიტური სვლის მონაკვეთი, რომლისთვისაც მოცემული დამოკიდებულება შემდეგი ფორმულებით გამოისახება:

გაზომილი მარჯვენა კუთხისათვის

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2 \quad \text{IV.1}$$

გაზომილი მარცხენა კუთხისათვის

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} - 180^\circ + \beta_2 \quad \text{IV.2}$$

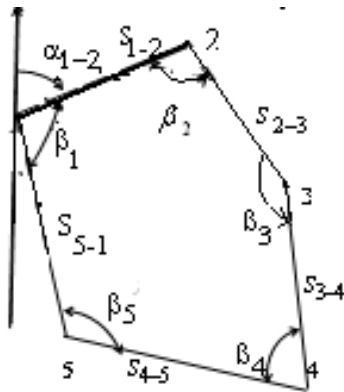
თეოდოლიტური სვლის წერტილების კოორდინატების გამოთვლას აწარმოებენ თანმიმდევრობით: ასე მაგალითად, სვლის რიგით N წერტილის კოორდინატების X_n , Y_n განსაზღვრა შესაძლებელია მხოლოდ წინა $N-1$ წერტილის კოორდინატების X_{n-1} , Y_{n-1} გამოთვლის შემდეგ (ნახ. IV.5). რადგანაც სხვადასხვა სახის ცდომილებათა გამო გაზომვების შედეგები განსხვავდება თეორიულისაგან, კოორდინატების დადგენა მოიცავს გაზომვებისა და გამოთვლების შედეგების ეტაპობრივ კონტროლს, რომლის მიზანია საწყისი მონაცემების დაყვანა თეორიულად შესაძლებელ სახემდე.

თეოდოლიტური სვლის გამოთვლას ახდენენ წინასწარ შედგენილ უწყისში, რომელშიც შეაქვთ საველე გაზომვების მონაცემები. მოვიყვანოთ მაგალითი. ცხრ. IV.4-ში შეყვანილია ნახ. IV.6-ზე მოცემული შეკრული თეოდოლიტური სვლის მონაცემები, საწყისი ხაზის დირექციული კუთხე და სვლის პირველი წერტილის პირობითი კოორდინატები. მივიღოთ, რომ საველე სამუშაოები ჩატარებულია საშუალო სირთულის ადგილობრივ პირობებში (ზღვრული ფარდობითი ცდომილება $\leq 1:2000$).

ჰორიზონტალური კუთხეების გაზომვის შედეგებში შეუბმელობას ნახულობენ ფორმულით,

$$f_{\beta} \text{ დას.} = l \sqrt{n}$$

IV.3



ხოლო კოორდინატთა ნახრდების გამოთვლისას განსაზღვრავენ აბსოლუტურ და ფარდობით ცდომილებებს

$$f_{\text{აბს}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad \text{IV.4}$$

$$f_{\text{ფარდ}} = V(L : f_{\text{აბს}}) \quad \text{IV.5}$$

თეოდოლიტური სვლის უწყისის გამოთვლას ვიწყებთ კუთხური გაზომვების გაწონასწორებით. კუთხეების შეჯამებას ახდენენ ცხრილის 2 გრაფაში ($\sum \beta_{\text{პრ.}}$); გამოითვლიან კუთხეების თეორიულ ჯამს მრავალკუთხედში:

$$\sum \beta_{\text{თ.}} = 180(n-2) \quad \text{IV.6}$$

ნახ. IV. 6. შეკრული თეოდოლიტური

სვლის სქემა

სადაც, n – კუთხეების რაოდენობაა. პრაქტიკულ კუთხურ შეუბმელობას განსა-

ზღვრავენ ფორმულით:

$$f_{\beta \text{ პრ.}} = \sum \beta_{\text{პრ.}} - \sum \beta_{\text{თ.}} \quad \text{IV.7}$$

ჩვენს შემთხვევაში $\sum \beta_{\text{პრ.}} = 540^\circ 02'$, $\sum \beta_{\text{თ.}} = 540^\circ 00'$, საიდანაც $f_{\beta \text{ პრ.}} = +2'$; დასაშვები კუთხური შეუბმელობა $f_{\beta \text{ დას.}} = l \sqrt{5} = \pm 2.2'$. ე.ი. პრაქტიკული ცდომილება არ აღემატება დასაშვებს, ამიტომ შეიძლება დავიწყოთ კუთხეების გაწონასწორება, რომელიც მოიცავს საწყის მონაცემებში შესწორებების განსაზღვრასა და შესწორებული მნიშვნელობების მიღებას. მათი ჯამი თეორიულის ტოლი უნდა იყოს.

V_1, V_2 , და ა.შ. შესწორებების მნიშვნელობათა გამოთვლისას მხედველობაში დებულობენ შემდეგ გარემოებებს: 1) პოლიგონის გვერდებს შორის შედარებითი ტოლობის შემთხვევაში კუთხური შეუბმელობა ერთნაირი სიდიდითა და შეუბმელობის შებრუნებული ნიშნით ნაწილდება ყველა კუთხეზე. 2) თუ გვერდები სიგრძით მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, მაშინ მეტი შესწორება შეაქვთ იმ კუთხეების მნიშვნელობებში, რომელიც შექმნილია მოკლე გვერდებით, რადგანაც ასეთი კუთხეების გაზომვის სიზუსტე რამდენადმე დაბალია უფრო გრძელი გვერდებით შექმნილ კუთხეებთან შედარებით. ამავე მიზეზით შედარებით მცირე შეუბმელობას

გაზომილი კუთხეები და შესწ.	შესწორებული კუთხეები	დირექციული კუთხეები და რუმბები	გვერდების სიგრძეები d, მ	ნაზრდები				კოორდინატები	
				გამოთვლილი		შესწორებული		X, მ	Y, მ
				ΔX , მ	ΔY , მ	ΔX , მ	ΔY , მ		
2	3	4	5	6				0	1
-1									
3°26'	93°25'							568,17	012,29
-1		69°15' (ნა69°15')	71,14	+25,32	+1 66,48	+25,32	66,49		
97°12'	97°11'							593,49	078,77
		152°04' (სა27°55')	68,12	-60,17		31,94	60,17 31,94		
164°34'	164°34'							533,32	110,71
		167°30' (სა12°30')	83,09	+1 -81,06		18,27	81,05 18,28		
58°21'	58°21'							452,27	128,99
		289°09' (ნდ70°51')	95,05	+1 +31,09	+1 89,82	31,10	89,81		
126°29'	126°29'							483,37	039,18
		342°40' (ნდ17°20')	88,95	+1 +84,79	+1 26,90	84,80	26,89		
		69°15'		+141,20 -141,23	116,68	141,22	116,70	568,17	012,29
			P=406,35მ	-0,03		0,04	0,00	0,00	
$\Sigma \beta_{პრ} = 540^{\circ}02'$; $\Sigma \beta_{თ} = 180^{\circ}(n-2) = 540^{\circ}00'$,				$f_{\Delta \text{ბს}} = \sqrt{(-0,03)^2 + (-0,04)^2} = 0,05\text{მ}$					
$\beta f\beta_{პრ} = +0^{\circ}02'$; $f\beta_{\Delta \text{ბს}} = \pm 1\sqrt{n} = \pm 2,2'$				$f_{\text{ფარდ}} = f_{\Delta \text{ბს}}/P = \frac{1}{406,35 : 0,05} \approx \frac{1}{8000} < \frac{1}{2000}$					



რომ კუთხეების შესწორებული მნიშვნელობები დამრგვალდეს მთლიან წუთებამდე.

თეოდოლიტური სვლის გამოთვლის უწყისი ცხრ. IV.4.

მარტო მოკლე გვერდებზე ანაწილებენ. 3) შედარებით მოკლე პერიმეტრის მქონე თეოდოლიტურ სვლებში დასაშვებია შეუბმელობის შეყვანა ისეთი გაანგარიშებით, *შესწორებების ჯამი ტოლი უდა იყოს შეუბმელობისა შებრუნებული ნიშნით.* განხილულ მაგალითში შესწორებები შეყვანილია 1 და 2 კუთხეებში. შესწორებული კუთხეების ჯამი ტოლია თეორიულის – 540° (ცხრ. IV.4, 2, 3 სვეტი).

პოლიგონის გვერდების დირექციულ კუთხეებს გამოითვლიან IV.1 ფორმულაში α_{1-2} საწყისი და შესწორებული შიდა კუთხეების მნიშვნელობათა თანმიმდევრული ჩასმით: $\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2$, $\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3$, $\alpha_{4-5} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4$, $\alpha_{5-1} = \alpha_{4-5} + 180^\circ - \beta_5$; გამოთვლებს ამთავრებენ $\alpha_{1-2} = \alpha_{5-1} + 180^\circ - \beta_1$ მონახვით. ამ ეტაპზე *გამოთვლების კონტროლია* α_{1-2} საწყისი და გამოთვლილი მნიშვნელობების *თანხვედრა*. წინააღმდეგ შემთხვევაში გამოთვლის პროცესი უნდა განმეორდეს შეცდომის აღმოჩენამდე. ჩვენს მერ მოყვანილ მაგალითში ეს პირობა შესრულებულია (ორივე შემთხვევაში $\alpha_{1-2} = 69^\circ 15'$). გამოთვლის პროცესში დირექციული კუთხის საბოლოო მნიშვნელობა შეიძლება 360°-ზე მეტი გახდეს ან მიიღოს უარყოფითი მნიშვნელობა. ასეთ შემთხვევებში საჭირო ხდება 360°-ის მიმატება ან გამოკლება. შემდგომი გამოთვლების გამარტივების მიზნით დირექციული კუთხეებიდან გადადიან გვერდების რუმბებზე, მათ შორის დამოკიდებულების საფუძველზე და შედეგები შეყავთ მე-4 სვეტში (§ II.7). ამის აუცილებლობა კოორდინატთა ნაზრდების ცხრილების დახმარებით გამოთვლისას დგება. კალკულატორის ან პერსონალური კომპიუტერის გამოყენება საშუალებას იძლევა გამოთვლები გავამარტივოთ და ეს შუალედური რგოლი პროცესიდან ამოვლოთ (II.9.5).

კოორდინატთა ნაზრდებს ნახულობენ *პირდაპირი გეოდეზიური ამოცანის ფორმულებით*; გამოთვლის ამ ეტაპზე წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ სხვადასხვა სახის ცხრილები (ტრიგონომეტრიული ფუნქციების ხუთნიშნა, ლოგარითმების ან კოორდინატთა ნაზრდების) და მიკროკალკულატორები. ცხრილების გამოყენება მათი წესების წინასწარ შესწავლას მოითხოვს.

ნაზრდების მიღებულ მნიშვნელობებს წერენ უწყისის შესაბამის (6) და (7) სვეტში. გამოთვლების სისწორის გაკონტროლება ამ ეტაპზე შემდეგნაირად ხდება: შეკრულ თეოდოლიტურ სვლაში ნაზრდების ალგებრული ჯამი ნულის ტოლი უნდა იყოს. პრაქტიკულად ეს მნიშვნელობები განსხვავდებიან ნულისაგან. ამიტომ ჩნდება f_x და f_y *საზოვანი შეუბმელობები*, რომელთა მნიშვნელობებს გამოთვლილი ნაზრდების დაჯამებით დებულობენ.

საერთო აბსოლუტური საზოვანი შეუბმელობა $f_{\text{აბს}}$ გამოითვლება ფორმულით

$$f_{\text{აბს}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \tag{IV.8}$$

სოლო ფარდობითი ($f_{\text{ფარდ}}$) – ფორმულით

$$f_{\text{ფარდ}} = \frac{1}{L} (L: f_{\text{აბს}}) = f_{\text{აბს}} / L, \tag{IV.9}$$

სადაც L – პოლიგონის პერიმეტრია.

დასაშვები f ფარდ მნიშვნელობა დამოკიდებულია მოცემული თეოდოლიტური სვლის სიზუსტეზე. ჩვენი პირობის თანახმად ის არ უნდა აღემატებოდეს $\frac{1}{2000}$. ცხრილში მოყვანილი გამოთვლების შედეგებიდან ჩანს, რომ ხაზოვანი ფარდობითი შეუბმელობა არ აღემატება მოცემულ მნიშვნელობას, ასე რომ შეიძლება შევუდგეთ გამოთვლილი ნაზრდების გაწონასწორებას.

კოორდინატთა ნაზრდების გაწონასწორებას იწყებენ დადგენილ ნაზრდებში v_x და v_y შესწორებების გამოთვლით

$$v_x = \frac{f_x}{L} s, \quad v_y = \frac{f_y}{L} s \quad \text{IV.10}$$

სადაც L და s გამოისახებიან ათეულ ან ასეულ მეტრებში. შესწორებების მნიშვნელობები პოლიგონის გვერდების ჰორიზონტალური ქვედებულის სიგრძის პროპორციულია და გამოისახებიან შეუბმელობის საწინააღმდეგო ნიშნით. შესწორებების განსაზღვრის სიზუსტე საწყისი მონაცემების – თეოდოლიტური სვლის გვერდების სიგრძის გაზომვის სიზუსტის შესაბამისია. პრაქტიკულად შესწორება გამოითვლება 0,001 მ-მდე, ხოლო შემდეგ მრგვალებს 0,01 მ-მდე. გამოთვლების ამ ეტაპის კონტროლის პირობაა – შესწორებების ჯამი შეუბმელობის ტოლი უნდა იყოს შებრუნებული ნიშნით.

ჩვენს შემთხვევაში $f_x = -0,03$ მ, ხოლო $f_y = -0,04$ მ. პერიმეტრში 40 (406,35 მ) ათეულია. ხაზოვანი შეუბმელობების მათზე გაყოფით მივიღებთ შესწორებებს კოორდინატთა ნაზრდებში $0,03:40 = 0,0007$ და $0,04:40=0,001$ შესაბამისად პოლიგონის ერთ ათეულზე. პირველი გვერდი (1–2) შეიცავს 7 ათეულს. მაშინ პირველი შესწორება Δx და Δy შესაბამისად იქნება 0,0049 და 0,007. ამიტომ პირველ ნაზრდში ΔX_1 შესწორება არ შეგვაქვს, ხოლო ΔY_1 -ის შესწორება იქნება 0,01 მ. ანალოგიურად ვპოულობთ შესწორებებს დანარჩენ ნაზრდებშიც. ვაჯამებთ მათ და ვადარებთ შეუბმელობის მნიშვნელობებთან. მათ შორის განსხვავების შემთხვევაში შესწორებები უნდა გავასწოროთ ისე, რომ მათი ჯამი არ განსხვავდებოდეს შეუბმელობის მნიშვნელობისაგან. მის შემდეგ შეყავთ შესწორებები ნაზრდებში, მათი ნიშნების გათვალისწინებით. კონტროლის მიზნით აჯამებენ ნაზრდების შესწორებულ მნიშვნელობებს, რომელთა ჯამი 0-ის ტოლი უნდა იყოს. ჩვენს შემთხვევაში ეს პირობაც დაცულია (იხ. სვეტი 8 და 9, ცხრ. IV.3).

პოლიგონის წერტილების კოორდინატებს გამოითვლიან პირდაპირი გეოდეზიური ამოცანის ფორმულებით, რომლებიც ჩვენი მაგალითისათვის შემდეგ სახეს მიიღებენ: $X_2 = X_1 + \Delta x_{1-2}$, $X_3 = X_2 + \Delta x_{2-3}$, $X_4 = X_3 + \Delta x_{3-4}$, $X_5 = X_4 + \Delta x_{4-5}$; $Y_2 = Y_1 + \Delta y_{1-2}$, $Y_3 = Y_2 + \Delta y_{2-3}$, $Y_4 = Y_3 + \Delta y_{3-4}$, $Y_5 = Y_4 + \Delta y_{4-5}$,

სამუშაოს შესრულების მოცემული ეტაპის გაკონტროლება ხდება პირველი წერტილის კოორდინატების გამოთვლით: $X_1 = X_5 + \Delta x_{5-1}$; $Y_1 = Y_5 + \Delta y_{5-1}$; X_1 და Y_1 მიღებული და საწყისი მნიშვნელობები ტოლი უნდა იყოს. მოცემულ შემთხვევაში ეს პირობაც დაცულია (იხ. სვეტი 10 და 11, ცხრ. IV.3).

ღია თეოდოლიტური სვლის გამოთვლას ვიწყებთ კუთხური გაზომვების დამუშავებით. კუთხური შეუბმელობის გამოთვლის წინ დასადგენია სვლის კუთხეებსა და შესატყვისი მიმართულებების დირექციულ კუთხეებს შორის თანაფარდობა.

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{2-3} &= \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2 \\ \alpha_{3-4} &= \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3 \\ \alpha_{n-1} &= \alpha_{(n-1)-n} + 180^\circ - \beta_n \end{aligned} \right\} \quad \text{IV.11}$$

IV.5. ნახაზიდან გამომდინარე ჩანს, რომ თუ IV.1 ფორმულის გამოყენებით მიღებული სვლის გვერდების დირექციული კუთხეების მნიშვნელობებში მოვახდენთ შემდეგი სახის გადაჯგუფებას:

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{1-2} + 2.180^\circ - (\beta_2 + \beta_3)$$

შემდეგ იგივეს გავიმეორებთ დანარჩენი გვერდებისათვის და განვაზოგადებთ, გვექნება

$$\alpha_{n-1} = \alpha_{1-2} + n.180^\circ - (\beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_n)$$

საბოლოოდ მივიღებთ

$$\alpha_{1-2} - \alpha_{n-1} = \Sigma \beta - n.180^\circ \quad \text{IV.12}$$

ფორმულა IV.12 გამოიყენება ღია თეოდოლიტური სვლის მიმართულებების დირექციული კუთხეების გამოთვლის სისწორის კონტროლისათვის.

ღია თეოდოლიტურ სვლაში კუთხური შეუბმელობა გამოითვლება ფორმულით

$$f\beta_{პრ.} = \Sigma \beta_{პრ.} - n.180^\circ - (\alpha_{1-2} - \alpha_{n-1}) \quad \text{IV.13}$$

გამოთვლის შემდეგი ეტაპები შეკრული თეოდოლიტური სვლის ანალოგიურად მიმდინარეობს. ამ შემთხვევაში კოორდინატა ნაზრდებში შეუბმელობას გამოითვლიან ფორმულებით:

$$f_x = \Sigma \Delta x_i - (x_C - x_B);$$

$$f_y = \Sigma \Delta y_i - (y_C - y_B);$$

სადაც x_B, y_B სწყისი, ხოლო x_C, y_C - ბოლო წერტილების კოორდინატებია.

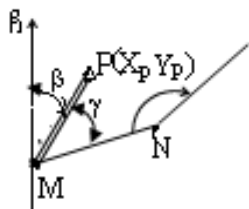
f_x და f_y დასაშვები შეუბმელობის შემთხვევაში ისინი შეყავთ კოორდინატა ნაზრდებში IV.10 ფორმულების შესაბამისად. დებულობენ შესწორებულ კოორდინატა ნაზრდებს და გამოითვლიან კოორდინატებს სვლის ყველა წერტილისთვის შეკრული თეოდოლიტური სვლის ფორმულებით. *კონტროლია გამოთვლილი კოორდინატების ტოლობა მის საწყის მნიშვნელობებთან.*

IV.15. წერტილების კოორდინატების განსაზღვრა პირდაპირი და შუბრუნებული გადაკვეთებით

ასაგეგმი ქსელის წერტილების, ასევე თეოდოლიტური სვლიდან განზე მდებარე ცალკეული პუნქტების კოორდინატების განსაზღვრისათვის ადგილზე აწარმოებენ მათ გეგმურ მიზმას სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის (ან სხვა დანიშნულების) წერტილებთან, რომელთა კოორდინატები ცნობილია. არსებობს მიზმის მრავალი ხერხი, რომელთა შორის განვიხილავთ რამოდენიმე ძირითადს.

1. *წერტილების მიზმა გეოდეზიური ქსელის ერთ პუნქტზე.*

მიზმას იწყებენ სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის P პუნქტსა და M საძებნ წერტილს შორის s მანძილის განსაზღვრით, რომლის შემდეგ ცნობილი მეთოდებიდან რომელიმე ერთ-ერთის გამოყენებით ხდება მიზმის ხაზის გეოგრაფიული აზიმუტის A_{MP} და PM მიმართულების შებრუნებული დირექციული კუთხის α_{PM} დადგენა (ნახ. IV.7), რომლის შემდეგ ზომავენ რა მიმდებარე γ კუთხეს, განსაზღვრავენ MN მიმართულების დირექციულ კუთხეს:



ს IV.7 სვლის წერტილის მიზმა გეოდეზიური ქსელის ერთ პუნქტთან

$$\alpha_{MN} = \alpha_{PM} - 180^\circ + \gamma \quad \text{IV.14}$$

და ბოლოს, გამოითვლიან ოს $\Delta X_{PM} = d \cos \alpha_{PM}$,

$\Delta Y_{PM} = d \sin \alpha_{PM}$ კოორდინატა ნაზრდებს,

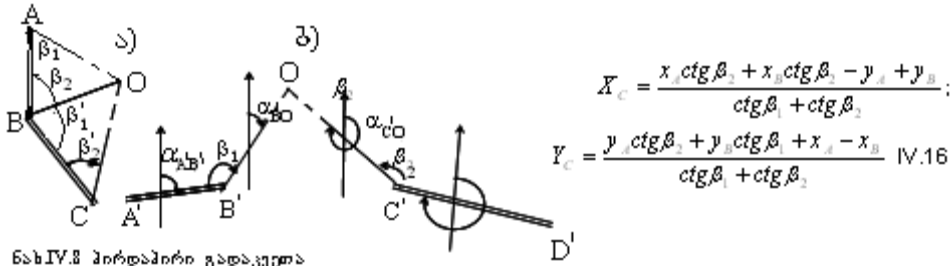
განსაზღვრავენ სვლის პირველი M წერტილის კოორდინატებს:

$$X_M = X_P + \Delta X_{PM}, Y_M = Y_P + \Delta Y_{PM} \quad \text{IV.15}$$

2. *წერტილის მიზმა გეოდეზიური ქსელის ორ პუნქტზე პირდაპირი გადაკვეთის მეთოდით.*

პირდაპირი გადაკვეთას უწოდებენ ადგილზე გეოდეზიურ ანაგებს (ნახ. IV.7), რომლის დროსაც A

და B ცნობილ კოორდინატებიანი (X_A, Y_A ; და X_B, Y_B) წერტილებიდან ზომავენ β_1, β_2 კუთხეებს, რომლებიც შედგენილია განსაზღვრავ O წერტილზე და A და B პუნქტებზე მიმართულებებით. O წერტილის კოორდინატებს განსაზღვრავენ იუნგის* ფორმულებით:



ნახ. IV.8 პირდაპირი გადაკვეთა

**ტომას იუნგი (1773-1829წ.წ.) – ინგლისელი ფიზიკოსი და ასტრონომი*

ამოცანის საიმედოდ ამოხსნის მიზნით გამოიყენება ორჯერადი გადაკვეთა A, B და C პუნქტებიდან.

ტოპო-გეოდეზიურ პრაქტიკაში ხშირად ხდება შემთხვევა როცა B' და C', C' და D' წერტილებს შორის არ არის პირდაპირი ხედვა. ასეთ შემთხვევებში ზომავენ კუთხეებს განსასაზღვრავ და სხვა, ცნობილკოორდინატებიან წერტილებს შორის (ნახ. IV.8 ბ), რომლის შემდეგ ხსნიან შებრუნებულ გეოდეზიურ ამოცანას (იხ. II.5.3) – გამოითვლიან A' B' და C' D' ხაზების დირექციულ კუთხეებს (α_{AB} , α_{CD}). მათი და β_1 და β_2 გაზომილი კუთხეებით გამოითვლიან განსასაზღვრავ O პუნქტისაკენ მიმართულებათა დირექციულ კუთხეებს:

$$\alpha_{BO} = \alpha_{AB} + \beta_1 - 180^\circ \quad \text{და} \quad \alpha_{CO} = \alpha_{DC} - \beta_2 + 180^\circ \quad \text{IV.17}$$

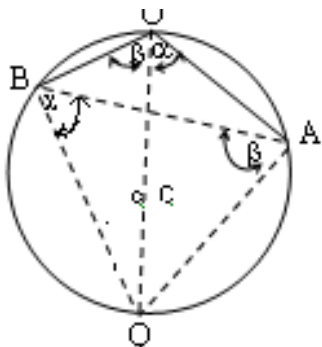
საძებნი O პუნქტის კოორდინატები შეიძლება გამოვთვალოთ ფორმულებით:

$$X_O = \frac{x_B \operatorname{tg} \alpha_{BO} - x_C \operatorname{tg} \alpha_{CO} + y_C - y_B}{\operatorname{tg} \alpha_{BO} - \operatorname{tg} \alpha_{CO}};$$

$$y_O = (x_O - x_B) \operatorname{tg} \alpha_{BO} + y_B = (x_O - x_C) \operatorname{tg} \alpha_{CO} + y_C \quad \text{IV.18}$$

3. შებრუნებული გადაკვეთების გზით ხდება სამი საწყისი წერტილის კოორდინატებითა და განსასაზღვრავ პუნქტთან გაზომილი ორი კუთხით მეოთხე პუნქტის კოორდინატების დადგენა (ნახ. IV.9, ბ),

A, B და C წერტილების კოორდინატებია შესაბამისად $x_A, y_A; x_B, y_B$ განსასაზღვრავი O წერტილიდან გაზომილია კუთხეები $\angle AOC = \alpha$ და $\angle BOC = \beta$. A, O, B ერთ წრფეზე არამდებარე წერტილებზე გააატარებენ წრეხაზს. OC გვერდს წრეხაზის გადაკვეთამდე გაგრძელებით დებულობენ დამხმარე Q (კოლინისის) წერტილს. მისი კოორდინატების განსაზღვრის მიზნით აერთებენ A და B წერტილებს ერთმანეთთან და Q-სთან. წარმოშობილი ჩახაზული ABQ და BAQ კუთხეები ტოლია: $\angle ABQ = \angle AOQ = \alpha$ და $\angle BAQ = \angle BOQ = \beta$ როგორც ერთი და იმავე რკალზე დაყრდნობილი კუთხეები.



ნახ. IV.9. შებრუნებული გადაკვეთა

Q წერტილის კოორდინატებს x_Q, y_Q ნახულობენ A და B წერტილებიდან პირდაპირი გადაკვეთის ფორმულებით. შემდგომ ეტაპზე ეძებენ A O, C O და B O მიმართულებების დირექციულ კუთხეებს და გამოითვლიან O წერტილის კოორდინატებს (IV.2.) ფორმულებით დახმარებით. მათთლდაც, გვაქვს ოა Q და C წერტილების კოორდინატები, შებრუნებული გეოდეზიური ამოცანის ამოხსნის გზით მოვებნით დირექციულ კუთხეს $\alpha_{OC} \Leftrightarrow \alpha_{CO}$.

ხოლო შემდეგ გაზომილი α და β კუთხეების დახმარებით დებულობენ საძებნი $\alpha_{AO} = \alpha_{CO} - \alpha$ და

და $\alpha_{BO} + \beta$ დირექციულ კუთხეებს.

არსებობს ამ ამოცანის გადაწყვეტის მეორე ხერხიც: M წერტილზე ზომავენ ჰორიზონტალურ β კუთხეს და მანძილს ერთ-ერთ პუნქტამდე, ამ შემთხვევაში S₁-მდე.

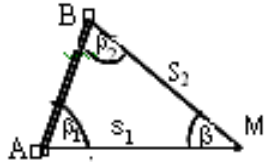
შებრუნებული გეოდეზიური ამოცანის ამოხსნის გზით ნახულობენ A და B წერტილებს შორის S მანძილსა და AB ხაზის α_{AB} დირექციულ კუთხეს. შემდეგ სინუსების თეორემიდან:

$$\alpha_{AM} = \alpha_{AB} + \beta_1 - 180^\circ$$

M წერტილის კოორდინატებს განსაზღვრავენ პირდაპირი გეოდეზიური ამოცანის ამოხსნის გზით.

$$x_M = x_A + s \cos \alpha_{AM} \text{ და } y_M = y_A + s \sin \alpha_{AM}.$$

დღეისათვის ყველზე მარტივი, სწრაფი და იაფია ასაგეგმი ქსელის მიბმა გეოდეზიური ქსელის პუნქტებზე მიწისზედა-კოსმოსური ხერხით.



ნახ. IV.10. შებრუნებული გადაკეთა (II ეარინტი)

$$\frac{s_1}{\sin \beta_2} = \frac{s}{\sin \beta} \text{ განსაზღვრავენ } \sin \beta_2 = \frac{s_1 \sin \beta}{s}, \text{ საიდანაც}$$

$$\beta_2 = \arcsin \frac{s_1 \sin \beta}{s}. \text{ გამოითვლიან}$$

$$\beta_1 = 180^\circ - \beta_2 - \beta \text{ უახეს,}$$

ხოლო შემდეგ AM ხაზის დირექციულ კუთხეს

4. მიწისზედა-კოსმოსური ხერხი.

თანამგზავრული ნავიგაციის სისტემების „NAVSTAR“(აშშ) ან „ГЛОНАСС“(რუსეთი) გამოყენებით ასაგეგმი ქსელისა და ცალკეული წერტილების მიბმა სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პუნქტებზე ხერხდება საკმაო სიზუსტით შედარებით ნაკლები სიზუსტის „GPS“-ის იაფფასიანი მიმღებების (მაგალითად, ბის-ის კლასის) მეშვეობითაც, „DGPS“-ის საბაზისო სადგურებთან მუშაობის რეჟიმში.

საბაზისო სადგურის განთავსება ხდება სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის ერთ-ერთ ცნობილკოორდინატებიან პუნქტზე, რომელიც ნავიგაციური ხელოვნური თანამგზავრებიდან მიღებულ ინფორმაციას უკეთებს კორექტირებას და გადასცემს ასაგეგმი ქსელის წერტილებზე განთავსებული „GPS“-ის მიმღებების კოორდინატებში დამაზუსტებელ შესწორებებს. ამგვარად განსაზღვრავენ ასაგეგმი ქსელის წერტილების X_A, Y_A, X_B, Y_B და ა.შ. კოორდინატებს, რომლის შემდეგ შებრუნებული გეოდეზიური ამოცანის ამოხსნის გზით ნახულობენ AB ხაზის α_{AB} დირექციულ კუთხეს.

განსაზღვრავი პუნქტების კოორდინატებში ცდომილებათა დაგროვების თავიდან აცილების მიზნით ნავიგაციური მიბმა უმჯობესია შესრულდეს ასაგეგმი ქსელის პერიმეტრის სხვადასხვა ადგილას განლაგებული წერტილების „DGPS“-ის საბაზისო სადგურებად გამოყენების გზით.

§IV.2. ცნება გლობალური პოზიციონირების (თანამგზავრული ნავიგაციის) სისტემებზე

თანამგზავრული ნავიგაციის სისტემები (თნს). - პროგრამული უზრუნველყოფისა და ტექნოლოგიის კოსმოსური და მიწისზედა ტექნიკური საშუალებების სპეციალური კომპლექსია, რომელიც პირველად აშშ -ში (NAVSTAR) და საბჭოთა კავშირში (ГЛОНАСС) შეიქმნა. საერთაშორისო პრაქტიკაში ისინი შევიდნენ სახელწოდებით - „Global Positioning System“ („GPS“), რაც სიტყვა-სიტყვით გლობალური პოზიციონირების სისტემას (ადგილმდებარეობის განსაზღვრას) ნიშნავს და საერთაშორისო თანამეგობრობაში დამკვიდრებულია აბრევიატურა - „GPS“. ეს კომპლექსები პირველ რიგში განკუთვნილია სანავიგაციო, თავდაცვითი, საინჟინრო-გეოდეზიური, გეოგრაფიული და გეოლოგიური კვლევა-ძიების, ეკოლოგიური და სხვა სახის ამოცანების გადაწყვეტისას დედამიწის სფეროიდის მიმართ სხვადასხვა სახის უძრავ-მოძრავი ობიექტების მდებარეობის ოპერატიულად და ზუსტად განსაზღვრასთან დაკავშირებულ აქტუალური საკითხების გადასაწყვეტად.

ადგილმდებარეობის კოორდინატების ოპერატიულად განსაზღვრის შესაძლებლობა იმდენად არსებითია თანამედროვე ადამიანის ცხოვრებაში, რომ „GPS“

სისტემები განიხილება როგორც „ცივილიზაციის ახალი მიღწევა“. გლობალური პოზიციონირების სისტემის გამოჩენა რა თქმა უნდა განსაზღვრავს ახლო მომავალში ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოების უმეტესი ნაწილის შინაარსისა და შესრულების მეთოდების ხარისხობრივ ცვლილებას.

გეოდეზიურ საქმიანობაში უახლესი თანამგზავრული ტექნოლოგიების სისტემის გეოდეზიური აპარატურის დანერგვამ აუცილებელი გახადა დედამიწის ერთიანი (საერთაშორისო) ელიფსოიდის **WGS-84** - ის პარამეტრებისა და მერკატორის უნივერსალური პროექციის (**UTM**) შემოღება. გეოდეზიური განაზომების დამუშავება და ტოპოგრაფიული რუკების შექმნის თანამედროვე მათემატიკური აპარატი (მისი პროგრამული უზრუნველყოფა) უკვე მუშავდება ამ ტექნოლოგიების ბაზაზე. ამასთან, ეს ტექნოლოგიები საშუალებას იძლევიან ტრადიციული ტოპო-გეოდეზიური მეთოდებისათვის რთული და შრომატევადი სამუშაოები შესრულდეს ეფექტურად, მოკლე დროში და ნაკლები დანახარჯებით.

„**GPS**“-ის ფუნქციონირების პრინციპი დაფუძნებულია ადგილმდებარეობის განსაზღვრაზე მაღალი ორბიტის დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრული ნავიგაციური სისტემების ჯგუფამდე მანძილის მიხედვით, რომლებიც ასრულებენ ზუსტად კოორდინირებული ათვლის წერტილების (გეოდეზიური ქსელის მოძრავი პუნქტების) როლს.

თანამგზავრული ნავიგაციის ნებისმიერი სისტემა შედგება სამი დამოუკიდებელი **ა, ბ და გ** ქვესისტემისაგან (ნახ. IV.11, ა.).

ა - ორბიტალური კომპლექსის ქვესისტემა, რომელიც შედგება მაღალი ორბიტის დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრებისაგან (**ღბთ**) და მათი ორბიტაზე გაყვანის საშუალებებისაგან. ყოველი თანამგზავრის ბორტზე რამდენიმე მაღალი სიზუსტის ატომური საათი – სისშირის ეტალონია. თანამგზავრები კოორდინატური რადიოსიგნალებისა და ნავიგაციური შეტყობინებების მუდმივი ტრანსლაციით ქმნიან ერთიან გლობალურ სანავიგაციო ველს.

რუსული ორბიტალური კომპლექსი (**ГЛОНАСС**), რომელიც შედგება **24 ღბთ**-საგან თანაბრადაა განაწილებული ერთმანეთის მიმართ 120° დაცილებულ სამ ორბიტალურ სიბრტყეზე და გადაწეულია განედის არგუმენტის მიხედვით 15° -ზე (ნახ. IV.11. ბ). სიბრტყეების ნომრები 1, 2, 3 მინიჭებულია დედამიწის ბრუნვის მიმართულებით მატების მიხედვით, ამასთან იდეალური სიბრტყეების აბსოლტურ გრძედთა ნომინალური მნიშვნელობები დაფიქსირებულია:

$$215^\circ 15' 00'' + 120^\circ(i-1), \quad \text{IV.3.}$$

სადაც i – ორბიტალური სიბრტყის ნომერია.

„**ГЛОНАСС**“-ის მეზობელ თანამგზავრებს შორის ნომინალური მანძილები განედის არგუმენტის მიხედვით შეადგენს 45° . 1 ორბიტალური სიბრტყის თანამგზავრებს მინიჭებული აქვთ ნომრები 1-დან 8-მდე, II-ს 9-დან 16-მდე, III-ს 17-დან 24-მდე.

„**NAVSTAR**“-ის სისტემის ნავიგაციური თანამგზავრები განთავსებულია 6 ორბიტალურ სიბრტყეზე ოთხ-ოთხი თითოეულზე (ნახ. IV.11. ბ).

ნავიგაციური თანამგზავრების ორბიტალური პარამეტრები მოცემულია IV.5 ცხრილში.

ცხრ. IV.5

სახელწოდება	ორბიტალური სიბრტყეები	ორბიტის დახრა	თანამგზავრები	ორბიტის სიმაღლე კმ	მიმოქცევის პერიოდი
„ГЛОНАСС“	3	$64,8^\circ$	24	19100	11სთ. 15წ.44წმ.
„NAVSTAR“	6	55°	24	20180	12სთ.

თანამგზავრული ნავიგაციური სისტემების ორბიტალური სტრუქტურის ასეთი კონფიგურაცია უზრუნველყოფს სისტემის გლობალური და უწყვეტი მოქმედების ზონას, ასევე კოორდინატების განსზღვრის სიზუსტის ამაღლებისათვის თანამგზავრების ურთიერთგანლაგების ოპტიმალურ გეომეტრიას.

„GPS“-ის სისტემის ნავიგაციური თანამგზავრები უწყვეტად გამოასხივებენ სხვადასხვა სიზუსტის რადიოსიგნალებს. ასე მაგალითად, „ГЛОНАСС“-ის სისტემისათვის გათვალისწინებულია ორი ტიპის სანავიგაციო სიგნალები:

მაღალი სიზუსტის (მს) - გათვალისწინებულია მხოლოდ რშ თავდაცვის სამინისტროსათვის.

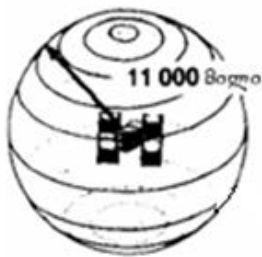
სტანდარტული სიზუსტის (სს) - ხელმისაწვდომია ფართო მომხმარებლისათვის.

„NAVSTAR“-ის სისტემისათვის გათვალისწინებულია სამი ტიპის სანავიგაციო სიგნალები:

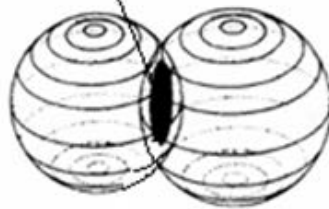
Protected (p-code)- დაცული, განკუთვნილი პირველ რიგში აშშ-ს თავდაცვის სამინისტროს საჭიროებისათვის.

Selective Availabilitu(S/A) –შერჩევითი ხელმისაწვდომობის, წინასწარგამიზნვით

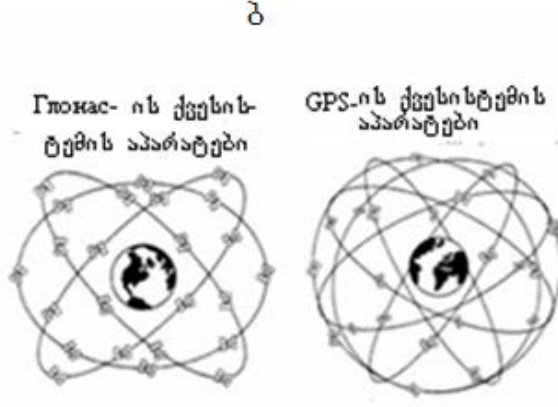
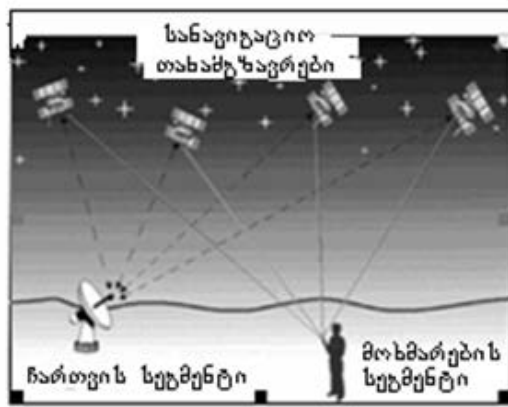
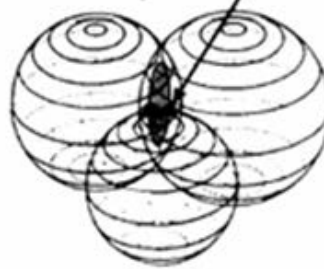
წერტილის ადგილმდებარეობის ატმოსფერული დატენვა ერთი სანავიგაციო თანამგზავრის მიხედვით



ორი მანძილის ტანჯომევა იძლევა შესაძლო ადგილმდებარეობის ბატეობას წრის სახით



სამი მანძილის ტანჯომევა ადგილმდებარეობის ორ შესაძლო წერტილს იძლევა



ნახ.IV. 11, ა) კოსმოსური აპარატებიდან სიგნალების მიღების პრინციპი
 ბ) კოსმოსური აპარატების ქვესისტემები „ГЛОНАСС“-I და „NAVSTAR“ („GPS“)

ქმნის რა თანამგზავრის საათების მნიშვნელოვან და გაუთვალისწინებელ მოვლას წარმოშობს მნიშვნელოვან ცთომილებებს მომხმარებლების ზოგადსამოქალაქო წრისათვის ადგილმდებარეობის განსაზღვრისას.

Clear Acquisition(C/A) - მსუბუქი ამოცნობის - ანუ ესაა ზოგადსამოქალაქო კოდი.

ბ - კონტროლისა და მართვის მიწისზედა ქვესისტემა შედგება თვალთვალის სადგურების ჯგუფისაგან, **დსთ**-ზე დატვირთვის რამდენიმე და მთავარი სადგურისაგან. ეს ქვესისტემა ახორციელებს სისტემის მთლიანობის მონიტორინგს და

მომხმარებლისათვის მისაწოდებელი ინფორმაციის პირველად წყაროს წარმოადგენს მისი ძირითადი ამოცანაა:

- სანავიგაციო **ღბთ**-ს მუშაობაზე კონტროლი;
- ინფორმაციის შეგროვება ორბიტის (ეგემერიდების) განსაზღვრისა და პროგნოზისათვის;
- მთლიანი ორბიტალური კომპლექსის დროის ერთიანი სისტემის ფორმირება და მისი სინხრონიზაცია მსოფლიო დროის მიმართ და მონაცემთა ექსპორტირება სანავიგაციო **ღბთ**-ს საბორტო კომპიუტერების მეხსიერებაში.

• ეგემერიდულ-დროითი ინფორმაცია **ღბთ**-ს მეხსიერებაში დღე-ღამეში ორჯერ იტვირთება, რაც უზრუნველყოფს ნავიგაციური განსაზღვრებების მაღალ სიზუსტეს.

ბ - მომხმარებლების ქვესისტემა შედგება ოპერატიულ-პროგრამული საშუალებებისაგან, რომლებიც ახდენენ „**GPS**“-ის ძირითად დანიშნულებების რეალიზაციას – გეოდეზიური გამოყენებისათვის კოორდინატების განსაზღვრას.

„**GPS**“-ის მომხმარებლის აპარატურის ფართო გამოყენების მთავარი ფაქტორებია:

- არ არის ამინდზე დამოკიდებული;
- კოორდინატების პირველადი განსაზღვრის ოპერატიულობა (3 წუთზე ნაკლები მიმდების ჩართვიდან);
- კოორდინატების განსაზღვრის უწყვეტობა (ყოველ 0,5 წმ);
- მიმდებების მცირე ზომები და წონა;
- მცირე ენერგოტევადობა;
- ექსპლუატაციის სიმარტივე;
- მაღალი სიზუსტე;
- შედარებით დაბალი ღირებულება.

პოზიციონირების მონაცემების წარმოდგენა ხდება მომხმარებლისათვის ნებისმიერი მოხერხებული ციფრული სახით: კოორდინატთა სხვადასხვა, გეოგრაფიულ ან ნებისმიერ მართკუთხა სისტემაში პოზიციონირების ობიექტების აღწერისა და სისტემატიზაციის შესაძლებლობით.

დღეისათვის სათანამგზავრო სანავიგაციო სისტემებმა ფართო გამოყენება უკვე პოვენ შემდეგ დარგებში: - სამხედრო, კოსმოსურ, საჰაერო, საზღვაო, სამდინარო, ავტოსაგზაო, სარკინიგზო და სხვა სახის ტრანსპორტში; გეოდეზიაში, კარტოგრაფიაში, ოკეანოგრაფიაში; გეოფიზიკურ და გეოლოგიურ-სადაზვერვო სამუშაოებში; სათევზჭერო მეურნეობაში; ეკოლოგიური მონიტორინგისას; სამეცნიერო-კლავით სამუშაოებში, მათ შორის, ფუნდამენტალურში და ადამიანის მოღვაწეობის სხვა სფეროებში.

გეოდეზიასა და ტოპოგრაფიის დარგში ეს მართლაც და რევოლუციური გარღვევაა მომავალში, რომელიც გამოიწვევს როგორც ხელსაწყოთა პარკის, ისე სამუშაოთა წარმოების ტექნოლოგიებისა და მეთოდების რადიკალურ ცვლილებებს.

IV.2.1. „GPS“-ის გამოყენებით ადგილმდებარეობის ვერტიკალთა კოორდინატების განსაზღვრის პრინციპი

„**GPS**“-ის ძირითადი პრინციპია – დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრული ნავიგაციური სისტემების გამოყენება მოძრავ გეოდეზიურ პუნქტებად (ათვლის ზუსტად კორდინირებულ წერტილებად), მათ მიერ გამოსხივებული რადიოსიგნალების გავრცელების დროის მიხედვით მანძილების განსაზღვრისას და დედამიწაზე კოორდინატების განსაზღვრა ტრიგონომეტრიული თანაფარდობის საფუძველზე.

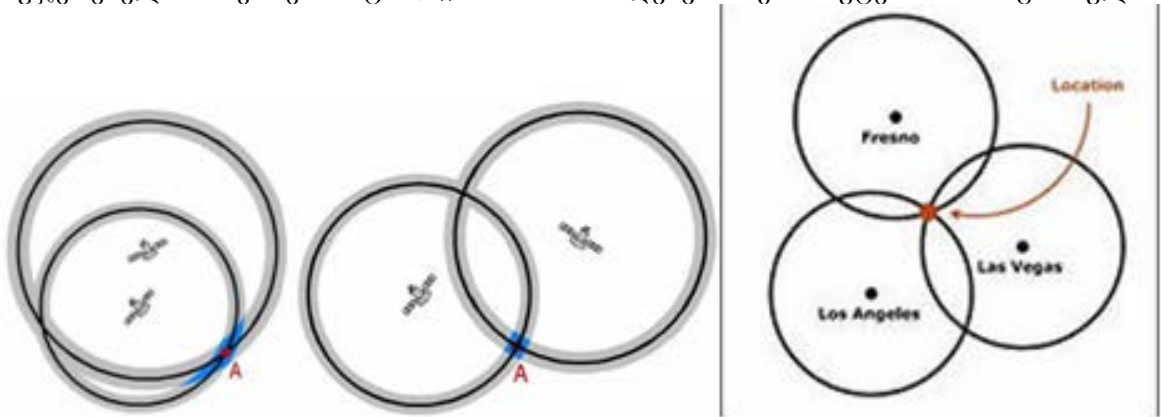
თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ ცნობილია სისტემის ნებისმიერი გამოყენებული ნავიგაციური თანამგზავრის ზუსტი ადგილმდებარეობა დროის ნებისმიერ მომენტში და ნებისმიერ მათგანამდე მანძილის განისაზღვრის წესი, მაშინ „**GPS**“-ის ძირითადი იდეა აღმოჩნდება ძალიან მარტივი.

დავუშვათ, რომ ჩვენი ადგილმდებარეობის კოორდინატების დადგენა გვინდა ჩვენგან 22 000 კმ მანძილით დაშორებული ერთი სანავიგაციო თანამგზავრის დახმარებით (ნახ. IV.12, ა). ცხადია, ამ შემთხვევაში ჩვენი შესაძლო მდებარეობა კოსმოსში მკვეთრად შემოიფარგლება **A** თანამგზავრის ცენტრიდან 22 000 კმ-იანი რადიუსის მქონე

სფეროს ზედაპირით. ამასთან, თუ ცნობილია მანძილი მეორე **B** **ღბთ**-მდე, (ვთქვათ 23 000 კმ), მაშინ ადგილმდებარეობის არეალი იქნება **A** და **B** სფეროების გადაკვეთით მიღებული წრეხაზი (ნახ.IV.12, ბ).

თუ გაიზომება მანძილი მესამე **C** **ღბთ**-მდე, რადიუსით ვთქვათ 21 000 კმ ჩვენი შესაძლო მდებარეობა შემოიფარგლება ორი წერტილით, რომლებიც მდებარეობენ 21 000 კმ-იანი რადიუსის მქონე სფეროს გადაკვეთაზე **A** და **B** სფეროების გადაკვეთით მიღებულ წრეხაზთან (ნახ.IV.12, გ).

როგორც წესი, ორი შესაძლო ამონახსნიდან ერთი არარეალურია – მაგალითად, წერტილი მდებარეობს დედამიწის ზედაპირიდან ძალიან შორს, ან აქვს დაუჯერებელი სიჩქარე. ამიტომ, „GPS“-ის მიმღებების კომპიუტერთა პროგრამული უზ-



ნახ.IV. 12. წერტილის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა: ა) დედამიწის ერთი სანავიგაციო თანამგზავრის, ბ) ორის, გ) სამის მიხედვით.

რუნველყოფა ავტომატურად გამოყოფს საძებნი წერტილის ორი შესაძლოდან ჭეშმარიტ მდებარეობას. ამგვარად, რომ განესაზღვროთ წერტილის ზუსტი ადგილმდებარეობა თეორიულად საკმარისია სამი განაზომი სამ სანავიგაციო თანამგზავრამდე. თუმცა, როგორც შემდეგში იქნება დადგენილი, არსებობს ტექნიკური მიზეზი, რომლის გამო დასახული ამოცანის გადასაწყვეტად როგორც მინიმუმში საჭიროა კიდევ ერთი განაზომი, მეოთხე სანავიგაციო **ღბთ**-მდე.

როგორც მინიმუმ ოთხ თანამგზავრამდე (მოძრავ გეოდეზიურ პუნქტებამდე) მანძილის განსაზღვრის შემდეგ, წერტილის კოორდინატების (ადგილმდებარეობის) დასადგენად საჭიროა ჩვეულებრივი შებრუნებული ტრილატერაციის ამოცანის ამოხსნა, ანუ შებრუნებული ხაზოვანი გადაკვეთა.

IV.2.2. მანძილის ბაზომზა „GPS“-ის სანავიგაციო თანამგზავრებამდე

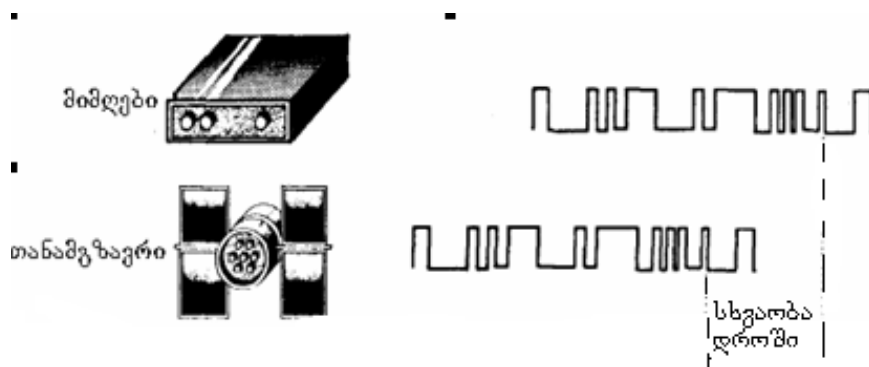
რადგანაც ნებისმიერი „GPS“ დაფუძნებულია სანავიგაციო თანამგზავრამდე მანძილის განსაზღვრაზე, ცხადია დამუშავებულია მათი დადგენის მეთოდები.

სანავიგაციო თანამგზავრამდე მანძილის განსაზღვრის ძირითადი პრინციპია თანამგზავრის სიგნალის დედამიწაზე მდებარე მიმღებამდე მიღწევის დროის გაზომვა, და შემდგომში მისი მიხედვით საძებნი მანძილის გამოთვლა.

რადიოტალღების დიდი სიჩქარის გამო (დაახლოებით 300 000 კმ/წმ), აუცილებელია სანავიგაციო თანამგზავრის მიერ ცნობის გაცემისა და „GPS“-ის მიმღების მიერ მისი დაფიქსირების მომენტის ძალიან ზუსტად განსაზღვრის დაუფლება. მოცემულ თანამგზავრამდე მანძილი ტოლი იქნება ტალღის გავრცელების სიჩქარის ნამრავლისა სანავიგაციო **ღბთ**-ს მიერ სიგნალის გაცემისა და მისი დედამიწაზე მიღებას შორის დროის შეაღწეზე. ცხადია, ასეთი მიდგომა სისტემაში საათების განსაკუთრებულ სიზუსტესა და სრულყოფას მოითხოვს. მართლაც, რადიოსიგნალის გავრცელების დროის განსაზღვრისას 0,01 წმ-ით ცდომილება მანძილის დადგენაში შეადგენს დაახლოებით 3000 კმ-ს.

ამასთან დაკავშირებით ყოველ სანავიგაციო თანამგზავრზე აყენებენ ოთხი ყველაზე ზუსტი ატომური საათისაგან შემდგარ კომპლექტს, რომელიც ძალიან ძვირი და დიდი, ხოლო „GPS“-ის ყველა მიმღებებზე იძულებით, იაფ და კომპაქტურ კვარცის საათებს, რომლებიც შესამჩნევად ჩამორჩებიან სიზუსტის მიხედვით ატომურს, რაც იწვევს „GPS“-ის მიმღებების დროის სკალის გადაწევის შესწორების პრობლემას.

„GPS“-ის სისტემაში რადიოსიგნალის გადაცემის მომენტის გამოყოფა ხდება კოსმოსში სანავიგაციო **ღხ0**-სა და დედამიწაზე „GPS“-ის მიმღებების სიგნალების სინქრონიზაციით ისე, რომ ისინი ზუსტად ერთდროულად ახდენდნენ ერთი და იგივე ბინარული (ორმაგი) კოდის გენერირებას, რომელიც წარმოადგენს ყოველ მილიწამში განმეორებადი ლოგიკური ნულებისა და ერთიანების ძალზე რთულ, ზედმიწევნით შერჩეულ და მოჩვენებით შემთხვევით მიმდევრობას. ასეთი სპეციალურად გართულებულ კოდებს *ფსევდოშემთხვევითი კოდები* ეწოდება (ნახ. IV. 13 ა).



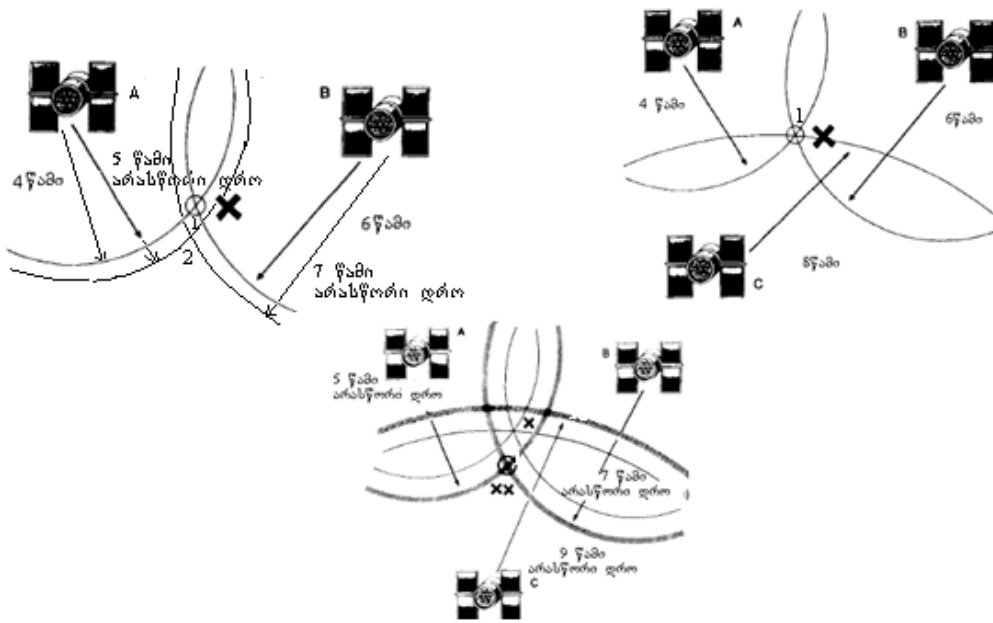
ნახ. IV. 13. რადიოსიგნალის გავრცელების დროის განსაზღვრა ფსევდოშემთხვევითი კოდების გადაწევის მიხედვით

იმის გამო, რომ ფსევდოშემთხვევითი კოდები მკაცრად სინქრონიზებულია რადიოსიგნალის გავრცელების დროის განსაზღვრა და, აქედან გამომდინარე, მანძილისა მოცემულ თანამგზავრამდე, სავსებით შესაძლებელია მისგან მიღებული სიგნალის შედარებით მიმღების ზუსტად ისეთივე ფსევდოშემთხვევით კოდთან. ერთი კოდის გადაწევა მეორის მიმართ შესაბამისი იქნება თანამგზავრიდან „GPS“-ის მიმღებამდე რადიოსიგნალის გავლის დროისა (ნახ. IV. 13, ბ).

დადგენილია, რომ თანამგზავრიდან რადიოსიგნალის გავრცელების დროის *სამი ზუსტი* გაზომვა ზუსტად განსაზღვრავს წერტილის მდებარეობას სამგანზომილებიან სივრცეში, იგივეს უზრუნველყოფს დროის *ოთხი არაზუსტი* გაზომვა.

ამ პრინციპის გამოყენება შეიძლება განვიხილოთ ორგანზომილებიან სივრცეში ე.ი. სიბრტყეზე, ხოლო სიმარტივისათვის დროებით ამოვიღოთ მესამე განზომილება.

(ნახ. IV. 14, ა)-ზე 1 წერტილი იმყოფება **A** თანამგზავრიდან 4 წმ. მანძილზე და **B**-დან 6-ზე. ეს ორი ზუსტი გაზომვა საკმარისია 1 წერტილის მდებარეობის ცალსახად განსაზღვრისათვის სიბრტყეზე თუ „GPS“-ის მიმღებების საათები ისეთივე სრულყო-



ნახ. IV. 14. წერტილის მდებარეობის განსაზღვრა სიბრტყეზე. ა) ორი გაზომვით ბ) სამი ზუსტი გაზომვით ბ) სამი არაზუსტი გაზომვით ფილნი იყვნენ, როგორც ატომური. ვთქვათ ისინი ჩამორჩებიან ერთი წამით, მაშინ საძებნ წერტილამდე მანძილი დადგენილი იქნებოდა შესაბამისი ცდომილებით – **A** თანამგზავრამდე 5 წმ, ხოლო **B**-მდე 7 წმ. და საძებნი 1 წერტილის მდებარეობა დადგენილი იქნებოდა შეცდომით მე-2 წერტილზე (ნახ. IV. 14, ბ).

თუ გაიზომება მანძილი კიდევ მესამე თანამგზავრამდე, რომელიც ვთქვათ, ტოლია 7 წმ, მაშინ სამი ზუსტი გაზომვა მოგვცემს საძებნი 1 წერტილის მდებარეობას სამი შესაბამისი წრეხაზების გადაკვეთაზე (ნახ. IV. 14, ბ).

იმის გამო, რომ მიმღების საათები რამდენადმე ჩამორჩებიან სამი არაზუსტი გაზომვების შედეგად მიიღება საძებნი წერტილის სამი შესაძლებელი ადგილ-მდებარეობა (წერტ. 2, 3 და 4), რომლებიც ერთდროულად შეიძლება იმყოფებოდნენ 5, 7 და 9 წმ მანძილზე შესაბამისად **A**, **B** და **C** თანამგზავრებიდან, რაც ფიზიკურად შეუძლებელია (ნახ.14, გ).

ნახაზზე შტრიხებიანი წრეხაზები აღნიშნავენ „ფსევდომანძილებს“ ანუ „GPS“-ის მიმღებების არაზუსტი საათებით გაზომილს. თუ დავიწყებთ შეცდომითი მანძილების შეცვლას რომელიმე ერთნაირი ნაბიჯით, მაშინ საბოლოოდ შეიძლება მივიღეთ არა სამ, არამედ ერთადერთ სწორ ამონახსნამდე 1 წერტილზე. 1 წერტილის ზუსტი მდებარეობა ასევე შეიძლება დავადგინოთ სამი განტოლებისაგან შემდგარი სისტემის ამოხსნით (თანამგზავრამდე სწორი მანძილებით). ამგვარად, ორგანზომილებიანი სივრცეში (სიბრტყეზე) სამი არაზუსტი გაზომვა იძლევა ისეთივე სიზუსტის შედეგს, რასაც ორი ზუსტი გაზომვა.

„GPS“-ის მიმღებთა კომპიუტერების პროგრამული უზრუნველყოფა აგებულია იმგვარად, რომ როცა მათში შემოდის ერთ წერტილში გადაუკვეთადი გაზომვები, მაშინ არანაკლებ ოთხი ოთხუცნობიანი განტოლების ამონახსნში (სამგანზომილებიანი სივრცეში) იმყოფება ერთადერთი წერტილი, რომელიც შეესაბამება ოთხ სანავიგაციო თანამგზავრამდე შესწორებულ მანძილებს, ე.ი. ამგვარად სწორდება მიმღების საათების სვლაში უზუსტობა.

საძებნი წერტილის ზუსტი ადგილმდებარეობის განსაზღვრისათვის სამგანზომი-ლებიანი სივრცეში საჭიროა ოთხ სანავიგაციო თანამგზავრამდე მანძილის არანაკლებ ოთხი არაზუსტი გაზომვა (ფსევდომანძილები).

„GPS“-ის სისტემაში სანავიგაციო **ღბ0**-ები გამოიყენება როგორც ათვლის წერტილები, ამიტომ მათი ორბიტები და ყოველი მათგანის ადგილმდებარეობა

ორბიტაზე (ეფემერიდები) დროის ნებისმიერ მომენტში ზუსტად უნდა იყოს ცნობილი. ამიტომ „GPS“-ის მიმღები თავისი კომპიუტერების მეხსიერებაში შეიცავს „ალმანახს“, ანუ უწყვეტად განახლებად ცნობარს, რომლისგანაც შესაძლებელია ორბიტალური კომპლექსის ნებისმიერი თანამგზავრის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა დროის ნებისმიერი მომენტისათვის.

სანავიგაციო **ღბთ**-ს ადგილმდებარეობაში თეორიული ორბიტისაგან უმნიშვნელო გადახრები (ეფემერიდების შეცდომები), დაკავშირებული მზისა და მთვარის გრავიტაციულ ველთან, აგრეთვე მზის სინათლის წნევასთან, შეიმჩნევა დაკვირვების მიწისზედა საკონტროლო სადგურების მიერ. ორბიტებისთვის გამოთვლილი შესწორებები გადაეცემა უკან თანამგზავრებს, რომლებიც ცვლიან წინა ინფორმაციებს საბორტო კომპიუტერების მეხსიერებაში. თანამგზავრები კოდური რადიოსიგნალების უწყვეტ გადაცემასთან ერთად წამდაუწუმ აგზავნიან შესწორებებს დედამიწაზე თავის ორბიტალურ მდებარეობაში, აახლებენ რა „GPS“-ის ყველა მიმღების ალმანახებს.

წერტილის ადგილმდებარეობის საჭირო სიზუსტით განსაზღვრისას „GPS“-ის სისტემაში მხედველობაში ღებულობენ ცდომილებთა სხვა შესაძლებელ წყაროებსაც, მაგალითად რადიოსიგნალის იონოსფეროსა და ტროფოსფეროში გავლის შეფერხება. ამ ცდომილებებს მხედველობაში ღებულობენ ან გაშუალელებური შესწორებების შეტანით, ან ორ სხვადასხვა სიხშირის რადიოსიგნალებზე მომუშავე სპეციალური მიმღებების გამოყენებით.

წერტილების ადგილმდებარეობის განსაზღვრისას მანძილის არანაკლებ ოთხ სანავიგაციო **ღბთ**-მდე გაზომვის აუცილებლობამ, ასევე მანძილის გაზომვის სხვადასხვა სახის ცდომილებებმა და შესრულებული გაზომვების დანიშნულებამ განაპირობა „GPS“-ის მიმღებების კონსტრუქციის დიდი ნაირსახეობა.

IV.2.3. „GPS“-ის მიმღებები

ტოპოგეოდეზიური სამუშაოების პრაქტიკაში გავრცელებული „GPS“-ის მიმღებები პირობითად ორ ჯგუფად შეიძლება დაიყოს.

1. მიმღებები, რომლებიც მუშაობენ თანმიმდევრული (მორიგეობითი) დაკვირვებისა და მანძილების მუშა თანავარსკვლავედის სანავიგაციო **ღბთ**-მდე გაზომვის პრინციპით.

2. მიმღებები, რომლებიც აკვირდებიან და უზრუნველყოფენ მანძილების გაზომვას ერთდროულად ოთხ და მეტ სანავიგაციო **ღბთ**-მდე, ანუ გაზომვების პარალელურად წამყვანები.

„GPS“-ის მიმღებებს განასხვავებენ ასევე სხვადასხვა დაიშნულებისა და კონსტრუქციული თავისებურებების მიხედვით.

ერთარხიანი მიმღებები, ყველაზე ეკონომიური და იაფია, გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როცა არ არის საჭირო გაზომვების ჩატარება „რეალური დროის რეჟიმში“, ე.ი. უწყვეტად და არც იმ ობიექტის სიჩქარის გაზომვაა აუცილებელი, რომელზეც დაყენებულია მიმღები. ადგილმდებარეობის კოორდინატების გამოთვლამდე ერთარხიანმა მიმღებმა თანმიმდევრობით, ცალ-ცალკე უნდა შეასრულოს ოთხი გაზომვა, ოთხ სხვადასხვა თანამგზავრამდე. ერთი წერტილის კოორდინატის განსაზღვრის მთელმა ოპერაციამ შეიძლება დაიკავოს 2-დან 30 წამამდე.

თუმცა ასეთი მიმღებების დახმარებით არ შეიძლება გაზომვების ჩატარება მოძრავი ობიექტებიდან. ერთარხიანი მიმღებების მუშაობა მომენტებში წყდება, როცა სანავიგაციო თანამგზავრები გადასცემენ თავიანთ ინფორმაციულ შეტყობინებებს, რომელთაგან ნებისმიერის მიღებასა და გაშიფვრას უნდება დაახლოებით 30 წამი.

ორარხიანი მიმღებები მუშაობენ შემდეგი პრინციპით: როცა მიმღების ერთი არხი ახდენს ერთ თანამგზავრამდე დროებითი გაზომვების შედეგების დამუშავებას, მეორე არხი გაზომვის ჩასატარებლად ამყარებს რადიოკონტაქტს მორიგ თანამგზავრთან. პირველი არხი მონაცემთა ნაწილობრივი დამუშავების შემდეგ მყისიერად გადაერთევა მორიგ თანამგზავრამდე გასაზომად მის „დაჭერაზე და „მოსმენაზე“ დროის დაკარგვის გარეშე. ამავდროულად მეორე, *ადმინისტრაციულად* წოდებული არხი, მიიშრთება შემდგომი თანამგზავრისკენ და ა.შ. ადმინისტრაციული არხი გამოიყენება თანამგზავრების ინფორმაციული ცნობების მისაღებად ადგილ-

მდებარეობის კოორდინატების განსაზღვრის პროცესის შეუწყვეტლად და შეიძლება გამოყენებულ იქნას დროებითი გაზომვების დასამუშავებლად. გარდა ამისა თანამედროვე ორარხიანი მიმღებების დაპროგრამება ხდება ოთხზე მეტ თანამგზავრზე სათვალთვალოდ იმ შემთხვევაშიც, როცა მუშა თანამგზავრებიდან ერთ-ერთზე დაკარგულია კონტროლი, წამიერად გამოიყენება მეორე, კოორდინატების განსაზღვრის პროცესის შეუწყვეტლად. ყველაფერი ეს აჩქარებს მიმღებების მუშაობას.

მრავალარხიანი მიმღებები (უწყვეტი თვალთვალის) ერთდროულად აკვირდებიან ოთხ და მეტ თანამგზავრს. ტოპოგოდეზიურ წარმოებაში გამოყენებულ ასეთ მიმღებს შეიძლება ჰქონდეს 4, 6, 8, 10, 12 და 24 სათვალთვალო არხი. გარდა ცხადი უპირატესობისა – კოორდინატთა უწყვეტი განსაზღვრა რეალური დროის, სიჩქარისა და მოძრაობის ტრაექტორიის რეჟიმში, მრავალარხიანი მიმღებებს შეუძლიათ დაამუშაონ მოცემულ მომენტში ცაზე შემჩნეული მუშა თანამგზავრების ყველა თანამგზავრის სიგნალი, ხოლო ზოგიერთი მიმღები ერთდროულად სხვადასხვა ორბიტალური სიტემის თანამგზავრებიდან: **NAVSTAR**-იდან და **ГЛОНАСС**-იდან.

ერთსიხშირიანი და ორსიხშირიანი მიმღებები. გარდა რადიოტალღების ერთ სიხშირეზე მომუშავე მიმღებებისა პრაქტიკაში გამოიყენება მრავალარხიანი ორსიხშირიანი მიმღებები, რომლებიც მუშაობენ კოდების გამოყენებით 1575,72 და 1227,6 MHz სიხშირეებზე. ისინი თითოეული თანამგზავრის იონოსფერულ და ტროფოსფერულ შეფერხებათა დიფერენცირებული აღრიცხვის შესაძლებლობით უზრუნველყოფენ კოორდინატთა უფრო ზუსტ განსაზღვრას. ასევე უზრუნველყოფენ მიმღების სწრაფ ინიციალიზაციას (საწყის მნიშვნელობათა მინიჭებას), რაც განსაკუთრებით აქტუალურია ისეთ ადგილებში, სადაც თანამგზავრის სიგნალები ხშირად იბლოკება.

კოორდინატთა განსაზღვრის სიზუსტისა და დანიშნულების მიხედვით განასხვავებენ შემდეგი კლასის მიმღებებს: *ნავიგაციური კლასის* სიზუსტის 150-200 მ (ნახ.15, ა); *კარტოგრაფიისა და GIS კლასის* სიზუსტის 1-5 მ (ნახ.15, ბ) და *გეოდეზიური კლასის* სიზუსტით 1 სმ (ნახ.15, გ). ამათგან პირველი ყველაზე იაფი და კომპაქტურია, მისაღებია ძირითადად სახალხო მეურნეობაში სანავიგაციო სიზუსტის ამოცანების გადასაწყვეტად, გეოგრაფიული კვლევა-ძიებისას და სხვა. კარტოგრაფიისა და **GIS** კლასის სიზუსტის მიმღებებიც შედარებით იაფი და ხელმისაწვდომია გეოგრაფია- გეოლოგიური და სხვა



ნახ. IV. 15. ერთსიხშირიანი 12 არხიანი „GPS“-მიმღებები: ა) ნავიგაციური კლასის სიზუსტის „Eagle Explorer“; ბ) კარტოგრაფიისა და **GIS** კლასის „Pathfinder ProXI“ - 1-კომპაქტური ანტენა გარსედიანით; 2 - ნახევარმეტრიანი ნაკრები დგამი; 3- სისტემის გადასატანი ჩანთა; 4-TDCI-ის ამგროვებელი; 5-მონაცემთა ჩატვირთვის კაბელი; გ) *გეოდეზიური კლასის* Leica Geosystems

სახის კვლევა-ძიების, გეოეკოლოგიური მონიტორინგის ჩატარებისას. სიზუსტე შეიძლება არსებითად ამალდეს მათი საბაზო ვარიანტად, საბაზო სადგურებთან ერთად გამოყენებით, რაც საშუალებას იძლევა უმეტესი ტოპოგოდეზიური სამუშაოები მათი დახმარებით შევასრულოთ. მათ შორის რეალური დროის რეჟიმში გადაწყვეტადი (მაგ. მოძრავი ავტომატილიდან გზის პროფილისა და მიმდებარე ტერიტორიის აგეგმვა).

გეოდეზიური კლასის სიზუსტის მიმღებები ძალიან ძვირია, სამაგიეროდ ავტომატურ რეჟიმში მუშაობის დროსაც უზრუნველყოფს კოორდინატთა განსაზღვრას

1-3 სმ სიზუსტით კინემატიკურ რეჟიმში და 0,5-1 სმ-მდე სტატიკური გაზომვებისას, რაც მისაღებს ხდის მის გამოიყენებას ნებისმიერი ტოპოგეოდეზიური ამოცანების გადაწყვეტისას.

IV.2.4. გეოდეზიური სამუშაოების ორბანიზაცია ბაზური სადგურების „DGPS“-ის გამოყენებით

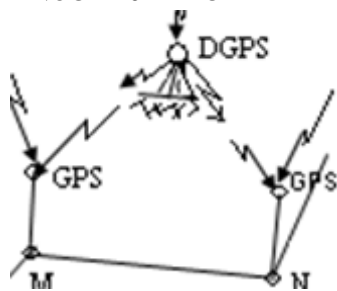
კარტოგრაფიისა და ბის-ის კლასის სიზუსტის „GPS“-ის მიმღებების გამოყენება შესაძლებელია გეოდეზიური კლასის სიზუსტის გაზომვებისთვისაც, თუ გამოიყენებთ დიფერენციალური (ფარდობითი) პოზიციონირების მეთოდის კას „Differential GPS“-- „DGPS“-ის ბაზურ სადგურებთან მუშაობის რეჟიმში.

დიფერენციალური პოზიციონირების ტექნოლოგია დაფუძნებულია იმაზე, რომ ერთი და იმავე მარკის სხვადასხვა მიმღებებით აბსოლუტური კოორდინატების განსაზღვრის ცდომილებები ერთი ლოკალური უბნის ფარგლებში პრაქტიკულად ერთნაირია. ამიტომ, თუ დავაყენებთ DGPS-მიმღებს (ბაზურ სადგურს) ზუსტ კოორდინატებთან წერტილზე, შეიძლება დადგინდეს სხვაობა ეტალონურ და GPS-კოორდინატებს შორის და შესწორებებს გავუკეთოთ რადიოარხებით რეტრანსლირება სხვა (მართვად) „GPS“- მიმღებებზე.

ბაზურ DGPS-სადგურს აყენებენ ზუსტი სიმაღლისა და გეგმიური კოორდინატების მქონე წერტილზე (მაგ. სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პუნქტზე) ან სპეციალურად შექმნილ ნებისმიერ მოხერხებულ ადგილას, რომელიც ტრადიციული მიწისზედა გეოდეზიური მეთოდებითაა დაკავშირებული სახელმწიფო ქსელთან.

საშუალო სიზუსტის მიმღებების გამოყენებით ჩატარებული უზუსტესი გაზომვები დაიყვანება დროის რაღაც მონაკვეთში მონაცემთა უწყვეტ შეგროვებაზე უძრავ მიმღებისას და იმ „საყრდენი“ წერტილის ზუსტი კოორდინატების ცოდნაზე, რომელზეც დაყენებულია DGPS-სადგური. თანამედროვე გეოდეზიური კლასის სიზუსტის DGPS-მიმღებები და კარტოგრაფიისა და ბის კლასისაც უკვე იძლევიან აგეგმვის სამუშაოების „კინემატიკური აგეგმვის“ რეჟიმში ჩატარების საშუალებას, როცა მელარტყეების გადანაცვლება ხდება წერტილიდან წერტილისკენ, რომელთაგან კოორდინატები ელვისებურად რეგისტრირდება მაგნიტურ მატარებლებზე, კლავიშზე მარტივი დაჭერით. იგივე შეიძლება გაკეთდეს აგეგმვის რეალური დროის მასშტაბში ტრასირებისას, 30 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი ავტომობილიდან.

ბაზური DGPS-სადგურების გამოყენებისას ადგილმდებარეობის წერტილთა კოორდინატების განსაზღვრის მაღალი სიზუსტე შეიძლება უზრუნველყოფილ იქნას DGPS-სადგურიდან 10 კმ მანძილზე მყოფი საშუალო სიზუსტის მიმღებებით. მაკორექტირებელი სიგნალი ავტომატურად ასწორებს სისტემის ყველა შესაძლებელ ცდომილებებს (საათების სვლაში, ეფემერიდების, რადიოსიგნალების იონოსფერული და ტროფოსფერული შეკავება). ამის გამო მართვად მიმღებად შეიძლება არა მარტო ძვირი, ორსიხშირიანი GPS-ის, არამედ შედარებით იაფის გამოყენება (ნახ. IV.16). DGPS-სადგურზე სამუშაოს ორგანიზების ორი ვარიანტი განიხილება.



პირველი ხერხით საყრდენი სადგურიდან მართვადი მიმღებების ტელემეტრული არხებით გადაეცემა ცნობები ცდომილებებზე, ხოლო მათი კომპიუტერები ამუშავებენ თანამგზავრის სიგნალების მიხედვით, ადგილმდებარეობაზე საკუთარ ცნობებთან ერთად.

მეორე ხერხით ბაზური DGPS-სადგური მუშაობს „ფსევდოთანამგზავრის“ რეჟიმში. სადგური გადასცემს იმავე სტრუქტურის სიგნალებს, როგორც თანამგზავრები, ე.ი. ფსევდოშემთხვევითი კოდებისა და ინფორმაციული შეტყობინების შემცველს. მართვადი მიმღებები ამუშავებენ ბაზური სადგურის სიგნალებს თავის ერთ-ერთ გამოყენებულ არხში, ანუ დებულობენ კორექციის მონაცემებს იმავე გზით, როგორც ეფემერიდებზე მონაცემებს ორბიტალური კომპლ-

ნახ. IV. 16. გეოდეზიური გაზომვებისას ბაზური „DGPS“-სადგურის გამოყენების სქემა

IV.2.5. GPS-ტექნოლოგიების გამოყენება კვლევა-პიკეტაჟის პერიოდში ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოების შესრულებისას

ტოპო-გეოდეზიური სამუშაოების როგორც თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით, ისე ტრადიციული მეთოდებით შესრულებისას ელექტრონული მიწისზედა გეოდეზიის (ელექტრონული ტაქომეტრები, შუქმანძილმზომები, მარეგისტრირებელი ნიველირები და სხვ.), აეროფოტოგაგეგმვებისა და სტერეოფოტოგრამმეტრის ფართოდ გამოყენებასთან ერთად **GPS-ტექნოლოგიები** დღეისათვის სულ უფრო ფართოდ გავრცელებას პოულობს შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტისას:

1. ადგილმდებარეობის მსხვილმასშტაბიანი ტოპოგრაფიული აგეგმვები;
2. გეოლოგიური დამუშავების ადგილებისა და გეოფიზიკური გაზომვების პუნქტების მიბმა;
3. ადგილმდებარეობის აეროფოტო, ფოტოთეოდოლიტური და ტაქომეტრიული აგეგმვისას გეგმურ-სიმაღლური ქსელის შექმნა;
4. სხვადასხვა სახისა და დანიშნულების აეროგაგეგმვებისას, როგორც აერონავიგაციური მოწყობილობის გამოყენება;
5. **GPS-ნიველირების** გამოყენება სხვადასხვა დანიშნულების ტრასების დანიშნისას;
6. წყალსაზომი სადგურების მიბმა, ჰიდრო და მორფო საგდულების აგეგმვა, ჰიდრომეტრული სამუშაოების (წყალქვეშა აგეგმვები, მდინარის მიმართულების, დინების სიჩქარისა და წყლის ხარჯის გაზომვა) შესრულება;
7. მიწისქვეშა და მიწისზედა კომუნიკაციების აგეგმვა;
8. არსებული გზების რეკონსტრუირებისას კინემატიკური აგეგმვა;

§IV.3. სახელმწიფო სიმაღლური გეოდეზიური ქსელები

გეგმურ ქსელებთან ერთად დაიგება სახელმწიფო სიმაღლური (სანიველირო) გეოდეზიური ქსელებიც, რომლებიც ქმნიან *სახელმწიფო სანიველირო ქსელს*.

სახელმწიფო სანიველირო ქსელი იქმნება გეომეტრიული ნიველირების მეთოდით, ათვლის საწყისით ქვეყანაში მიღებული საწყისი დონეებრივი ზედაპირიდან.*

სანიველირო გეოდეზიური ქსელები შექმნილია და ვითარდება გეომეტრიული ნიველირების მეთოდით და მოიცავს I, II, III და IV კლასის სანიველირო ქსელებს.

I და II კლასის სანიველირო ქსელი მთავარი სიმაღლური ქსელია, რომელიც ქმნის ქვეყანაში სიმაღლეთა ერთიან სისტემას და განკუთვნილია ისეთი ამოცანების გადასაწყვეტად როგორცაა: დედამიწის ქერქის თანამედროვე მოძრაობებზე დკვირვებები, ოკეანეებისა და ზღვების დონეთა სხვაობების დადგენა; დედამიწის ფიზიკური ზედაპირის ფიგურის შესწავლა. მათი დაგება ხდება ოკეანეების, ზღვების, დიდი ტბებისა და მდინარეების სანაპირო საზის გასწვრივ, მსხვილი გზატკეცილებისა და რკინიგზების გაყოლებით.

I კლასის (მაღალი სიზუსტის) სანიველირო ქსელი დაიგება 3000-4000 კმ პერიმეტრის მქონე პოლიგონების სახით, თანამედროვე მაღალი სიზუსტის ხელსაწყოებითა და მეთოდებით. პოლიგონები ერთმანეთთან არიან დაკავშირებულნი და ქმნიან საერთო სისტემას. I კლასის ნიველირების მეთოდიკა ძალზე რთულია. მას ასრულებენ პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით ომბოხების ან ბუნიაკების ორი წყვილით, რომლებიც ნიველირების ორ დამოუკიდებელ სვლას ქმნიან. ნიველირებას აწარმოებენ ტოლი 50 მ სიგრძის მხრებით; სადგურზე ნიველირსა და ლარტყებს შორის მანძილებში სხვაობა დასაშვებია არა უმეტეს 0,5 მ.

ამაღლებებში შეუბმელობა არ უნდა აღემატებოდეს $\pm 0,5\sqrt{L}$ მმ (*L*-ორმაგი სანიველირო სვლის სიგრძე, კმ-ში). ბოლო წლებში ამ კლასის ნიველირებისას სულ უფრო ხშირად იყენებენ ელექტრონულ პრეციზიულ **RENI 002A** ტიპის ნეველირებს (იხ. ნახ. III.39, ა). დედამიწის ქერქის ვერტიკალური მოძრაობების დინამიკის შესწავლის მიზნით I კლასის ნიველირებას იმავე სვლებით იმეორებენ ყოველ 25 წელიწადში.

სანიველირო ქსელების გახშირებას ახდენენ პრინციპით: ზოგადიდან კერძოსკენ გადასვლა – პირველ კლასს ახშირებენ მეორეთი, მეორეს – მესამეთი, ხოლო მესამეს – მეოთხეთი.

II კლასის ნიველირება შედგება I კლასის რეპერებზე დაყრდნობილი სვლებისა და პოლიგონებისაგან, რომელთა პერიმეტრი 500-600კმ-ს აღწევს. დასაშვები შეუბმელობა განისაზღვრება ფორმულით $f_h = 5\text{მმ}\sqrt{L}$, სადაც L სვლის სიგრძეა ან პოლიგონის პერიმეტრია კილომეტრებში. II კლასის ნიველირებისას გამოიყენება მაღალი სიზუსტის ნიველირები **H-1, H-2** (რუსეთი) ან **Ni-007** (გერმანია). ძალზე ეფექტურია **DL-102C** ტიპის ზუსტი ელექტრონული ნიველირების გამოყენება (იხ. ნახ. III.39, ბ).

III კლასის სანიველირო ქსელი შედგება ცალკეული სვლებისა და სისტემებისაგან ჩამოყალიბებული 6-9 პოლიგონისაგან რომლებიც ახშირებენ II კლასის პოლიგონებს. III კლასის პოლიგონი თავის მხრივ ივსება IV კლასის სანიველირო ქსელებით. III კლასის ნიველირებისას პოლიგონის პერიმეტრია 150-200კმ, მხრების სიგრძედღებულობენ 75 მ-ს, ხოლო შესრულების სიზუსტემ უნდა უზრუნველყოს სანიველირო სვლებში ან პოლიგონებში $\pm 10\sqrt{L}$ მმ-ზე არა უმეტესი შეუბმელობა. ეს მონაცემები IV კლასისათვის შესაბამისად 50კმ-ს, 100 მ-ს და $\pm 20\sqrt{L}$ მმ-ს შეადგენს.

III და IV კლასის სანიველირო ქსელები გათვალისწინებულია სხვადასხვა მასშტაბის ტოპოგრაფიული აგეგმვების სიმაღლურ საფუძვლად, მთელი რიგი საინჟინრო სახის ამოცანების გადასაწყვეტად.

ნიველირების სვლებს ადგილზე ამაგრებენ მუდმივი ნიშნებით არანაკლებ ყოველ 5კმ. მუდმივი სანიველირო ნიშნები რამდენიმე ტიპისაა: ყამირის, კლდის, კედლის რეპერები და მარკები (ნახ.IV.17).

*ყოფილ საბჭოთა კავშირში სიმაღლეთა ათვლა წარმოებდა ბალტიის ზღვის დონეებრივი ზედაპირიდან

I, II, III და IV კლასის სანიველირო ქსელების შემდგომი გახშირება ხდება ე.წ. ტექნიკური და ტრიგონომეტრიული ნიველირებით. პირველის დაგება ხდება საწყის რეპერებზე და მარკებზე დაყრდნობილი ცალკეული სვლებისა და ქსელების სახით. მათ ზღვრულ შეუბმელობას ითვლიან ფორმულით $f_h = 50\text{მმ}\sqrt{L}$.

ტექნიკური და ტრიგონომეტრიული ნიველირების პროცესში გზადაგზა ხდება სიმაღლური თვალსაზრისით მდგრადი საგნების: ლიანდაგის ბოლოების, ჭების ხუფების, აგრეთვე ხრამების ფსკერის ნიშნულების, წყლის ობიექტების დონეების, ჩაცემენტებული რკინის საგნების და სხვადასხვა სახის ადგილობრივი ობიექტების ნიველირება. ყველა ეს წერტილები სვლაში ჩაირთვება როგორც შუალედური.

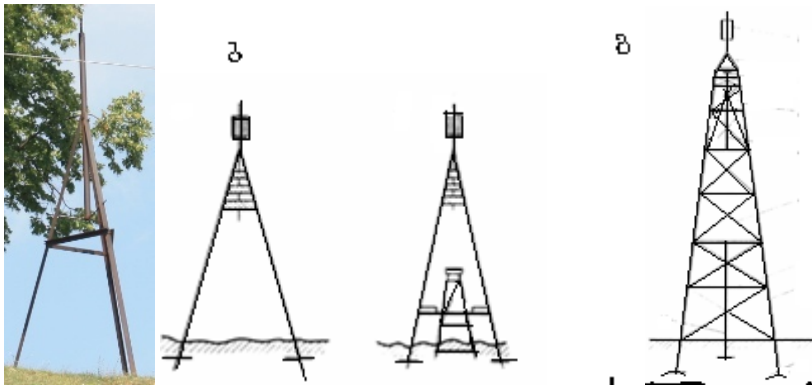
§IV.4. სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პუნქტების აღნიშვნა ადგილზე

სახელმწიფო ქსელის გეოდეზიურ პუნქტებს შეძლებისდაგვარად განათავსებენ ღია, ამადლებულ ადგილებში ისე, რომ ყოველი მათგანიდან უზრუნველყოფილი იყოს პირდაპირი მხედველობა არა ნაკლებ სამ მეზობელ პუნქტზე.

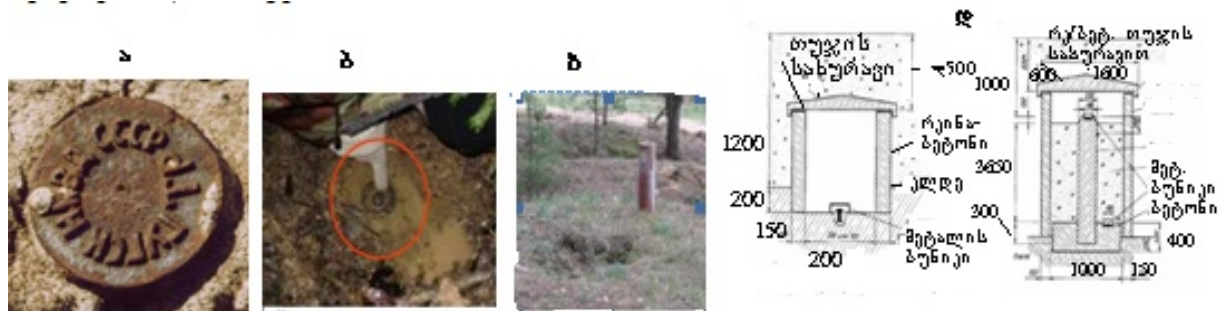
სანგრძლივი შენახვის გეოდეზიურ პუნქტებს საიმედოდ ამაგრებენ დედამიწაზე გეოდეზიური ცენტრებით (ნახ. IV.17, ა), - სეზონური მზრალობის ქვემოთ ჩადებული რკინაბეტონის მონოლითებით.

სახელმწიფო საგეგმო ქსელის ცენტრებზე წარსულში აყენებდნენ სხვადასხვა კონსტრუქციის ხის ან მეტალის ვარე ნიშნებს (ნახ. IV.17. ბ, გ), რომლის დანიშნულება იყო სავიზირო მარკისა და გეოდეზიური ხელსაწყოს აწევა ისეთ სიმაღლეზე, რომელიც უზრუნველყოფს პირდაპირ მხედველობას მეზობელი ნიშნებისკენ.

სიმაღლური გეოდეზიური ქსელის პუნქტებს ადგილზე ამაგრებენ კაპიტალური გრუნტის რეპერებით, კედლის რეპერებით ან მარკებით (ნახ. IV.18). I და II კლასის ყველა სანიველირო ქსელებში რეპერებს ამაგრებენ გეოლოგიურად მდგრად, ძირითად ქანებში, ერთმანეთისაგან საშუალოდ 7-8, ხოლო ძნელად მისადგომ ადგილებში 50-80 კმ-ში. III და IV კლასის ნიველირების ქსელებისათვის ეს მონაცემები შემდეგნაირად გამოიყურება: 7-8 და 10-15 კმ. სახელმწიფო ნიველირების ქსელის რეპერების ჩამაგრება



ნახ. IV. 17. სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის გეოდეზიური ცენტრები და გარე გეოდეზიური ნიშნები: ა) გეოდეზიური ნიშნების ტრილეები; ბ) პირამიდები, გ) სასიგნალო კოშკურა



ნახ. IV. 18. სანიველირო ნიშნების ტიპები. ა) კედლის რეპერი; ბ) გრუნტის რეპერი და გ) მისი დარაჯულა; დ) სხვადასხვა მარკის კლდოვანი გრუნტის ხანგრძლივი შენახვის ფუნდამენტური რეპერების ტრილეები (ზომები მოცემულია მმ).

სიზუსტეს. აქვე მოყავთ ცნობები ძველი ქსელების შემონახულ პუნქტებზე და ადგილზე საიმედოდ დამაგრებულ დროებით გეოდეზიურ ნიშნებზე.

სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პუნქტების კოორდინატებისა და სიმაღლეთა კატალოგები ინახება სახელმწიფო გეოდეზიურ ფონდსა და მის ქვეგანყოფილებებში, სახელმწიფო გეოდეზიური ზედამხედველობის ბიუროში, აგრეთვე რაიონულ ადმინისტრაციებში, სხვადასხვა საუწყებო ორგანიზაციებში, რომლებიც ეწევიან გეოდეზიურ სამუშაოებს. გეოდეზიური სამუშაოების წარმოებისას სახელმწიფო ქსელების შესაბამისი პუნქტების მონაცემები შეიძლება მივიღოთ სამუშაოს მწარმოებელი ორგანიზაციის ოფიციალურ მოთხოვნაზე.

კითხვები IV თავის გამეორებისათვის

1. რას ეწოდება გამოსასვლელი ანუ საწყისი წერტილები?
2. გეოდეზიური ქსელებიდან რომელია ყველაზე ზუსტი და საერთო?
3. დაასახელეთ გეგმიური გეოდეზიური ქსელის შექმნის მეთოდები;
4. როგორაა დაყოფილი სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელი?
5. როგორ ხდება I კლასის გეოდეზიური ქსელის დაგება? როგორია პარამეტრები? სიზუსტე?
6. როგორ ხდება I კლასის გეოდეზიური ქსელების გახშირება?
7. რას ეწოდება გეგმური გახშირების ქსელები?
8. რას ეწოდება თეოდოლიტური სვლა?
9. როგორ ხდება თეოდოლიტური სვლაში კუთხური შეუბმელობის გამმოთვლა?
10. როგორ ხდება დირექციული კუთხეების გამოთვლა? როგორ გავაკონტროლოთ გამოთვლების სისწორე?
11. როგორ გამოვთვალოთ კოორდინატა ნაზრდები?
12. როგორ ხდება კოორდინატა ნაზრდების გაწონასწორება?
13. როგორ გამოითვლება პოლიგონის წერტილების კოორდინატები?

14. როგორ განვსაზღვროთ თეოდოლიტური სვლიდან განზე მდებარე ცალკეული პუნქტების კოორდინატები?
15. ახსენით თანამგზავრული ნავიგაციის სისტემების მუშაობის პრინციპი;
16. რომელი მთავარი ფაქტორები განსაზღვრავს „GPS“-ის აპარატურის ფართო გამოყენებას?
17. ახსენით „GPS“-ის დახმარებით წერტილის კოორდინატების განსაზღვრის პრინციპი;
18. მოახდინეთ „GPS“-ის მიმღებების კლასიფიკაცია;
19. როგორ ხდება გეოდეზიური სამუშაოების ორგანიზაცია ბაზური სადგურების „DGPS“-ის გამოყენებით?
20. ჩამოაყალიბეთ ის ამოცანები რომელთა გადაწყვეტისას გამოიყენება GPS-ტექნოლოგიები;
21. როგორ ქმნიან სახელმწიფო სანიველირო ქსელს?
22. დაახასიათეთ I და II კლასის სანიველირო ქსელები; როგორია მათი პარამეტრები?
23. როგორ ხდება ნიველირების სვლების ადგილზე დამაგრება?

თავი V

ადგილმდებარეობის აბეზმვა

§V.1. ცნება აბეზმვის შესახებ. სამუშაოთა სახეები ტოპოგრაფიული რუკების შესაქმნელად

ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფიული რუკების, გეგმებისა და ციფრული მოდელების შესადგენად აუცილებელია სამუშაოთა მთლიანი კომპლექსის ჩატარება, მათ შორის:

1) ადგილმდებარეობის გეოგრაფიული შესწავლა, რომლის დროსაც გამოიყენება მოცემული ტერიტორიის ადრე გამოცემული რუკები, ცნობები გეოდეზიური ქსელების შესახებ და სხვა სახის მასალები; მათი შემოწმება და დაზუსტება ხდება სავსე პირობებში. ამ ეტაპზე შესრულებული სამუშაოების საფუძველზე ხდება სარედაქციო მითითებების შედგენა, რომელიც მიმართულია რუკის შინაარსის თვალსაჩინოებისა და უტყუარობის უზრუნველსაყოფად, რომელიც განსაზღვრულია აგეგმვის შერჩეული მასშტაბის, ტერიტორიის თავისებურებების, მისი ცალკეული ელემენტების გენერალიზაციის შესაბამისად. მითითებები ხელს უწყობენ რუკის სახვითი და

თვალსაჩინოების მიღწევას, ერთიანობას ადგილმდებარეობის ერთგვაროვანი, მაგრამ ტერიტორიულად განცალკავებული ობიექტების ჩვენებაში.

2) ნებისმიერი სახის ტოპოგრაფიულ აგეგმვებს წინ უძღვის ასევე აუცილებელი და მეტად პასუხსაგები სამუშაოები ასაგეგმი ქსელის – *გეგმიურ-სიმაღლური გეოდეზიური ქსელის* მოსამზადებლად, რომლის ხარისხზე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მიღებული ტოპოგრაფიული რუკებისა და *აგმს* სიზუსტე. ასეთი ქსელების სიხშირე და დაგების მეთოდები დამოკიდებულია მასშტაბზე, აგეგმვის ხერხებზე, ადგილმდებარეობის ხასიათზე.

აგეგმვის გეგმიურ და სიმაღლურ ქსელად შეიძლება გამოყენებულიქნას სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის წერტილები. თუმცა მათი სიხშირე საშუალოდ არ აღემატება 1 პუნქტს 5-15 კმ²-ზე, რაც უმეტეს შემთხვევაში არ არის საკმარისი ტოპოგრაფიული აგეგმვების ჩასატარებლად. აქედან გამომდინარე საჭირო ხდება გეოდეზიური ქსელის შემდგომი გახშირება ადგილობრივი დანიშნულების ქსელებით – *გახშირების ქსელებითა და აგეგმვის ქსელებით*. ამ სამუშაოებს ასრულებენ შემდეგი თანამიმდევრობით:

გეოდეზიური ქსელების პროექტირება. ტოპოგრაფიული აგეგმვების გეოდეზიური საფუძვლის პროექტირება ხდება მოცემულ ტერიტორიაზე არსებულ ტოპოგრაფიულ რუკებზე მომავალი აგეგმვების დანიშნულებისა და მასშტაბის გათვალისწინებით. ქსელის შექმნის მეთოდების შერჩევასას გასათვალისწინებელია გეოდეზიური ხელსაწყოების პარკის მრავალფეროვნება, აგეგმვის რაიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობები, საფუძვლის სიზუსტესა და პუნქტების სიხშირეზე წაყენებული მოთხოვნები, სახელმწიფო ქსელთან დაკავშირებისა და საფუძვლის შემდგომი გახშირების შესაძლებლობები, გეოდეზიური პუნქტების შენახვის ხანგრძლივობა, ხაზოვანი გაზომვების მოხერხებულობა და, რაც მთავარია, აგეგმვის პროცესში თითოეული პუნქტიდან ადგილმდებარეობის მაქსიმალურად ჩართვა.

საველე გეოდეზიურ სამუშაოებს ასრულებენ პროექტირების შემდეგ, რომელიც მოიცავს *ქსელის პუნქტების ადგილზე დამაგრებას*, მოთხოვნილების მიხედვით კაპიტალური ან დროებითი გეოდეზიური ნიშნებით და ქსელის ყველა პუნქტის გეგმიური და სიმაღლური მდგომარეობის დასადგენად აუცილებელი სიდიდეების გაზომვას. **კამერალური სამუშაოები** – აგეგმვის ქსელის შექმნის დამამთავრებელი ეტაპია და მოიცავს პუნქტების კოორდინატების *X, Y* და *H* გამოთვლას, რომელიც განსაზღვრავს მათ მდებარეობას კოორდინატთა მიღებულ სისტემაში.

3) რუკის ან გეგმის შესადგენად აუცილებელი *უშუალოდ აგეგმვის სამუშაოები* მოიცავს სიტუაციის ელემენტების, რელიეფის მახასიათებელი წერტილებისა და ხაზების გეგმიური და სიმაღლური კოორდინატების განსაზღვრას. ამისათვის აგეგმვის პროცესში აუცილებელია ადგილმდებარეობის ხაზების ჰორიზონტალური ქვედებულებისა და ობიექტების კონტურების შემკვრელ სწორხაზოვან ელემენტებს შორის ჰორიზონტალური კუთხეების ან ქვეყნის მხარეების მიმართ ხაზის მიმართულების (მათი ორიენტირების), ასევე ადგილმდებარეობის ცალკეულ წერტილებს შორის ამადლების დასადგენი ვერტიკალური კუთხეების (დახრის კუთხეების) განსაზღვრა.

4) **კამერალური სამუშაოები** მოიცავს აგეგმვის შედეგების დამუშავებას – წერტილების გეგმიური და სიმაღლური კოორდინატების გამოთვლას და ქაღალდზე (პლან-შეტზე) მოწესრიგებას - ადგილმდებარეობის კარტოგრაფიული გამოსახულების შექმნას.

აგეგმვის ხერხი და გამოყენებული ხელსაწყოები განსაზღვრავენ სამუშაოების ცალკეული სახეების შინაარსსა და შესრულების თანამიმდევრობას. ჩამოთვლილ სამუშაოებს თან ახლავს დამატებითი სამუშაოები: სხვადასხვა სახის დოკუმენტების შევსება, საველე ჟურნალების წარმოება, სქემების შედგენა და სხვ.

გეოდეზიური ქსელის შექმნისა და დიდი ტერიტორიების აგეგმვების შესრულების ძირითადი პრინციპია: „*ზოგადიდან კერძოსკენ*“. ზოგადია კოორდინატთა ერთიანი სისტემით შეკავშირებული საყრდენი პუნქტების ქსელი, ხოლო კერძო – აგეგმვის სამუშაოები, რომლის პროცესში განისაზღვრება ადგილმდებარეობის ელემენტების მდებარეობა საყრდენი პუნქტების მიმართ. აგეგმვის პროცესში, მის ყველა სტადიაზე, უნდა ჩატარდეს ასევე *სამუშაოთა წარმოების კონტროლი*.

უშუალოდ ტოპოგრაფიული აგეგმვების საფუძველზე იქმნება მსხვილმასშტაბიანი ტოპოგრაფიული რუკები (1:25 000 და 1:10 000) და გეგმები. აგეგმვის პროცესში

დებულობენ რუკის (კვების) აგეგმვის ორიგინალს. 1:50 000 და უფრო წვრილი მასშტაბის რუკების შექმნა ხდება კამერალური მეთოდებით, რომლის დროსაც მსხვილმასშტაბიანი რუკები დაყავთ მოცემულ მასშტაბამდე და ახდენენ მათზე გამოსახული ადგილმდებარეობის ელემენტების გენერალიზაციას. ასეთი სამუშაოების შედეგად დებულობენ რუკის შედგენის ორიგინალს. რუკების შედგენის კამერალური მეთოდების დამუშავებით დაკავებულია კარტოგრაფია.

§V.2. აბეზმების კლასიფიკაცია. ცნება რუკების განახლებაზე

აგეგმვის პროცესში ამგებმავე ხელსაწყოს მდებარეობის მიხედვით აგეგმვებს ტრადიციულად ყოფენ მიწისზედად და საჰაეროდ – ფოტოგრაფიული ხელსაწყოების დახმარებით (აეროფოტოტოპოგრაფიული აგეგმვა). თუმცა მიწისზედა აგეგმვებისას ადგილმდებარეობის ფოტოსურათების სულ უფრო ფართოდ გამოყენება საფუძველს იძლევა მოხდეს კლასიფიკაცია ტოპოგრაფიულ და ფოტოტოპოგრაფიულ აგეგმვებად, მათი შემდგომი დაყოფით მიწისზედად და საჰაეროდ. აგეგმვები შეიძლება ასევე დაეყოს ხმელეთისა და შელფის აგეგმვებად.

აგეგმვისას ყველა გათვალისწინებულ სამუშაოებს აწარმოებენ როცა პირველად ხდება მოცემული ტერიტორიის რუკის შედგენა ან არსებული რუკები ძალზე მოძველებულია (შეიმჩნევა სიტუაციის 25-30% ცვლილება). შემცირებული პროგრამით აგეგმვა წარმოებს რუკების განახლებისას – როდესაც ხდება რუკის შინაარსის მოყვანა ადგილმდებარეობის თანამედროვე მდგომარეობასთან შესაბამისობაში. რუკების განახლების აუცილებლობა დაკავშირებულია ადგილმდებარეობის იმ ცვლილებებთან რომელიც წარმოიშობა ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობისა და ბუნებრივი ფაქტორების გავლენით. გამოცემული რუკების შეუსაბამობა ადგილმდებარეობის თანამედროვე მდგომარეობასთან ართულებს მათ გამოყენებას სამეურნეო, საინჟინრო და სამეცნიერო-ტექნიკური ამოცანების გადაწყვეტისას.

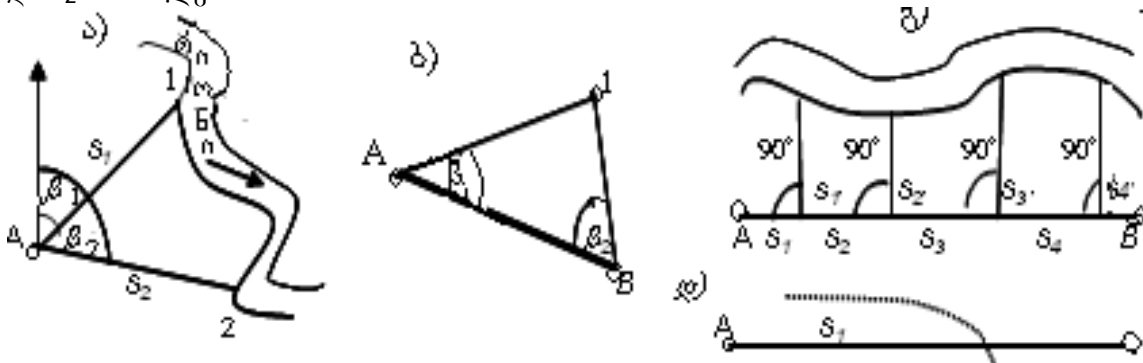
აგეგმვების პრაქტიკა უჩვენებს, რომ ცვლილებას ძირითადად განიცდიან სიტუაციის ელემენტები, რელიეფი იცვლება იშვიათად, მცირე უბნებზე, განსაკუთრებით სამეურნეო ობიექტების მშენებლობის ადგილებში. აქედან გამომდინარე რუკებზე უმეტეს შემთხვევაში განახლებადია მხოლოდ სიტუაცია, იშლება გამჭრალი და დაიტანება ახალი ობიექტები. პროცესს აჩქარებს დროის მიხედვით რუკების განახლების მომენტთან მიახლოებული აეროფოტოაგეგმვების მასალების გამოყენება.

§V.3. ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფიული აბეზმის სახეები და ხერხები

ტოპოგრაფიული აგეგმვების სახეების განსაზღვრა ხდება ხელსაწყოების გამოყენების მიხედვით. თანამედროვე გეოგრაფიული კვლევა-ძიების პრაქტიკაში ყველაზე ხშირად გამოიყენება ტაქტომეტრიული და მენზულური აგეგმვა. პირველი სრულდება ოპტიკური ან ელექტრონული ხელსაწყოს - ტაქტომეტრის, ხოლო მეორე მენზულია და კიპრეჯელის მეშვეობით. ცალკეულ შემთხვევაში გამოიყენება ბუსოლური აგეგმვა, რომლის დროსაც ძირითად ხელსაწყოდ გამოიყენება ბუსოლი და თვალზომური აგეგმვა. ამ უკანასკნელს საფუძველად უდევს ადგილზე ხაზების სიგრძეების განსაზღვრა „თვალდათვალ“. ადგილებში, სადაც რელიეფი სუსტადაა გამოხატული შესაძლებელია ზედაპირის ნიველირების გამოყენება (გეომეტრიული ნიველირების მეთოდით).

აგეგმვის პროცესში წერტილს, სადაც განათავსებენ გეოდეზიურ ხელსაწყოს, რომლის დახმარებითაც ხდება ადგილზე აუცილებელი გაზომვები, აგეგმვის წერტილი, ხოლო რომლის მდებარეობას განსაზღვრავენ ასაგეგმი პიკეტი (უბრალოდ პიკეტი) ეწოდება. რუკის შესადგენ გრაფიკულ აგებებს ასრულებენ აგეგმვის პლანშეტზე – მაგარ საფუძველზე (ალუმინი, ფანერა) დაწებებული სახაზავი ქაღალდის ფურცელზე, რომელიც ატმოსფერული მოვლენებით ქაღალდს შესაძლო დეფორმაციისაგან იცავს. გრაფიკული სამუშაოების კამერალურ პირობებში შესრულების შემთხვევაში დასაშვებია სახაზავი ქაღალდის პლანშეტის გარეშე გამოყენება.

სიტუაციის ელემენტების აგეგმვის ძირითადი ხერხია *პოლარული*, ანუ *პოლარული კოორდინატების ხერხი*, რომელშიც *პოლუსი* შეთავსებულია აგეგმვის წერტილთან, ხოლო *პოლარული ღერძი* ორი მეზობელი აგეგმვის წერტილის შემაერთებელი ხაზი – ერთ-ერთი საწყისი მიმართულებაა (§.II.7). ასე მაგალითად, ნახ. V.1-ზე 1 და 2 პიკეტების მდებარეობას განსაზღვრავენ გაზომილი ჰორიზონტალური კუთხეები β_1 და β_2 , და S_1 და S_2 მანძილები.



ნახ.V. 1. ადგილმდებარეობის ელემენტების აგეგმვის ხერხები: ა - პოლარული, ბ - კუთხური გადაკვეთების, გ - მართკუთხა კოორდინატების (პერპენდიკულარების), დ - საგდულის

კუთხური გადაკვეთების ხერხი. ასაგეგმი წერტილის მდებარეობა განისაზღვრება ორი ან მეტი აგეგმვის წერტილის მიმართ, ასაგეგმი წერტილების შემაერთებელ ხაზსა და პიკეტზე მიმართულებას შორის კუთხის გაზომვის საფუძველზე (ნახ.V.1, ბ. კუთხეები β_1 და β_2). კუთხეების მნიშვნელობა უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას: $40^\circ \leq \beta \leq 140^\circ$. კუთხეები დასაშვებია შეიცვალოს აგეგმვის წერტილებიდან პიკეტზე გაზომილი აზიმუტებით. თუ კუთხეების ნაცვლად გაიზომება მანძილები აგეგმვის წერტილებიდან პიკეტამდე აღწერილი ხერხი გადაიქცევა *ხაზოვანი გადაკვეთების ხერხად*.

მართკუთხა კოორდინატების ხერხი (პერპენდიკულარების ხერხი) გამოიყენება მიხვეულ-მოხვეული კონტურის მქონე ობიექტების აგეგმვისას. აგეგმვის და წერტილების შემაერთებელი სწორი ხაზი (ნახ.V. 1, გ.) ამ შემთხვევაში ასრულებს აბსცისის, ხოლო მისადმი პერპენდიკულარული S_1, S_2, S_3 და S_4 მონაკვეთები ორდინატების როლს. ათვლის საწყისი შეიძლება იყოს ერთ-ერთი აგეგმვის წერტილთან. აგეგმვის პროცესში გასაზომია S_1, S_2, S_3 და S_4 მანძილები, პერპენდიკულარების სიგრძეები და მათ შორის კუთხეები.

საგდულის ხერხი. აგეგმვის ორი წერტილის შემაერთებელ ხაზზე მყოფი ასაგეგმი პიკეტის მდებარეობა განისაზღვრება წერტილიდან პიკეტამდე გაზომილი მანძილით (ნახ. V. 1, დ).

რელიეფის მახასიათებელი წერტილების ნიშნულებს ღებულობენ *გეომეტრიული* ან *ტრიგონომეტრიული* ნიველირების მეთოდებით.

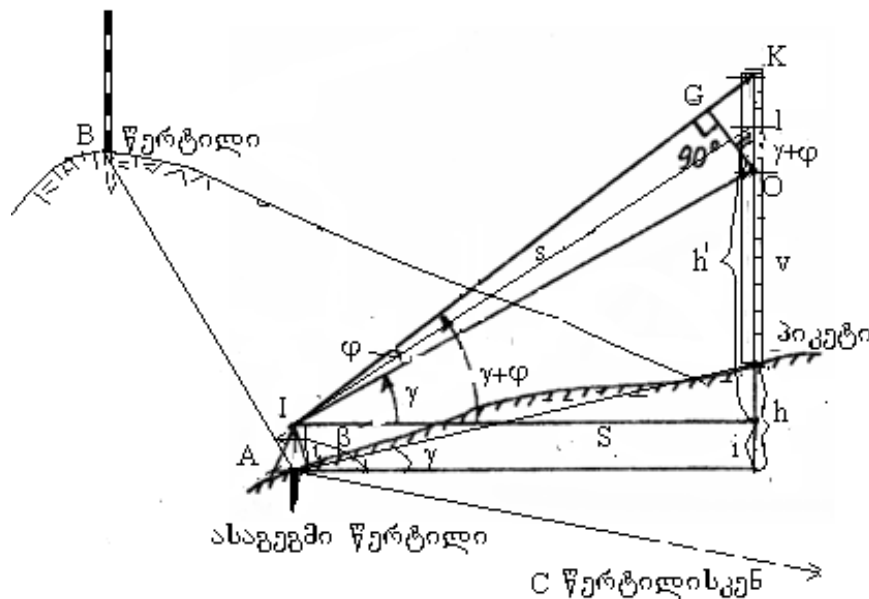
საველე სამუშაოების წარმოებისას, უშუალოდ გაზომვებზე დროისა და ენერჯის დიდი დანახარჯების გამო, ტოპოგრაფიულ აგეგმვებს მიმართავენ მაშინ, როდესაც აგეგმვის სხვა სახეების წარმოება არაეკონომიურია (ასაგეგმი ტერიტორიის მცირე ფართობი ან ვიწრო და გრძელი ზოლი და სხვ.). ამასთან, ამ სახის აგეგმვებს რუკის აღქმისათვის აქვს უდიდესი მნიშვნელობა - ნათლად გამოიხატება გრაფიკულ აგებასა და რეალურ სიტუაციას შორის კავშირი. ბოლო პერიოდში გეოდეზიურ წარმოებაში მიღებული ელექტრონული ტექნოლოგიები მნიშვნელოვნად ამცირებენ საველე სამუშაოების რაოდენობას, რაც დროისა და ფინანსური ბიუჯეტის მნიშვნელოვან ეკონომიას იძლევა.

თანამედროვე პერიოდში აგეგმვის ძირითადი მეთოდია *აეროფოტოტოპოგრაფიული აგეგმვა*, რომელიც მკვეთრად ამცირებს საველე სამუშაოების მოცულობას და ამადლებს შრომის ნაყოფიერებას. ამ უკანასკნელის მიღწევა შესაძლებელია სამუშაო პირობების გაუმჯობესებითა და მთელი რიგი პროცესების საველედან კამერალურ პირობებში გადატანით; ტექნიკური საშუალებების გამოყენების გზით ხელის შრომის შეცვლით ან გამარტივებით, რუკის შექმნის პროცესში კომპიუტერული ტექნოლოგიების დანერგვით.

§V.4. ტექნომეტრიული აბეზგვა

V.4.1. ტაქსომეტრიული აბეზიმის არსი და მისი დანიშნულება

ტაქსომეტრიული აბეზიმა (ბერძნული tachys – ჩქარი და metreo ვზომავ) მიწისზედა ტოპოგრაფიული აბეზიმის ყველაზე გავრცელებული სახეა, რომელიც ფართოდ გამოიყენება გეოგრაფიულ კვლევა-ძიებაშიც. ტაქსომეტრიული აბეზიმის მაღალი ნაყოფიერება მიიღწევა იმით, რომ ყველა გაზომვები, რომლებიც საჭიროა ადგილმდებარეობის ობიექტების სივრცული კოორდინატების დასადგენად, სრულდება კომპლექსურად, ერთი გეოდეზიური ხელსაწყოს – *თეოდოლიტ-ტაქსომეტრის* დახმარებით, ასაგეში პიკეტის ერთი დაკვირვებით, რომლის დროსაც ერთ-ერთ აბეზიმის წერტილზე იზომება ჰორიზონტალური კუთხე მეზობელ წერტილსა და ასაგეში პიკეტზე მიმართულებებს შორის. მანძილი იზომება ძაფებიანი მანძილმზომით ან ელექტრონული ტაქსომეტრის ლაზერული მანძილმზომით. ასაგეში წერტილის სიმაღლური მდგომარეობას განსაზღვრავენ ტრიგონომეტრიული ნიველირების მეთოდით (ნახ. 4.2.1).



ტაქსომეტრიული აბეზიმები გამოიყენება მსხვილმასშტაბიანი ტოპოგრაფიული გეგმებისა (1:500, 1:1000, 1:2000) და ადგილმდებარეობის ციფრული მოდელების (ACM) მოსამზადებლად, რომელთა მიხედვით ხორციელდება სისტემური ავტომატიზირებული და სხვადასხვა სახის საინჟინრო ნაგებობათა პროექტირება. ამასთან, აბეზიმის მასშტაბს დებულობენ მისი დანიშნულების, დაპროექტების სტადიის, დასაპროექტებელი ობიექტის გეგმაში მოსალოდ-

ნახ. V. 2. აბეზიმის წერტილზე ტაქსომეტრთან მუშაობის სქემა

ნელი ზომების, ასევე რელიეფზე და ადგილის სიტუაციურ თავისებურებების გათვალისწინებით.

ტაქსომეტრიული აბეზიმის მნიშვნელოვანი ღირსებაა საველე სამუშაოების მაღალ ნაყოფიერებისას, ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფიული გეგმებისა და ACM-ს დამზადების სამუშაოების არსებითი ნაწილის კამერალურ პირობებში გადატანის შესაძლებლობა, სადაც ავტომატიზაციისა და გამოთვლითი ტექნიკის ფართოდ გამოყენების მეტი საშუალებაა.

თანამგზავრული ნავიგაციის «GPS» სისტემების გამოყენებისას ტაქსომეტრიულ აბეზიმას უნდა ეწოდოს *ტოპოგრაფიული მიწისზედა-კოსმოსური*, რადგანაც ტაქსომეტრები და სხვა საზომი ხელსაწყოები, როგორც ასეთი აქ უკვე არ გამოიყენება, თანაც რელიეფისა და სიტუაციის წერილმანის აბეზიმის ძირითადი წესები იგივეა, რაც ტაქსომეტრიული აბეზიმისათვის.

ტაქსომეტრიული აბეზიმის წარმოებისას განსაკუთრებით ეფექტურია ელექტრონული ტაქსომეტრების გამოყენება, რომელიც საშუალებას იძლევა მყისიერად დაფიქსირდეს გაზომვების შედეგები მაგნიტურ მატარებლებზე, ინფორმაციის შემდგომი ან უშუალო შეყვანით საველე ან საბაზო კომპიუტერის მახსოვრობაში. მისი ავტომატური დამუშავების შემდეგ ACM და ტოპოგრაფიული გეგმების მომზადება ხდება გრაფიკულ ამგებებზე.

V.4.2. ტაქსომეტრიული აბეზიმის ხელსაწყოები (ტაქსომეტრები)

ტაქსომეტრიული აგეგმვების წარმოებისას თანამედროვე პერიოდში უმეტესად გამოიყენება შემდეგი ხელსაწყოები:

რუსული წარმოების ოპტიკური თეოდოლიტები – **3T5KП, T15K, 2T30, 2T30П**;

ნომოგრამული ტაქსომეტრები: **Dahlta 020, Dahlta 010B, TH**;

ელექტრონული ტაქსომეტრები: Ta20, Ta5, Ta3, Ta3m, 2Ta5, 3Ta5, EltaR50, EltaR55, RECOTA, RET ; [GeoMax \(ZTS 602, 603, 605, 607\)](#); [Leica Builder \(R100, R200, R300\)](#); [Leica FlexLine TS02](#); Nikon DTM-522 [Nikon NPL-632](#)



[GeoMax](#)



Leica TPS800



Nikon DTM-522



[Nikon NPL-632](#)



[Sokkia SET 30RK3](#)

ნახ. V. 3. ელექტრონული ტაქსომეტრები

ელექტრონული ტაქსომეტრებში მანძილი იზომება გამოსული და არეკლილი სხივის ფაზების სხვაობით (ფაზური მეთოდი), ან (ზოგიერთ თანამედროვე მოდელში) – ამრეკლავამდე და უკან ლაზერის სხივის გავლის დროის მიხედვით (იმპულსური მეთოდი). გაზომვის სიზუსტე დამოკიდებულია ტაქსომეტრის მოდელის ტექნიკურ შესაძლებლობებზე, ასევე გარემო პირობებზე: ტემპერატურა, წნევა, სინოტივე და სხვ. მანძილის გაზომვის დიაპაზონი დამოკიდებულია ტაქსომეტრის მუშაობის რეჟიმზე: *ამრეკლავით* ან *ამრეკლავის გარეშე*. ამრეკლავის გარეშე რეჟიმით გაზომვისას გაზომვის სიშორე პირდაპირ დამოკიდებულებაშია იმ ზედაპირის ამრეკლავ თვისებებზე, რომელზეც ხდება გაზომვა. ასე მაგალითად, გაზომვა სწორ ნათელ ზედაპირზე (გალესილი, თეთრ ფერში შეღებილი ან კაფელით გაწყობილი ზედაპირი და სხვ.) გაზომილი მანძილის სიშორე რამდენჯერმე მეტია მუქ ზედაპირზე გაზომილი მანძილის სიშორეზე. ხაზოვანი გაზომვების მაქსიმალური სიშორე *ამრეკლავიან* (პრიზმიან) რეჟიმში – ხუთ კილომეტრამდეა (რამდენიმე პრიზმის დაყენება კიდევ უფრო ადიდებს სიშორეს); ამრეკლავის გარეშე რეჟიმში – ერთ კილომეტრამდე. ამასთან, ასეთი მოდელელებით გაზომვისას სიფრთხილეა საჭირო სხივის ფოთლებსა და ტოტებში გატარებისას, რადგან უცნობია რისგან აირეკლება ის და სანამდე იქნება მანძილი გაზომილი. ტაქსომეტრების ზოგიერთ მოდელში დაყენებულია მანძილმზომი, სამზერი მილის ფოკუსირების შეთავსებული სისტემით. ასეთი ხელსაწყოების უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ მანძილის გაზომვა ხდება სახელდობრ იმ საგანზე,

რომელზეც მოცემულ მომენტში დამიზნებულია ტაქეომეტრი. თანამედროვე ტაქეომეტრების უმეტესობას აქვს გამომოვლელი და დამმასხოვრებელი მოწყობილობა, რომელიც გაზომილი ან საპროექტო მონაცემების შენახვის, ირიბი დაკვირვებების საფუძველზე პირდაპირი გაზომვებისათვის მიუღწეველი წერტილების კოორდინატების გამოთვლისა და სხვა სახის ოპერაციების ჩატარების საშუალებას იძლევა.

ტაქეომეტრის დასახელება	მანძილის გაზომვა		კუთხური გაზომვების სიზუსტე	დამატებითი მახასიათებლები
	მაქს. სიშორე მ.	სიზუსტე (მმ.1კმ.)		
GeoMax (ZTS 602, 603, 605, 607)	პრიზმით 3500 ამრეკლავის გარეშე: 200 (SR) და 300-მდე (LR)		2, 3, 5 და 7"	4-დერძიანი კომპენსატორი, ლაზერული შვეული, საგდულის მჩვენებელი RS232, USB
Leica Builder (R100, R200, R300)			6" და 9"	
Leica TPS800 Power, Ultra, Arctic (TCR 802, 803, 805)	ამრეკლავის გარეშე: 400/1000 ამრეკლავით 3500 მ-მდე	3+2ppm 2+2ppm	2/3/5";	Bluetooth და USB-პორტ
Leica FlexLine TS02	ამრეკლავის გარე-შე: 400/1000: ამრეკლავით: 3500 მ-მდე		5"-დან 7"-მდე	Bluetooth, mini USB, RS232, USB ფლეშკა; FlexField და FlexOffic-35°C
Nikon DTM-522	2700	2მმ+ 2მმ/კმ	1" -დან 5"-მდე	მუშაობის დრო 28 სთ. მახსოვრობა 10000 გაზომვაზე
Nikon NPL-632	ამრეკლავის გარეშე: 210; ამრეკლავით 5000	3 მმ + 2მმ/კმ	3"	; USB-პორტ და CIOT CompactFlash-სთვის, საგდულის მჩვენებელი Lumi-Guide
Sokkia (იაპონია)	ამრეკლავის გარე-შე 500, პრიზმაზე 5000		2/3/5";	CompactFlash, მონიტორი SCRC2
Trimble TS635	ამრეკლავის გარეშე 300მ- 5000მ პრიზმაზე		5"	გამადიდებლობა 30x, ლაზერული ცენტრი, კომპენსატორი ±3 20-დან +50 -მდე C

ზოგიერთ თანამედროვე მოდელზე დამატებით დაყენებულია [GPS](#) სისტემა (მაგ. Leica Smart Station).

ელექტრონული ტაქეომეტრებით მუშაობისას გამოიყენება *სანიველირო ლარტყები*: **PH-3000**, **PH-4000**, 4-მეტრიანი ტელესკოპური და **Dahlta**-ს ლარტყები;

ავტორედუქციული ორმაგი გამოსახულების მანძილზომებიან ტაქეომეტრებს ოპტიკური მოწყობილობა საშუალებას აძლევს ჰორიზონტალური ლარტყის დახმარებით ავტომატურ რეჟიმში განისაზღვროს დახრილი მანძილის ჰორიზონტალური ქვედღებული (TД, Редта 002 და სხვ.).

შიდაბაზისური ტაქეომეტრები, ბაზისით ხელსაწყო დგომის ადგილზე, გამოიყენება ძნელად მისადგომი უბნების ტაქეომეტრიული აგეგმვისას, ჰორიზონტალური ქვედღებულისა და დახრის ვერტიკალური კუთხეების გასაზომად, ადგილმდებარეობის

საგნებზე ან სპეციალურ ლარტყაზე დაკვირვებისას. ამ ტაქომეტრების მანძილმზომებს მანძილების გასაზომად ხელსაწყოს შიგნით აქვთ ცვალებადი ბაზისი.

ტაქომეტრიული აგეგმვების ჩატარებისას გამოიყენება ასევე დამხმარე ხელსაწყოები და ნივთები: „GPS“ თანამგზავრული ნავიგაციის მიმღებები და საბაზო სადგურები „DGPS“; *შუქმანძილმზომები, მიწისსაზომი ბაფეთები* და მანძილის გასაზომი სხვა ხელსაწყოები; ელექტრონული ტაქომეტრებისათვის გამოიყენება *ტაქომეტრიული სარები* (ტელესკოპური, მოძრავი ამრეკლავით);

ნომოგრამული და ელექტრონული ტაქომეტრების გამოყენება საშუალებას იძლევა მანძილების პროექციები d და ამალღება h მივიღოთ ფორმულებისა და ცხრილების გამოყენების გარეშე, რადგანაც მათი მნიშვნელობები აითვლება უშუალოდ აგეგმვის მსვლელობისას ან მყისიერად იწერება ინფორმაციის მაგნიტურ მატარებლებზე.

ტოპოგრაფიული აგეგმვების სხვა სახეებთან შედარებით ტოპოგრაფიული მიწისზედა-კოსმოსური (*ტმკ*) ყველაზე მწარმოებლური და ეფექტურია, ამასთან უზრუნველყოფს გაზომვების შედეგების დამუშავებისა და ტოპოგრაფიული გეგმებისა და *პტშ*-ს შექმნის სრულ ავტომატიზაციას.

გაზომვის შედეგების მაგნიტურ მატარებლებზე დაფიქსირებისა და ინფორმაციის შემდგომში ან უშუალოდ საველე ან საბაზო კომპიუტერში შეყვანის, მისი ავტომატურ რეჟიმში დამუშავების, *პტშ*-სა და ტოპოგრაფიული გეგმების გრაფომეგებებზე მომზადების შესაძლებლობამ ელექტრონული ტაქომეტრების განსაკუთრებული ეფექტურობა განაპირობა.

V.4.3. ტაქომეტრიული აგეგმვის ბეოღეზიური საფუძველი

ტაქომეტრიული აგეგმვისას არსებული გეოღეზიური ქსელის პუნქტები, როგორც წესი, საკმარისი არ არის რელიეფისა და სიტუაციის ყველა წვრილმანის ასაგეგმად. ასაგეგმი ქსელის აუცილებელი სისშირის უზრუნველყოფას დამატებითი სვლების დაგებით ახდენენ, რასაც ჩვეულებრივად ორი ხერხით ასრულებენ:

1. *თეოდოლიტური* (შეკრული ან გახსნილი) *სვლების* დაგებით.

2. *ტაქომეტრიული სვლებით*, რომელიც შეიძლება თეოდოლიტური სვლების ერთ-ერთ სახეობად მივიღოთ – ისიც ტეხილი ხაზების სისტემას წარმოადგენს, რომელშიც თეოდოლიტის ერთი დაკვირვებით ხდება ჰორიზონტალური კუთხეების, სვლის წერტილებს შორის მანძილებისა (პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით) და ამალღების კუთხეების გაზომვა. ამასთან, ჰორიზონტალური კუთხეები იზომება ერთი ნახევარი-იღეთით, ხოლო მანძილები 1:400 სიზუსტით (1:500 მასშტაბის აგეგმვებისას 1:1000 სიზუსტის მოთხოვნა უფრო ზუსტი მანძილსაზომი ხელსაწყოების გამოყენებას მოითხოვს). მეტი სიზუსტის მიღწევა ელექტრონული ტაქომეტრის გამოყენებითაა შესაძლებელი. ტაქომეტრიული სვლის ზღვრული სიგრძე დამოკიდებულია აგეგმვის მასშტაბზე და წერტილების სიმაღლური ნიშნულების სიზუსტის მოთხოვნაზე (ცხრ. V.2).

ასაგეგმ საფუძველს პირველი ხერხით ქმნიან აგეგმვის სამუშაოების ვრცელ ფართობზე ჩატარებისას, ასევე დასახლებული პუნქტების კარტოგრაფირებისას.

ტაქომეტრიული სვლების დაგებით აგეგმვის სამუშაოებს ასრულებენ შედარებით მცირე ფართობის მქონე ტერიტორიებზე (მცირე ზომის კარიერები და სხვა).

ტაქომეტრიული აგეგმვის ასაგეგმ საფუძველად შეიძლება გამოყენებულ იქნას: *ხაზოვან ნაგებობათა გასწვრივ დაგებული ტრასები, შეკრული პოლიგონები, მიკროტრიანგულაციის ქსელები და დაკიდული სვლები*. ასაგეგმი ქსელის შერჩევა დამოკიდებულია პროექტირების სტადიაზე, ადგილმდებარეობის რელიეფზე, აგეგმვის ზომებსა და მასშტაბზე.

ცხრ. V.2

№	აგეგმვის მასშტაბი	რელიეფის კვეთა, მ	მაქსსიმალური მანძილი		აგეგმვის წერტილების მინიმალური რიცხვი	
			პიკეტებს შორის მ,	ხელსაწყოდან ლარტყამდე რელიეფის აგეგმვისას, მ	ხელსაწყოდან ლარტყამდე კონტურის აგეგმვისას, მ	1 კმ ²

1	1:5000	0,5 1,0 2,0 5,0	60 80 100 120	250 300 350 350	150 150 150 150	22	89
2	1:2000	0,5 1,0 2,0	40 40 50	200 250 250	100 100 100	50	50
3	1:1000	0,5 1,0	20 30	150 200	80 80	80	20
4	1:500	0,5 1,0	15 15	100 150	60 60	142	9

ასაგეგმი საფუძვლის ორიენტირება და აგეგმვის წერტილების კოორდინატების განსაზღვრა, როგორც წესი, ხდება ხაზოვან ნაგებობებზე ან სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პუნქტებზე მიხედვით. მცირე უბნების აგეგმვისას დასაშვებია ასაგეგმი საფუძვლის ორიენტირება მაგნიტური აზიმუტის მიმართულებით, აგეგმვის წერტილების პირობითი კოორდინატების გამოთვლით.

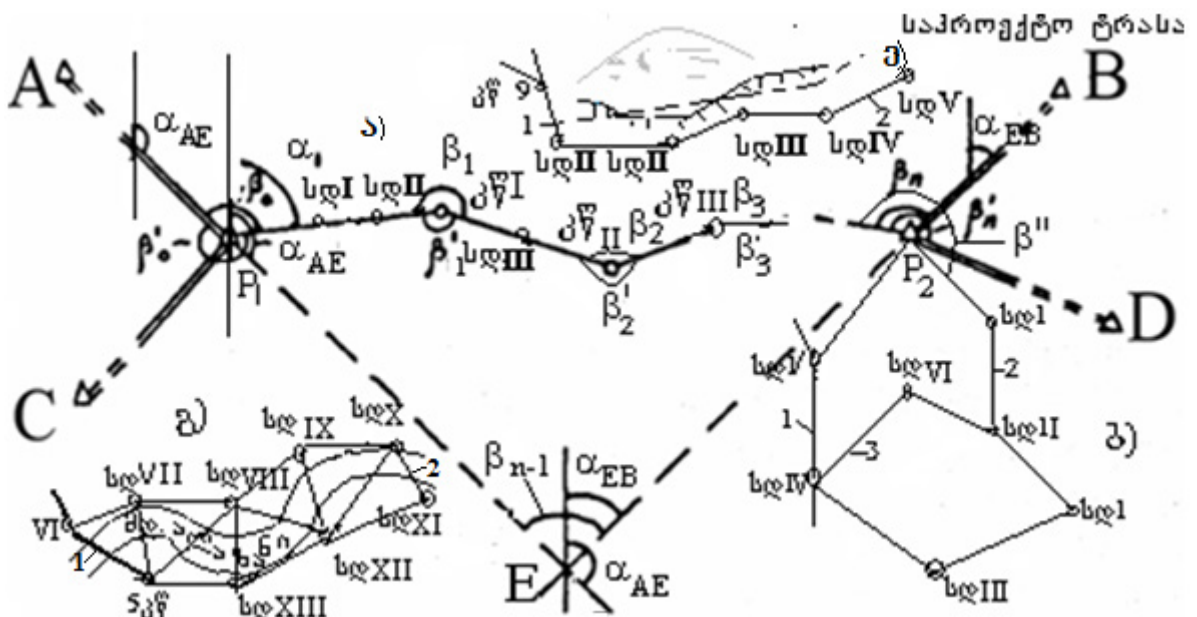
აგეგმვის წერტილების მინიმალური რიცხვის მასშტაბთან დამოკიდებულება მოცემულია ცხრილში (V.2).

ასაგეგმი საფუძვლის წერტილებს, როგორც წესი, განათავსებენ ადგილმდებარეობის ამალელებულ ადგილებში მხედველობის კარგი უზრუნველყოფით. მანძილი აგეგმვის წერტილებს შორის არ უნდა აღემატებოდეს 350 მ და არ უნდა იყოს 50 მ ნაკლები (განსაკუთრებულ შემთხვევაში დასაშვებია 20 მ).

ხაზოვან ნაგებობათა გასწვრივ დაგებულ ტრასებს ასაგეგმ ქსელად (ნახ. V.4, ა) იყენებენ შემდეგ შემთხვევებში: სხვადასხვა საინჟინრო ნაგებობათა დაპროექტებისას გზების ტრასისპირა ზოლის ასაგეგმად; ადგილმდებარეობის რთულ უბნებში კამერალური ტრასირების მიზნებისათვის და სხვ. ტრასა შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც სხვა ტიპის ასაგეგმი ქსელის ნაწილი.

ასაგეგმი ქსელი *შეკრული პოლიგონის* სახით გამოიყენება ადგილმდებარეობის აგეგმვისას დიდი ფართობის მქონე სამშენებლო ობიექტების დასაპროექტებლად (ნახ. V.4, ბ). ძირითადი ასაგეგმი ქსელიდან მოშორებული უბნების სიტუაციისა და რელიეფის აგეგმვის მიზნით ნიშნავენ დიაგონალურ და დაკიდებული სახის თეოდოლიტურ სვლებს. ამასთან, ეს უკანასკნელი შეიძლება განვათავსოთ როგორც პოლიგონის შიგნით, ასევე მის საზღვრებს გარეთ. კუთხური გაზომვების, ხაზების სიგრძეებისა და სიმაღლეების გაწონასწორებას ახდენენ როგორც პოლიგონისათვის მთლიანად, ასევე მისი ყოველი ნაწილისათვის ცალ-ცალკე.

ასაგეგმი ქსელს *მიკროტრიანგულაციის* სახით (ნახ. V.4, გ) ქმნიან ისეთ ადგილებში, სადაც მოუხერხებელია ხაზების სიგრძეების გაზომვა მიწის საზომი ბაფთით ან ხეულებით, მაგალითად, დანაწევრებულ ან მთიან რელიეფზე. ფორმით სამკუთხედები მიახლოებული უნდა იყოს ტოლგვერდას, ხოლო მათი წვეროები, მეზობელი სიმაღლეებისკენ პირდაპირი ხედვის უზრუნველყოფისა და ასაგეგმი ტერიტორიის მეტი ფართობის მოცვის მიზნით ადგილის ამალელებულ წერტილებზე უნდა განათავსდნენ. საფუძვლის ერთ-ერთ გვერდს განათავსებენ სიგრძის გასაზომად მოხერხებულ ადგილზე და დებულობენ ბაზისად. მას ზომავენ ორჯერ, პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით, 1:2000-ზე არა უმეტესი ფარდობითი შეუბმელობით და აუცილებლობის შემთხვევაში შეყავთ შესწორებები ხაზის დახრის კუთხეზე. ყველა ჰორიზონტალურ კუთხეს ზომავენ თეოდოლიტის სრული იღვითით შემდგომში დანარჩენი გვერდების სიგრძეებისა და ყველა აგეგმვის წერტილების კოორდინატების ანალიტიკური ხერხით გამოსათვლელად.



ნახ. V. 4. ტაქსომეტრიული აგეგმვის გეოდეზიური საფუძველის სახეები:

ა - ხაზოვანი ობიექტის ტრასა; P_1, P_2 - გეოდეზიური ქსელის პუნქტები; სად. I - სად. XIII აგეგმვის წერტილები; $კ\sqrt{I} - კ\sqrt{III}$ - ტრასის მოხვევის კუთხეების წვეროები; $\beta_1 - \beta_n$ მოხვევის მარცხენა და $\beta'_1 - \beta'_n$ მარჯვენა კუთხეები; ბ - ჩაკეტილი პოლიგონი: 1 - ხაზოვანი ობიექტის ტრასა; 2 - პოლიგონი; 3 - დიაგონალური სვლა; გ - მიკროტრიანგულაცია: 1 - ხაზოვანი ობიექტის ტრასა; 2 - ტრიანგულაციის ქსელი; ე - დაკიდებული სვლა; 1 - ხაზოვანი ობიექტის ტრასა; 2 - ტაქსომეტრიული სვლა

აგეგმვის ადგილიდან განივად გაწელილი, შედარებით ვიწრო ზოლის აგეგმვის საფუძველად შეიძლება გამოვიყენოთ დაკიდებული სვლა (ნახ. V.4., ე), ანუ დასწყისში ძირითად ქსელზე დაყრდნობილი თეოდოლიტური (ტაქსომეტრიული) სვლა, გვერდების რაოდენობით არა უმეტეს სამისა.

დაკიდებული სვლის მიზმას აგეგმვის ძირითად ქსელთან და მათი კუთხეების გაზომვას აწარმოებენ თეოდოლიტის სრული ილეთით, ხოლო გვერდების სიგრძეებს ლენტით ან მანძილმზომით, პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით. თუ ასაგეგმი ზოლის სიგანე აღემატება ლარტყაზე ანათვლის ორმაგ ზღვარს ($150 \times 2 = 300$)მ, მაშინ ძირითადი დაკიდებული სვლის გარდა დამატებით აგებენ განივ სვლებს.

დაკიდებული სვლები დასშვებია 1:1000 და 1:2000 მასშტაბის აგეგმვებისათვის. 1:500 მასშტაბისათვის უშვებენ მხოლოდ ერთი აგეგმვის წერტილის გამოტანას, არა უმეტეს 200 მ-ისა ძირითადი ქსელიდან.

ტაქსომეტრიული აგეგმვის საფუძველის შექმნისას პორიზონტალური კუთხეების გაზომვის ზღვრულ სიზუსტედ მიღებულია:

$$f_\beta = \pm 1,5' \sqrt{n}, \quad \text{V.1}$$

სადაც n - საფუძველში გაზომილი კუთხეების რაოდენობაა.

ამაღლებაში დასაშვებ შეუბმელობად ღებულობენ:

$$f_h = \pm 50\sqrt{L} \text{ მმ}, \quad \text{V.2}$$

სადაც L - ორმაგი ხანიველირო სვლის სიგრძეა, კმ-ში.

მანძილების განსაზღვრისას დასაშვებ შეუბმელობად ღებულობენ:

$$f_s = \pm \frac{\sum s}{2000} \text{ მ}, \quad \text{V.3}$$

სადაც $\sum s$ - თეოდოლიტური სვლის საერთო სიგრძეა.

ასაგეგმი ქსელის წერტილების დამაგრება თავიდან დასაშვებია ხის პალოებით (დარაჯულებით) ცენტრში ღურსმნით, რომელზეც ხდება თეოდოლიტის ცენტრირება $\pm 0,5$ სმ სიზუსტით. წერტილების ხანგრძლივი შენახვის აუცილებლობის შემთხვევაში

მათ ამაგრებენ სტანდარტული ხის ან რკინა-ბეტონის ბოძებით. დარაჯულებისა და დამაგრების ბოძების სწორ მხარეზე აწერენ აგეგმვის შემსრულებელი ორგანიზაციის შემოკლებულ სახელწოდებას, წერტილის ნომერსა და აგეგმვის თარიღს.

აგეგმვის ქსელის მიკროტრიანგულაციის გზით შექმნის შემთხვევაში წერტილების დამაგრება მიზანშეწონილია მიწაში მეტალის მიღების ნაჭრების ჩასობით. მათში სარების ჩაყენება გამორიცხავს ამ უკანასკნელის გადატანას აგეგმვის ერთი წერტილიდან მეორეზე გადასვლისას.

V.4.4. ტაქომეტრიული აბეზისის შესრულება

ადგილზე ტაქომეტრიული აგეგმვის გეგმიურ-სიმაღლური საფუძვლის შექმნის შემდეგ იწყებენ სიტუაციისა და რელიეფის ელემენტების აგეგმვას, რომელიც მოიცავს ადგილმდებარეობის ასაგეგმი უბნის პიკეტების გეგმიური და სიმაღლური კოორდინატების განსაზღვრას.

იმ პიკეტებს, რომლებიც გამიზნულია მხოლოდ სიტუაციის ელემენტების განსაზღვრისათვის ეწოდება *კონტურული* ან *სიტუაციური*, ხოლო რელიეფის აგეგმვისათვის – *ოროგრაფიული*. სამუშაოს დაწყების წინ ადგილმდებარეობის დეტალური დათვალიერება ხელს შეუწყობს ტერიტორიის გამოტოვების გარეშე აგეგმვასა და პიკეტებით თანაბრად დაფარვას. დათვალიერებისას განსაზღვრავენ რელიეფის ხასიათსა და სტრუქტურას, ადგილზე მონიშნავენ ასაგეგმი პიკეტებს მდებარეობას რელიეფის ყველა ოროგრაფიულ ხაზებსა და წერტილებზე. აგეგმვის წერტილიდან ასაგეგმი პიკეტების რაოდენობა დამოკიდებულია ადგილის რელიეფზე, სიტუაციის თავისებურებებზე, ხედვის ხარისხზე და აგეგმვის მასშტაბზე. წერტილებს ირჩევენ იმდაგვარად, რომ ტოპოგრაფიულ გეგაზე შესაძლებელი იყოს რელიეფისა და სიტუაციის ცალსახად გამოსახვა: ამაღლების მწვერვალები და ძირი, წყალგამყოფები, ფერდობების გადაღუნვები, ტერასები, ქვაბულები, ტალღეები და ხრამები, უნაგირები, ფლატეები, მდინარეების, დელეების, ტბორების, ტბების, წყალსაცავების ნაპირების მოხაზულობები, სავარგულების, ჭაობების საზღვრები, გზები მიწაყრილების ძირითადი ელემენტებით, კავშირგაბმულობისა და ელექტროგადაცემის ხაზები, მიწისქვეშა კომუნიკაციები, დასახლებული პუნქტების საზღვრების მოხაზულობები, ცალკე მდგომი შენობები და ნაგებობები, ბაღები და ადგილის სხვა წერილობითი.

ადგილმდებარეობის დაწვრილებითი აგეგმვის ძირითადი ხერხია *პოლარული*. ყველაზე ხშირად გამოიყენება წერტილების პარალელურ რიგებად შემოვლა. აგეგმვა შეიძლება ვაწარმოთ ტაქომეტრიული სვლის დაგებისას ან ცალკე. აგეგმვის წერტილზე სამუშაოს წარმოების მიმდინარეობა დამოკიდებულია აგეგმვის ხელსაწყოთა და გამოყენებულ ტექნოლოგიაზე. იმ შემთხვევაში, როცა აგეგმვა ხდება თეოდოლიტით ტაქომეტრიული სვლის დაგების პარალელურად, სამუშაოს თანმიმდევრობა შემდეგია:

1. თეოდოლიტს აყენებენ წერტილზე, მოყავთ მუშა მდგომარეობაში და ზომავენ მის სიმაღლეს 1სმ-ს სიზუსტით.

2. ჰორიზონტალურ წრეზე ზომავენ კუთხეს სვლის გვერდებს შორის, მანძილს მანძილმზომით უკანა და წინა წერტილამდე (აგეგმვის წერტილის მიმართ) და დახრის კუთხეს თეოდოლიტის ვერტიკალურ წრედზე.

3. ახდენენ თეოდოლიტის ჰორიზონტალური წრის ორიენტირებას სვლის ერთ-ერთი წერტილის (უკანა ან წინა) მიმართ. ამისათვის აყენებენ ჰორიზონტალურ წრედზე ნულთან ახლო ანათვალს (სამხერი მილის მცმდგომარეობისას), ამაგრებენ აღიდადას ლიმბთან და უმიზნებენ სვლის ერთ-ერთი წერტილს.

4. ტოვებენ ლიმბს ჩაკეტილ მდგომარეობაში სამუშაოს დამთავრებამდე, ახორციელებენ ხელსაწყოთა დგომის წერტილიდან ადგილმდებარეობის აგეგმვას შემდეგი თანმიმდევრობით: უმიზნებენ სამხერ მილს ლარტყას, რომელსაც აყენებენ ყველა პიკეტზე თანმიმდევრულად (დამზირების წერტილი უნდა იყოს ისტრუმენტის სიმაღლის დონეზე) და იღებენ ანათვალს ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ წრედზე. პიკეტამდე მანძილის თეოდოლიტის მანძილმზომით განსაზღვრას აადვილებს ძაფთა ბადის ზედა ხაზის შეთავსება რომელიმე დეციმეტრიან დანაყოფთან (მაგ. 16); სხვაობა მასა და ლარტყაზე ქვედა ხაზის მდებარეობით დაფიქსირებულ ანათვალს შორის გამრავლებული მანძილმზომის კოეფიციენტზე იქნება საძებნი მანძილი.

თუ აგეგმვა სრულდება ტაქომეტრიული სვლის დაგების შემდეგ, მაშინ თეოდოლიტის ცენტრირება სვლის წერტილზე ხდება არაუმეტეს 10 სმ სიზუსტით, რომლის შემდეგ ხელსაწყო მოყავთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და გააორიენტირებენ ასაგეგმი ქსელის წერტილის მიმართულებით (როგორც წესი სვლის უკანა წვეროზე); აგეგმვას აწარმოებენ სამზერი მილის მდგომარეობით – მცწ.

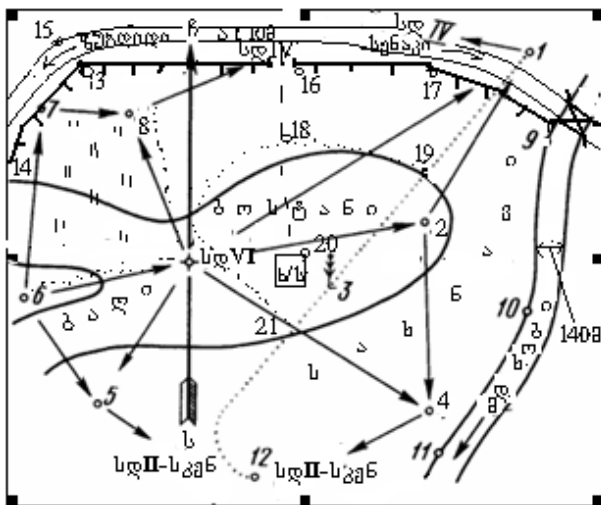
სმუშაოს დამთავრების შემდეგ აგეგმვის წერტილზე ამოწმებენ ხელსაწყოს ორიენტირებას, ორიენტირების წერტილზე სამზერი მილის ხელახლა დამიზნების გზით და იღებენ საკონტროლო ანათვალს ჰორიზონტალურ წრედზე. ორიენტირების ცვლილება მოცემულ წერტილზე არ უნდა აღემატებოდეს 5მ.

ადგილმდებარეობის ნომოგრამული ტაქომეტრით აგეგმვისას ხელსაწყოს აგეგმვის წერტილზე დაყენებისა და ჰორიზონტალური წრის გაორიენტირების შემდეგ ტაქომეტრის სამზერ მილს უმიზნებენ ლარტყას ისე, რომ ვერტიკალური ძაფი შეუთავსდეს ლარტყის ღერძს, საწყისი (მომნიშვნელი) მრუდი შეთავსებული უნდა იყოს ლარტყის ნულის ან ლარტყის საფუძვლიდან i -ს (ინსტრუმენტის სიმაღლე) სიმაღლეზე მდებარე წერტილის გამოსახულებასთან (იხ. X.1).

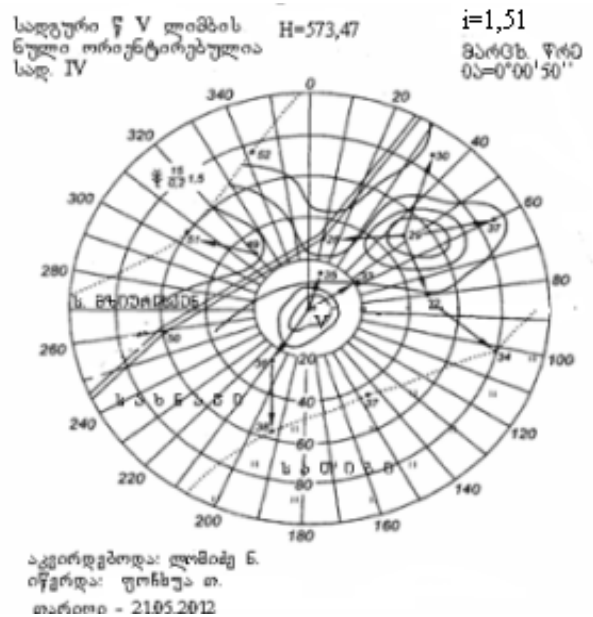
თუ ტაქომეტრი კომპენსატორის გარეშეა, მაშინ ვერტიკალურ წრედთან მდებარე თარახოს ბუშტულა მოყავთ ნულ პუნქტში მიმმართველი მოწყობილობის ხრახნის დახმარებით და განსაზღვრავენ ნომოგრამის მრუდეებით ჰორიზონტალურ ქვედღებულსა და ამაღლებას.

პიკეტების აგეგმვისას აგეგმვის წერტილიდან პიკეტამდე და პიკეტებს შორის მაქსიმალურად დასაშვები მანძილების სიგრძე დამოკიდებულია აგეგმვის მასშტაბსა და რელიეფის კვეთის სიმაღლეზე (ცხრ.V.2).

გაზომვების შედეგები შეაქვთ ტაქომეტრიული აგეგმვის ჟურნალში. ჟურნალის წარმოებისას, თეოდოლიტთან მუშაობის პროცესში, ახდენენ ვერტიკალური წრის ნულის ადგილის, დახრის კუთხეების და ა. შ. გამოთვლას. ჟურნალში მონაცემთა ჩანაწერების გაკეთების პარალელურად ყოველი საღურისათვის აწარმოებენ მონახაზს (აბრისს) – სქემატურ ნახაზს, რომელზეც დატანილი აგეგმვისა და ასაგეგმი წერტილების გარდა შესაბამისი ნიშნებით თვალზომით ჩახატავენ ასაგეგმ სიტუაციას, ხოლო რელიეფის ჩონჩხს პუქტირით, პიკეტებს შორის ფერდობების მიმართულების ჩვენებით. თეოდოლიტური აგეგმვის მონახაზისაგან განსხვავებით ამ შემთხვევაში არავითარ ზომებს არ მიუთითებენ (სამუშაოს წარმოების სინქარიდან გამომდინარე), მაგრამ აუცილებლად სვამენ წერტილების ნომრებს.



ნახ. V. 5. ტაქომეტრიული აგეგმვის მონახაზი



ნახ. V. 6. ტაქომეტრიული აგეგმვის მონახაზი სპეციალურ ბლანკზე

მონახაზის გაკეთება ადვილია ქაღალდზე კონცეპტირებული წრეხაზებითა (მაგ. ყოველ 0,5სმ.) და რადიუსებით (ერთმანეთს შორის 10&კუთხეებით) (ნახ. V.6). მომზადებულ ბადეზე დააქვთ აგეგმვის წერტილის მდებარეობა (ფურცლის შუაში) და ყველა ასაგეგმი პიკეტი, მათი ნომრების მითითებით.

მონახაზი ტაქომეტრიული აგეგმვის მნიშვნელოვანი ელემენტია, რამდენადაც ტოპოგრაფიული გეგმის კამერალური მომზადებისას ადგილმდებარეობის რელიეფისა და სიტუაციის აღდგენის საშუალებას იძლევა.

„karti“-ს ტიპის მაგიდეიანი ტახომეტრების TAH, TA და TB გამოყენებისას მონახაზის გაკეთებისა და ჟურნალში გაზომვების შედეგების ჩაწერა აუცილებელი არ არის, რადგანაც ადგილმდებარეობის ცალკეული უბნები უშუალოდ ადგილზე იგეგმება. ასეთი უბნების ზომები მასშტაბში, არ უნდა იყოს სახაზავი მაგიდების ზომებზე მეტი.

ტოპოგრაფიული გეგმებისა და აცმ-ს შედგენა ხდება ერთი და იგივე სახელმწიფო ან პირობით კოორდინატთა სისტემაში. მცირე უბნების გეგმები, თუ ამ უბანზე არ დგება აცმ, დასაშვებია გამოიხაზოს კოორდინატთა ბადის გარეშე.

V.4.5 კამერალური სამუშაოები

ტაქომეტრიული აგეგმვის საველე მასალების კამერალურ დამუშავებას აწარმოებენ განსაზღვრული თანმიმდევრობით, შემდეგ ეტაპებად:

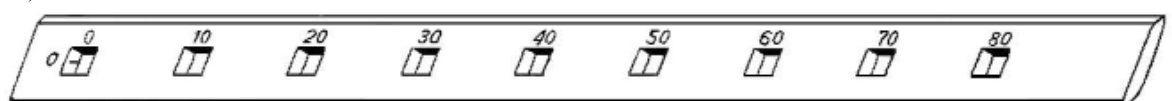
1. ტაქომეტრიული აგეგმვის ჟურნალების დამუშავება;
2. აგეგმვის ქსელის სქემის შედგენა;
3. აგეგმვის ქსელის წერტილების კოორდინატების გამოთვლა;
4. აგეგმვის ქსელის წერტილების სიმაღლეების გამოთვლა;
5. დოკუმენტაციის შედგენა;
6. ტოპოგრაფიული გეგმის მომზადება;
7. გეგმის შემოწმება და კორექტირება;

8. ადგილმდებარეობის ციფრული მოდელის (აცმ) შესაქმნელად მონაცემთა მომზადება და საბაზო კომპიუტერის მახსოვრობაში ჩაწერა;

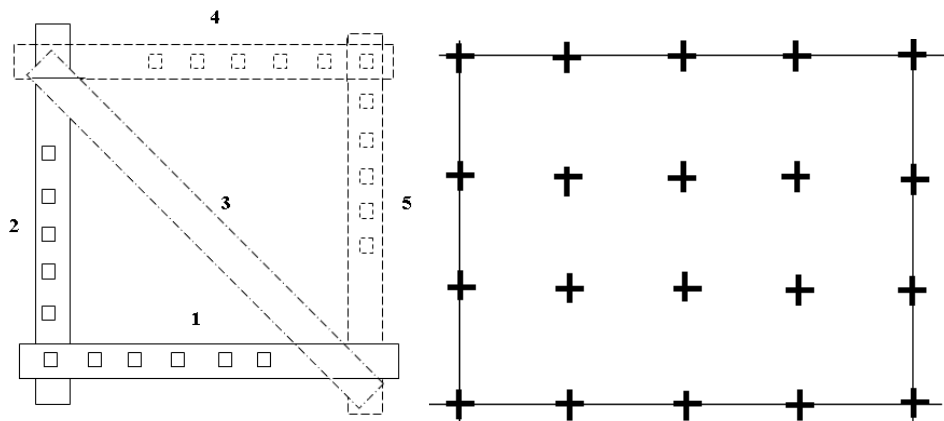
ტაქომეტრიული აგეგმვის მაღალი ნაყოფიერების გამო ყოველ სამუშაო დღეს ადგილმდებარეობის შესახებ გროვდება ინფორმაციის დიდი რაოდენობა, ამიტომ ყოველდღიურად საველე სამუშაოების წარმოების ადგილიდან დაბრუნებისას, ამგეგმავი ამუშავებს ტაქომეტრიული აგეგმვის ჟურნალს, მოყავს წესრიგში ყველა ჩანაწერი და ჩანახაზი, საპიკეტაჟო ჟურნალის მონაცემების საფუძველზე ამოწმებს აგეგმვის საფუძვლის ტრასასთან მიბმის შესაბამისობას, ამოწერს ნიველირების ჟურნალიდან მიბმისა და აგეგმვის წერტილების სიმაღლეებს, ადარებს ჩანაწერებს მონახაზთან. საველე მასალების კამერალურ დამუშავებაში შედის ასევე აგეგმვის წერტილებისა და საღარტყო პიკეტებამდე მანძილების, ამაღლებებისა და სიმაღლეების დაანგარიშება.

გრაფიკულ სამუშაოებს ამგეგმავი იწყებს სტანდარტულ სახაზავ ქაღალდზე დრობიშევის [დრობიშევი დ.ფ. (1894-1986) რუსი გამომგონებელი და მეცნიერი] სახაზავის (ნახ. V.7, ა) დახმარებით საკოორდინატო ბადის დატანით (ნახ.V.7, ბ). სამუშაოს შემდეგ ეტაპზე კოორდინატოგრაფის ან მასშტაბური განივი სახაზავის დახმარებით კოორდინატებით დააქვს ასევე საფუძვლის ყველა წერტილი, რომელსაც ამაგრებენ ტუშით, მარჯვნივ წილადის სახით მიუწერენ რიგით ნომერს, რომაული ციფრებით (მრიცხველში) და სიმაღლეს სანტიმეტრის სიზუსტით (მნიშვნელში). გეგმაზე ამგვარად მოწესრიგებული აგეგმვის წერტილებზე დაყრდნობით ხდება საპიკეტო წერტილების დატანა პოლარული ხერხით, ტრანსპორტირისა და მასშტაბური სახაზავის დახმარებით.

ა)



ბ)



ნახ.V. 7. სახაზავი ქალაქის დაგრაფის სქემა დრობიშევის სახაზავის დახმარებით

ადგილმდებარეობის საგნები და კონტურების მახასიათებელი წერტილები გეგმაზე დააქვთ მონახაზის (აბრისის) გამოყენებით. რადგანაც საგნებისა და კონტურების უმრავლესობა ტაქეომეტრიული აგეგმვისას პოლარული ხერხით იგეგმებოდა, საღარტყო პიკეტების გეგმაზე დატანის მიხედვით, შესაბამის წერტილებს აერთებენ ხაზებით, რითაც წარმოქმნიან სავარგულების საზღვრებს, რომლებსაც აღნიშნავენ პირობითი ნიშნებით. ცალკეული საგნები ან კონტურები შეიძლება აიგეგმოს სხვა ხერხებითაც (მაგალითად, მართკუთხა კოორდინატების, კუთხური გადაკვეთების, პერპენდიკულარების და სხვ.).

კოორდინატების ხერხით აგეგმილი წერტილების დატანისას გამოიყენება სწორი და სამკუთხა სახაზავი, ამასთან შესაბამისი მონაკვეთები გადაიზომება ცირკულმზომით, გეგმის მასშტაბში. ასე მაგალითად, თუ აგეგმილია მდინარის მარჯვენა ნაპირი და მონახაზში მითითებულია მისი სიფართო, მარცხენა ნაპირის დასატანად მარჯვენა ნაპირის კონტურის მახასიათებელ წერტილებზე აღმართული პერპენდიკულარების მიმართულებით გადაზომავენ მდინარის სიფართოს მასშტაბში (ნახ.V.1, ა). ამგვარად მიღებული წერტილების თანმიმდევრული შეერთება მოგვცემს მდინარის მარცხენა ნაპირს. კუთხური გადაკვეთების ხერხით გადაღებული კონტური გეგმაზე გადააქვთ ტრანსპორტირისა და სახაზავის დახმარებით. კუთხეებს გადაზომავენ იგივე საყრდენი ხაზებიდან, საიდანაც ისინი გაიზომა აგეგმვისას. მაგალითად, ცხრ.V.3-ში მოცემულია ცალკე მდგარი ხის (წერტილი ბ) ამ ხერხით აგეგმვის შედეგები.

ცხრ.V.3.

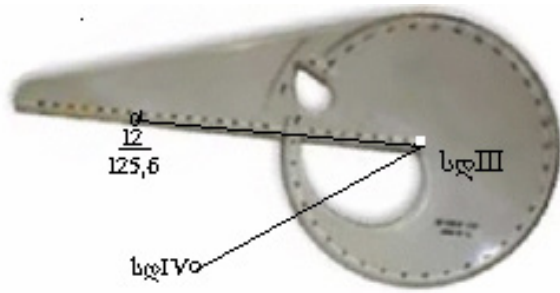
№	ხელსაწყოს დგომის წერტილი	დაკვირვების წერტილი	ანათვალის პორიზონტალურ წრეზე
1	IV	ა	291° 21'
	V	ა	47° 35'

იმისათვის, რომ დავიტანოთ ა წერტილი გეგმაზე, ტრანსპორტირის ცენტრი უნდა შევუთავსოთ IV წერტილს ისე, რომ იგი გაორიენტირდეს IV-V ხაზზე (ამისათვის ტრანსპორტირის

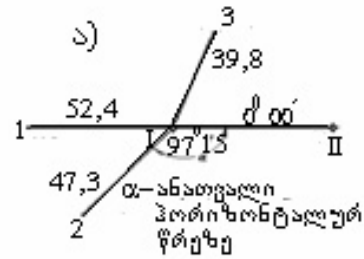
ნულოვან შტრისს შევუთავსებთ ხაზს), გადავზომოთ საათის ისრის მიმართულებით კუთხე 291° 21' და გავატაროთ სხივი. შემდეგ ტრანსპორტირი შევუთავსოთ V წერტილს, V-IV ხაზზე გაორიენტირების შემდეგ საათის ისრის მიმართულებით გადავზომოთ კუთხე – 47° 35' და გავავლოთ მეორე სხივი, რომლის გადაკვეთა პირველთან მოგვცემს საძებნ ბ წერტილს.

წერტილების დატანას აჩქარებს გამჭვირვალე ცელულოიდისაგან დამზადებული სპეციალური ტაქეომეტრიული ტრანსპორტირის (ტაქეოგრაფის) გამოყენება, რომელიც გრადუირებულია საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით 30' დანაყოფის ფასით (ნახ.V.8).

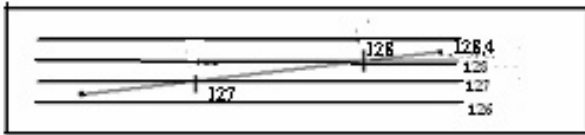
ტაქეოგრაფის ცენტრს ნემსის დახმარებით ამარტებენ გეგმაზე დატანილ აგეგმვის წერტილზე და ორიენტირის ხაზს უთავსებენ საღარტყო წერტილზე ლიბბის ანათვალს. ამ მდგომარეობაში გრადუსული წრედის ნული უჩვენებს მიმართულებას საღარტყო წერტილისაკენ, ხოლო წრესთან შეერთებული მასშტაბური სახაზავი მოგვცემს მანძილს წერტილამდე შესაბამის მასშტაბში.



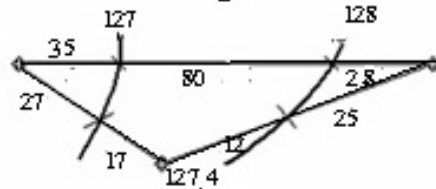
ნახ.V.8 ტაქეომეტრიული ტრანსპორტირი (ტახეოგრაფი)



ბ)



გ)



ნახ. V. 9. ჰორიზონტალების გრაფიკული ინტერპოლირება. ა - სალარტყო წერტილის დატანა გეგმაზე ბ - სიმაღლეების ინტერპოლირება პალეტის დახმარებით; გ- მეზობელი წერტილები გეგმაზე;

სალარტყო წერტილებს აღნიშნავენ ფანქრით. გვერდზე წილადის სახით მიუწერენ ნომერს არაბული ციფრებით მრიცხველში) და წერტილის სიმაღლეს (მნიშვნელში) 1 დც-მდე (1:500-1:2000 მასშტაბებისთვის 1სმ-მდე) დამრგვალებით. ერთდროულად მონახაზისა და ტაქეომეტრიული ჟურნალის ჩანაწერების დახმარებით ნახაზზე დააქვთ სიტუაცია, ხაზავენ ჰორიზონტალებს. ამგვარად მიღებულ გეგმას ეწოდება *გეგმა რიცხვით ნიშნულებში*. სალარტყო წერტილების დატანასთან ერთად აუცილებელია მონახაზზე მათი მდებარეობის შემოწმება. მონახაზის გამოყენებით გეგმაზე ატარებენ ფერდობების მიმართულებას, რომლის მიხედვით შემდეგ უნდა მოხდეს ჰორიზონტალების ინტერპოლირება. ხაზების გატარება საჭიროა წვრილად წათილი რბილი ფანქრით, რადგან შემდეგში ისინი უნდა წაიშალოს. ნახ.V.9, ა-ზე მოცემულია ანათვალის ჰორიზონტალურ წრედზე, აგეგმვის №1 წერტილიდან №2 სალარტყო წერტილის მიმართულებით - $97^{\circ}15'$, ჰორიზონტალური მანძილი 47,3 მ, სიმაღლე - 189,3 მ.

ყველა სალარტყო წერტილის დატანის შემდეგ იწყებენ რელიეფის გამოხაზვას. წინასწარ, მონახაზის გამოყენებით, მკრთალი პუნქტრით მონიშნავენ რელიეფის ძირითად ხაზებს და ფერდობების მიმართულებით აერთებენ წერტილებს, რომელთა შორის მოხდება სიმაღლეების ინტერპოლირება. ჰორიზონტალების გამოხაზვისას დამუშავებული უნდა იყოს რელიეფის ყველა თავისებურება: მწვერვალები, უნაგირები, ქვაბულები, ფერდობები, ქედები, ხეების ძირები, წყალგამყოფები და ფლატეები.

თუ წარმოიშობა ადგილმდებარეობის ცალკეული უბნების რელიეფის უფრო დაწვრილებით გამოსახვის აუცილებლობა, მაშინ პუნქტრით დააქვთ ნახევარჰორიზონტალები. ყოველი მეხუთე ჰორიზონტალი დააქვთ გაორმაგებული სისქის ხაზებით და მიაწერენ მის სიმაღლეს მთლიან მეტრებში.

გეგმაზე ადგილმდებარეობის რელიეფის ჰორიზონტალებით გამოსახვისას მათი მდებარეობა ცნობილ სიმაღლეებიან წერტილებს შორის შეიძლება განესაზღვროთ თვალდათვალ ან ინტერპოლირების გზით, ანალიტიკური ან გრაფიკული ხერხით.

გრაფიკული ხერხით ჰორიზონტალების ინტერპოლირებისას გამოიყენება პალეტი - დაახლოებით 6-12 სმ ზომის კალკის (გამჭვირვალე ქაღალდის) ფურცელი, რომელზეც ფანქრით ან ტუშით ერთმანეთისაგან ტოლ მანძილებზე დატანილია პარალელური ხაზები (ნახ. V.9, ბ). პალეტის ხაზებს შორის მანძილს არჩევენ მასშტაბისა და ფერდობების დახრის მიხედვით (როგორც წესი ის 5 მილიმეტრის ტოლია).

პალეტის გამოყენება ხდება შემდეგნაირად: მას გეგმაზე ადებენ იმგვარად, რომ ერთ-ერთი წერტილი შეუთავსდეს პალეტის შესაბამის სიმაღლეს;

პალეტს ატრიალებენ ამ წერტილის გარშემო მანამ სანამ არ შეუთავსდება მეორე წერტილი პალეტის შესატყვის სიმაღლეს.

პალეტის შესაბამისი ხაზების გადაკვეთა საღარტეო წერტილების შემაერთებელ ხაზთან მოგვცემს იმ წერტილების მდებარეობას, რომელზეც უნდა გაიარონ შესაბამისმა ჰორიზონტალებმა. შემდეგ გადადიან მომდევნო მეზობელ წერტილებს შორის ინტერპოლირებაზე და ასე შემდეგ. ტოლი სიმაღლეების მქონე წერტილებს ერთმანეთთან აერთებენ გლუვი მრუდით და ღებულობენ ჰორიზონტალებს.

ჰორიზონტალების გამოსახვის დამთავრებისა და სიტუაციის დატანის შემდეგ გეგმა მიზანშეწონილია შედარდეს ადგილმდებარეობასთან და აუცილებლობის შემთხვევაში მოხდეს მისი კორექტირება. მხოლოდ ამის შემდეგ გეგმას ამაგრებენ ტუშით. ტოპოგრაფიულ გეგმას გამოსახავენ მიღებული პირობითი აღნიშვნებით, ამასთან აუცილებლად მიუთითებენ მასშტაბსა და რელიეფის კვეთის სიმაღლეს.

ტოპოგრაფიული გეგმების ორიენტირებას ახდენენ ქვეყნის მხარეების მიმართ (ჩ - ხემოთ, ა - მარჯვნივ).

V.4.6. ელექტრონული ტაქომეტრიული აგეგმვა

ბოლო წლებში სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგში მშენებლობის ობიექტების სისტემური ავტომატიზირებული პროექტირების (საპრ-ის დონე) ხარისხობრივად ახალ ტექნოლოგიასა და მეთოდებზე მასიურად გადასვლამ განსაზღვრა საძიებო სამუშაოების ტექნოლოგიის ძირფესვიანი ცვლილებაც, პროექტების დასამუშავებლად საველე პირობებში შეგროვებული საძიებო ინფორმაციის მოცულობის მრავალჯერადი გაზრდით. ამასთან დაკავშირებით დღის წესრიგში ძალზე მწვავედ დადგა საველე საძიებო სამუშაოების ნაყოფიერების ზრდის პრობლემა, რომლის გადაწყვეტის ერთ-ერთი მიმართულებაა ტაქომეტრიული აგეგმვების პროცესისა და საველე გაზომვების მასალების დამუშავების მაქსიმალური ავტომატიზირება, საველე ჟურნალების დამუშავებიდან დაწყებული, აცმ-ს ავტომატური და ტოპოგრაფიული გეგმების გრაფომეგებებზე მომზადებით დამთავრებული.

ტაქომეტრიული აგეგმვების პროცესის ავტომატიზირების უზრუნველყოფა პრაქტიკაში ელექტრონული ტაქომეტრიის მეთოდების: მახსოვრობით უზრუნველყოფილი ელექტრონული ტაქომეტრების, რომელიც ადგილმდებარეობის 3000-ზე მეტი



ნახ. V. 10. ელექტრონული ტაქომეტრიული აგეგმვა

წერტილიდან ინფორმაციის დაფიქსირების საშუალებას იძლევა (SET5F-32M2RUS-ის ტიპის) და ინფორმაციის ელექტრომაგნიტურ მატარებლებზე დამგროვებლიანი ელექტრონული ტაქომეტრების – ელექტრონული საველე ჟურნალების (SDR33-ის ტიპის 4 Mb-მდე მასსოვრობის მოცულობით) დანერგვით ხდება.

ასეთი ტიპის ხელსაწყოების გამოყენება საშუალებას იძლევა გამოირიცხოს ოპტიკური ან ნომოგრამული თეოდოლიტის გამოყენებით ჩატარებული ჩვეულებრივი ტაქომეტრიული აგეგმვებისათვის დამახასიათებელი ყველა შუალედური ოპერაციები (ანათვლების წაკითხვა, საველე ტაქომეტრულ ჟურნალებში ჩაწერა, საველე ჟურნალების დამუშავება, ტოპოგრაფიული გეგმების ხელით მომზადება, აცმ-ს შედგენისას გეგმების დიგიტალიზაცია), რომლებიც არამარტო მკვეთრად ამცირებენ შრომის ნაყოფიერებას, არამედ იწვევენ გარკვეული რაოდენობის უხემ შეცდომებსა და გადაცდენებს ე. ი. საბოლოო პროდუქციის ხარისხის დაქვეითებას.

ელექტრონული ტაქომეტრიული აგეგმვებისას გამოიყენება ჩვეულებრივი ტაქომეტრიული აგეგმვების წესები, თუმცა ახლავს ზოგიერთი სპეციფიური თავისებურებები.

იმის გამო, რომ თანამედროვე ელექტრონული ტაქომეტრები 1,5-5 კმ-მდე ჰორიზონტალური მანძილის 5 მმ±3ppm საშუალო კვადრატული ცდომილებით, ხოლო ჰორიზონტალური კუთხეების 4-6" სიზუსტით გაზომვის საშუალებას იძლევიან, არ არის აუცილებელი აგეგმვების გეგმიურ-სიმაღლური საფუძვლის შექმნისას აგეგმვის წერტილების ხშირი განთავსება. ყველაფერი ეს უზრუნველყოფს ადგილის წერტილების გეგ-მიური და სიმაღლური კოორდინატების განსაზღვრის აუცილებელ სიზუსტეს, აგეგმვის ქსელის პუნქტების 500 მ-ზე მეტი ინტერვალით დაგებისას. აქედან გამომდინარე, ელექტრონული ტაქომეტრიული აგეგმვის საფუძვლის დაგებასა და მათ რიცხვს პირველ რიგში ასაგეგმი ადგილის მიმოხილვის პირობები განსაზღვრავს.

ელექტრონული ტაქომეტრიული აგეგმვის საფუძველს ქმნიან თეოდოლიტური სფლებისა და შეკრული პოლიგონების სახით (ელექტრონული ტაქომეტრების დახმარებით). ამასთან, აგეგმვის დიდ ფართობზე ჩატარებისას სიმაღლურ საფუძველს ქმნიან ნიველირის დახმარებით.

აგეგმვის გეგმიურ-სიმაღლური საფუძვლის მიზმას სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პუნქტებთან ახორციელებენ ელექტრონული ტაქომეტრის დახმარებით, პირდაპირი ან შებრუნებული გეოდეზიური გადაკვეთებით.

აგეგმვის წერტილზე ოპერაციები შემდეგი თანმიმდევრობით სრულდება:

1. ელექტრონულ ტაქომეტრს აყენებენ წერტილზე და ახდენენ მის ცენტრირებას;
2. ჰორიზონტალური წრედის ცილინდრული თარაზოს დახმარებით მოყავთ ხელსაწყო მუშა მდგომარეობაში;

3. აკუმულატორის ბატარეის დახმარებით რთავენ ხელსაწყოს;

4. აყენებენ საყრდენ ვერტიკალურ მიმართულებას (ზენიტის ადგილს) და ახდენენ ხელსაწყოს ორიენტირებას ერთი და იგივე წერტილზე ვერტიკალური წრის ორი მც და მწ მდგომარეობისას, ორივეჯერ მართვის პანელის დილაკებზე „Z“ და „ანათვალი“ დაჭერით;

5. აყენებენ საყრდენ ჰორიზონტალურ მიმართულებას (ხელსაწყოს ორიენტირება) ვერტიკალური წრის ორი მც და მწ მდგომარეობისას, ორივეჯერ მართვის პანელის დილაკებზე „β“ და „ანათვალი“ დაჭერით;

6. ტაქომეტრის მასსოვრობაში შეყავთ: H_0 - ასაგეგმი წერტილის სიმაღლე A_0 - საყრდენი მიმართულების აზიმუტი (დირექციული კუთხე), X_0, Y_0 - ასაგეგმი წერტილის კოორდინატები, K_{II} - ტემპერატურისა და ატმოსფერული წნევის მხედველობაში მიმღები კოეფიციენტი, $(i-l)$ - სხვაობა ხელსაწყოს სიმაღლესა და ამრეკლავს შორის, როცა ტელესკოპური სარის სიმაღლე არ უდრის ხელსაწყოს სიმაღლეს. ჩვეულებრივად ტაქომეტრიული სარის ამრეკლავის l სიმაღლეს ღებულობენ ხელსაწყოს i სიმაღლის ტოლს.

7. საღარტყო წერტილების აგეგმვას აწარმოებენ ჩვეულებრივი წესით, ღარტყის ადგილას ერთამრეკლავიანი ტელესკოპური სარის გამოყენებით. ადგილის დაწერილობით აგეგმვის მსვლელობისას აწარმოებენ სემანტიკური ინფორმაციის კოდირებას.

8. გეგმიურ-სიმაღლური საფუძვლის შექმნასა და მის მიზმას სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის პუნქტებთან ასორციელებენ რეჟიმში ტაქომეტრით „სრული თანმიმდევრული გაზომვა“. სალარტყო წერტილების აგეგმვას ასრულებენ „თვალთვალი“-ის რეჟიმში.

საველე გაზომვების მონაცემთა ექსპორტს საველე ან საბაზო კომპიუტერის მას-სოვრობაში და მათ შემდგომ დამუშავებას ასორციელებენ შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით.

V.4.7. აბგეგმვის მასალების დამუშავების ავტომატიზაცია

ელექტრონული ტაქომეტრები საზომი ტექნიკის ძალზე ძვირადღირებული სახეა (მათი ფასი რამდენჯერმე აღემატება თანამედროვე ოპტიკური თეოდოლიტებისას), ამიტომ ისინი ყველა მომხმარებლისათვის როდია მისაწვდომი. ამასთან დაკავშირებით ტრადიციული ტაქომეტრიული აგეგმვების მასალების ავტომატიზირებული დამუშავების პრობლემა დღეისთვისაც აქტუალური რჩება.

ეს პროცესი ოთხ ეტაპად იყოფა:

1. აგეგმვის საფუძვლის წერტილების კოორდინატებისა და სიმაღლეების გამოთვლა და გაწონასწორება;
2. სალარტყო წერტილების კოორდინატებისა და სიმაღლეების გამონგარიშება; $\Delta C\Delta$ -ს მომზადება;
3. ტოპოგრაფიული გეგმის გრაფომეგებზე მომზადება;

ტრადიციული ტაქომეტრიული აგეგმვების მასალების ავტომატიზირებული დამუშავების არსებული პროგრამები მოითხოვენ საწყისი მონაცემების შემდეგ ნაკრებს:

• N – აგეგმვის ქსელის მოხვევის კუთხეების რაოდენობა (სვლის საწყისი და საბოლოო წერტილების ჩათვლით, თუ სვლა გახსნილია);

• KU – აგეგმვის ქსელის გაზომილი კუთხეების ნიშანი ($KU=0$ – თუ გაზომილია სვლის მიმართ მარცხენივ მდებარე კუთხეები; $KU=1$ – თუ გაზომილია სვლის მიმართ მარჯვნივ მდებარე კუთხეები);

• KH – აგეგმვის ქსელის წერტილებს შორის ამაღლების განსაზღვრის მეთოდის ნიშანი ($KH = 0$ – ტრიგონომეტრიული ნიველირებისას; $KH = 1$ – ორმაგი გეომეტრიული ნიველირებისას; $KH = 1$ – ერთმაგი გეომეტრიული ნიველირებისას);

• $f_{დას}/P$ – აგეგმვის ქსელის დასაშვები ფარდობითი შეუბმელობა;

• $f_{ჩდას}$ – გეომეტრიული ნიველირების დასაშვები შეუბმელობა, მმ;

• M – ტოპოგრაფიული გეგმის ნახაზის მასშტაბის მნიშვნელი;

• D_k – გეგმის საკოორდინატო ბადის გვერდების სიგრძე, მ;

• $X_{\mathcal{X}} Y_{\mathcal{X}}$ – გეგმის საკოორდინატო ბადის ქვედა მარცხენა „ჯვრის“ მდებარეობა ნახაზის ფორმატის კოორდინატთა საწყისის მიმართ მმ-ში;

• K_v – ფორმატის სტროფის სიგრძის ჯერადობის კოეფიციენტი 297 მმ ზომასთან;

• K_G – ფორმატის გვერდის სიგრძის ჯერადობის კოეფიციენტი 210 მმ ზომასთან;

• N_F – ნახაზის ფორმატის ორიენტაციის ინდექსი (თუ ფორმატის 210 მმ ზომასთან ჯერადი გვერდი პარალელურია X ღერძთან, მაშინ $N_F = 1$; თუ X ღერძი პარალელურია 210 მმ ზომასთან ჯერადი ფორმატის გვერდის, მაშინ $N_F = 2$);

• L_p – აგეგმვის ქსელის სვლის პოლიგონალური გვერდის ხაზის ინდექსი (თუ $L_p \leq 0$, მაშინ აგეგმვის საფუძვლის წერტილების შემაერთებელი ხაზი არ გამოიხაზება);

• **DATAR** – გათვლის თარიღი;

• **OBJECT** – ობიექტის დასახელება;

• **LITER** – მაგისტრალური სვლის სახე;

• $X_1, Y_1, H_1, X_N, Y_N, H_N$ – საფუძვლის სვლის საწყისი და ბოლო წერტილების კოორდინატები;

• α_1, α_{N-1} – სვლის საწყისი და ბოლო გვერდების დირექციული კუთხეები;

- N_s – აგეგმვის წერტილების ნომრები;
- i_i – ხელსაწყო სიმაღლე I აგეგმვის წერტილზე;
- $0\alpha_i$ – ვერტიკალური წრედის ნულ-ადგილი;
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{N-2}$ – აგეგმვის საფუძვლის გაზომილი მარჯვენა (მარცხენა) ჰორიზონტალური კუთხეები;
- d_1, d_2, \dots, d_{N-2} – საფუძვლის წერტილებს შორის ჰორიზონტალური მანძილი;
- L_i – ძაფთა ბადის ჰორიზონტალური შტრიხის დამიზნების სიმაღლე;
- ν_i – აგეგმვის საფუძვლის წერტილებს შორის ვერტიკალური კუთხეები;
- k_{β} – საღარტეო წერტილების რაოდენობა, აგეგმილი აგეგმვის i წერტილიდან;
- h_i – ამადლება აგეგმვის წერტილებს შორის გეომეტრიული ნიველირებისას;
- $N_{\beta j}$ – საღარტეო წერტილების ნომრები;
- L_{ij} – ჰორიზონტალური მანძილი i საფუძვლის წერტილსა და j საღარტეო წერტილს შორის;
- β_{ij} – ანათვალა ჰორიზონტალურ წრედზე;
- ν_{ij} – ანათვალა ვერტიკალურ წრედზე;
- K_1, K_2, \dots, K_5 – წერტილების კოდური ნომრები (აღმ-ს წერტილების გაფორმებისათვის თეოდოლიტური სვლის მიმართ განივების სახით);
- A_1, A_2, A_3 – ასოთი ინფორმაციის მასივი (სულ არა უმეტეს 12 ასო) სიტუაციის აღსაწერად;

ტექნომეტრიული აგეგმვების მასალების ავტომატიზირებულ კომპიუტერულ დამუშავებას ასრულებენ შემდეგი თანმიმდევრობით:

1. საწყისი მონაცემების შეყვანა.
2. კუთხური სიდიდეების გადაყვანა გრადუსულიდან რადიანში.
3. გაზომილ ჰორიზონტალურ კუთხეებში კუთხური შეუბმელობის დაანგარიშება

$$f_{\beta} = \alpha_{N-1} - \alpha_1 + 180^\circ(n-1) - \sum \beta_i \quad KU=0\text{-სას};$$

$$f_{\beta} = \alpha_{N-1} - \alpha_1 + 180^\circ(n-1) - \sum \beta_i \quad KU=1\text{-სას}.$$

4. დასაშვები კუთხური შეუბმელობის დაანგარიშება

$$f_{\beta \text{ დას}} = 1,5\sqrt{n}, \text{ სადაც } n - \text{ აგეგმვის საფუძვლის კუთხეების რიცხვია};$$

5. თუ მიღებული კუთხური შეუბმელობა აღემატება დასაშვებს, მაშინ მონიტორის ეკრანზე გამოიტანება ცნობა ჰორიზონტალური კუთხეების გაზომვაში შეცდომის შესახებ ან საწყისი მონაცემების მომზადებაში.

6. ჰორიზონტალური კუთხეების შესწორებული მნიშვნელობების დაანგარიშება

$$f_{\beta \text{ შესწ}} = \beta_i - \frac{f_{\beta}}{n}.$$

7. აგეგმვის ქსელის დირექციული კუთხეების განსაზღვრა

$$\alpha_{i+1} = \alpha + \beta_i - 180^\circ \quad KU=0\text{-სას};$$

$$\alpha_{i+1} = \alpha - \beta_i + 180^\circ \quad KU=1\text{-სას}.$$

8. აგეგმვის საფუძვლის გვერდების კოორდინატთა ნაზრდების გამოთვლა

$$\Delta X_i = d_i \cos \alpha_i;$$

$$\Delta Y_i = d_i \sin \alpha_i.$$

9. კოორდინატთა ნაზრდებში შეუბმელობათა გამოთვლა

$$f_{\Delta x} = \sum \Delta X_i - (X_N - X_1);$$

$$f_{\Delta y} = \sum \Delta Y_i - (Y_N - Y_1).$$

10. ჯამური შეუბმელობის დაანგარიშება

$$f = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2}.$$

11. თუ კორდინატა ნაზრდებში ფარდობითი შეუბმელობა აღმატება დასაშვებს

$$\frac{f}{\sum d_i} > f_{\text{დას}},$$

მაშინ მონიტორის ეკრანზე გამოიტანება ცნობა ხაზების სიგრძეების გაზომვებში ან საწყისი მონაცემების მომზადებაში დაშვებული ცდომილების შესახებ.

12. შესწორებების გამოთვლა კორდინატა ნაზრდებში

$$\Pi_{\Delta X_i} = -\frac{f_{\Delta X} d_i}{\sum d_i};$$

$$\Pi_{\Delta Y_i} = -\frac{f_{\Delta Y} d_i}{\sum d_i}.$$

13. შესწორებული კორდინატა ნაზრდების გამოთვლა

$$\Delta X_{\text{შესწი}} = \Delta X_i + \Pi_{\Delta X_i};$$

$$\Delta Y_{\text{შესწი}} = \Delta Y_i + \Pi_{\Delta Y_i}$$

14. აგეგმვის საფუძვლის წვეროების კორდინატების განსაზღვრა

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{\text{შესწი}};$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{\text{შესწი}}.$$

15. აგეგმვის საფუძვლის წერტილებს შორის ამადლებათა გამოთვლა პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით

$$h_i = d_i \operatorname{tg} \nu_i + i_i - l_i.$$

16. პირდაპირ და შებრუნებულ ამადლებათა შორის განსხვავების განსაზღვრა და $h_{\text{საშ}}$ საშუალო მნიშვნელობათა გამოთვლა.

17. თუ მიღებული განსხვავებები აღმატება სიდიდეს $\pm 0,04$ მ სვლის 100 მ-ზე, მაშინ ეკრანზე გამოდის ცნობა შეცდომის შესახებ.

18. აგეგმვის საფუძვლის წერტილებს შორის საშუალო ამადლებებში შეუბმელობის გამოთვლა

$$f_h = H_N - H_1 - \sum h_{\text{საშ}}.$$

19. დასაშვები შეუბმელობის გამოთვლა:

ტრიგონომეტრიული ნიველირებისას

$$f_{h \text{ დას}} = \frac{0,04 \sum d_i}{\sqrt{n-1}}, \text{ სმ};$$

გეომეტრიული ნიველირებისას

$$f_{h \text{ დას}} = 50 \sqrt{\sum d_i} (\text{კმ}), \text{ მმ}.$$

20. თუ მიღებული შეუბმელობა საშუალო აღმატებებში აღმოჩნდება დასაშვებზე მეტი ($f_h > f_{h \text{ დას}}$), მაშინ ეკრანზე გამოდის ცნობა შეცდომის შესახებ გაზომვებში ან საწყისი მონაცემებში.

21. საშუალო აღმატებებში შესწორებების გამოთვლა

$$\Pi_{h_i} = \frac{f_{h_i} d_i}{\sum d_i}.$$

22. შესწორებული აღმატებების გამოთვლა

$$h_{\text{შესწი}} = h_{\text{საშ}} + \Pi_{h_i}.$$

23. საფუძვლის აგეგმვის წერტილების სიმაღლეების გამოთვლა

$$H_{i+1} = H_1 + h_{\text{შესწი}}$$

24. სალარტყო წერტილების სივრცული კორდინატების დადგენა. გამოთვლა მიმდინაეობს ასაგეგმი საფუძვლის გაწონასწორებული დირექციული კუთხეების, სალარტყო წერტილებზე გაზომილი პორიზონტალური კუთხეების, მანძილმზომით გაზომილი მანძილებისა და დახრის კუთხეების საფუძველზე.

25. ადგილის ციფრული მოდელის (ბმმ)-ს ფორმირება.
26. ტოპოგრაფიული გეგმის გამოსახვა გრაფოამგებზე.

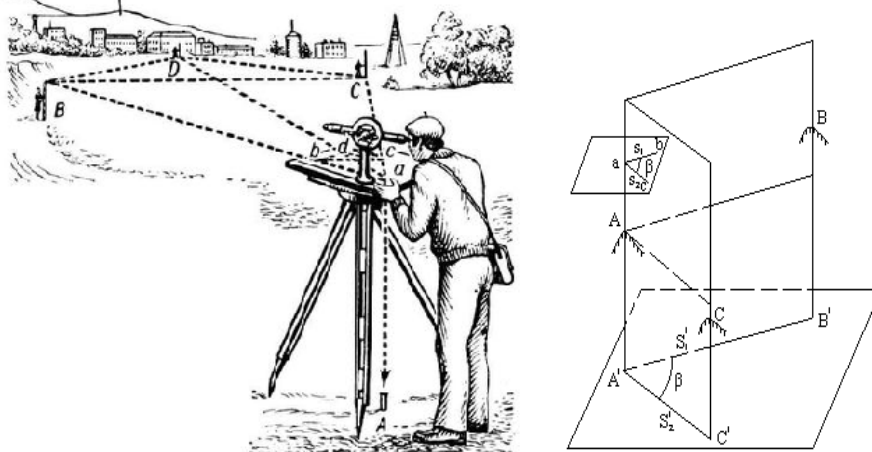
§V.5. მენზულური აბეზმვა

V.5.1. მენზულური აბეზმვის არსი

მენზულური აბეზმვა – ტოპოგრაფიული აბეზმვის სახეა, რომელიც სრულდება უშუალოდ საველე პირობებში მენზულის (მაგიდა სამფეხზე) და კიპრეგელის (გერ. Kippregel, kippen - გადაყრავება და Regel - სახაზავი) – ოპტიკურ-მექანიკური ხელსაწყოს გამოყენებით. ადგილზე ჰორიზონტალური კუთხეები არ იზომება, არამედ აიგება გრაფიკულად, ამიტომ მენზულურ აბეზმვას კუთხურ-მხაზველობითაც უწოდებენ. სიტუაციისა და რელიეფის აბეზმვისას მანძილს, როგორც წესი, მანძილმზომით ზომავენ, ხოლო ამაღლებას განსაზღვრავენ ტრიგონომეტრიული ნიველირებით. გეგმის უშუალოდ ველზე აგება საშუალებას იძლევა აბეზმვისას დაშვებული უხეში შეცდომები ადგილზევე გამოსწორდეს და მიღწეულიქნას ტოპოგრაფიულ გეგმასა და ადგილმდებარეობას შორის სრული შესატყვისობა.

მენზულური აბეზმვა გამოიყენება მცირე ზომის მქონე ფართობებზე 1:500 - 1:5000 მასშტაბებში, როდესაც ამ ადგილის აეროფოტოაბეზმვების მასალები არ არის ან მათი გამოყენება ეკონომიკურად მიზანშეუწონილია. მენზულური აბეზმვა წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ სამთო საქმეში ღია დამუშავების ადგილებში, დეტალური გეოლოგიური სადაზვერვო სამუშაოებისას, გაშიშვლებული სამთო ქანების ასაგებმად, სხვადასხვა სახის საწარმოო მოედნების აბეზმვისას და სხვა.

მენზულური აბეზმვის ღირსებებია – თვალსაჩინოება და გეგმის ადგილზე მიღება



ნახV. 11. გრაფიკული აგება პლანშეტზე მენზულური აბეზმვისას

უშუალოდ სამუშაოს წარმოებისას; მენზულური აბეზმვის პროცესში შესაძლებელია მისი შედეგების გაკონტროლება, ადგილმდებარეობასთან შედარების გზით. კონტურები და რელიეფი ამ სახის აბეზმვისას გამოსახება არა დაუსწრებლად, როგორც ტახეომეტრიისას, არამედ უშუალოდ ადგილზე, რაც საშუალებას აძლევს შემსრულებელს რაც შეიძლება ზუსტად გამოსახოს პლანშეტზე სიტუაციისა და რელიეფის თავისებურებები, ინსტრუმენტის ჩვენებების პირადი დაკვირვებებით შევსების გზით. მენზულის დახმარებით სიტუაციისა და რელიეფის ერთობლივი აბეზმვა განსაკუთრებით მიზანშეუწონილია მცირე ზომის უბნებზე და ადგილმდებარეობის რთულ პირობებში, როცა, მაგალითად, ადგილი გადატვირთულია კონტურებით ან ძლიერ არის გამოსატყული რელიეფი. უარყოფითი მხარეა საველე პირობებში დროის ბიუჯეტის დიდი დანახარჯები, ამგვარი ხელსაწყოების სიდიდე და ამინდზე დამოკიდებულება, რაც გამოიხატება იმაში, რომ მენზულური აბეზმვა საჭიროებს კარგ, უწვიმარ ამინდს, რადგანაც სამუშაო პროცესი არ შეიძლება იყოს ისე დაყოფილი, როგორც, მაგალითად, ტაქეომეტრიული აბეზმვისას, სადაც საველე სამუშაოები შესაძლებელია დავაგალოთ ერთ შემსრულებელს, ხოლო კამერალური – სხვას. ამას გარდა, მენზულური

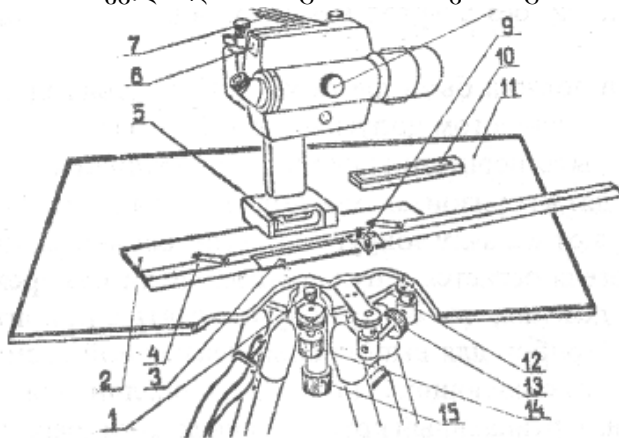
აგეგმვისას გეგმის დედანი შეიძლება შედგეს მხოლოდ ერთხელ იმ მასშტაბში, რომელიც წინასწარ იყო მიღებული.

მენზულური აგეგმვის ძირითადი სამუშაოები იყოფა ორ ჯგუფად: ცალკეული საყრდენი წერტილების განსაზღვრა – ე.წ. გეომეტრიული ქსელის შექმნა, და ადგლმდებარეობის აგეგმვა.

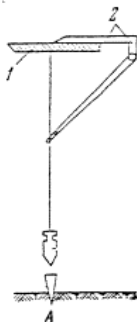
V.5.2. მენზულური აბეზიმის ხელსაწყოები (მენზულური კომპლექტი)

მენზულური აგეგმვისათვის გამოიყენება ხელსაწყოები, რომელთა გამოშვება ხდება კომპლექტის სახით, შემდეგი შემადგენლობით: მენზულა მაცენტრებელი ორთითათი (ნახ. V.13) და შვეულით. კიპრეგელი, შტატივი, ორიენტირ-ბუსოლი, ორი ლარტყა.

მენზულა (ნახ. V.12) შედგება 60X60 სმ ზომის მენზულური დაფა-პლანშეტის 11, შტატივის, მეტალის ზესადგარის (ნახ. V.5.14), ძირითადი ხრახნის, ზესადგარის ამწევი, მიმართველი და სამაგრი ხრახნებისაგან.



V. 12. მენზულა და კიპრეგელი KH: 1

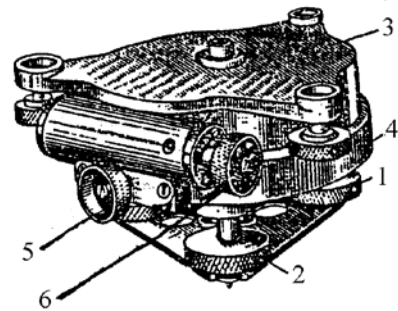


V. 13. მაცენტრირებელი ორთითა შვეულით

მენზულური დაფა-პლანშეტი გამოიყენება სავსელე პირობებში, უშუალოდ სამუშაოების წარმოების ადგილზე ტოპოგრაფიული გეგმის გამოსახაზავად.

მეტალის სადგარი (ნახ.V.14)

შტატივზე მაგრდება ძირითადი (ხერხემლის) ხრახნით 15, ხოლო დაფას მასთან აერთებს სამი სამაგრი ხრახნი და მიმართველი მოწყობილება 13.



V. 14. მენზულის (K2) მეტალის სადგარი;

1 – ამწევი ხრახნები; 2 – ზამბარისებრი ფირფიტა;

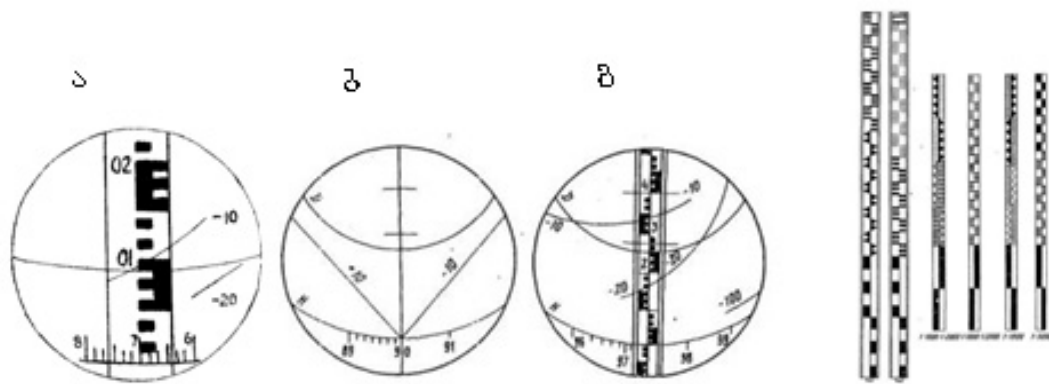
3 – ზედა კორპუსი; 4 – ქვედა ფუძე;

5 – სამაგრი ხრახნი; 6 – მიმართველი ხრახნი

მაცენტრებელი ორთითა შვეულით გამოიყენება მენზულის დასაცენტრად, ე.ი. პლანშეტის a წერტილის შესაბამის ადგილის A წერტილზე დასაყენებლად. პლანშეტის ჰორიზონტალური მდგომარეობისას ორთითას მახვენებელი უნდა იმყოფებოდეს შვეულის ძაფის გაგრძელებაზე. შემოწმების მიზნით ახდენენ პლანშეტის წერტილის პროექტირებას ადგილის შესაბამის წერტილზე, ორთითას ორი, დიამეტრალურად საწინააღმდეგო მდებარეობისას. თუ წერტილის ორივე პროექცია პლანშეტზე შეთავსდებიან, პირობა დაცული იქნება. წინააღმდეგ შემთხვევაში შვეულის ძაფის მიმაგრების ადგილი უნდა გადავადგილოთ.

კიპრეგელის საშუალებით ადგილის მოცემულ საგანთან დაყენებულ ვერტიკალურ ლარტყაზე ჭოგრის ერთი დამიზნებით ერთდროულად ხდება პლანშეტზე მიმართულების გახაზვა მასშტაბური 2 სახაზავის დახმარებით, ვერტიკალური კუთხეებისა და ჰორიზონტალური მანძილების გაზომვა და ამაღლების განსაზღვრა. ნახ.

V. 12-ზე წარმოდგენილია ნომოგრამული კიპრეგელი KH-1 პირდაპირი გამოსახულების შიდა ფოკუსირებიანი სამხერი მილით, რომელსაც მოხერხებული ვიზირებისათვის აქვს ტისრული ოკულიარი. ფოკუსირება ხდება კრემალერიის 8 დახმარებით. ჭოგრს აქვს 25^\times გადიდება, ხოლო ხედვის ველი შეადგენს $1,5^\circ$. ვერტიკალურ წრედზე, რომელიც მომარაგებულია მიმმართველი 7 ხრახნით და თარაზოთი 6, აქვს დატანილი გრადუსული დანაყოფები $5'$ ინტერვალით, რომელიც საშუალებას იძლევა ანათვადი



ნახ.V.15 კიპრეგელი KH -1 ჭოგრის ხედვის ველი

ნახ. V.16 სპეციალური ღარტყები სხვადასხვა მასშტაბის აგეგმვებისათვის

გაკეთდეს $0,5'$ სიზუსტით, ამასთან, დადებითი დახრის კუთხეებს შეესაბამება ნიშანი "+", ხოლო უარყოფითს "-". წრედზე, დანაყოფების გარდა, დატანილია ნომოგრამა, რომლის გამოსახულება ღარტყასთან ერთად ჩანს სამხერი მილის ხედვის ველში მხოლოდ მარცხენა წრის მდგომარეობაში მც (ნახ.V.15, ა). ღარტყაზე ანათვლის აღების წინ თარაზოს 6 ბუშტულის ცენტრი აუცილებელია შეუთავსდეს ამჟღის ნულ-პუნქტს. ნომოგრამის ძირითადი მრუდის ბადის ვერტიკალურ შტრიხთან გადაკვეთის ადგილის ღარტყის ინსტრუმენტის სიმაღლეზე დაყენებულ ნულთან დამიზნებისა და თარაზოს გასწორების შემდეგ იღებენ ანათვლებს ჰორიზონტალური ქვედებულის მრუდებით და ამადლებას, რომელიც აითვლება $D = 100, 200$ მრუდებით (ნახ. V.15, ბ). ნომოგრამები წარმოდგენილია სამი წყვილი ამადლების მრუდით, კოეფიციენტებით $\pm 10, \pm 20, \pm 100$ (ნახ. V.15, გ) და გაანგარიშებულია -40° -დან $+40^\circ$ -მდე დახრის კუთხეებისათვის. კოეფიციენტის წინ მინუსი უჩვენებს დადაბლებას, ხოლო პლიუსი ამადლებას.

სამხერი მილის ცილინდრული თარაზო საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ კიპრეგელი გეომეტრიული ნიველირებისათვის. ძირითად სახაზავთან 2 შარნირის დახმარებით, შეერთებულია დამატებითი სახაზავი 3, მის ღარში გადაადგილდება ამგეგმავი მასშტაბური სახაზავი გამხვრეტი შტიმტით ასაგეგმი წერტილის დასატანად.

პლანშეტის სიბრტყის ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოსაყვანად ხელსაწყოს სვეტზე დამაგრებულია ცილინდრული თარაზო 5.

KH-1 კიპრეგელთან მუშაობისას გამოიყენება ორმეტრიანი ღარტყები, რომლებსაც აქვთ გამოსაწევი ქუსლი, ღარტყის ნულის ხელსაწყოს სიმაღლეზე დასაყენებლად (ნახ. V.16).

ჰორიზონტალური მანძილის განსასაზღვრავად ძაფთა ბადის ვერტიკალური ძაფის გასწვრივ აითვლიან ღარტყაზე ანათვლების რაოდენობას H საწყისი წრედიდან (ნახ. V.15, ა) მანძილების ჰორიზონტალური ქვედებულის მრუდემდე. მიღებული შედეგის 100 ან 200 გამრავლების შემდეგ დებულობენ ჰორიზონტალურ ქვედებულს სანტიმეტრებში, ხელსაწყოდან ღარტყამდე. ამადლების განსაზღვრა ხდება ამადლების მრუდებით ანალოგიური ხერხით. ღარტყაზე ანათვლის აღების წინ ვერტიკალური წრედის თარაზოს ბუშტულის ცენტრი ამჟღის ნულ-პუნქტს უნდა შეუთავსდეს.

ჰორიზონტალურ მანძილსა და ამადლებას გამოითვლიან ფორმულებით:

$$s = k_s l_s; \quad h = k_h l_h,$$

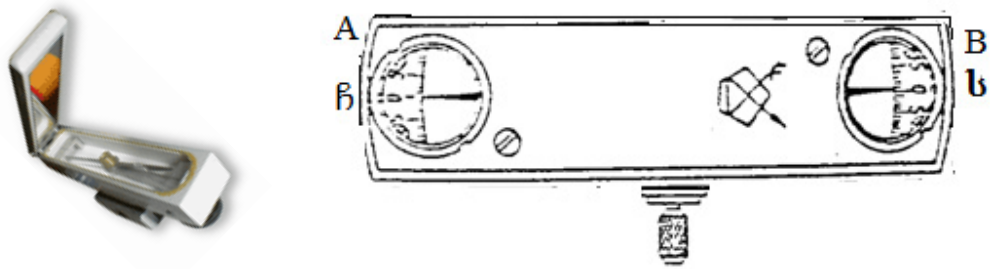
სადაც l_s – ჰორიზონტალური ქვედებულის მრუდის მიხედვით აღებული ანათვალია, რომელიც ტოლია მანძილისა საწყისი H წრედსა და მანძილების

ჰორიზონტალური ქვედღებულის მრუდს შორის; l_h - ანათვალი ამადლების მრუდების მიხედვით, რომელიც ტოლია საწყისი H წრედსა და ამადლების მრუდს შორის მანძილის, k_s და k_h ჰორიზონტალური ქვედღებულისა და ამადლების მრუდების კოეფიციენტებია.

მაგალითად, მანძილი საწყის წრედსა და ჰორიზონტალური ქვედღებულის მრუდს შორის ტოლია 9 სმ (ნახ. V.15, ა). შესაბამისად, $s = 9 \text{ სმ} \times 100 = 9,0 \text{ მ}$. ასევე ხდება ამადლების განსაზღვრა, საწყისი მრუდიდან ამადლების მრუდემდე მანძილის გაზომვით: $h = -(10) \times 33 \text{ სმ} = -3,30 \text{ მ}$, ან $h = -(20) \times 16,5 \text{ მ} = -3,30 \text{ მ}$.

მანძილი და ამადლება შეიძლება განვსაზღვროთ ჩვეულებრივი სანიველირო ლარტყების გამოყენებითაც. ამ შემთხვევაში (თუ არ დაუმიზნებენ საწყის მრუდს ხელსაწყოს სიმაღლეს) სახის ჰორიზონტალური ქვედღებული განისაზღვრება ფორმულით $S = k_s(l_s - l_H)$, ხოლო ამადლება - ფორმულით $h = k_h(l_h - l_H) + i - \gamma$, სადაც l_H - ანათვალია ლარტყაზე საწყისი მრუდის დახმარებით, i - ხელსაწყოს სიმაღლე, საწყისი მრუდის ხელსაწყოს სიმაღლეზე დამიზნებისას ($i = \gamma$) ჰორიზონტალური მანძილი გამოითვლება იგივე, ხოლო ამადლება $h = k_h(l_h - l_H)$ ფორმულით.

მენზულური დაფის მაგნიტური მერიდიანის მიხედვით გასაორიენტირებლად გამოიყენება ბუსოლი-ორიენტირი (ნახ. V.17), რომელსაც აქვს მართკუთხა ფორმის წაგრძელებულ კორპუსში მოქცეული არასრული გრადუსული რგოლი.



ნახ. V. 17. ბუსოლი - ორიენტირი

V.5.3. მენზულის კომპლექტის შემოწმება

მენზულის კომპლექტში უნდა სრულდებოდეს შესაბამისი გეომეტრიული და ოპტიკურ-მექანიკური პირობები, რომლებიც დროთა განმავლობაში შეიძლება დაირღვეს. ამიტომ კომპლექტთან მუშაობის დაწყების წინ მას ამოწმებენ. ამ პირობების დარღვევის აღმოჩენის შემთხვევაში მენზულის კომპლექტის ხელსაწყობებს ასწორებენ.

1. საერთო მდგომარეობისა და დაკომპლექტების შემოწმება.

შემოწმებას ახდენენ ზოგადი დათვალიერებით. ამასთან ამოწმებენ კომპლექტის შესაბამისობას შემდეგ მოთხოვნებთან:

- კიპრეგელს, ფუტლიარს, შტატივს, ზესადგარსა და მენზულის დაფა-პლანშეტს, ბუსოლ-ორიენტირს, მაცენტრებელ ორთითას შვეულით არ უნდა ჰქონდეთ მექანიკური დაზიანებები, კოროზიის კვალი, რომელიც ხელს უშლის ან ართულებს კომპლექტთან მუშაობას;

- კიპრეგელს სამზერი მილის (ჭოგრის) ხედვის ველი და ათვლის მოწყობილობა სუფთა უნდა ჰქონდეს, ხოლო ასათვლელი სკალის, ნომოგრამული მრუდებისა და სავიზირო სამიზნების გამოსახულება მკაფიო;

- შტატივზე ყველა ხრახნი და ქანჩი მოჭერილი უნდა იყოს;

- მენზულისა და კიპრეგელის დაკომპლექტება უნდა შეესაბამებოდეს ხელსაწყოზე პასპორტში მითითებულს.

2. მენზულა უნდა იყოს მყარი. შესამოწმებლად მენზულას გააწყოვენ, დგამენ მასზე კიპრეგელს და ჭოგრს მიმართავენ რომელიმე დაშორებული საგნის წერტილს.

თუ პლანშეტზე ხელის მსუბუქად დაჭერის შემდეგ (ქვემოდან ზემოთ, ზემოდან ქვემოთ ან გვერდებიდან) სამხერი მილის ბადის ცენტრი დაუბრუნდება საწყის წერტილს, მაშინ მეორე პირობა შესრულებულია. ამ პირობის შესრულებისას უნდა შემოწმდეს ასევე მენზულის კომპლექტის ხელსაწყოების მუშაობის უნარიანობა.

ამოწმებენ:

- კიპრეგელის ნომოგრამის გამოსახულების ხარისხს;
- სიგლუვეს და სიმსუბუქეს კიპრეგელის, შტატივისა და ზესადგარის ყველა მოძრავი კვანძებისა და ნაწილების მოძრაობაში;
- მენზულის აწყოების სისწორეს.

3. *დაფის ზედაპირი უნდა იყოს სიბრტყე.* პირობა შესრულებული იქნება თუ კიპრეგელის წინასწარ შესწორებული სახაზავის წიბოს დაფის რამდენიმე ადგილას მიღებისას მათ შორის არე არსად აღემატება 0,5 მმ. გარდა ამისა დაფა-პლანშეტის ზედაპირს არ უნდა ქონდეს ბზარები, ორმოები, ამობურცვები, ნაკაწრები, რომლებიც ართულებენ მენზულასთან მუშაობას.

4. *დაფის ზედა სიბრტყე მენზულის ზესადგამის ბრუნვის ვერტიკალური ღერძის მართობი უნდა იყოს.* კიპრეგელის წინასწარ შემოწმებული ცილინდრული თარაზოს დამარებით სამი ამწევი ხრახნით დაფა მოყავთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. ე. ი. პლანშეტს უკეთებენ ჰორიზონტირებას. დაფის ვერტიკალური ღერძის გარშემო ბრუნვით, ამოწმებენ თარაზოს ბუშტულის მდებარეობას. თუ ის გადაიხრება ნულ-პუნქტიდან არა უმეტეს 2 დანაყოფისა, პირობა შესრულებულია. მენზულის ყველა გამოვლენილ ხარვეზს ასწორებენ სახელოსნოში.

ბუსოლი-ორიენტირი (ნახ. V.17) შემდეგ პირობებს უნდა აკმაყოფილებდეს:

1. *ბუსოლი-ორიენტირის ისარი გაწონასწორებული უნდა იყოს.* ბუსოლს დგამენ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე, აუშვებენ არეტირს და აკვირდებიან ისარს. თუ თავისუფლად ჩამოკიდებული ისრის ბოლოები ბუსოლის სკალის სიბრტყეში იმყოფებიან, პირობა შესრულებულია. თუ ისრის რომელიმე ბოლო აწეულია, მასზე წამოაცობენ ტვირთს.

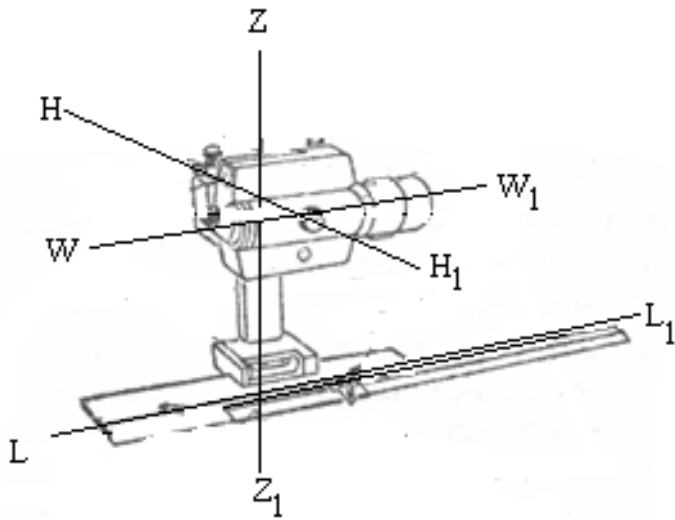
2. *მაგნიტური ისარი კარგად უნდა იყოს დამაგნიტებული და ქონდეს საკმარისი მგრძობიარობა.* აუშვებენ არეტირის სამაგრ ხრახნს, აიღებენ ანათვალს ისრის ერთი ბოლოს მიხედვით რის შემდეგ გამოყავთ წონასწორობიდან. თუ ისარი უმნიშვნელო რხევის შემდეგ გაჩერდება წინამდებარე ანათვალზე პირობა შესრულებულია. შემოწმებას იმეორებენ რამდენჯერმე.

3. *ისრის ბრუნვის ცენტრი უნდა გადიოდეს ბუსოლის გრადუსული რგოლის ცენტრში.* ისრის ორივე ბოლოდან აღებულ ანათვლებში 180° განსხვავება ან თანხვედრა უნდა ფიქსირდებოდეს (ბუსოლის რგოლზე წარწერის მიხედვით). ექსცენტრისიტეტის გავლენა გამოირიცხება ისრის ორივე ბოლოდან ანათვლების აღებითა და მათგან საშუალოს გამოანგარიშებით.

4. *ბუსოლის ნულოვანი დიამეტრი მისი კოლოფის ef ან cd გვერდითი წიბოს პარალელური უნდა იყოს.* შემოწმება ხდება სახაზავის ნულოვან შტრისსა და მუშა ნაპირს შორის მანძილის გაზომვით. განსხვავება არ უნდა აღემატებოდეს 0,1 მმ.

ძირითადი გეომეტრიული პირობები, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს კიპრეგელი, გამომდინარეობს მისი ღერძებისა და სიბრტყეების ურთიერთმდებარეობიდან (ნახ. V.18). ნახაზზე ZZ_1 – შვეული ხაზია: 1) სახაზავთან მიმაგრებული ცილინდრული თარაზოს UU_1 ღერძი პარალელური უნდა იყოს სახაზავის ქვედა LL_1 სიბრტყის; 2) ჭოგრის სამხერი WW_1 ღერძი პერპენდიკულარული უნდა იყოს ჭოგრის ბრუნვის HH_1 ღერძის; 3) ჭოგრის ბრუნვის HH_1 ღერძი პარალელური უნდა იყოს სახაზავის ქვედა LL_1 სიბრტყის; 4) ჭოგრის კოლიმაციური სიბრტყე (სიბრტყე, რომელსაც შემოხაზავს დამზირების ღერძი ხელსაწყოს ჰორიზონტალური ღერძის ირგვლივ ტრიალისას) პარალელური უნდა იყოს სახაზავის დაცერებული გვერდის.

ჩამოთვლილი გეომეტრიული პირობების შესაბამისობის დადგენის მიზნით კიპრეგელს უტარდება შემდეგი შემოწმებები:



ნახ. V. 18. კიპრეგელის ძირითადი გეომეტრიული ღერძები

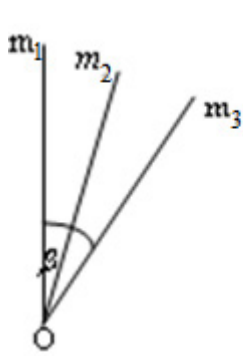
ში. სახაზავის ქვედა პირი იქნება სიბრტყე, თუ მისი მიღებისას შემოწმებული სახაზავის გვერდზე სხვადასხვა მიმართულებით მათ შორის სინათლე არ გადის.

2. დამატებითი სახაზავი, ძირითადი სახაზავიდან სხვადასხვა მანძილზე მდებარეობისას ძირითადი სახაზავის წიბოს პარალელური უნდა დარჩეს. დააყენებენ რა დამატებით სახაზავს ძირითადიდან სხვადასხვა მანძილზე, მისი დაცერებულ წიბოზე გაატარებენ სწორ ხაზებს. პირობა შესრულებული იქნება, თუ ძირითად სახაზავსა და გახაზულ ხაზებს შორის მანძილებში განსხვავება სხვადასხვა ადგილას 0,2 მმ-ზე მეტი არ იქნება.

3. კიპრეგელის სახაზავზე (KH-ში ჭოგრის სვეტში) მიმაგრებული თარაზოს HH_1 ღერძი (ნახ. V.18) სახაზავის ქვედაპირის პარალელური უნდა იყოს. ამ პირობს შესამოწმებლად კიპრეგელს დგამენ პლანშეტზე დაახლოებით ორი ამწევი ხრახნის პარალელურად და გახაზავენ წიბოს გასწვრივ ხაზს. ამწევი ხრახნებით მოყავთ თარაზოს ბუშტულა ნულ-პუნქტში. შემობრუნებენ ხელსაწყოს 180° და სახაზავის გვერდს მიადებენ იმავე ხაზს. თუ თარაზოს ბუშტულა გადაიხრება ერთ დანაყოფზე მეტით, მას გადაანაცვლებენ თარაზოს შემასწორებელი ხრახნებით გადახრის ნახევრით, ხოლო მეორე ნახევარს გადაწევენ ამწევი ხრახნებით და შემოწმებას იმეორებენ მანამ, სანამ თარაზოს გადახრა ერთ დანაყოფზე ნაკლები არ იქნება.

4. სამზერი მილის დამზირების ღერძი ჭოგრის ბრუნვის ჰორიზონტალური ღერძის მართობული უნდა იყოს. პლანშეტი მოყავთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და კიპრეგელის ჭოგრის უმიზნებენ ადგილის რომელიმე დაშორებული საგნის წერტილს ვერტიკალური წრის M_2 და M_1 მდგომარეობისას, ორივეჯერ პლანშეტზე სახაზავის დაცერებული გვერდით გახაზავენ om და om_1 ხაზებს. თუ ხაზები დაემთხვევიან ერთმანეთს ან იქნებიან პარალელური, მაშინ პირობა დაცული იქნება. ხაზთა დაუმთხვეველობა კიპრეგელის ორმაგი კოლიმაციური ცდომილების არსებობის მტკიცებულებაა, რომელიც გამოისახება ხაზებს შორის m_1om_2 კუთხით (ნახ.V.19). თანამედროვე ნომოგრამულ კიპრეგელებში კოლიმაციური ცდომილების გასწორება ხდება მხოლოდ სახელოსნოში.

1. კიპრეგელის AB სახაზავის დაცერებული გვერდი უნდა იყოს სწორი ხაზი, ხოლო მისი ქვედა პირი სიბრტყე. ამ პირობის შემოწმების მიზნით კიპრეგელს დგამენ პლანშეტზე და წვრილად წათლილი ფანქრით AB სახაზავის დაცერებული წიბოს გასწვრივ პლანშეტზე ავლებენ სწორ ხაზს. კიპრეგელის 180° შემობრუნებით სახაზავს მიადებენ გახაზულ ხაზს და ხელმეორედ გაატარებენ ხაზს. თუ ორივე ხაზი ერთმანეთს დაემთხვა პირობა შესრულებულია, ხოლო ხაზებს შორის 0,1 მმ შეუთავსებლობის შემთხვევაში სახაზავი აუცილებელია გასწორდეს სახელოსნოში.



ნახ. V. 19. ორმაგი კოლიმაციური და ცლომილება

ნახ. V. 20. ჭოგრის ჰორიზონტალური ღერძისა სახაზავის ქვედა სიბრტყის ცლომილება

5. ჭოგრის ბრუნვის ჰორიზონტალური ღერძი სახაზავის ქვედა სიბრტყის პარალელური უნდა იყოს. ამ პირობის შესამოწმებლად მენზულას გააწყობენ რომელიმე კედლიდან 20-30 მ-ში. კიპრეგელს დგამენ პლანშეტზე და ჭოგრის მწ მდგომარეობით უმიზნებენ კედელზე კიპრეგელის ჰორიზონტზე მაღლა მონიშნულ A წერტილს. შემდეგ დაუშვებენ ჭოგრს ხელსაწყოს ჰორიზონტამდე და კედელზე დანიშნავენ A₁ წერტილს გადაიყვანენ ჭოგრს ზენიტზე და ხელსაწყოს შემოატრიალებენ პლანშეტზე 180°, წრედის მც მდგომარეობიდან, უმიზნებენ ისევ A წერტილს, ჭოგრს დაუშვებენ ხელსაწყოს ჰორიზონტამდე და კედელზე დანიშნავენ A₂ წერტილს. თუ წერტილები დაემთხვევიან ან იქნებიან ერთმანეთისაგან ახლოს (4მმ-მდე), პირობა შესრულებული იქნება. წინააღმდეგ შემთხვევაში, კიპრეგელით მუშაობა შეიძლება მხოლოდ ვერტიკალური წრედის ერთი მდგომარეობიდან (ნახ. V.20).

6. ძაფთა ბადის ვერტიკალური ხაზი უნდა მდებარეობდეს კიპრეგელის კოლიმაციურ სიბრტყეში. ჭოგრის ვერტიკალურ ძაფს უმიზნებენ ადგილის საგნის კარგად დაკვირვებად წერტილს, ატრიალებენ ჭოგრის მიმართველ ხრახნს ზემოთ და ქვემოთ, აკვირდებიან წერტილის გამოსახულებას ვერტიკალური ძაფის მიმართ. თუ იგი არ სცილდება ხაზს პირობა შესრულებულია, წინააღმდეგ შემთხვევაში, სახელოსნოში ასრულებენ ძაფთა ბადის შესწორებას.

7. ჭოგრის კოლიმაციური სიბრტყე სახაზავის დაცვრებულ გვერდზე უნდა გადიოდეს ან იყოს მისი პარალელური. პლანშეტის ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ მასზე ამაგრებენ ორ წვრილ ქინძისთავს ერთმანეთისაგან 20-30 სმ დაშორებით და მიადებენ მათ კიპრეგელის სახაზავის დაცვრებულ გვერდს. შეატრიალებენ პლანშეტს, უმიზნებენ ჭოგრს დაშორებული საგნის წერტილს, რომელიც შეუიარაღებელი თვალითაც კარგად ჩანს. თუ წერტილი იმყოფება ქინძისთავების საგდულში, პირობა შესრულებულია. წინააღმდეგ შემთხვევაში შესწორება სრულდება სახელოსნოში. თუმცა ამ პირობის შეუსრულებლობა ხელს არ უშლის წრედის ნებისმიერ მდგომარეობიდან კუთხის აგებას და შეიძლება გავლენა იქონიოს მხოლოდ პლანშეტის ბუსოლით ორიენტირებისას.

8. ვერტიკალური წრედის ნულ ადგილი (ნა) უნდა იყოს ნულის ტოლი ან მასთან ახლოს (KA-2 კიპრეგელებში ნულ ადგილი ახლოს უნდა იყოს 90°). ამ პირობის შემოწმებისას კიპრეგელის ვერტიკალური წრის (ნა) განსაზღვრისათვის თანმიმდევრობით უმიზნებენ სამ კარგად ხილულ წერტილს და იღებენ მასზე ანათვლებს ვერტიკალური წრის მდებარეობით მწ და მც. ანათვლის ადების წინ ვერტიკალური წრის თარაზოს მიმართველი ხრახნით უთავსებენ თარაზოს ბუშტულის ცენტრს ამპულის ნულ-პუნქტს. ნა-ს გამოთვლიან ფორმულით.

KH კიპრეგელისათვის ნა -ს განსაზღვრავენ ფორმულით:

$$ნა = (მწ - მც)/2$$

KA-2-ისთვის

$$ნა = (მწ + მც - 180)/2$$

ნულადგილის ცდომილების მნიშვნელობა არ უნდა აღემატებოდეს 1'. წინააღმდეგ შემთხვევაში ახდენენ მის შემოწმებას შემდეგი თანმიმდევრობით: მიმართავენ ჭოგრის რომელიმე საგნის წერტილს „წრედის მარჯვენა მდგომარეობისა“ და ვერტიკალური წრედის მიმართველი ხრახნით ხედვის ველში აყენებენ დახრის კუთხის სიდიდის ანათვალს. დახრის კუთხეს გამოითვლიან ფორმულით:

$$\nu = (\alpha + \beta)/2 = \alpha - \epsilon = \beta + \epsilon$$

KA-2-ისთვის

$$\nu = (\alpha - \beta - 180^\circ)/2 = \alpha - \epsilon - 180^\circ = \epsilon - \beta;$$

შემდეგ ვერტიკალურ წრედთან მიერთებული შემასწორებელი ხრახნებით თარაზოს ბუშტულა მოყავთ ნულ-პუნქტში, აკვირდებიან რა, რომ წერტილის გამოსახულება არ გასცდეს ჰორიზონტალურ ძაფს. ამ შესწორების ჩატარება შეიძლება შემდეგნაირადაც: განსაზღვრავენ ϵ - ას, ხოლო შემდეგ თარაზოს ბუშტულა მოყავთ ნულ-პუნქტში და ჭოგრის მიმართველი ხრახნის დახმარებით ხედვის ველში აყენებენ ϵ ანათვალს. შემდეგ ვერტიკალური წრედის ხრახნის ტრიალით ჭოგრის ხედვის ველში მიყავთ ანათვალს ნულამდე, რომლის შემდეგ ვერტიკალური წრედთან მიერთებული შემასწორებელი ხრახნებით თარაზოს ბუშტულა მოყავთ ნულ-პუნქტში. ამის შემდეგ შემოწმება უნდა განმეორდეს. თუ ϵ შეიცვლება დასაშვებ ზღვარზე მეტად, ხელსაწყო უნდა გაიგზავნოს სახელოსნოში.

ϵ ნულამდე დაყვანისას KH კიპრეგელებში ანათვლებს α და β მდგომარეობისას სხვადასხვა ნიშანი აქვთ. ამიტომ, თუ ანათვალს ნულამდე დაყავთ α -სას, მაშინ ϵ -ას გამოითვლიან ფორმულით $\epsilon = (\alpha - \beta)/2$, ხოლო თუ β -სას, მაშინ ფორმულით $\epsilon = (\beta - \alpha)/2$.

ϵ -ს ცვალებადობას იწვევს ჭოგრის ვერტიკალურ წრედთან და ცილინდრულ თარაზოსთან მიმაგრების დარღვევა, ასევე დამზირების ღერძის მდებარეობის ცვალებადობა.

9. *კიპრეგელის სახაზათან არსებული ცილინდრული თარაზოს ღერძი პარალელური უნდა იყოს ჭოგრის სამხერი ღერძის.* ჭოგრს უმიზნებენ 100-150 მ მანძილზე დაყენებულ ლარტყას, და, მოყავთ რა მიმართველი ხრახნის დახმარებით ცილინდრული თარაზოს ბუშტულა ნულ-პუნქტში, იღებენ ანათვალს ლარტყაზე ვერტიკალური წრედის ორივე მდგომარეობისას. მათგან მიღებული საშუალო მნიშვნელობა, რომელზეც საჭიროა მიემართოთ ჭოგრის დამზირების ღერძი, შეესაბამება ჭოგრის ჰორიზონტალურ მდგომარეობას. გამოთვლილ ანათვალზე ჭოგრის დამიზნების შემდეგ ცილინდრული თარაზოს შემასწორებელი ხრახნებით მოყავთ ბუშტულა ნულ-პუნქტში. ბუშტულის ამ მდგომარეობაში ანათვალს წრედზე უნდა იყოს 90° , ხოლო ამავდროულად მრუდზე – ნული.

10. *კიპრეგელის სამხერი მილის ძაფთა ბადის ვერტიკალური ძაფი უნდა იყოს მართობული.* პირობის შესამოწმებლად კიპრეგელს დგამენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანილ პლანშეტზე და ვერტიკალური ძაფის ერთ კიდეს შეათავსებენ საგნის რომელიმე კარგად გამოჩენილ წერტილს. კიპრეგელის სამხერი მილის მიმართველი მოწყობილობით ნელა ამოძრავებენ მას ჰორიზონტალური ღერძის გარშემო, რათა წერტილის გამოსახულებამ გადაინაცვლოს ვერტიკალური ძაფის მეორე მხარეს. თუ ბადის ვერტიკალური ძაფი დაშორდა წერტილის გამოსახულებას 1 მმ-ით, მაშინ ძაფთა ბადის ჩარჩოს მოტრიალებით უთავსებენ ძაფს წერტილს და შესწორებას იმეორებენ.

შემოწმება შეიძლება ჩავატაროთ შვეულის გამოყენებით, ვერტიკალური ძაფის გამოსახულების შვეულის ძაფთან შეთავსების გზით.

V.5.4. მენზულის გაწყობა სამუშაოდ

დგომის წერტილზე მენზულის გაწყობა შედგება სამი თანმიმდევრული მოქმედებისაგან: *ცენტრირება, ჰორიზონტირება და ორიენტირება.*

1. *პლანშეტის დაცენტრება*, რომელიც მოიცავს პლანშეტზე დანიშნული a წერტილის ადგილზე მის შესატყვის A წერტილთან ერთად ერთ შვეულ ხაზზე მოწესრიგებას. ამის გაკეთება შესაძლებელია როგორც თვალდათვალ (1:10000 და უფრო წვრილი მასშტაბის აგეგმვისას), ისე ორთითას დახმარებით (1:5000 და უფრო მსხვილი

მასშტაბისას). მენზულას წინასწარ აყენებენ ასაგეგმ წერტილზე პლანშეტის ისეთ სიმაღლეზე, რომელიც მოხერხებული იქნება აგეგმვისას და ასრულებენ პლანშეტის მიახლოებით ორიენტირებას ბუსოლის ან საყრდენი წერტილების მიხედვით, ხოლო შემდეგ გადაანაცვლებენ მოლიანად მენზულას ან მხოლოდ ზესადგამს მანამ, სანამ პლანშეტის a წერტილზე მიღებულ ორთითზე ჩამოკიდებული შვეული არ აღმოჩნდება ადგილის შესაბამისი წერტილის თავზე (ნახ. V.3). ცენტრირების სიზუსტე არ უნდა აღემატებოდეს 5სმ 1:500, 1:1000; 10 სმ 1:2000 და 25 სმ 1:5000 მასშტაბისათვის;

2. *პლანშეტის მოყვანას პორიზოტალურ მდგომარეობაში* ასრულებენ კიპრეგელის სახაზავთან არსებული თარაზოს დახმარებით. ამისათვის სახაზავს აყენებენ ორი ამწევი ხრახნის პარალელურად და მათი ტრიალით თარაზოს ბუშტულა მოყავთ ნულ-პუნქტში. შემდეგ კიპრეგელს შემოატრიალებენ მესამე ხრახნის მიმართულებით და მხოლოდ ამ ხრახნის ტრიალით ბუშტულა ისევ მოყავთ ნულ-პუნქტში. თუ ამ მოქმედების გამეორებისას ბუშტულა გადაინაცვლებს ნულ-პუნქტიდან არა უმეტეს ორი დანაყოფისა, მაშინ პლანშეტის მოყვანა პორიზოტალურ მდგომარეობაში შესრულებულია;

3. *პლანშეტის ორიენტირება*. აგეგმვის დაწყების წინ პლანშეტს აორიენტირებენ სპეციალური, ე.წ. ორიენტირ-ბუსოლის დახმარებით (ნახ. V.16). პლანშეტის გასაგნებად ორიენტირ-ბუსოლის ფირფიტის სწორხაზოვან წიბოს აყენებენ გეგმის ჩარჩოს აღმოსავლეთ ან დასავლეთი გვერდის ან საკოორდინატო ბადის ერთ-ერთი ვერტიკალურ ხაზის გასწვრივ. შემდეგ ატრიალებენ პლანშეტს, სანამ ბუსოლის ნულოვანი დიამეტრი (0° - 180°) არ გაუსწორდება მაგნიტური ისრის მიმართულებას (NS). პლანშეტი რომ გეოგრაფიული მერიდიანის მიმართ გავაორიენტიროთ, აუცილებელია ისრის ჩრდილოეთი ბოლო დავაყენოთ მაგნიტური მიხრილობის ტოლი ანათვისის საწინააღმდეგოდ.

იმ შემთხვევაში, როცა პლანშეტზე დატანილია აგეგმვის საყრდენი წერტილები, ორიენტირება წარმოებს დგომის A წერტილისა და ერთ-ერთი სხვა წერტილის შემაერთებული ხაზით (ნახ. V.11) შემდეგი თანმიმდევრობით: სახაზავის დაცერებულ გვერდს მიადებენ ab ხაზს და, პლანშეტის ტრიალით, უმიზნებენ ადგილის B წერტილს. პლანშეტს ამაგრებენ და ზესადგარის მიმართველი ხრახნის მოძრაობით აზუსტებენ B წერტილზე წინასწარ დამიზნებას. შერჩეულ ab ხაზზე ორიენტირების შემდეგ კიპრეგელს მიადებენ მეორე ac ხაზს და განსაზღვრავენ ჭოგრის ხედვის ველში C წერტილის დაკვირვებადობას. თუ წერტილი იხედება, ორიენტირება შესრულებულია სწორად. წინააღმდეგ შემთხვევაში ამოწმებენ ორიენტირებას საწყისი ხაზის მიმართ.

ორიენტირების მეორე ხერხი პირველზე გაცილებით უფრო ზუსტია.

V.5.5. მენზულური აბეგმვის გეოდეზიური საფუძველი

მენზულურ აბეგმვას წინ უძღვის დასაყრდენი საფუძველის შექმნა, რომელიც მოიცავს სახელმწიფო გეოდეზიურ ქსელს, გახშირებისა და აბეგმვის ქსელებს. ასაგეგმი საფუძველის პუნქტების სიხშირე დამოკიდებულია აბეგმვის მასშტაბზე და ადგილმდებარეობის პირობებზე (ცხრ. V.5). წერტილების უმცირეს რაოდენობას იღებენ სიტუაციისა და რელიეფის ნაკლები სირთულისას, ყველაზე მეტს – განაშენიანებულ ტერიტორიაზე ან რთული რელიეფის პირობებში.

გეგმიური ასაგეგმი საფუძველის გახშირება სრულდება ანალიტიკური და გრაფიკული მეთოდებით.

ანალიტიკური მეთოდით ასაგეგმი ქსელის შექმნისას ღია ადგილებში აგებენ ტრიანგულაციურ ქსელს და ატარებენ სხვადასხვა სახის გადაკვეთებს, ხოლო დახურულ ადგილებში ატარებენ თეოდოლიტურ სვლებს. ამ ხერხის გამოყენებისას წერტილის კოორდინატებს ღებულობენ გამოთვლებით და შემდეგ დააქვთ პლანშეტზე.

ასაგეგმი ქსელის შექმნა *გრაფიკული ხერხით* ხდება პლანშეტზე გეომეტრიული ქსელის წერტილების სისტემის აგებით პირდაპირი, შებრუნებული ან კომბინირებული გრაფიკული (მენზულური) გადაკვეთებით. ასაგეგმი წერტილების მდებარეობის განსაზღვრა შესაძლებელია ასევე მენზულური სვლების დაგებით (ძირითადად გამოიყენება

დახურულ ადგილებში). მენზურული სვლების სიგრძეები მაშშტაბების მიხედვით მოცემულია ცხრ. V.5

ცხრ. V.5.

№	აგმეკის მასშტაბი	პუნქტების რაოდენობა კმ2	მენზურული სვლის მაქსიმალური სიგრძე, მ	ხაზის მაქსიმალური სიგრძე, მ	წერტილების მაქსიმალური რაოდენობა სვლაში	რელიეფის კვეთა, მ	დასაშვები შეუბმელობა, მ
1	1:5000	12-22	1000	250	5	5,0	1,0
2	1:2000	22-50	500	200	5	2,0	0,50
3	1:1000	48-80	250	100	3	1,0	0,20
4	1:500	80-140	200	100	2	0,50	0,15
5						0,25	0,08

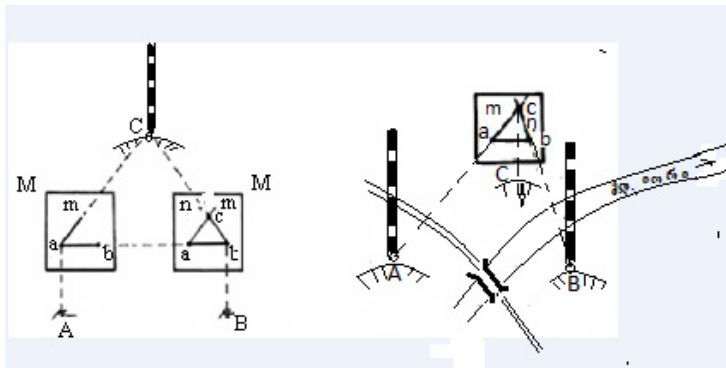
ყველა სახის ასაგეგმი ქსელის წერტილების ნიშნულებს განსაზღვრავენ გეომეტრიული და ტრიგონომეტრიული ნიველირების სვლებით.

V.5.6. მენზურული გადაკვეთები

მენზურული გადაკვეთები შეიძლება იყოს პირდაპირი, შებრუნებული და კომბინირებული.

პირდაპირი გადაკვეთა სრულდება საწყისი წერტილებიდან. ადგილის C წერტილის შესატყვისი c წერტილის პლანშეტზე განსაზღვრავად (ნახ. V. 21, ა). მენზურულას თანმიმდევრობით აყენებენ ცნობილ A და B პუნქტებზე. A წერტილზე პლანშეტს გაორიენტირებენ ab მიმართულებით, მიადებენ a წერტილს კიპრეგელის სახაზავის დაცერებულ წიბოს, უმიზნებენ C წერტილს და გახაზავენ am მიმართულებას. ამის შემდეგ მენზურულა გადააქვთ B პუნქტზე და პლანშეტს გააორიენტირებენ a მიმართულებით. კიპრეგელის სახაზავის დაცერებულ წიბოს უკვე მიადებენ b წერტილს, ისევ უმიზნებენ C წერტილს და გახაზავენ bn მიმართულებას. am და bn ხაზების გადაკვეთის ადგილზე მიღებულ c წერტილზე მდებარეობს ადგილის საძებნი წერტილი.

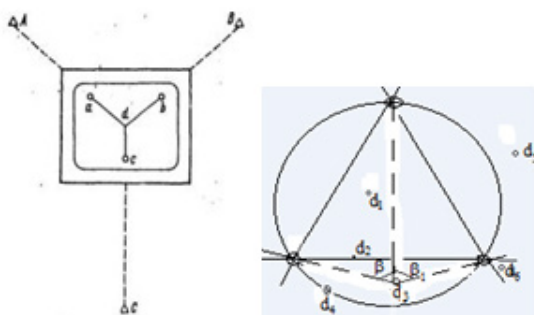
შებრუნებული გადაკვეთა. საწყისი პუნქტების მიუდგომლობის შემთხვევაში



ნახ.5. 21. პირდაპირი (ა) და შებრუნებული (ბ) გრაფიკული გადაკვეთები

ადგილის A პუნქტს და გახაზავენ am ხაზს „ჩვენსკენ“. ანალოგიურად გაიხაზება bn ხაზი. ამ ხაზების გადაკვეთის წერტილი c იქნება ადგილის C წერტილის შესატყვისი პლანშეტზე.

ორი პუნქტიდან პირდაპირი ან შებრუნებული გადაკვეთით წერტილის მდებარეობის განსაზღვრა, უკონტროლოა. კონტროლის მიზნით გადაკვეთები აუცილებელია შევასრულოთ მინიმუმ სამი წერტილიდან.



პლანშეტზე წერტილის მდებარეობა განისაზღვრება საიმედოდ, თუ სამი გახაზული მიმართულება გადაიკვეთება ერთ ადგილას.

მეთოდე წერტილის განსაზღვრა სამი მოცემულით, ცნობილია როგორც *სნელიუს – პოტენოტის* (პოტენოტი (Pothénot), ლორანი, 1660-1732, ფრანგი მათემატიკოსი) კლასიკური ამოცანა (ნახ. V. 22), რომელიც ძალიან მნიშვნელოვანია გეოდეზიაში და აქვს მრავალი ანალიტიკური და გრაფიკული ამონახსნი. მენზურული აგეგმვისას ამ ამოცანის ამოხსნა

ნახ. V. 22. განსასაზღვრავი წერტილის მდებარეობა სამი ცნობილის მიმართ (პოტენოტის ამოცანა)

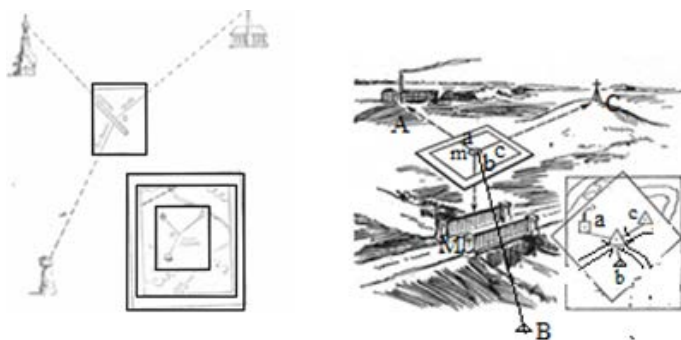
ხდება გრაფიკულ ხერხით – პირდაპირი და შებრუნებული გადაკვეთების კომბინაციით. **კომბინირებული გადაკვეთა.** პლანშეტზე წერტი-

ლის განსაზღვრის ეს მეთოდი ითვალისწინებს ორი წერტილიდან პირდაპირ და ერთი ან ორი პუნქტიდან შებრუნებული გადაკვეთას. განსასაზღვრავმა d წერტილმა ცნობილი სამი A, B და C -ს მიმართ შეიძლება დაიკავოს ექვსიდან ერთ-ერთი ადგილი: $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$. ამისგან დომოკიდებულებით ეს ამოცანა ამოიხსნება პირველ შემთხვევაში საიმედოდ, მეორეში ზუსტად (წერტილის მდებარეობა განისაზღვრება კომბინირებული გადაკვეთით) მესამე და მეხუთეში – არასაიმედოდ (მოკლე საორიენტრო ხაზი), მეოთხე შემთხვევაში არა აქვს ამონახსნი, რადგანაც საორიენტრო ხაზის სიგრძე ნულის ტოლია. მეექვსე შემთხვევაში – საიმედოდ – საორიენტრო ხაზი დიდი სიგრძისაა.

სნელიუს – პოტენოტის ამოცანის მენზურული პლანშეტზე გრაფიკული ამოხსნისათვის შემოთავაზებულია რამდენიმე ხერხი. განვიხილოთ ორი მათგანი.

ბოლოტოვის ხერხი. (ბოლოტოვი ა. (1803-1853) რუსი მეცნიერი, გეოდეზისტი)

მენზულას აყენებენ ადგილის განსასაზღვრავ M წერტილზე. პლანშეტზე წინასწარ დატანილია ადგილმდებარეობის A, B , და C წერტილების შესატყვისი a, b და c წერტილები. პლანშეტზე გადააკრავენ გამჭვირვალე ქაღალდს და მონიშავენ მასზე ნებისმიერ m წერტილს, დაახლოებით ადგილის საძებნ M წერტილის ზემოთ, კიპრეგელით თანმიმდევრობით უმიზნებენ ადგილის A, B და



C წერტილებს და გახაზავენ სამ

ნახ.V. 23. ბოლოტოვის ხერხი

AA', BB' და CC' ხაზებს (ნახ.V.

23, ა). კალკას მოხსნიან და გადა-

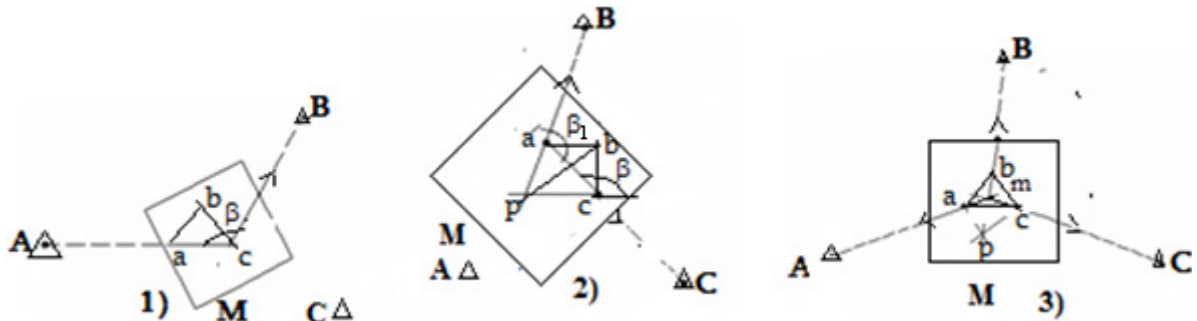
ანაცვლებენ მას პლანშეტზე მანამაღე, სანამ გახაზული სამი ხაზი არ გაივლის a, b და c წერტილებზე. ამის შემდეგ გადააქვთ m წერტილი პლანშეტზე (ნახ.V.23, ბ). პლანშეტზე მიღებულ საძიებელ m წერტილს ამოწმებენ: პლანშეტს აორიენტირებენ m წერტილიდან სამიდან ერთ-ერთ ყველაზე მოშორებულ წერტილთან შემაერთებელ ხაზზე, რომლის შემდეგ აზუსტებენ ორიენტირებას სხვა წერტილების მიმართ.

პლანშეტის მობრუნების ხერხი. ამ ამოცანის ამოხსნის არსი მდგომარეობს მენზურული პლანშეტზე ხაზის იმ მონაკვეთის მოძებნაში, რომლის დახმარებითაც შესაძლებელია პლანშეტის ორიენტირება (ნახ.V.24).

მენზულას აყენებენ ადგილის განსასაზღვრავ M წერტილზე, რომლის მდებარეობა უნდა განისაზღვროს პლანშეტზე (ნახ.V.24, 1). ადგილმდებარეობის A, B , და C წერტილების მდებარეობას შეესატყვისება პლანშეტზე a, b და c წერტილების მდებარეობა. შემდეგ აგებენ მარჯვენა c წერტილში β კუთხეს (ნახ. V.24, 2). ამისათვის კიპრეგელის სახაზავის წიბოს მიაღებენ ac ხაზს (A წერტილი უნდა იყოს წინ), შემოაბრუნებენ პლანშეტს და აორიენტირებენ A წერტილზე. დაამაგრებენ პლანშეტს და კიპრეგელის სახაზავის წიბოს მიაღებენ c წერტილს და, ჭოვრის ადგილის B

წერტილისკენ მიმართვის შემდეგ, გახაზავენ პლანშეტზე სახაზავის წიბოთი ხაზს. შედეგად c წერტილთან დებულობენ β კუთხეს.

მარცხენა a წერტილთან მარჯვენა β_1 კუთხის ასაგებად (ნახ.V.24, 2) კიპრეგელის სახაზავის წიბოს მიადებენ ac ხაზს, შემოაბრუნებენ პლანშეტს და უმიზნებენ C წერტილს. დაამაგრებენ პლანშეტს და კიპრეგელის სახაზავის წიბოს მიადებენ a წერ-



ნახ. V. 24. პლანშეტის მობრუნების ხერხი.

ტილს და, ჭოგრის ადგილის B წერტილისკენ მიმართვის შემდეგ, გახაზავენ მეორე მიმართულებას. ამგვარად, a წერტილთან დებულობენ მარჯვენა β_1 კუთხეს.

ორი გახაზული მიმართულების გადაკვეთის შედეგად დებულობენ bp ხაზს, რომელზეც დევს საძებნი m წერტილი. ეს ხაზი პლანშეტის mb მიმართულებით გაორიენტირების საშუალებას იძლევა. კიპრეგელის სახაზავის წიბოს p და b წერტილებზე მიდების შემდეგ შემოაბრუნებენ რა პლანშეტს, უმიზნებენ B წერტილს და დაამაგრებენ (ნახ.V.24, 3). შედეგად პლანშეტი ორიენტირებული იქნება bp ხაზის მიმართ. ამის შემდეგ კიპრეგელის სახაზავს მორიგეობით მიადებენ a და c წერტილებს და ჭოგრს დაუმიზნებენ შესაბამისად ადგილის A და C პუნქტებს. გახაზავენ Aa და Ac ხაზებს „ჩვენსკენ“ და დებულობენ საძებნი m წერტილს, რომელიც დევს სამ Aa , Ac და Bp ხაზების გადაკვეთაზე. თუ ეს ხაზები ერთ წერტილზე არ გადაიკვეთებიან, მაშინ ამოცანა ხელახლად უნდა ამოიხსნას. ამის შემდეგ წერტილებს აპროექტებენ დედამიწის ზედაპირზე ორთითას დახმარებით ან თვალდათვალ და ამაგრებენ.

V.5.7. დასაყრდენი პუნქტების განსაზღვრა გეომეტრიული ქსელის შუამნიშვნით

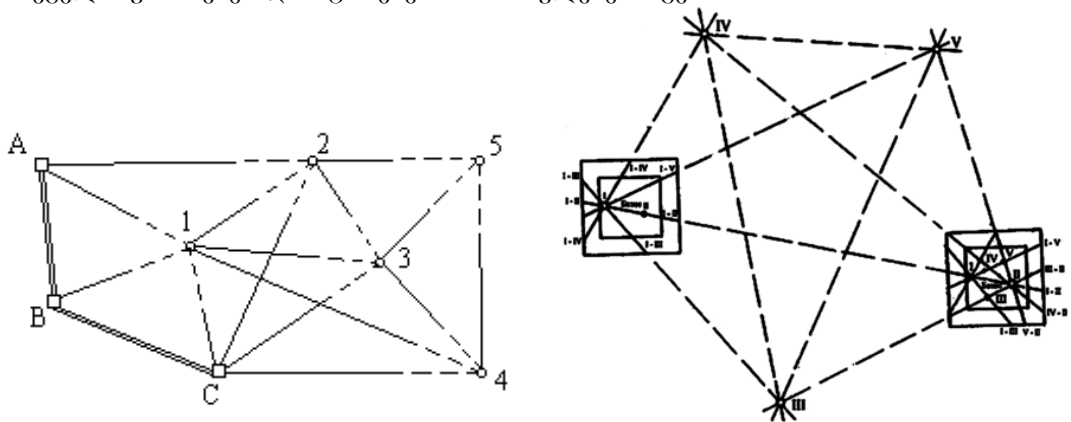
გეომეტრიულ ქსელს აგებენ გეოდეზიური ქსელის გახშირების მიზნით, როცა ტრიანგულაციის, პოლიგონომეტრიისა და თეოდოლიტური სვლების არსებული პუნქტები არასაკმარისია ადგილმდებარეობის ასაგეგმად. გეომეტრიული ქსელის წერტილების მდებარეობის განსაზღვრა ხდება *მენზულური გადაკვეთების მეთოდით* არანაკლებ სამი ცნობილი A, B, C წერტილიდან. კუთხური გადაკვეთების გზით (ნახ. V.25) განსაზღვრავენ მესამე, მაგალითად 1 პუნქტის გრაფიკულ მდებარეობას, რომლის შემდეგ პლანშეტზე არსებული ნებისმიერი სამი პუნქტიდან პირდაპირი კუთხური გადაკვეთებით განსაზღვრავენ მე-2 პუნქტის მდებარეობას და ა.შ. სანამ არ იქნება განსაზღვრული ქსელის ყველა პუნქტის მდებარეობა. გეომეტრიული ქსელის სამკუთხედის გვერდების სიგრძე შეადგენს დაახლოებით აგეგმვის რიცხვითი მასშტაბის ერთ მეათედს, მეტრულ გამოსახულებაში. მაგალითად, თუ ქსელის აგება ხდება 1:10 000 მასშტაბში, მაშინ სამკუთხედის გვერდის სიგრძე დაახლოებით 1 კმ-ს ტოლი უნდა იყოს. გრაფიკული აგებით მიღებული სამკუთხედების გეომეტრიული ქსელი შეიძლება გამოვიყენოთ შედარებით მცირე ფართობის 1:5 000 მასშტაბში აგეგმვისას, როცა პლანშეტზე კოორდინატებით დატანილია საწყისი ქსელის წერტილების საკმარისი სიხშირე. 1:2 000 და უფრო მსხვილ მასშტაბში აგეგმვისას გეომეტრიულ ქსელს

როგორც წესი, არ აგებენ. ქსელის წერტილების სიხშირე დამოკიდებულია აგეგმვის მასშტაბზე და ადგილის რელიეფის ხასიათზე.

გეომეტრიული ქსელის აგება ადგილმდებარეობის შედარებით მცირე ფართობის მქონე (ერთ პლანშეტზე მოთავსებად) უბნების ასაგეგმად, როცა ანალიტიკურად განსაზღვრული პუნქტები ან წერტილები არ გაგვანია, ხდება ერთი ბაზისის საფუძველზე, რომელსაც განათავსებენ ასაგეგმი ტერიტორიის ცენტრში, მაძილის გასაზომად მოსახერხებელ ადგილას. ბაზისის სიგრძის დადგენა ხდება გეგმის მასშტაბიდან გამომდინარე და არ უნდა იყოს ასაგეგმი უბნის სიგრძის 1/4 (გეგმის მასშტაბში არა ნაკლებ 5-10 სმ).

გეომეტრიული ქსელის აგებას იწყებენ რეკოგნოსცირებით, რომლის დროსაც წერტილებს განათავსებენ ამაღლებულ ადგილებში და მონიშნავენ სარებით. შემდგომში ამ წერტილებს ამაგრებენ მიწისპირამდე ჩასობილი პალოებით.

წერტილების გეგმიური და სიმაღლური მდგომარეობის განსაზღვრავად მენზურულას აყენებენ გეოდეზიური ქსელის ერთ-ერთ პუნქტზე. პლანშეტის ორიენტირებას ახდენენ ყველაზე დაშორებულ წერტილზე და მის სისწორეს ამოწმებენ სხვა დაკვირვებადი წერტილების მიმართ. კიპრეკელს უმიზნებენ და ატარებენ მიმართულებებს გეო-



ნახ. V. 25. გეომეტრიული ქსელის წერტილების მდებარეობის განსაზღვრა

მეტრიული ქსელის ყველა იმ პუნქტებისკენ, რომლებიც ჩანან მოცემული წერტილიდან ისე, რომ ხაზებმა ყველა მიმართულებით გადაკვეთონ პლანშეტის ჩარჩო, სადაც მათზე აკეთებენ წარწერას: რომელი პუნქტიდან რომელ პუნქტზე მიდის ესა თუ ის მიმართულება. ამის შემდეგ ამოწმებენ პლანშეტის ორიენტირებას და გადადიან მეორე (მაგალითად, *b*) წერტილზე, სადაც იმეორებენ ზემოთ აღწერილ მოქმედებას. სხვადასხვა პუნქტებიდან სარებზე მიმართულებების გადაკვეთის (1-5) წერტილები განსაზღვრავენ გეომეტრიული ქსელის პუნქტების მდებარეობას. მოცემული წერტილიდან დაკვირვებადი გეომეტრიული ქსელის ყველა წერტილზე დაკვირვების დამთავრების შემდეგ ჭოგრს გადაატარებენ ხენიტზე და, იმ წერტილებზე თანმიმდევრული დამზირების შემდეგ, რომელთა სიმაღლეებს განსაზღვრავენ, იღებენ ანათვლებს ვერტიკალურ წრედზე ჯერ *მკ*, ხოლო მერე *მც* მდგომარეობისას. ამასთან მუდმივად ადევნებენ თვალს, რომ ნულის ადგილის ცვლილება არ აღემატებოდეს ვერტიკალურ წრედზე ათვლის სიზუსტის გაორმაგებულ მნიშვნელობას. ამაღლებას გამოითვლიან ქსელის ორივე მხარეს პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით. განსხავება ამაღლების პირდაპირი და შებრუნებულ მნიშვნელობებს შორის არ უნდა აღემატებოდეს 4 სმ-ს კორიზონტალური მანძილის ყოველ 100 მ-ზე. საშუალო ამაღლებას ამოწერენ სქემატურ ნახაზზე სვლის პირდაპირი მიმართულების შესაბამისი ნიშნით. გამოთვლების გაკონტროლების მიზნით გეომეტრიული ქსელის წერტილებს აერთებენ ერთმანეთთან ისე, რომ შეიქმნას სამკუთხედებისა და მრავალკუთხედების ან მათი მორიგეობისაგან შედგენილი ქსელი.

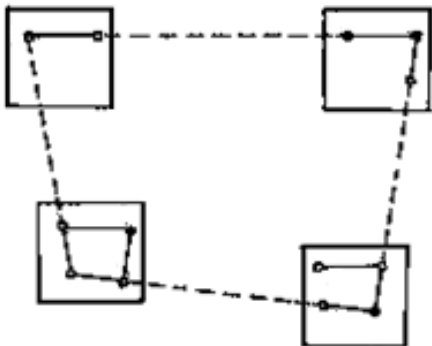
V.5.8. მენზურული სვლები

ასაგეგმი ქსელის შექმნა შესაძლებელია ასევე პლანშეტზე არსებულ საყრდენ წერტილებს შორის მენზურული სვლების გატარებით. სვლის წერტილების რაოდენობა

და გვერდების სიგრძის დადგენა დამოკიდებულია რელიეფის სირთულეზე (იხ. ცხრ. V.5).

მენზულური სვლის დაგებას იწყებენ ასაგეგმი ქსელის პუნქტზე მენზულის დაყენებით. საწყის A წერტილზე მენზულას დაცენტრავენ, მოყავთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და ახდენენ მის ორიენტირებას ცნობილი AM ხაზისა და ყველა დაკვირვებადი წერტილის მიმართ. შეარჩევენ მენზულური სვლის პირველ წერტილს და აყენებენ მასზე ლარტყას (ნახ. V.26). კიპრეგელის დახმარებით პოლარული ხერხით განსაზღვრავენ ამ

წერტილის გეგმიურ მდებარეობასა და h_{am} ამადლებას სადგურის მიმართ. შემდეგ მენზულა გადააქვთ სვლის პირველ წერტილზე, მოყავთ მუშა მდგომარეობაში და აორიენტირებენ პლანშეტს სვლის გახაზული გვერდის მიმართ. განსაზღვრავენ მანძილსა და ამადლებას შებრუნებული მიმართულებით. ანალოგიურად ხდება სვლის მეორე წერტილის გეგმიური და სიმაღლური მდგომარეობის განსაზღვრა და ა.შ., სანამ მელარტყე არ მივა სვლის ბოლო – საყრდენი ქსელის წერტილამდე. გახაზავენ რა პლანშეტზე ბოლო მიმართულებას და გადაზომავენ მასზე მანძილს, გამოავლენენ შეუბმელობას



სვლის პერიმეტრში. თუ ფარდობითი შეუბმელობა ნაკლებია $1/300$, მაშინ მას გადაანაწილებენ პარალელური ხაზების მეთოდით. საშუალო ამადლებას გამოითვლიან სვლის ყოველი გვერდისათვის პირდაპირი და შებრუნებული მნიშვნელობებიდან და შეუბმელობას ამადლებებში, რომელიც ნაკლები უნდა იყოს დასაშვებზე. სვლის წერტილების გეგმიური მდებარეობის განსაზღვრის აუცილებელი სიზუსტის მისაღწევად ამ უკანასკნელის სიგრძე შეზღუდულია და დამოკიდებულია აგეგმვის მასშტაბზე (ცხრ.V.5). 1:500 მასშტაბის აგეგმვისას მენზულური სვლების დაგება

ნახ. V. 26. მენზულური სვლის დაგება ნებადართული არ არის.

მენზულური სვლის წერტილების ამადლებას განსაზღვრავენ კიპრეგელით ან თეოდოლიტით ვერტიკალური წრის ორივე მდგომარეობისას. ნომოგრამული კიპრეგელით მუშაობისას mc წრის მდგომარეობისას დამზირების სიმაღლეს ცვლიან ორჯერ. სიმაღლური შეუბმელობა, $[f_h = \sum h_{გაზ} - (H_{ბოლო} - H_{დას})]$,

სადაც $\sum h_{გაზ}$ – სვლის მიმართ გაზომილი ამადლებების ალგებრული ჯამია; $h_{ბოლო}$

და $h_{დას}$ – შესაბამისად ბოლო და საწყისი წერტილების ცნობილი ნიშნულებია] არ უნდა აღემატებოდეს V.5. ცხრილში მოცემულ მონაცემებს. თუ შეუბმელობა დასაშვებია მას გადაანაწილებენ მანძილების კვადრატების პროპორციულად, ხოლო შემდეგ შესწორებული ამადლებების მიხედვით გამოითვლიან მენზულური სვლის წერტილების სიმაღლეებს.

V.5.9. ბადასასვლელი წერტილები

მენზულური აგეგმვისას ძირითადი ასაგეგმი ქსელის წერტილები ხშირად არასაკმარისია საჭირო ტერიტორიის სრულყოფილად ასაგეგმად. ამის გამო აგეგმვის პროცესში საჭირო ხდება პლანშეტზე დამატებით პუნქტების – ე.წ. *გადასასვლელი* წერტილების განსაზღვრა, რომელთა განთავსებისათვის არჩევენ ისეთ ადგილებს, საიდანაც შესაძლებელია მიმდებარე ტერიტორიის 300 მ-მდე რადიუსით აგეგმვა.

დამატებითი პუნქტების განსაზღვრა შეიძლება პირდაპირი, შებრუნებული და კომბინირებული გადაკვეთებით, ასევე პუნქტებს შორის საგდელის ხაზზე მანძილის გადაზომვით.

გადასასვლელი წერტილებისა და ასაგეგმი პიკეტების სიმაღლეებს აგეგმვის რელიეფის 0,25, 0,50 და 1,0 მ კვეთით ჩატარებისას განსაზღვრავენ გეომეტრიული ნიველირების მეთოდით, ხოლო 2,0 და 5,0 მ კვეთისას სიმაღლეები შეიძლება განსაზღვროთ ტრიგონომეტრიული ნიველირების მეთოდით.

V.5.10. რელიეფისა და სიტუაციის აბეგვა

მენზურული აგეგმვისას გეგმებს ადგენენ მყარ საფუძველზე (3 მმ, სისქის 50სმX50სმ ან 60სმX60სმ ზომის, მდინარის წვრილი ქვიშით ან ქაღალდის სახეხით წინასწარ დამუშავებული ალუმინის ან კარგად გამომშრალი სწორხედაპირიანი ფანერის ფურცელი) დაწებებულ უმაღლესი ხარისხის სახაზავ ქაღალდზე, რომელსაც აქვს უნარი აგეგმვის პერიოდში გაუძლოს მექანიკურ ზემოქმედებასა და ამინდის ყველანაირ ცვლილებას. საფუძვლის დეფორმირების თავიდან აცილების მიზნით მეორე მხარეს აწებებენ უბრალო სქელ ქაღალდს.

მომზადებულ პლანშეტზე დრობიშევის სახაზავის ან შტანგენფარგალისა და მას-შტაბური სახაზავის (უფრო მოსახერხებელია კოორდინატოგრაფი) დახმარებით მაგარი ფანქრით დააქვთ საკოორდინატო ბადე 10 სმ-იანი კვადრატების სახით. ბადის აგებას ამოწმებენ ცირკულით ან შემოწმებული სახაზავით. კვადრატებისა და დიაგონალების სიგრძეების გადახრა მათი ნომინალური (10,00 და 14,14 სმ) მნიშვნელობისაგან არ უნდა განსხვავდებოდეს 0,2 მმ-ზე მეტი სიდიდით.

1:5000 და 1:2000 მასშტაბის აგეგმვისას ირიბკუთხა დაგრაფვის პლანშეტებზე კოორდინატებით დააქვთ ტრაპეციის ჩარჩოების კუთხეები, ხოლო ჩრდილოეთ ჩარჩოზე იწერება ნომენკლატურა. ყველა პლანშეტზე ადგენენ ფორმულიარს, დადგენილი წესით. ამის შემდეგ კოორდინატებით დააქვთ ყველა საყრდენი პუნქტები და ასაგეგმი ქსელის წერტილები, რომლებიც განთავსდებიან როგორც პლანშეტზე, ისე მის ჩარჩოს გარეთ.

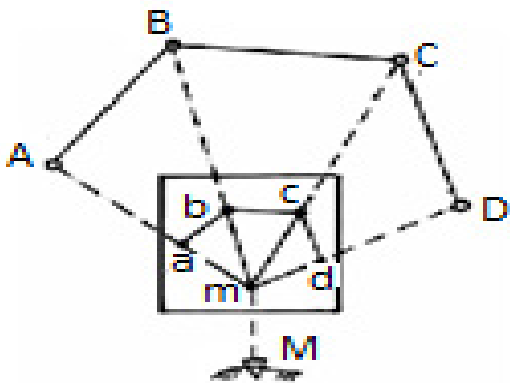
პუნქტების დატანის სიზუსტეს ამოწმებენ მათ შორის მანძილების შემოწმებით. ყოველი პუნქტის (წერტილის) გვერდით სვამენ მის ნომერს ან სახელწოდებასა და ნიშნულს 1 სმ სიზუსტით. ტრიანგულაციისა და პოლიგონომეტრიის პუნქტებთან ნიშნულებს წერენ წილადის სახით: მრიცხველად – ცენტრის ნიშნულს, მნიშვნელად – მიწის ზედაპირის ნიშნულს.

აგეგმვის წერტილების პლანშეტზე დატანისას, აგეგმვის სამუშაოებისას მენზურლის ორიენტირების მეტი სიზუსტისათვის გახაზავენ ორიენტირების დამხმარე ხაზებს, რომლებიც აუცილებელია მენზურლის მოკლე ხაზებზე (გეგმაზე 10 სმ-ზე მოკლე) გაორიენტირების შემთხვევაში, ან როცა მეზობელი წერტილები მომიჯნავე პლანშეტებზე მდებარეობენ.

ორიენტირების ხაზებს ატარებენ კოორდინატებით დატანილ წერტილებზე, რომლებიც შეიძლება იყვნენ ხაზების გაგრძელებაზე ან პლანშეტის ჩარჩოების ხაზების გადაკვეთებზე.

აგეგმვისათვის გამზადებულ პლანშეტს ამაგრებენ მენზურლის დაფაზე ლატუნის ან სპილენძის პატარა ხრახნებით ან ხის სამაგრეებით და დაჭუჭყიანებისაგან დასაცავად ფარავენ მას დაფასთან მიმაგრებული სქელი ან გამჭვირვალე ქაღალდით.

რელიეფისა და სიტუაციის აგეგმვა ძირითადად სრულდება პოლარული ხერხით, სადგურიდან საღარტყო წერტილებამდე მანძილისა და ამაღლების კიპრეგელის ნომოგრამის დახმარებით განსაზღვრის გზით, როგორც აგეგმვის საფუძვლის ყველა წერტილიდან, ისე პლანშეტზე არსებული ტრიანგულაციისა და პოლიგონომეტრიის პუნქტებიდან. რელიეფის აგეგმვა ხდება სიტუაციის აგეგმვის პარალელურად. ასაგეგმი პიკეტების შერჩევის მეთოდი იგივეა, როგორც ტაქომეტრიული აგეგმვისას, სხვაობა მხოლოდ იმაშია, რომ პოლარული კუთხის გაზომვის მაგივრად აქ ასაგეგმი წერტილისაკენ მიმართულებას კიპრეგელის სახაზავის დაცვრებული გვერდი ქმნის, რომლის გასწვრივაც გადაზომავენ წერტილებამდე პორიზონტალურ მანძილს მასშტაბის მიხედვით. პლანშეტზე დატანილი წერტილი წარმოადგენს აგეგმილი პიკეტის გამოსახულებას. ამრიგად მიღებული წერტილების შეერთებით დებულობენ ადგილის შესატყვისი კონტურის გამოსახულებას. მანძილ-მზომით



განსაზღვრულ მანძილში 2°-ზე მეტი დახრის კუთხეებისას შეაქეთ შესწორება, ხაზის ჰორიზონტის მიმართ დახრაზე.

ადგილის *A, B, C, D* კონტურის ასაგეგმად (ნახ.V.27) საჭიროა კიპრეგელის სახაზავის მიღება გეგმაზე *m* სადგურის წერტილზე, ჭოგრის მიმართვა *A* წერტილზე დაყენებულ ლარტყაზე, ნომოგრამით *S* მანძილის განსაზღვრა, გეგმის მასშტაბში მისი შესატყვისი მონაკვეთის გადაზომვა *m* წერტილიდან კიპრეგელის სახაზავის ნახ. V. 27. პიკეტების მდებარეობის დაცვრებული გვერდის გასწვრივ და პლან-შეტზე *a* წერტილის მიღება. მანძილთან ერთად ნომოგრამით განისაზღვრება საძიებელ წერტილზე ამადლება 0,01 მ სიზუსტით, რომლის *m* სადგურის ნიშნულზე დამატებით დებულობენ *a* პიკეტის ნიშნულს, რომელიც იწერება გეგმაზე 0,1მ დამრგვალებით რელიეფის არანაკლებ 1 მ კვეთისას, ხოლო უფრო ნაკლები კვეთისას 0,01 მ-მდე. ანალოგიურად ხდება დანარჩენი წერტილების აგეგმვა.

საღარტყო წერტილებამდე მანძილის სიდიდე დამოკიდებულია აგეგმვის მასშტაბზე და ადგილის ხასიათზე (ცხრ. V.6). სიტუაციის ცალკეული წერტილები შეიძლება აიგეგმოს გადაკვეთების მეთოდით არანაკლებ სამი გადაკვეთით, განაპირა სხივების არა უმცირეს 30°-იანი კუთხით გადაკვეთისას. ამასთან, მათი სიგრძე არ უნდა აღემატებოდეს 400 მ 1:5000 და 200 მ – 1:2000 მასშტაბით აგეგმვისას.

ცხრ. V.6

მაქსიმალური მანძილი ასაგეგმ პიკეტამდე							
№	აგეგმვის მასშტაბი	სიტუაციის აგეგმვისას	რელიეფის აგეგმვისას	განაშენიანებული ტერიტორიისას	პუნქტების რაოდენობა კმ ²	რელიეფის კვეთა, მ	დასაშვები შეუბეგლებლობა, %
1	1:5000	150	300	120	12-22	5,0	1,0
2	1:2000	100	200	70-80	22-50	2,0	0,50
3	1:1000	80	160	60-65	48-80	1,0	0,20
4	1:500	60	120	45-50	80-140	0,50	0,15

გეგმაზე კონტურის წერტილებს აერთებენ უწყვეტი ხაზით. სიმაღლეებს განსაზღვრავენ და აწერენ რელიეფის მახასიათებელ წერტილებსა და ხაზებზე: მწვერვალებზე, წყალგამყოფებზე, ფერდობების გადაღუნვებზე, უნაპირებზე, ტალღეებზე, განტოტვის ადგილებში და ხეობის ძირებზე, ქვაბულებში, ორმოებში, ძაბრებში და მათ ნაპირებზე, მდინარეებთან და ნაკადულებთან წყლის დონეზე, ამადლებების ძირებზე და ა.შ. წყლის დონეებს განსაზღვრავენ ორჯერ და წერენ ჟურნალში და გეგმაზე, განსაზღვრის თარიღის მითითებით. დონეები განისაზღვრება ისეთი გათვლებით, რომ ისინი გეგმაზე დალაგდნენ ერთმანეთისაგან 10-12 სმ.

ერთი შეხედვით სწორხაზოვან კონტურებზე საღარტყო წერტილები არ უნდა იყოს აღებული 100 მ-ზე ახლოს 1:5000 და 50 მ-ზე – 1:2000 მასშტაბით აგეგმვისას.

ადგილზე ხდება რელიეფის ცალკეულ ფორმების გამომსახველი ჰორიზონტალების გატარება საღარტყო წერტილების ინტერპოლირებული ნიშნულების მიხედვით. გავლებულ ჰორიზონტალებს ადარებენ ადგილმდებარეობის რელიეფთან.

თუ ვერ ხერხდება რელიეფის ძირითადი ფორმების ჰორიზონტალებით გამოსახვა, გაყავთ ნაევარ ჰორიზონტალები და დამხმარე ჰორიზონტალები ნებისმიერ სიმაღლეზე. ბრტყელ რელიეფიან უბნებზე ($\gamma = 0,5^\circ$) ჰორიზონტალები შეიძლება შევცვალოთ წერტილების ნიშნულებით.

თუ აგეგმვის ტერიტორია ვრცელდება რამდენიმე მოსაზღვრე პლანშეტებზე, მაშინ მათი ერთმანეთთან შეთავსების მიზნით აგეგმვა სრულდება თითოეული პლანშეტის ჩარჩოს გარეთაც 1 სმ მანძილზე მასშტაბისაგან დამოუკიდებლად. პლანშეტების შეთავსებისათვის კალკაზე გადააქეთ პლანშეტის ჩარჩო და აკოპირებენ კონტურებსა და

ჰორიზონტალებს 2 სმ სიფართის ზოლზე აგეგმილს მის შიგნით და გარეთ. მიღებულ კალკას ადებენ მოსაზღვრე პლანშეტს და ათავსებენ ჩარჩოებს. კონტურების მდებარეობაში განსხვავება არ უნდა აღემატებოდეს 0,5 მმ-ს, მთიან რაიონებში 0,7 მმ-ს და კაპიტალური განაშენიანების ადგილებში 0,4 მმ-ს. განსხვავება ჰორიზონტალებში არ უნდა აღემატებოდეს სიმაღლეში რელიეფის კვეთის სიმაღლის 1/4-1/3. კონტურების შეთანხმებულ მდებარეობას, რომლისათვის ღებულობენ შესათავსებელი პლანშეტების საშუალოს, აჩვენებენ კალკაზე წითელი ტუშით, გადააქვთ შემდეგ შესათავსებელ პლანშეტზე ამ უკანასკნელის შესაბამისი შესწორებით.

შეთავსებაზე მიეთითება შეთავსებული პლანშეტების ნომენკლატურა, ჩარჩოს სახელწოდება შედგენის თარიღი და შემსრულებელი.

აგეგმვის პროცესში, ყოველდღიურად, სავლელ სამუშაოების შემდეგ ავსებენ სიმაღლეთა და კონტურების კალკას, რომელთა შედგენა აუცილებელია პლანშეტების გამოხაზვის გასაკონტროლებლად და სავლელ სამუშაოებისას შემთხვევით წაშლილი კონტურებისა და სალარტყო წერტილების აღსადგენად. მარტივი რელიეფისას და კონტურების უმნიშვნელო რიცხვისას ნებადართულია სიმაღლეებისა და კონტურების, შეთავსებულ კალკაზე ერთად დატანა. სიმაღლეთა კალკაზე დააქვთ საყრდენი და ასაგეგმი პუნქტები მათი სახელწოდებების ან ნომრებისა და სიმაღლეების წარწერით, ყველა სალარტყო წერტილი თავიანთი ნიშნულებით, რელიეფის თავისებურებები (ოროგრაფიული ხაზები). ასაგეგმი ქსელის შეკრული სიმაღლური პოლიგონების გვერდებს აჩვენებენ წითელი ტუშით, ხოლო გეომეტრიული ქსელისა და ძირითადი სფლებისას – შავით.

კონტურების კალკაზე დააქვთ გეოდეზიური საფუძვლისა და ასაგეგმი ქსელის პუნქტები, ცალკეული საგნები და სიტუაციის კონტურები, რელიეფის ელემენტები, რომლებიც არ გამოისახებიან ჰორიზონტალებით. პირობითი ნიშნების ნაცვლად დასაშვებია სავარგულების სახელწოდებების დაწერა.

სავლელ სამუშაოების დამთავრების შემდეგ პლანშეტზე ტუშით, მასშტაბში, ტოპოგრაფიული გეგმისათვის შესაბამისი პირობითი ნიშნებით, გამოხაზავენ ველზე აგეგმილი სიტუაციისა და რელიეფის ყველა ობიექტს. პლანშეტის გამოხაზვას იწყებენ წვრილი კონტურებითა და მასშტაბგარე პირობითი ნიშნებით, დასახლებული პუნქტებითა და მათი სახელწოდებების წარწერით. ამის შემდეგ გამოხაზავენ გზებს, მდინარეებს, სიტუაციას, პირობითი ნიშნებით გამოსახვად რელიეფის ელემენტებს და ჰორიზონტალებს.

მენზულური აგეგმვის პლანშეტებს გამოხაზავენ პირობით აღნიშვნებზე წაყენებული მოთხოვნების მკაცრი დაცვით. ყველა სავლელ ორიგინალს გამოხაზავენ ტუშით, შემდეგ ფერებში: კონტურები, წარწერები და ჩარჩოსგარე გაფორმებები – შავით, რელიეფი – ყავისფერით, ჰიდროგრაფია და მლაშობები – მწვანით, წყლის სივრცეებს ცისფერად, მყარსაფარიან ფართობებს (ასფალტი და სხვ.) – ვარდისფერად.

ჩარჩოს გარე გაფორმებას აკეთებენ ტოპოგრაფიული გეგმების გაფორმების ინსტრუქციის თანახმად.

§V.6. ტოპოგრაფიული აბეგმვის სხვა სახეები

V.6.1. ზედაპირის ნიველირება ადგილმდებარეობის მსხვილმასშტაბიანი ბეგმის შესადგენად

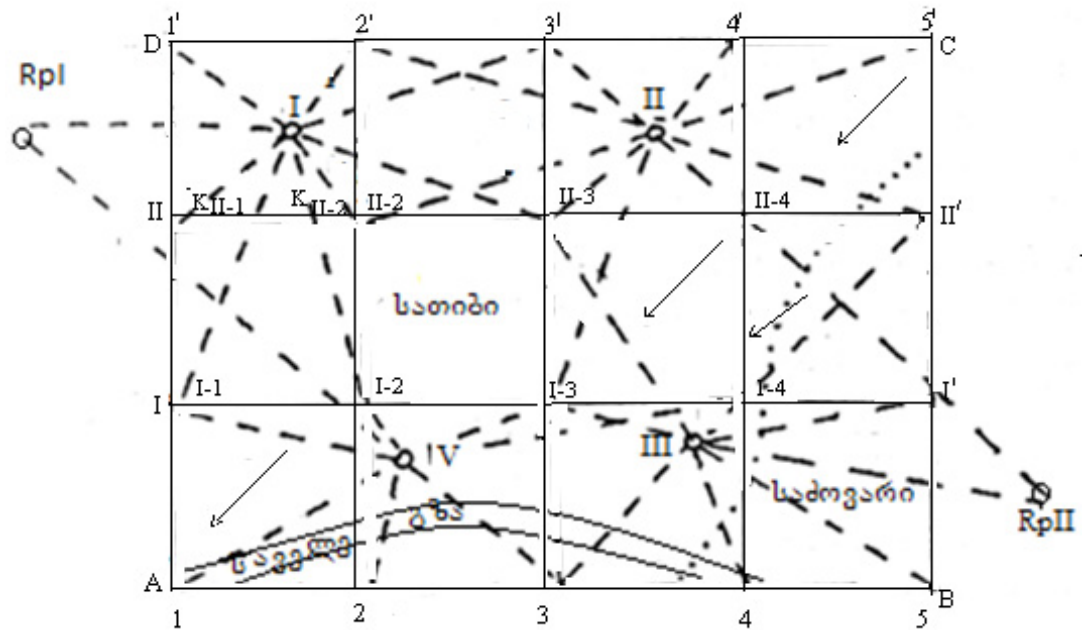
ზედაპირის ნიველირება წარმოადგენს ტოპოგრაფიული აგეგმვის მარტივ სახეს და მიმართვენ ადგილმდებარეობის მსხვილმასშტაბიანი აგეგმვისას მცირე სიმაღლური კვეთის რელიეფის დეტალიზებულად გამოსახავად. ასეთი სახით მიღებული გეგმები ყველაზე უფრო მოსახერხებელია ადგილის ხელოვნური რელიეფის დაპროექტებისას მიწის მასების მოცულობის დასადგენად, სმშენებლო მოედნების პროექტების შესადგენად და ზედაპირის მოშანდაკებისას, დაჭაობებული ადგილების დაშრობისას და სარწყავი სისტემების პროექტირების საქმეში, მდინარეთა კალაპოტების დეტალური გამოკვლევისა და სხვა სახის საძიებო, საპროექტო და სამშენებლო სამუშაოების შესრულებისას.

რელიეფისა და ადგილის სიტუაციისაგან, ასევე დასანიველირებელი ზედაპირის ფართობისაგან და დანიშნულებისაგან დამოკიდებულებით გამოიყენება ნიველირების სხვადასხვა მეთოდი: კვადრატების მიხედვით, პარალელური ხაზებით, მაგისტრალებად (პოლიგონებით) და სხვა, რომელთაგან ყველაზე ფართო გავრცელება პოვა ნიველირებამ კვადრატების მიხედვით. ეს მეთოდი გამოიყენება ღია ადგილებში რელიეფის მცირე (0,1-0,5 მ) კვეთსმადლისას, ვერტიკალური დაგეგმარების პროექტის შედგენისა და მიწის სამუშაოების მოცულობის დაანგარიშების მიზნით. რელიეფის ხასიათიდან, მისი გამოსახვის სიზუსტის მოთხოვნიდან, მშენებარე ნაგებობის სირთულისა და დანიშნულებიდან გამომდინარე თავიდან კვადრატების ბადეს აგებენ 100, 200 ან 400 მ სიგრძის გვერდებისაგან, ხოლო შემდეგ ღებულობენ უფრო პატარა კვადრატებს 40 მ გვერდების სიგრძით 1:2000 მასშტაბით აგეგმვისას, 20 მ – 1:1000 მასშტაბისას და 10 მ 1:500-სას. ადგილზე კვადრატების ბადეს აგებენ თეოდოლიტისა და სიგრძის საზომი ხელსაწყო დახმარებით. აგებას იწყებენ გარე პოლიგონის დაკვალვით კვადრატების ან მართკუთხედების სახით. ამისათვის ასაგეგმი უბნის საზღვრის გასწვრივ ამაგრებენ საყრდენ AB ხაზს და მასზე საზომი ხეულის დახმარებით გადაზომავენ კვადრატის გვერდების სიგრძეებს ($A-1, 1-2, \dots 4-B$). შემდეგ A და B წერტილებზე მორიგეობით დგამენ თეოდოლიტს და აღმართავენ AD და BC მართობებს AB ხაზის მიმართ. კონტროლისათვის ზომავენ CD ზოლის სიგრძეს, რომელიც არ უნდა განსხვავდებოდეს AB ხაზის სიგრძისგან 1 : 2000-ზე მეტით.

მართობებზე და CD ხაზზე გადაზომავენ კვადრატების გვერდების სიგრძეებს. $ABDC$ პოლიგონის წვეროებსა და მის გვერდებზე წერტილებს ამაგრებენ გრუნტის რეპერებით. პოლიგონის შიგნით კვადრატების დაკვალვა ხდება I-I', II-II', ხაზების საგდულების გასწვრივ. დაკვალვის კონტროლი სრულდება 1-1', 2-2', 3-3', . . . 5-5' მართობული საგდულების გასწვრივ წერტილების დაკიდებით. კვადრატების წვეროებს (პიკეტებს) ამაგრებენ ხის პალოებით. აუცილებლობის შემთხვევაში კვადრატების გვერდებზე რელიეფის გადაღუნვის წერტილებში ამაგრებენ საპლიუსო წერტილებს. გარე პოლიგონის გვერდების 300 მ-მდე სიგრძისას მცირე ზომის უბნებზე თეოდოლიტის მაგივრად შეიძლება გამოვიყენოთ პორიზონტალურწრედიანი ნიველირი, ხოლო შემავსებელი კვადრატების დაკვალვა მოსახერხებელია მოგრძო თოკის (ზონრის) დახმარებით, რომელზეც წინასწარ მონიშნავენ კვადრატის გვერდის სიგრძეებს. პიკეტების დაკვალვის თანადროულად ასრულებენ სიტუაციის აგეგმვას კვადრატების გვერდებიდან კონტურის შესაბამის წერტილებამდე მანძილის გაზომვით. აგეგმვის შედეგები შეაქვთ აბრისში, რომელზეც ისრებით აღნიშნავენ ასევე დახრილობის მიმართულებას. ნიველირების დაწყების წინ სქელ ქაღალდზე გამოხატავენ კვადრატების სქემას (ნახ.V.28), რომელიც საველე ჟურნალსაც წარმოადგენს. კვადრატების ნიველირების თანმიმდევრობა დამოკიდებულია მათ ზომებსა და ადგილის ხასიათზე.

კვადრატებად ნიველირება შესაძლებელია ერთი სადგურიდან, ტექნიკური ნიველირებით, ორმხრივ ლარტყის დახმარებით, ხოლო წვეროების ნიშნულებს გამოითვლიან სახელმწიფო სანიველირო ქსელის პუნქტიდან გადაცემული ხელსაწყოს პორიზონტის მიხედვით.

რიგი წერტილების რამდენიმე სადგურიდან ნიველირებისას (ნახ.V.28) ისინი აღნიშ-



ნახ. V. 28. ზედაპირის კვადრატებად ნიველირების აბრისი (ისრებით ნაჩვენებია დახრილობების მიმართულებები)

1347	1352	1349	1347	1307	1168
1158	1165	1137	1152	1128	1134
1087	1058	0984	864	ნიIII-113,362	ნიIV-113,274
1579	6171	142		1657	1648
778	5380			1099	5881
582	744	572	867	1109	1052
ნიIV-112,267		734	1248	1056	1147
458	541		966	1236	1488
		6275	7995		

ნულია K ასოთი) ლარტყაზე ანათვალს იღებენ ორი მეზობელი სადგურიდან. ასეთ ორჯერ ნიველირებულ წერტილებს დამაკავშირებლებს უწოდებენ და მათზე დაყენებული ლარტყებიდან ანათვლებს იღებენ შავი და წითელი მხრიდან, ხოლო კვადრატების დანარჩენ წვეროებზე (შუალედური წერტილები) – მხოლოდ შავი მხრიდან. ამ შემთხვევაში ჟურნალად გამოიყენება კვადრატების სქემა (ნახ. V.29), რომელშიც შესაბამის წვეროებთან ჩაწერენ ანათვლებს. დამაკავშირებელი წერტილები ქმნიან შეკრულ პოლიგონს, რომლის ზღვრულ ცდომილებას განსაზღვრავენ ფორმულით

$$f_h = 30\sqrt{L} \text{ (მმ)}$$

ნახ. V. 29. ზედაპირის ნიველირების ჟურნალი

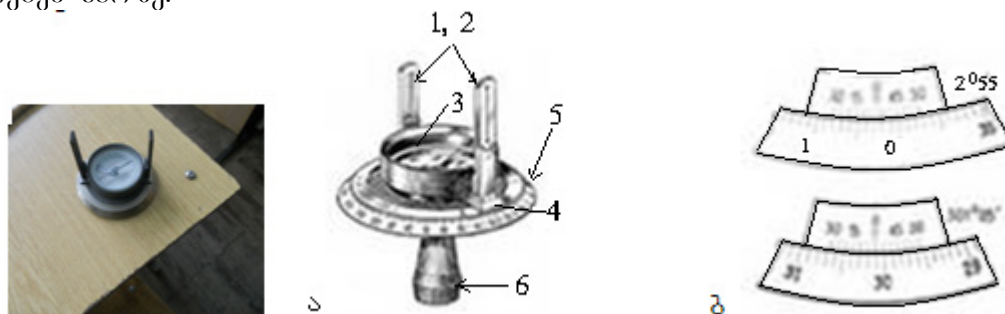
რელიეფის კორიზონტალებით გამოსასახავად აგეგმვის ყველაზე მარტივი ხერხია ადგილზე წინასწარ მონიშნული კვადრატების წვეროების ნიველირება. ამისათვის რომელიმე გვერდზე მაგალითად 1-2 (ნახ. V.30) ხეყულით ან მიწის საზომი ბაფით გადაზომავენ ერთნაირი სიგრძის მონაკვეთებს და მათ ადგილზე აღნიშნავენ ხის პალოებით. l მონაკვეთის სიგრძე დამოკიდებულია რელიეფის სირთულეზე და ცვალებადობს 2-დან 20 მ-მდე. მე-2 წერტილთან მდებარე ბოლო სრული კვადრატის დაბოლოებაზე აგებენ მართ კუთხეს და ამ მიმართულებითაც გადაზომავენ l მონაკვეთებს უბნის საზღვრამდე მე-3 წერტილში. ამასთან, ბოლო მონაკვეთის სიგრძე შეიძლება აღმოჩნდეს l მონაკვეთის სიდიდეზე ნაკლები.

შუალედური წერტილების ნიშნულებს ითვლიან ხელსაწყოს კორიზონტის ხერხით. ამისათვის დამაკავშირებელი წერტილის ნიშნულს უმატებენ მასზე დაყენებულ ლარტყაზე აღებულ ანათვალს. მიღებულ შედეგებს ჩაწერენ შესაბამის წვეროებთან, კვადრატების მოცემული მასშტაბით გამოსახულ გეგმაზე, რომელზეც ადგილის სიტუაციაცაა დატანილი. კვადრატების გვერდებს უკეთებენ ინტერპოლირებას რელიეფის

V.6.2 ბუსოლური აბეზიმა

სუსტად დასახლებული და მცენარეული საფარით დაფარულ ტერიტორიებზე გეოგრაფიული კვლევა ძიებისას ფართოდ გამოიყენება ბუსოლური აგეგმვები. სამუშაოს აწარმოებენ ხელის ბუსოლითა და მექანიკური მანძილსაზომი ხელსაწყოებით, რის გამოც მას *ნახევრადინსტრუმენტულსაც* უწოდებენ. ბუსოლით ზომავენ საგანზე მიმართულების აზიმუტებს.

გაუმჯობესებული ათვლის სისტემის მქონე *სტეფანეს ბუსოლი* [სტეფანე გ. ფ. (1796-1873) რუსი ინჟინერი, სამხედრო ტოპოგრაფი] აღჭურვილია ორი 1 და 2 (ნახ.V. 31) ასაკეცი დიოპტრით. ლიმბს 5 გააჩნია მის გარშემო თავისუფლად მოძრავი ორი ურთიერთსაწინააღმდეგოდ განლაგებული ვერნიერები 4. კორპუსის შიდა წრედზე დატანილია რუმბების სკალა 3. აგეგმვისას ბუსოლი უჭირავთ სახელურით 6 ან ამაგრებენ სარზე.



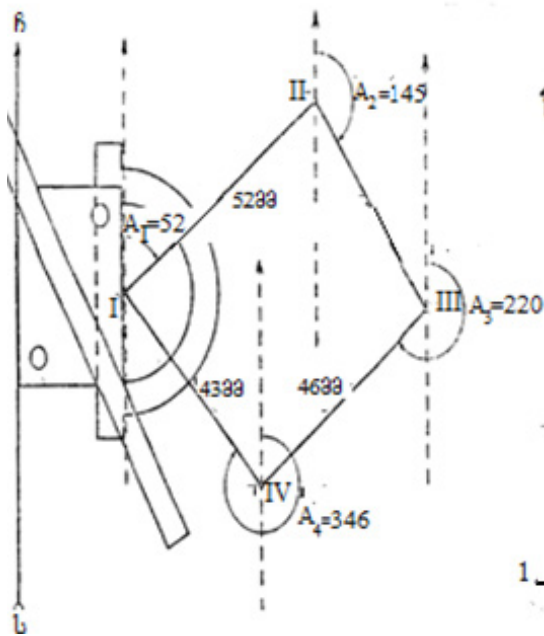
ნახ. V. 31. სტეფანეს ბუსოლი ა – საერთო ხედი; ბ – ანათვალი ვერნიერზე 2° 55”

გაზომვების დაწყება მოსახერხებელია ლიმბის ნულოვანი ანათვლიდან. სამუშაოს დაწყების წინ ხელსაწყოს ამოწმებენ და საჭიროების შემთხვევაში უტარებენ იუსტირებას.

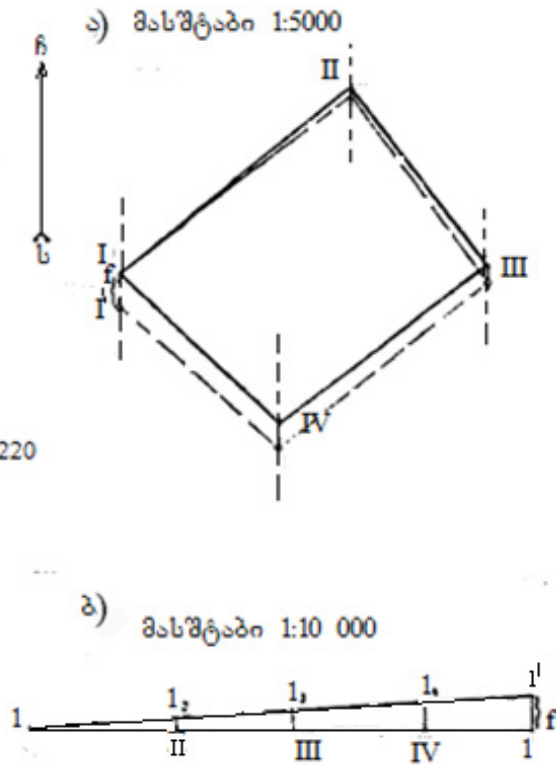
აგეგმვას აწარმოებენ ადგილმდებარეობის რეკონოსცირებისას შერჩეული ბუსოლური სელის ან პოლიგონის წერტილებიდან. წერტილების შემაერთებელი ხაზები სასურველია გადიოდეს ასაგეგმი უბნის საზღვრებთან ახლოს. მათი დამაგრება შეიძლება ხის პალოებით. გვერდით დაყენებული სარები კი ხაზის ბოლოების დანახვას უზრუნველყოფს.

პოლიგონის ხაზების პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით გაზომილი მაგნიტური აზიმუტი და სიგრძეები შეაქვთ ბუსოლური აგეგმვის ჟურნალში. ერთდროულად აწარმოებენ ადგილობრივი საგნების აგეგმვას აზიმუტალური გადაკვეთების ხერხით (ძირითადად) და პერპენდიკულარების დახმარებით (ხაზების გაზომვისას). აგეგმვისას ადგენენ ჩანახაზს (აბრისი), რომელშიც ობიექტზე მიმართულებებს მიაწერენ გაზომვის შედეგებსა და მაგნიტურ აზიმუტებს.

ბუსოლური აგეგმვისას გეგმის შედგენას იწყებენ პოლიგონის წერტილების დატანით, მაგნიტური რუმბებისა და ხაზების მასშტაბში მოყვანილი სიგრძეების მიხედვით. ფურცლის შუა ადგილას გახაზავენ ვერტიკალურ ხაზს, რომელსაც დებულობენ მაგნიტური მერიდიანის მიმართულებად. პირველ წერტილს დანიშნავენ ისე, რომ მთელი პოლიგონი დაეტიოს ფურცლის შუაში (ამისათვის მიზანშეწონილია პოლიგონის სქემის მოცემულ მასშტაბში წინასწარი შედგენა). I-II მიმართულების გასახაზად სახაზავისა და სამკუთხედის დახმარებით I წერტილზე გახაზავენ ვერტიკალური ხაზის პარალელურს, მიადებენ ტრანსპორტირის ცენტრს ისე, რომ მისი რკალის საწყისი (0&-ის მაჩვენებელი) დაემთხვეს ვერტიკალური ხაზის მიმართულებას, ხოლო ცენტრი I წერტილს (ნახ.V.32). რკალზე მოცემული ხაზის რუმბის მაჩვენებლის მიმართულებით გახაზავენ წრფეს და მასზე მოცემულ მასშტაბში გადაზომავენ I-II ხაზის სიგრძეს. მიღებული მონაკვეთის ბოლო იქნება II წერტილის მდებარეობა; ამავე ხერხით დაიტანენ II-III ხაზსა და პოლიგონის ყველა დანარჩენ გვერდს.



ნახ. V. 32. პოლიგონის აგება რუმბებისა და სიგრძეების დახმარებით



ნახ. V. 33. პოლიგონის გრაფიკული ხაზების შეუბმელობის განაწილება

მიმართულების გაგლებასა და ხაზების სიგრძის გადაზომვაში დაშვებული ცდომილებების გამო შესაძლებელია პოლიგონის საწყისი I და ბოლო I' წერტილები ერთმანეთს არ დაემთხვენ. სიდიდეს, რომელიც გამოსახავს ამ შეუთავსებლობას, გრაფიკული შეუბმელობა f ეწოდება და ითვლება დასაშვებად თუ მისი სიგრძე, აგების მასშტაბში, არ აღემატება პოლიგონის პერიმეტრის $\frac{1}{200} - \frac{1}{300}$.

გრაფიკული შეუბმელობის განაწილება ხდება *პარალელური ხაზების ხერხით*. ამისათვის საჭიროა სწორ ხაზზე პოლიგონის გვერდების დანიშვნა ნებისმიერ მასშტაბში (ნახ. V.33, ბ). I წერტილიდან აღმართავენ შეუბმელობის სიგრძის ტოლ მართობს პოლიგონის აგების (დასაშვებია ორჯერ უფრო წვრილ) მასშტაბში. შეაერთებენ I' წერტილს I წერტილთან და აღმართავენ ყველა წერტილიდან მართობებს $I-I'$ ხაზის გადაკვეთამდე. მათი სიგრძე $I-I$ და $I-I'$ ხაზებს შორის წარმოადგენენ გრაფიკულ შესწორებებს პოლიგონის შესაბამისი წერტილების მდებარეობაში გეგმაზე.

გეგმაზე პოლიგონის შესწორება ხდება მისი წერტილებიდან შეუბმელობის პარალელური ხაზების გაგლებით. ამ ხაზებზე დანიშნავენ შესაბამის გრაფიკულ შესწორებებს, რომელთა გასწვრივ ხდება I' წერტილის გადანაცვლება მისი I წერტილთან შეთავსებამდე. ამის შემდეგ ასრულებენ ნახაზის სუფთად გაფორმებას. (V.33 ნახაზზე შესწორებული პოლიგონი ნაჩვენებია უწყვეტი გამსხვილებული ხაზებით). აზომუტალური გადაკვეთებით მიღებული სიტუაციის ელემენტების დატანა გეგმაზე ხდება ტრანსპორტირის დახმარებით, ხოლო მართობი ხაზების ხერხით განსაზღვრულებისა ცირკულისა და მასშტაბური სახაზავით, აბრისის მონაცემებთან შეთავსებით.

V.6.3. თვალზომური აბეზმვა

თვალზომური აბეზმვა ეწოდება ადგილის გამარტივებულ ტოპოგრაფიულ აბეზმვას, რომელიც სრულდება უმარტივესი ხელსაწყოებისა და ნივთების: ქალაღდაკრული

მსუბუქი პლანშეტის, კომპასის, ცირკულ-მზომის, ფანქრის, საშლელისა და სავიზირო სახაზავის დახმარებით. აგეგმვისას შეიძლება გამოვიყენოთ ასევე მსუბუქი მენზულა კომპასითა და საკეცი დიოპტრებიანი აღიდადით, ან ხელის ბუსოლი. ასეთი აგეგმვის მიზანია უშუალოდ საველე პირობებში, შედარებით მოკლე დროში, მარშრუტის ან ადგილის უბნის 1:25000 და უფრო მსხვილი მასშტაბის მიახლოებითი გეგმის მიღება. თვალზომური აგეგმვის შედგენა ხშირად უხდებოდა გეოგრაფიული კვლევა-ძიების საორგანიზაციო გეგმის შედგენისას, სამხედრო საქმეში – საბრძოლო პირობებში ადგილის დაზვერვისას, სარეკონსტრუქციო და სხვა სახის სამუშაოების შესრულების ადგილებში რუკების უქონლობისას. თვალზომური აგეგმვის გამოცდილება სასარგებლოა სხვა, უფრო ზუსტი აგეგმვებისას აბრისების შესადგენად და ტოპოგრაფიულ რუკებზე შესწორებებისა და დამატებების შესატანად.

აგეგმვა შეიძლება შევასრულოთ ძველი ან წვრილმასშტაბიანი რუკის მიხედვით შედგენილ ე.წ. „სკილეტზე“ და სუფთა საფუძველზეც. აგეგმვისათვის მომზადების პროცესში კომპასს მიამაგრებენ პლანშეტის (საქადალდეს) კუთხეში ისე, რომ მისი ლიმბის 0-180°-იანი დიამეტრი პლანშეტის ერთ-ერთი გვერდის პარალელურად იყოს განთავსებული. პლანშეტის სამხრეთ ნაწილში აგებენ *ნაბიჯების მასშტაბს* – ხაზოვან მასშტაბს, რომლის მიხედვით პლანშეტზე გადაზომავენ ადგილზე ნაბიჯებით გაზომილ მანძილებს. მასშტაბის საფუძველის ფასს გამოსახვენ ნაბიჯებით, რომლის მნიშვნელობას ამგეგმავი ადგენს წინასწარ გაზომილი მანძილის რამდენჯერმე წყვილი ნაბიჯით გავლის შემდეგ საშუალოს განსაზღვრით. მაგალითად, 1:2000 ხაზოვანი მასშტაბის შესაბამისი ნაბიჯების მასშტაბის ასაგებად თუ მივიღებთ საშუალო სიმაღლის ადამიანის წყვილი ნაბიჯის (წ.წ.) სიგრძედ 1,5 მ და საფუძველს 20 წ.წ.-ს მისი მეტრული გამოსახულება იქნება 1,5X20 წ.წ. = 30 მ. შესაბამისად 1: 2000 მასშტაბის გეგმაზე ნაბიჯების საფუძველი იქნება 1,5 სმ.

თვალზომური აგეგმვისას ძალიან მოხერხებულია *მანძილების გაზომვა იმ დროით*, რომელიც მოუნდება, ვთქვათ ცხენით ან რაიმე მისაბმელი ტრანსპორტით გადასვლას.

ადგილზე მანძილები იზომება ნაბიჯებით, ნაბიჯმზომის, აგტომობილის სპიდომეტრის, ველოსიპედზე დაყენებული მრიცხველის დახმარებით ან უბრალოდ თვალდათვალ, საგნების გარჩევადობის ცხრილების გამოყენებით.

მანძილის დისტანციური ანუ თვალდათვალ გაზომვა შეიძლება შესრულდეს თვალით ობიექტების ნახვის იღვითით, მანძილის განსაზღვრით ობიექტების ხაზოვანი და კუთხური სიდიდებით.

მანძილის შეფასებას ობიექტის ხედვის ხარისხის მიხედვით აწარმოებენ ზღვრული ხედვის (გარჩევადობის) ცხრილის დახმარებით (ცხრ.V.7).

მანძილის განსაზღვრა ხაზოვანი ზომების მიხედვით დაფუძნებულია მსგავსი სამკუთხედების გვერდების თანაფარდობაზე. V.34 ნახაზიდან ჩანს, რომ დამკვირვებელს გაწვდილი ხელით უჭირავს სახაზავი (საშუალო მანძილი 50 სმ) და მასზე განსაზღვრავს *ab* მონაკეთის სიდიდეს, რომელიც ფარავს ცნობილი ზომების მქონე საგანს (*AB=20 მ*).

ცხრ. V.7

#	დაკვირვების საგნები	მანძილები, მ
1	ადამიანის თვალი	70
2	ადამიანის სახე	200
3	ადამიანის თავი	400
4	ხეების ფოთლები	200
5	ტოტები ხეებზე	400-600
6	ცალკე მდგარი ხეები	2000
7	ტელეგრაფის ბოძები	1000

8	ცალკე მდგარი მცირე ზომის სახლი	5000
9	ქარხნის მიწები	6000

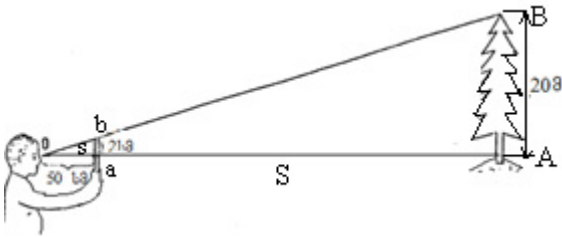
დამკვირვებელსა და საგანს შორის S მანძილს განსაზღვრავენ პროპორციიდან:

$$\frac{AB}{S} = \frac{ab}{s}, \text{ საიდანაც } S = \frac{AB \cdot s}{ab}$$

ჩვენ შემთხვევაში $S = \frac{20 \cdot 0,50}{0,02} = 500$ მ.

ობიექტზე მიმართულებას ხაზავენ ყველა აგეგმვის წერტილზე, პლანშეტის ჰორიზონტალრად დაყენებისა და კომპასით გაორი-ენტრების შემდეგ; პლანშეტზე დანიშნულ დგომის წერტილს მიაღებენ სავიზირო სა-ხაზავს და ზედა წიბოს მიმართავენ შერჩეული ობიექტისკენ. ამის შემდეგ გახაზავენ ხაზს სახაზავის ქვედა ნაწილით.

თვალზომურ აგეგმვას იწყებენ ასაგე-გმი ტერიტორიის რეკონოსცირებით. ასა-გეგმ სვლებს ნიშნავენ გზების, კავშირგაბ-მულობის ხაზებისა და კარგად გამოხატუ-ლი კონტურების გასწვრივ ქსელის წერტი-ლებისა და ხაზების მონიშვნით.



გეგმის სიზუსტის შეფასების მიზნით აგეგმვის სვლებს აგებენ შეკრული სახით.

ღია ადგილებში ობიექტების აგეგმვას აწარმოებენ გადაკვეთებისა და პერპენდიკულარე-ბის, ხოლო სვლების ახლო ადგილებში

საგდულების (სვლის გადაკვეთი გზები, ნახ.V. 34. მანძილის განსაზღვრა საზღვრები და სხვა ხაზოვანი

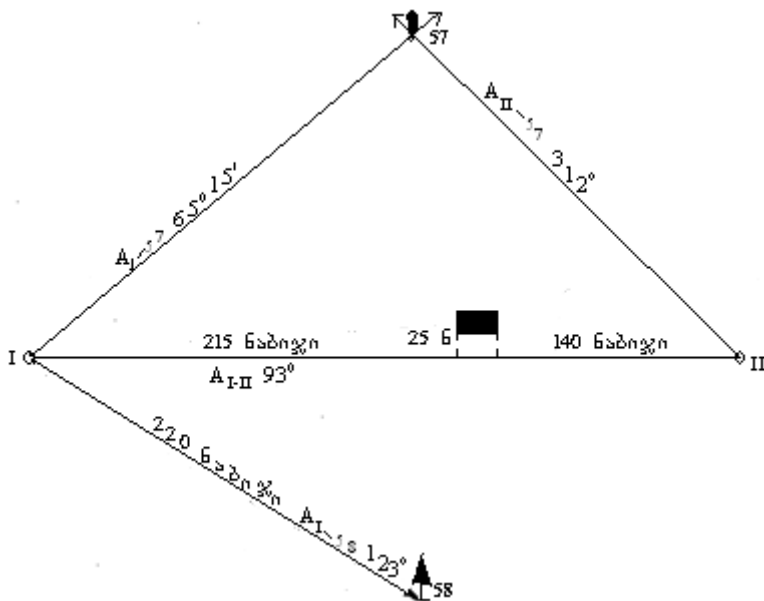
ობიექტები)

ხაზოვანი ზომების მიხედვით

ხერხით. პირველ წერტილზე აგეგმვის შესრუ-ლებისას მიმართულებას გახაზავენ სვლის

მეორე წერტილისაკენ და აკეთებენ გადაკვეთებს სვლის გაყოლებაზე მდებარე ყველა საჭირო ობიექტების მიმართულებით. მეორე წერტილამდე მანძილის განსაზღვრის შემდეგ გადაზომავენ მის შესაბამის სიგრძეს პლანშეტზე, ცირკულ-მზომის საშუა-ლებით, მასშტაბში; აკეთებენ გადაკვეთებს იმავე ობიექტებზე მეორე წერტილიდანაც და დებულობენ ხაზების გადაკვეთებზე მათ მდებარეობას. თვალზომური აგეგმვის სხვა-დასხვა ხერხების გამოყენებით აგეგმავენ მხედველობის არეში მყოფ ყველა აუცილებელ ობიექტს და გამოხაზავენ გეგმას. თუ თვალზომური აგეგმვა ითვალის-წინებს რელიეფის აგეგმვასაც, მაშინ გეგმეზე წინასწარ დააქეთ მისი მახასიათებელი წერტილები და განსაზღვრავენ ადგილის დახრის კუთხეებს ეკლიმეტრით ან ფარდობით სიმაღლეებს ბარომეტრით. შემდეგ ობიექტების აგეგმვის თანადროულად ჩაიხაზავენ რელიეფს ჰორიზონტალებით. ჩანიშნის ხერხით (პირობითი გამოსახვით) დააქეთ ორიენტირის მნიშვნელობის მქონე რელიეფის ელემენტები. მაგალითად, მწვერვალს გამოსახავენ მისი ფორმის შემომხაზავი ერთი ჰორიზონტალით, წყალგამყოფს – მისი მიმართულების მაჩვენებელი ხაზით. აგეგმვა წარმოებს მარშრუტებად, როგორც ადგილის ზოლის, ისე მნიშვნელოვანი ფართობების აგეგმვისას.

უბნის შემოვლას ამთავრებენ საწყის წერტილზე. ბოლო სვლის ხაზის



განსაზღვრული მიმართულების პლანშეტზე გახაზვისას შესაძ-ლებელია პირველი წერტილი გრაფიკულად არ დაემთხვეს მის საწყის მდებარეობას. ამ შეუთავსებლობას სვლის შეუბ-მელობა ეწოდება. თუ იგი არ აღემატება სვლის სიგრძის 1:50 – ზე მეტ სიდიდეს, მას უგულ-ვებელყოფენ. წინააღმდეგ შემთ-ხვევაში პარალელური ხაზების ხერხით შეყავთ პლანშეტზე სა-დგურების მდებარეობაში შეს-წორებები (იხ. §V.6.2).

შესაბამის სადგურებში აგეგმილ ობიექტებსაც ასევე გადაადგილებენ პარალელური ხაზების გასწვრივ, მაგრამ უკვე ნახ. V. 35. თვალზომური აგეგმვის პლანშეტი „თვალდათვალ“ (ნახ. V.35).

V.6.4. შეღვის ტოპოგრაფიული აბეგვა

შეღვის ტოპოგრაფიული აგეგმვის თავისებურებას პირველ რიგში ასაგეგმი ტერიტორიის წყლის ფენით დაფარვა განაპირობებს, რაც შეუძლებელს ხდის აგეგმვის ჩვეულებრივი მეთოდების გამოყენებას. ამასთან, წყლის ფენაში სინათლის ტალღების შეღწევა შეზღუდულია, ხოლო რადიო ტალღები საერთოდ ვერ აღწევენ მის სიღრმეში, რაც ართულებს სიღრმეთა გაზომვებს.

შეღვის აგეგმვისას ასრულებენ სამუშაოთა კომპლექსს: საყრდენი გეოდეზიური ქსელის შექმნა, დონებრივი დაკვირვებები, ფსკერის ზედაპირის აგეგმვა. ასაგეგმ ქსელში ჩართული წერტილების კოორდინატებს განსაზღვრავენ აგეგმვის პროცესში. ამასთან, ასრულებენ წყლის ზედაპირის ცალკეული წერტილების გეგმიური მდგომარეობის განსაზღვრას და მათგან სიღრმეების გაზომვას მყისიერი (მუშა) დონებრივი ზედაპირის მიმართ. წერტილთა მდგომარეობა განისაზღვრება გაზომვებისათვის აუცილებელი ხელსაწყოებით მომარაგებული ხომალდის მოძრაობის მიმართულებით (გალსით) (ნახ.V.36)

წყლის ზედაპირზე (აკვატორიაზე) ამგეგმავი ხომალდის გეგმიური კოორდინატების განსაზღვრავად გამოიყენება რადიოგეოდეზიური სისტემები. შეღვის სანაპირო ნაწილის აგეგმვისას დასაშვებია სხვადასხვა ტიპის თეოდოლიტების გამოყენება. ასეთი სამუშაოების შესრულებისას ნაყოფიერი და ეფექტურია ელექტრონული ტაქსომეტრებით სარგებლობა. გემებზე თანამგზავრული ნავიგაციის სისტემების „GPS“-ის მრავალარხიანი მიმღებების დაყენება კიდევ უფრო ეფექტურს ხდის მისი მდებარეობის დაფიქსირებას რეალური დროის რეჟიმში, კოორდინატების შესახებ ინფორმაციის მაგნიტურ მატარებლებზე (დისკეტებზე) ჩაწერით. სიღრმეების განსაზღვრა ხდება პიდრო-სტატიკური ხელსაწყოების (ექოლოტების) (ნახ. V.37) და ხელის ლოტებით.

შეღვის აგეგმვისას საწყის გეოდეზიურ საფუძველად შეიძლება გამოვიყენოთ სახელმწიფო გეოდეზიური თანამგზავრული ქსელის I კლასის პუნქტები, აუცილებლობის შემთხვევაში შეიძლება ფუნდამენტალური ასტრონომო-გეოდეზიური ქსელის (შაბშ) და მაღალი სიზუსტის გეოდეზიური ქსელის პუნქტების (მსბშ) გამოყენება.

უშუალოდ აგეგმვითი სამუშაოების წარმოებისას გეგმიურ საფუძველად შეიძლება გამოყენებულ იქნას:

- 1) სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის, მათ შორის თანამგზავრულის, პუნქტები;
- 2) საყრდენი გეოდეზიური ქსელის პუნქტები ხმელეთზე და ზღვის სანავიგაციო აღჭურვილობათა სტაციონარულ საშუალებებზე;
- 3) ასაგეგმი ქსელის სპეციალურად შექმნილი პუნქტები ხმელეთზე და აკვატორიაზე.

სამუშაოების რაიონში გლობალური პოზიციონირების სისტემის (GPS) საბაზისო სადგურების კოორდინატები უნდა განისაზღვროს როგორც სახელმწიფო, ისე მსოფლიო გეოდეზიური (WGS-84 – გეოცენტრული სათანამგზავრო ნავიგაციური სისტემის)) ქსელის პუნქტებთან მიმართებით. WGS-84 სისტემით სარგებლობისას გამოყენება GPS-ის მსოფლიო ქსელის მუდმივმოქმედი სადგურების საფუძველზე გეოდინამიკისათვის დაზუსტებული კოორდინატები – სათვალთვალ სადგურები IGS (International GPS Service for Geodynamics).

გახშირების გეოდეზიური ქსელის პუნქტებად და აგეგმვის საფუძველის წერტილებად შეიძლება გამოვიყენოთ: სანაპირო ზოლში და წყალზე გეოდეზიური ნიშნებით დამაგრებული საყრდენი წერტილების ქსელი, ზღვების ნავიგაციური მოწყობის საშუალებები; სათანამგზავრო გეოდეზიური განსაზღვრის პუნქტები; ფსკერზე ხიმიანების ან უბრალო პირამიდების სახით დაყენებული საზღვაო გეოდეზიური ნიშნები; აკვატორიაში ნებისმიერ მყარ საფუძველზე (საბურდ კოშკურებზე, ცალკეულ სკალებზე და სხვ.) დამაგრებული ცენტრები. წერტილების დამაგრების ადგილები ისე

უნდა იყოს შერჩეული (წყალმარხი, ცალკეული სკალები და სხვა), რომლებზეც შესაძლებელია წყლის დონის დასაფიქსირებელი ხელსაწყოების დაყენება, რომელთა მონაცემების საფუძველზე დადგენილი მნიშვნელობებიდან ხდება ფსკერის ნიშნულების ათვლა.

აგეგმვის საფუძვლის პუნქტების გეგმიური მდებარეობის განსაზღვრის საშუალო კვადრატული ცდომილება სახელმწიფო გეოდეზიური (თანამგზავრული) ქსელის პუნქტების მიამართ არ უნდა აღემატებოდეს:

- 1:10000 და უფრო წვრილი მასშტაბის რუკების აგეგმვისას 0,2 მ;
- 1:5000 და უფრო მსხვილი მასშტაბის გეგმების აგეგმვისას 0,2 სმ.

შელფის აგეგმვის საზღვაო საინჟინრო-გეოდეზიური და საინჟინრო-ჰიდროლოგიური სამუშაოების სიმაღლურ საფუძველს წარმოადგენს სახელმწიფო სანიველირო ქსელის პუნქტები, სახელმწიფოში მიღებულ სიმაღლურ სისტემაში:

- სახელმწიფო სანიველირო ქსელის რეპერები და მარკები;
- დონებრივი საგუშაგოების რეპერები და დაკვირვებების წერტილები, რომლებიც მიბმულია სახელმწიფო სანიველირო ქსელთან გეომეტრიული ნიველირების მეთოდით.

შელფის აგეგმვის სამუშაოებში შედის: ფსკერის რელიეფის, წყალქვეშა და წყალზედა სიტუაციის, ფსკერული დანალექებისა (გრუნტების) და მცენარეულობის აგეგმვა *სიღრმული გაზომვების მეთოდით*. გაზომვების სიხშირე დამოკიდებულია ხელსაწყოებზე, წყალქვეშა რელიეფის ხასიათზე და აგეგმვის მასშტაბზე. თუ ხელსაწყოს ფსკერის პროფილის რეგისტრირება ხომალდის მოძრაობის მიმართულებით

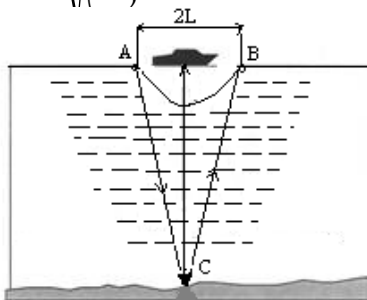


ნახ. V. 36. გალსების სახეები. ა - განივი, ბ - ირიბი, გ - გრძივი

უწყვეტად შეუძლია, მაშინ ინიშნება მხოლოდ გალსებს შორისი მანძილები. ხელის ლოტის გამოყენებისას წერტილებს შორის მანძილებსაც გალსების მიმართულებით ნიშნავენ. საყრდენი წერტილებისა და ურთიერთ განლაგების მიხედვით *გალსები* შეიძლება იყოს: განივი, ირიბი და გრძივი (ნახ. V.38) ხომალდის მოძრაობის პროცესში, დროის მიახლოებით ტოლ მონაკვეთებში (იხე, რომ რუკაზე წერტილებს შორის მანძილი 4 სმ-ს არ აღემატებოდეს), განსაზღვრავენ მის კოორდინატებს. დროის ეს მომენტები ექოგრამებშიც* აღინიშნება.

ექოლოტის მოქმედების პრინციპი (ნახ. V.38) დაფუძნებულია A წერტილზე დაყენებული ბგერის გამომსხივებლიდან ფსკერის მიმართულებით გაშვებული ტალღის

$$H = \sqrt{\left(\frac{v \cdot \theta}{\gamma} - L^2\right)}$$



ნახ. V. 37. პორტატიული
ექოლოტი „ЯЗБ“

ნახ. V. 38. ექოლოტის
მოქმედების პრინციპი

არეკელის შემდეგ B წერტილზე დაყენებული მიმღების მიერ დაფიქსირებამდე გასული დროის გაზომვაზე. სიღრმის მნიშვნელობას დებულობენ ფორმულით:

$$H = \sqrt{\left(\frac{v \cdot \theta}{2} - L^2\right)}$$

სადაც v ბგერის გავრცელების სიჩქარეა წყალში (მიახლოებით 1500 მ/წმ) θ - დრო სიგნალის გაგზავნასა და მიღებას შორის. $v\theta = AC + BC$, L - გამომსხივეებელსა და მიმღებს შორის მანძილის ნახევარი.

ექოგრამა* - აკუსტიკური ხელსაწყო მონაცემებით ფსკერის ჩანაწერები

ფსკერის სიმაღლური ნიშნულების განსაზღვრის საშუალო ცდომილებები, რომელიც მოიცავს გაზომვების ცდომილებათა და სიღრმეების მიღებულ სისტემაში მოყვანას, არ უნდა აღემატებოდეს:

0,2 მ 5 მ-მდე სიღრმისას;

0,3 მ 5-დან 30 მ-მდე სიღრმისას;

სიღრმის 1% 30 მ-ზე მეტი სიღრმისას.

საჭირო სიზუსტის უზრუნველსაყოფად გაზომვითი სამუშაოების ჩატარებისას აუცილებელია:

• დონებრივი დაკვირვებები;

• საკონტროლო გაზომვები აგეგმვის გაღსების მართობული გაღსების გატარების გზით, რომელიც შემთხვევითი ცდომილებათა შეფასებისა და ანალიზისათვის გამოიყენება. ძირითადი და საკონტროლო გაღსების გადაკვეთის ადგილებში სიღრმეებს შორის სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს საკონტროლო გაღსების რიცხვის 25%.

სიღრმულ გაზომვებს ასრულებენ აკვატორიის ტოპოგრაფიული აგეგმვის შემდეგ სახეებთან შეხამებით:

1) ფსკერის რელიეფის, გრუნტებისა და წყალქვეშა ობიექტების ჰიდროლოკაციური აგეგმვა;

2) წყალმარჩხი ადგილების ფსკერის რელიეფის აეროფოტოგაგეგმვა;

3) წყალსაყვინთო გამოკვლევები ფსკერული დანალექებისა და მცენარეულობის ასაგეგმად;

4) გრუნტმომპოვებელი ხელსაწყოთი გრუნტის ნიშნების აღება;

5) წყალქვეშა ფოტოგრაფირება.

§V.7. ადგილმდებარეობის ფოტოტოპოგრაფიული აბეგმვა

V.7.1. ფოტოტოპოგრაფიული სამუშაოების მეთოდები

ფოტოტოპოგრაფია სამუშაოთა კომპლექსის (ადგილმდებარეობის ფოტოგრაფირება საველე გეოდეზიური და კამერალური ფოტოგრამმეტრიული* სამუშაოები) შედეგად მიღებული მასალების გამოყენებით ტოპოგრაფიული რუკების, გეგმებისა და ადგილმდებარეობის ციფრული მოდელების (ACM) შექმნის მეთოდებისა და ხერხების შემსწავლელი დისციპლინაა. ადგილმდებარეობის ფოტოგრაფირება შეიძლება შესრულდეს, როგორც დედამიწის ზედაპირის წერტილებიდან - ისე საფრენი აპარატებიდან. ამასთან დაკავშირებით აგეგმვის ეს სახე ორ ჯგუფად იყოფა - აერო და მიწისზედა ფოტოტოპოგრაფიულ (ფოტოთეოდოლიტურ) აგეგმვად.

აეროფოტოტოპოგრაფიული აგეგმვა დიდი ტერიტორიების სახელმწიფო კარტოგრაფირების ძირითადი მეთოდია და სხვა სახის აგეგმვებთან შედარებით ყველაზე სრულყოფილად პასუხობს თანამედროვე მოთხოვნებს და ფართო გამოყენება პოვა როგორც ტოპოგეოდეზიურ წარმოებაში, ისე გეოგრაფიული და ჰიდროლოგიური კვლევა ძიებისას, გეოლოგიაში, მიწათ- და სატყეომოწყოების სამუშაოების ჩატარებისას, სამშენებლო საქმეში.

აეროფოტოტოპოგრაფიული აგეგმვისას სრულდება სამუშაოთა კომპლექსი: აეროფოტოგადაღება, ტოპოგრაფო-გეოდეზიური და ფოტოგრამმეტრიული სამუშაოები. ფოტოგრამმეტრია შეისწავლის ფოტოსურათების დახმარებით საგნების ზომების, ფორმისა და სივრცობრივი მდებარეობის განსაზღვრის მეთოდებს.

მთიანი რაიონების მცირე ზომის უბნების კარტოგრაფირება მიზანშეწონილია მიწისზედა ფოტოტოპოგრაფიული მეთოდით. მიწისზედა აგეგმვის ეს ხერხი გამოიყენება აგრეთვე მყინვარების მოძრაობისა და მეწყრული მოვლენების შესწავლისას, სხვადასხვა სახის საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტისას.

საფრენი აპარატის სიმაღლის მიხედვით განასხვავებენ:

1. 200 კმ-მდე სიმაღლის აეროკოსმოსური აგეგმვა. შესრულება ხდება კოსმოსიდან, დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების დახმარებით, უმაღლესი გახსნადობის უნარის მქონე ზეგრძელფოკუსიანი აშპ-ს გამოყენებით, ოპტიკური ღერძის თითქმის მართობულ მდგომარეობისას.

2. 2 კმ სიმაღლემდე აეროფოტოგადაღება. ასრულებენ ამ მიზნისათვის სპეციალურად მოწყობილი სხვადასხვა კონსტრუქციის აშპ-თი და აერონავიგაციური ხელსაწყოებით, თვითმფრინავიდან ან შვეულმფრენიდან. შვეული ხაზიდან ოპტიკური ღერძის გადახრა დასაშვებია არა უმეტეს $a \leq 3^\circ$.

3. 200 მ. სიმაღლემდე მსხვილმასშტაბიანი აეროფოტოგადაღება ხორციელდება მოკლე-ფოკუსიანი აშპ-თი აღჭურვილი, დაბალ სიმაღლეზე მფრინავი საფრენი აპარატებიდან – მოტოდელტაპლანებიდან. შვეული ხაზიდან ოპტიკური ღერძის გადახრა დასაშვებია არა უმეტეს $a \leq 10^\circ$.

რაც უფრო მაღალია ფოტოგრაფირების სიმაღლე, აშპ-ს ოპტიკური ღერძის მით უფრო ნაკლები გადახრაა დასაშვები შვეული ხაზიდან და კამერის მით უფრო გრძელ-ფოკუსიანი ობიექტივები გამოიყენება.

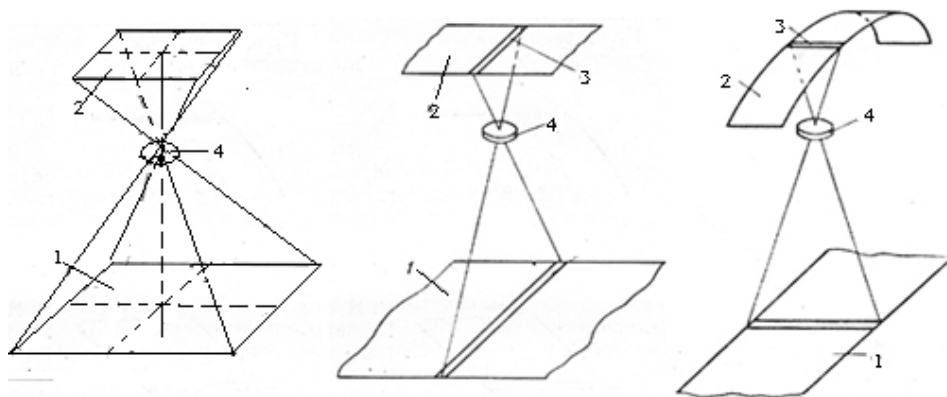
აშპ-ს ოპტიკური ღერძის მდებარეობის მიხედვით განასხვავებენ:

გეგმიურ აეროფოტოგადაღებას, რომლის დროსაც აშპ-ს ოპტიკური ღერძი პრაქტიკულად შვეულ მდგომარეობაში იმყოფება. ამ სახის აეროფოტოგადაღებამ ყველაზე მეტი გავრცელება პოვა საძიებო სამუშაოების პრაქტიკაში, რადგანაც უზრუნველყოფს რელიეფზე, სიტუაციასა და ადგილმდებარეობის სხვა თავისებურებებზე ყველაზე მეტი ინფორმაციის მიიღებას.

პერსპექტიული აეროგადაღების შესრულება ხდება აშპ-ს ოპტიკური ღერძის დახრილ მდგომარეობიდან და გამოიყენება ჰაერიდან გამოკვლევის პროცესში, გეგმიური აერო-ფოტოგადაღების ჰაერიდან დეშიფრირებისას. გარდა ამისა საპროექტო და საძიებო სამუშაოებისას, ლანდშაფტური დაგეგმარებისა და სხვადასხვა სახის ეკოლოგიური ამოცანების გადაწყვეტისას.

აშპ-ს კონსტრუქციული თავისებურებების მიხედვით:

კადრული აეროგადაღება. ფოტოფირის ექსპონირება ხდება ჩამკეტის საშუალებით, რომელიც იხსნება დროის განსაზღვრულ მონაკვეთებში, განსაზღვრული ზომის ცალკეული კადრების (აეროსურათების) სერიის მიღებით (ნახ.V.39, ა).



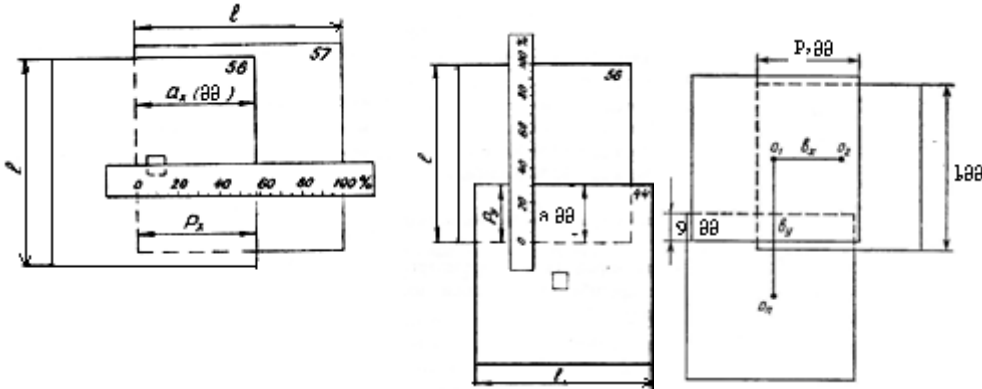
ნახ. V. 39. სხვადასხვა აეროფოტოაპარატით გამოსახულების აგების სქემა:

ა-კადრული; ბ-ნაკვეთურიანი; გ-პანორამული. 1 – ადგილმდებარეობის გამოსახულება; 2 – ფოტოფირი; 3 – ნაკვეთური; 4 - ობიექტივი

ფოტოგრამმეტრია-(ბერძ. photos-სინათლე, gramma - ჩაწერა, გამოსახულება, metron-ზომა) – მეცნიერულ-ტექნიკური დისციპლინა, რომელიც შეისწავლის ობიექტების ზომებისა და ფორმების განსაზღვრას აეროსურათებზე მათი გამოსახულების მიხედვით.

აშა-ს ჩამკეტის გაღების ინტერვალის დანიშვნა ხდება საფრენი აპარატის ფრენის სიმაღლისა და სიჩქარის მიხედვით, აეროსურათების არა ნაკლებ 60% გრძივი და 20-დან 60% განივი გადაფარვის უზრუნველყოფის პირობით.

აეროსურათების გადაფარვა – ესაა მეზობელი სურათების ის ნაწილები რომლებზეც გამოსახულია აშა-ს მდებარეობის სხვადასხვა წერტილებიდან გადაღებული ერთი და იგივე ადგილი (ნახ. V.40).



ნახ. V. 40. აეროსურათების გრძივი (ა) განივი (ბ) და ორმაგი (გრძივი და განივი) ურთიერთგადაფარვები. გადაფარვის ზონები p_x - ორმაგი, p_x -სამმაგი, p_y -განივი.

I, II – მარშრუტები

ნაკვეთურიანი აეროგადაღების დროს უწყვეტად გადაადგილებადი ფოტოფირის ექსპონირება ხდება სპეციალური აშა-ს ობიექტივში ფოკალურ სიბრტყეზე მდებარე და ფრენის მიმართულების მართობული მუდმივად ღია ნაკვეთურიდან (ნახ. V.39, ბ). ფოტოფირის ექსპოზიციის რეგულირებას ახდენენ ნაკვეთურის სიფართის ცვლილებითა და დიაფრაგმირებით. ამგვარად ნაკვეთურის აეროფოტოსურათი დებულობს მარშრუტის გასწვრივ უწყვეტი ფოტოფირის სახეს, რომელშიც გრძივი მიმართულებით წარმოიშობა ორთოგონალური, ხოლო განივად - ცენტრალური პროექციები. ფოტოფირის გადაადგილების სიჩქარის დაყენება ხდება ფრენის სიჩქარისა და სიმაღლის მიხედვით.

პანორამული აეროგადაღება, რომლის დროსაც ფოტოფირის ექსპონირება ხდება სპეციალური აშა-ს ოპტიკური სისტემის ელემენტების ფრენის მიმართულებით გარდამოძრაობით (ნახ. V.39, დ). ამასთან მიიღება მართკუთხა აეროსურათები ხედვის ველის დიდი განივი კუთხითა და გადაღების მთლიანი ველის მაღალი გამოსახულებითი თვისებებით.

გამოყენებული ინფორმაციის მატარებლების მიხედვით: აეროფოტოგადაღება სრულდება შავ-თეთრ, ფერად სამფენოვან და ფერად ორფენოვან-სპექტროზონალურ ფოტოფირზე.

ელექტრონული აეროგადაღება სრულდება სპეციალური სატელევიზიო ან მას-კანირებელი კამერების მეშვეობით, ინფორმაციის მაგნიტურ მატარებლებზე ჩაწერით. ეს არის ხარისხობრივად ახალი ნაბიჯი სტერეოფოტოგრამმეტრიის განვითარებაში. ელექტრონული აეროსურათების გახსნადობის უნარი პრაქტიკულად თითქმის გაუტოლდა აეროფოტოგადაღებისას. ადგილმდებარეობაზე მიღებული ინფორმაცია უშუალოდ შეყავთ კომპიუტერის მახსოვრობაში და აწარმოებენ სტერეოწყვილების ანალიტიკურ სტერეოფოტოგრამმეტრიული დამუშავებას ძვირადღირებული და დეფიციტური სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყოების გამოყენების გარეშე, რაც ელექტრონულ აეროგადაღებას ხდის ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულს.

ელექტრომაგნიტური ტალღების სხვადასხვა ზონების გამოყენების მიხედვით:

შავ-თეთრი აეროგადაღება სრულდება შავ-თეთრ ფირზე და საშუალებას იძლევა მივიღოთ საკმარისი ინფორმაცია რელიეფისა და ადგილმდებარეობის კონტურებზე. სიმარტივის, ხელმისაწვდომობისა და სიიაფის გამო მან ფართო გავრცელება პოვა აეროაგეგმვების პრაქტიკაში.

ფერად სამფენოვან ფირზე შესრულებული *ფერადი აეროგადაღება* ობიექტებს გადასცემს შეფერილობას ბუნებრივ ფერებში. ველაზე ხშირად მისი გამოყენება ხდება მსხვილი დასახლებული პუნქტების რაიონებში, ტერიტორიებზე, გზათა განვითარებული ქსელით, მცირეკონტრასტული და წვრილი ობიექტების სიმრავლით, რთული გეოლოგიური აგებულების მქონე უდაბნო და მთიან რაიონებში.

სპექტროზონალური აეროფოტოგადაღება ფერად ორფენოვან ფოტოფირზე (ერთი ფერის გამოსახულებისათვის სპექტრის ხილვადი ნაწილისათვის და სპექტრის არახილვადი ინფორმაციისათვის), გადასცემს ობიექტების შეფერილობას პირობით ფერებში. რადგანაც ასეთი გადაღება მგრძობიარეა ობიექტების შეფერილობის სულ მცირე ცვლილებაზე, მისი გამოყენება ეფექტურია სხვადასხვა მცენარეულ საფარიან რაიონებში, გრუნტების შემადგენლობის, ტენიანობისა და ტიპების განსაზღვრისათვის, ბუნებრივ მცენარეულ საფართან მათი კავშირის გამოყენებით.

სპექტროზონალურ აეროფოტოგადაღებას იყენებენ საძიებო სამუშაოების რაიონების ნიადაგგრუნტის, ჰიდროგეოლოგიური პირობების შეფასებისათვის, ტოპოგრაფიულ საფუძველზე მიწისა და სატყეო სავარგულების საზღვრებისა და ტიპების დასატანად.

მრავალზონალურ აეროფოტოგადაღებას აწარმოებენ რამდენიმე გაერთიანებულ და სინქრონულად მომუშავე აეროფოტოკამერის გამოყენებით, ფოტოფირების განსხვავებული კომბინაციით. გამოიყენება რთული საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების რაიონებში, ადგილმდებარეობის მეწყერულ და კასტრულ უბნებზე, გამოზიდვის კონუსებზე და სხვა.

ინფრაწითელი (სითბური) აეროფოტოგადაღება, სპეციალური შავ-თეთრი ან ფერადი ხელსაწყოების – *სითბოვიზორების* გამოყენებით. გამოიყენება ელექტრო-მაგნიტური ტალღების სპექტრის ინფრაწითელი მონაკვეთი.

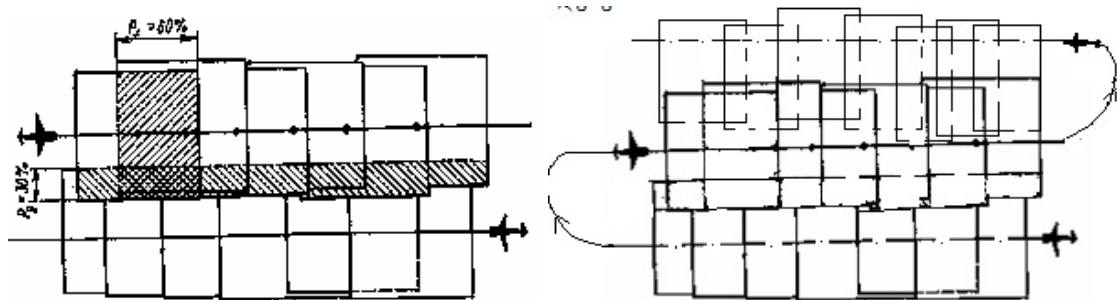
ინფრაწითელი აეროფოტოგადაღება გამოიყენება გადატენიანებული გრუნტების რაიონებში, მუდმივი გამყინვარების ადგილებში, დაჭაობებულ, დამეწყრილ რაიონებსა და გრუნტის წყლების გამოსვლის უბნებზე.

რადიოლოკაციური აეროფოტოგადაღება, რომლის მიმდინარეობისას გამოსახულებას ღებულობენ ადგილმდებარეობიდან არეკლილი და ინფორმაციის მაგნიტურ მატარებლებზე ჩაწერილი ელექტრომაგნიტური ტალღების მეშვეობით. მათი ასეთნაირი აეროფოტოგადაღების წარმოება შეიძლება როგორც დღისით, ისე ღამითაც და პრაქტიკულად არაა დამოკიდებული ადგილის მეტეოროლოგიურ პირობებზე.

სამუშაოთა წარმოების მიხედვით:

მარშრუტული აეროფოტოგადაღებისას იღებენ **განსაზღვრული** მიმართულების გასწვრივ შედარებით ვიწრო ზოლს და ღებულობენ მარტო გრძივი გადაფარვის მქონე აეროსურათებისაგან შემდგარ ერთ მარშრუტს (ნახ. V41, ა).

ფართობული (მრავალმარშრუტული) აეროფოტოგადაღება (ნახ.V.741, ბ) დღეისათვის აგეგმვის ძირითადი სახეა, რომლის დროსაც ღებულობენ პარალელურ მარშრუტებად წარმოდგენილი ფოტოგრაფირების მასალებს, რომელთაც აქვთ აეროსურათების როგორც გრძივი ისე განივი ურთიერთგადაფარვები. ადგილმდებარეობის აგეგმვისას მარშრუტები მიმართულია დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ და პირიქით. ადგილის ფოტოგრაფირება ხდება ისეთი ინტერვალებით, რომ აეროსურათები ნაწილობრივ გადაფარავენ ერთმანეთს და ყოველ მომდევნო ფოტოსურათზე ნაწილობრივ გამოსახება წინა ფოტოსურათზე გამოსახული ტერიტორია. ერთ მარშრუტზე ორი მეზობელი სურათის გადაფარებას *გრძივი გადაფარვა* ეწოდება (p_x) და სურათის ზომის 60%-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს. მარშრუტებს შორის მანძილები ისე უნდა დადგინდეს, რომ მეზობელი მარშრუტის სურათებს შორისაც მივიღოთ გადაფარვა, რომელსაც *განივ გადაფარვას* (p_y) უწოდებენ.



ახ. V. 41. აეროგადაღების სახეები
 ა - მარშრუტული; ბ - ფართობული (მრავალმარშრუტული)

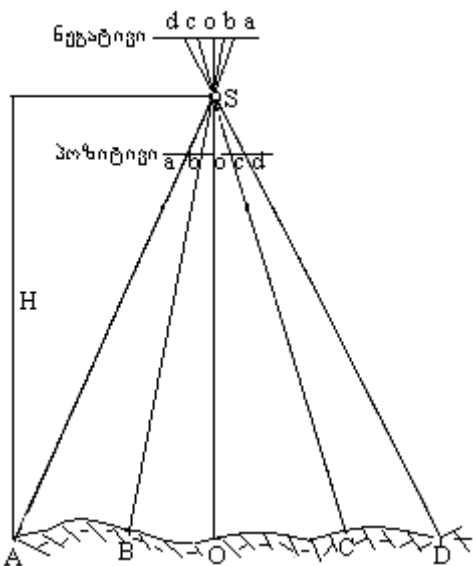
სურათების მიღების, დაამუშავებისა და შესაქმნელი პროდუქციის ხასიათის მიხედვით განასხვავებენ აგეგმვის შემდეგ სახეებს:

1. კომბინირებული აგეგმვა;
2. სტერეოტოპოგრაფიული აგეგმვა;
3. მიწისზედა ფოტოტოპოგრაფიული აგეგმვა.

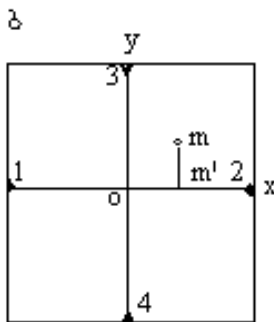
V.7.2. კომბინირებული აგეგმვა

კომბინირებული აეროფოტოგადაღება აეროგადაღებისა და მიწისზედა ტოპოგრაფიული აგეგმვის შეხამებაა და გამოიყენება სუსტად გამოსატული რელიეფის მქონე რაიონებში. რუკის კონტურული ნაწილის მისაღებად გამოიყენებენ ერთეულ აეროსურათებს, ხოლო რელიეფს ფოტოგეგმაზე გამოსახავენ მიწისზედა ტოპოგრაფიული აგეგმვის მასალების დამუშავების გზით.

აგეგმვის ასეთი სახის უპირატესობა განპირობებულია სამუშაოების დიდი ნაწილის კამერალურ პირობებში შესრულების შესაძლებლობით. სავსე სამუშაოების მოცულობა მინიმუმამდეა დაყვანილი და მათი შესრულება გააღვილებულია ფოტოგეგმის გამოყენებით



სამუშაოთა წარმოება მიმდინარეობს შემდეგი თანმიმდევრობით: 1) აეროფოტოგადაღება; 2) აეროსურათების გეგმი-ურსიმაღლური მიბმა; 3) საყრდენი ქსელის ფოტოგრაფიულ-რიული გასწორება; 4) ფოტო-გეგმის დამზადება; 5) აგეგმვის სიმაღლური საფუძვლის შექმნა და ფოტოგეგმაზე რელიეფის აგეგმვა; 6) ფოტოგეგ-



ნახ. V. 42. აეროსურათის ცენტრალური პროექცია ა - ჰორი გეგმური სურათების მისაზონტალური აეროსურათის სქემა; ბ - აეროსურათის დებად აზას ოპტიკური

დერძის

კოორდინატების დერძი

გადახრა არ უნდა აღემატებოდეს 3° . სპეციალური გიროსტაბილიზატორების გამოყენება ამ მონაცემის 15-30-მდე დაყვანის საშუალებას იძლევა. მათი გამოყენებით მიღებული აეროფოტოსურათები პირობითად შეიძლება ჩავთვალოთ ჰორიზონტალურად, რაც მათზე გაზომვების საკმაო სიზუსტით ჩატარების საშუალებას იძლევა. ტოპოგრაფიული რუკის შესაქმნელად გამოსაყენებელი აეროსურათი წარმოადგენს ადგილმდებარეობის ცენტრალურ პროექციას (ნახ.V.42, ა), რომელშიც დედამიწის წერტილებიდან სხივები პროექციის S ცენტრზე გავლის შემდეგ სურათის სიბრტყეზე ქმნიან მათ პროექციას.

აეროსურათზე გამოსახულება ადგილმდებარეობის მსგავსი იქნება, ხოლო მასშტაბი მის ყველა ნაწილში მუდმივია და ტოლი იქნება აეროფოტოკამერის ფოკუსური მანძილის შეფარდებისა ფოტოგრაფირების სიმაღლესთან $\frac{1}{m} = \frac{f}{H}$.

პერსპექტიული სურათის მასშტაბი შესამჩნევად იცვლება ოპტიკური ღერძის გადახრისას. ადგილის განაპირას მდებარე ხაზებს აქვთ უფრო წვრილი მასშტაბი ვიდრე პროექციის S ცენტრთან ახლოს მდებარეებს. რელიეფის უსწორმასწორობისა და აეროსურათის დახრის კუთხის გამო მიღებულ სურათზე მასშტაბის მუდმივობა დაცული არაა. ამიტომ ასეთი სახით მიღებული გამოსახულება გეგმას არ წარმოადგენს. აეროსურათის სიბრტყის პერპენდიკულარული OSo სხივს *მთავარი სხივი* (*აშა-ს* ოპტიკური ღერძი) ეწოდება, ხოლო OSo პერპენდიკულარის ფუძეს (o წერტილს) *აეროსურათის მთავარი წერტილი*. ის მდებარეობს აეროსურათის საპირისპირო საკოორდინატო ნიშნების შემაერთებელი ხაზის გადაკვეთაზე (ნახ.V.42, ბ) *აეროგამოსახულების გეგმურ-სიმაღლური მიბმა* ნიშნავს ტოპოგრაფიული რუკის შექმნისათვის აუცილებელი ამოსაცნობი წერტილების გეგმიური კოორდინატებისა და სიმაღლეების განსაზღვრას.

გეგმიური ამოსაცნობი კონკრეტული წერტილია, რომელიც შერჩეულია ადგილზე და ამოცნობადია აეროსურათზე. ასეთი წერტილებისათვის გეოდეზიური გაზომვების შედეგად განსაზღვრულია გეგმიური კოორდინატები X და Y . ამ პროცესს *აეროსურათების მიბმა* ეწოდება. რუკის სიმაღლური საფუძვლის შესქმნელად აუცილებელია მასზე ცნობილი სიმაღლეების მქონე წერტილების არსებობა რომელთა ნიშნულების დადგენასა და აეროსურათზე მათ ამოცნობას *აეროფოტოსურათების სიმაღლური მიბმა* ეწოდება.

დღეისათვის აწარმოებენ აეროფოტოსურათების განმხოლოებულ გეგმიურ მიბმას – ამოცნობად წერტილებს ირჩევენ ყოველ მე-6 მე-7 აეროსურათზე, ხოლო დანარჩენებისათვის გეგმიური ფოტოგრამმეტრიული გახშირების გზით კამერალურ პირობებში. ამოცნობადი წერტილების სიხშირე დამოკიდებულია რუკის მასშტაბზე და გახშირების ფოტოგრამმეტრიულ მეთოდზე.

ამოცნობად წერტილებს აპროექტებენ განივი გადაფარვის შუაში ისე, რომ ყოველი ასეთი წერტილი აღმოჩნდეს ორივე მარშრუტის რაც შეიძლება მეტ აეროსურათზე. ადგილზე საკმარისი ამოცნობადი წერტილების უქონლობის შემთხვევაში ფოტოგადაღების წინ ხდება საყრდენი წერტილების მარკირება – აღნიშნვა სხვადასხვა გეომეტრიული ფიგურებით.

აეროფოტოსურათების მიბმა ხდება პირდაპირი, შებრუნებული და კომბინირებული გადაკვეთებით; შესაძლებელია პოლარული მეთოდის, ხოლო დახურულ ადგილებში თეოდოლიტური სვლების გამოყენებაც. სიმაღლეების განსაზღვრა ხდება გეომეტრიული ნიველირებით, თუ რელიეფის კვეთა $0,5$ და $1,0$ მეტრია, ხოლო რელიეფის $2,5$ და $5,0$ მ კვეთისას დასაშვებია ტრიგონომეტრიული ნიველირება.

საყრდენი ქსელის ფოტოგრამმეტრიული გახშირება აეროსურათების დახმარებით გეგმიური საფუძვლის გახშირების კამერალური მეთოდია და *ფოტოტრანსფორმაცია* ეწოდება. რუკების კომბინირებული ხერხით შექმნისას ასრულებენ გეგმიურ ანუ სიბრტყულ ფოტოტრანსფორმაციას.

გეგმიური აეროსურათების გამოყენებით ტოპოგრაფიული რუკების შექმნისას აუცილებელია დახრილი სურათების გარდაქმნა ჰორიზონტალურ სურათებად. დამახინჯების გასწორების ერთ-ერთი ხერხია *აეროსურათების ტრანსფორმირება*.

ექსპედიციურ პირობებში გამოიყენება გრაფიკული ტრანსფორმაციის მეთოდი, რომელიც არ საჭიროებს რთულ ხელსაწყოებს. მისი შესრულება ხდება საყრდენი წერტილების მიმართ და შედეგად ღებულობენ რუკის უბნის ნახაზს სუფთა საფუძველზე, ან უკვე არსებული რუკის შევსების სახით.

ეროფოტოგეოდეზიურ წარმოებაში ფართო გამოყენება პოვა აეროსურათების *ტრანსფორმირების ფოტომექანიკურმა ხერხმა*, რომლის დროსაც გამოიყენება ხელსაწყო – *ფოტოტრანსფორმატორი*, რომელზეც აეროსურათების ტრანსფორმირებული გამო-სახულება აიგება ფოტოქახაღზე. აეროსურათების ტრანსფორმირებისას ხელსაწყოს მუშა მოძრაობებით აღწევენ კასეტაში მოთავსებულ ნეგატივზე ნაჩხვლეტი

ტრანსფორმირებული წერტილების შეთავსებას ფოტოტრანსფორმატორის ეკრანზე მოთავსებულ პლანშეტზე მოცემული მასშტაბით დატანილ იგივე წერტილებთან.

ფოტომექანიკური ხერხი გამოიყენება საშუალო და მსხვილმასშტაბიანი ფოტოგეგმების შესაქმნელად ადგილებში სუსტად გამოსახული რელიეფით, რადგანაც ტრანსფორმირებულ აეროსურათებზე რჩება ადგილის რელიეფის გავლენით წარმოშობილი დამახინჯებანი. რელიეფის გავლენის მოსახსნელად გამოიყენება სპეციალური ტექნოლოგია – ტრანსფორმირება ზონების მიხედვით, რომელიც ამ გავლენის შესუსტების საშუალებას იძლევა.

ბოლო დროს გამოიყენება პოვა აგრეთვე *აეროსურათების ტრანსფორმირების ანალიტიკურმა* ხერხმა, რომლის დროსაც სურათებზე გაზომილი წერტილების კოორდინატებს ე.პ.მ.-ის დახმარებით გარდაქმნიან ადგილმდებარეობის წერტილების კოორდინატებად.

ფოტოგეგმების მონტაჟისას ტრანსფორმირებულ აეროსურათებს თანმიმდევრობით აერთებენ ტრანსფორმირებული წერტილების მიხედვით, ერთ საერთო საფუძველზე, შესაბამისი მასშტაბის ტრაპეციის საზღვრებში. ფოტოგეგმებს ამონტაჟებენ მკვრივ საფუძველზე (ფანერა, ალუმინი), რომელზეც დატანილია საკოორდინატო ბადე, ჩარჩო და საყრდენი წერტილები. მათზე შეთავსებით ხდება სურათების დაწეობა მარშრუტების მიხედვით. გადახრა არ უნდა აღემატებოდეს 0,4 მმ-ს. ერთდროულად ხდება კონტურების შეერთების შემოწმება. გრძივი გადაფარვის ზონებში გადახრა არ უნდა აღემატებოდეს 0,7 მმ-ს.

სიმაღლური აგეგმვის საფუძვლის შექმნა და რელიეფის აგეგმა ფოტოგეგმებზე. სიმაღლური აგეგმვის საფუძველი აუცილებელია ხელსაწყოს დგომის წერტილის სიმაღლის განსაზღვრავად. მისი შექმნა ხდება ძირითადი და აგეგმვის სიმაღლური სვლების გატარების გზით.

რელიეფის 0,25, 0,5 და 1,0 მ კვეთისას ძირითადი სიმაღლური სვლები I–IV კლასის სახელმწიფო ნიველირების ქსელის წერტილებზე დაყრდნობილი ტექნიკური ნიველირებით უნდა დაიგოს. სვლის სიგრძეები არ უნდა აღემატებოდეს შესაბამისად 2, 8, 10 კმ-ს. რელიეფის 2,5 და 5,0მ კვეთით აგეგმვისას ძირითადად აკეთებენ შესაბამისად 6 და 12 კმ სიგრძის ტრიგონომეტრიული ნიველირების სიმაღლურ სვლებს. დასაშვებია მათი დაგება სისტემების სახით, რომლებიც ქმნიან საკვანძო წერტილებსა და შეკრულ პოლიგონებს.

ასაგეგმი წერტილების სიმაღლეებს განსაზღვრავენ ძირითადი სიმაღლური სვლების წერტილებს შორის აგეგმვის სვლების დაგების გზით. ასაგეგმი წერტილების სიმაღლეების ზღვრული ცდომილებები არ უნდა აღემატებოდეს რელიეფის კვეთის 1/5.

ძირითადი და აგეგმვის სიმაღლური სვლების წერტილების მდებარეობას უზენებენ ტოპოგრაფიული აგეგმვის უზრუნველს სქემაზე. სიმაღლური სვლების გაწონასწორება ხდება საკვანძო წერტილების მეთოდით ან ცალკეულ პოლიგონებად, 0,01 მ სიზუსტით.

სიმაღლური ქსელის გაწონასწორების შემდეგ ხდება სიმაღლეების კალკის შედგენა. მასზე დააქვთ გეგმიური და სიმაღლური სვლების ყველა წერტილი. მრიცხველში მათი სახელწოდების ან ნომრის ჩვენებით. მნიშვნელში ნიშნის ცენტრის ნიშნულით (წითელი ტუშით), მიწის ზედაპირის ნიშნული 0,1 მ სიზუსტით (შავი ტუშით).

სიმაღლური სვლების წერტილები ფოტოგეგმაზე, როგორც წესი, ამოცნობილი უნდა იქნას. მათი დანიშნვა უმჯობესია კარგად შესამჩნევ და ადვილად ამოსაცნობ კონტურებზე, ან ისეთ ადგილებზე, სადაც ეს წერტილები ადვილად შეიძლება დავიტანოთ ფოტოგეგმაზე „საგდულების მეთოდით“, უახლოესი კონტურებიდან გაზომვები ან გეოდეზიური საფუძვლის წერტილებიდან შებრუნებული გადაკვეთებით.

რელიეფის აგეგმა ძირითადად მენზულით ხდება. ფოტოგეგმის ადგილზე ორიენტირება კი კარგად ამოცნობადი კონტურული წერტილების მიხედვით.

კონტურის რომელიმე წერტილზე დაყენებული პლანშეტის გაორიენტირება შეიძლება ფოტოგეგმაზე არსებული და ადგილზე დაკვირვებადი ნებისმიერი სხვა საკონტურო წერტილის მიმართ. ფოტოგეგმაზე ჰიდროგრაფიული ქსელისა და რელიეფის ისეთი ელემენტების არსებობა, როგორიცაა ხრამის ნაპირები აუქმობებს გამოსახვის ხარისხს და ამცირებს საპიკეტო წერტილების აუცილებელ რაოდენობას. პიკეტების ნიშნულებს განსაზღვრავენ ძირითადი და აგეგმვის სვლების

წერტილებიდან. დაბლობ ადგილებში კიპრეგელის ჰორიზონტალური სხივით, ან მის გვერდით დაყენებული ნიველირით.



პიკეტამდე მანძილს განსაზღვრავენ მანძილმზომით ან ფოტოგეგმის მიხედვით (თუ ის კონტურის წერტილს უთავსდება). თუ საპიკეტო წერტილი შეთავსებულია რაიმე დაკვირვებად კონტურთან, მაშინ მისი ნიშნული შეიძლება განსაზღვროთ ლარტყის გარეშე. ამისათვის ვერტიკალურ კუთხეს ზომავენ მანძილმზომის კონტურზე უშუალოდ დამიზნებით, ხოლო მანძილს - ფოტოგეგმის მიხედვით. ადგილმდებარეობის რელიეფს ფოტოგეგმაზე გამოსახავენ ჰორიზონტალებითა და პირობითი ნიშნებით (ღარტაფი, წარბა). ამისათვის განსაზღვრავენ ფერდობების გადაღუნვების მახასიათებელ წერტილებზე განთავსებული პიკეტების ნიშნულებს.

პიკეტების რაოდენობა დამოკიდებულია რელიეფის დანაწევრებაზე და კვეთაზე. ყველა ჰორიზონტალებს გამოსახავენ უშუალოდ ველზე, ყოველი აგეგმვის წერტილზე. გატარებული ჰორიზონტალების სისწორეს ადარებენ ადგილმდებარეობას.

დახურულ ადგილას რელიეფს ხაზავენ ადგილის მოდელის სტერეოსკოპული დათვალიერებით. ამისათვის გამოიყენება საველე სტერეოსკოპი (ნახ. V.43).

ფოტოგეგმის დეშიფრირება. ადგილმდებარეობის ობიექტების აეროსურათზე ამოცნობას, მათი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მახასიათებლების დადგენასა და შესაბამისი პირობითი ნიშნებით აღნიშნვას *დეშიფრირება* ეწოდება. საჭიროების მიხედვით დეშიფრირება შეიძლება იყოს ტოპოგრაფიული, ნიადაგის, სასოფლო სამეურნეო, სატყეო და ა. შ. *ტოპოგრაფიული დეშიფრირება* - მოიცავს ჰიდროგრაფიულ ქსელს, დასახლებულ პუნქტებს, რკინიგზებსა და ავტოსატრანსპორტო გზებს და სხვა. დეშიფრირების შესრულება შესაძლებელია კამერალური და საველე ხერხებით. მსხვილმასშტაბიანი აეროფოტოაგეგმვების დროს საგნებისა და კონტურების უმეტესობა შეიძლება გამოვავლინოთ კამერალურ პირობებში, მათი გამოსახულების მიხედვით. ობიექტების სწორი ამოცნობისათვის გამოიყენება მათი დეშიფრირების ნიშნები: ფორმა, ზომები, ტონალობა და სტრუქტურა, ობიექტისაგან მიღებული ჩრდილი - ე.წ. *დეშიფრირების პირდაპირი ნიშნებია*, ხოლო ობიექტებს შორის არსებულ მრავალფეროვან ურთიერთ-კავშირზე დამყარებულს - *დეშიფრირების ირიბი ნიშნები* ეწოდება. კამერალური დეშიფრირებისას ობიექტების სწორი ამოცნობისათვის იყენებენ მოცემული ადგილ-მდებარეობისათვის ტიპური აეროსურათებისაგან შედგე-

ნინი ალბომ-ეტიკალონებს, რომლებშიც ამოცნობადია სიტუაციის ყველაზე აუცილებელი და დამა-ხასიათებელი ელემენტები.

ობიექტურ სინამდვილეში არსებული ზოგიერთი საგნების (პატარა ხიდეები, საგზაო მიღები, ჭები და სხვა) ამოცნობა აეროსურათზე გაძნელებულია, ხოლო ციფრობრივი მახასიათებლები, გეოგრაფიული სახელწოდებები, ადმინისტრაციული საზღვრები და რუკის სხვა ელემენტები ზოგიერთი საერთოდ ნახ. V. 43. სტერეოსკოპი

არ ექვემდებარება ამოცნობას - ისინი აეროსურათზე საერთოდ არ გამოისახებიან. ამიტომ კამერალური დეშიფრირების შევსება ხდება საველე დეშიფრირებით, რომლის პროცესში ახდენენ ფოტოგრაფიული გამოსახულების უშუალო შედარებას ნატურასთან. საველე დეშიფრირება ხდება მარშრუტებად. ცდილობენ, რომ ყოველმა მარშრუტმა მოიცვას რაც შეიძლება მეტი ტერიტორია. მარშრუტები ისეთ ტერიტორიებზე უნდა გადიოდეს, რომ მათ შეავსონ აეროსურათზე ის ადგილები, სადაც გამოსახულნი არიან ის ობიექტები და მათი მახასიათებლები, რომელთა დეშიფრირება ხელსაწყოებით შეუძლებელია.

მარშრუტებად დეშიფრირებას ასრულებენ ზოლებად, რომლის სიფართო ტყიან ადგილებში საშუალოდ 250 მ-ია, ხოლო ღია ადგილებში 500 - დან 1000 მ-მდე. დაკვირვების სადგურებსა და ეტიკალონურ ფართობებს ირჩევენ უმეტესად ტიპურ ადგილებში, ან მოცემული ლანდშაფტის დეშიფრირებად ადგილებში. ტოპოგრაფიულ ობიექტებსა და ფოტოსურათებზე მათ გამოსახულებას შორის ურთიერთდამოკიდებულების დადგენის

მიზნით ყოველი სადგურის საზღვრებში დეტალურად სწავლობენ გამოსახულების ყველა სტრუქტურას.

მარშრუტული დეშიფრირებისას ძნელად მისადგომ რაიონებში ფართო გამოყენებას პოულობს მსუბუქი თვითმფრინავებიდან და შვეულფრენებიდან აეროვიზუალური დაკვირვება.

V.7.3. სტერეოტოპოგრაფიული აბეზიმბო

სტერეოტოპოგრაფიული აბეზიმბოსას წყვილი სურათების თვისების გამოყენებით, კამერალურ პირობებში, ღებულობენ ტოპორუკის კონტურულ და რელიეფურ ნაწილს. ეს მეთოდი საველე სამუშაოების მოცულობის არსებითად შემცირებისა და ამინდის პირობებისაგან დამოუკიდებლად, ადგილის, მათ შორის ძნელად მისასვლელის, დეტალური შესწავლის საშუალებას იძლევა. საველე სამუშაოების ამოცანა შემოფარგლულია სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის შექმნით, ყოველ აეროსურათზე შეზღუდული რაოდენობის წერტილების კოორდინატების განსაზღვრითა და დეშიფრირებით. საწარმოო პროცესების უმეტესობა გადატანილია საველე პირობებიდან კამერალურში. შემდეგი სამუშაოები მიმართულია ფოტოგრამმეტრიული გასაზომების ხერხების დამუშავებაზე, რომლის დროსაც მინიმუმამდე შეიძლება შემცირდეს იმ საყრდენი წერტილების რაოდენობა, რომელთა კოორდინატების განსაზღვრა ხდება საველე პირობებში, სამუშაო კი სრულდება თანამედროვე სტერეო-ტოპოგრაფიული ხელსაწყოებითა და მ.ბ.მ-ით, ამიტომ ამ სახის აბეზიმბოები დღეისათვის წარმოადგენს ძირითად მეთოდს საშუალო და მსხვილმასშტაბიანი (1:10000-1:100000) ტოპოგრაფიული რუკების შექმნისას. ეს ხერხი ასევე წარმატებით გამოიყენება 1:5000 მასშტაბის ტოპოგრაფიული გეგმების შედგენისას.

სტერეოტოპოგრაფიულ აბეზიმბოსას საფუძვლად უდევს თვალის მიერ საგნების მოცულობითი ფორმისა და მათი სივრცობრივი მდგომარეობის აღქმის უნარი. ამ მოვლენას *ბუნებრივი სტერეოფეფექტი* ეწოდება, ხოლო ბინოკულარულ მხედველობას (ორი თვალით ხედვა), რომლის დროსაც ხდება სტერეოფეფექტის შეგრძნება – *სტერეოსკოპული*.

აეროსურათების დახმარებით ადგილმდებარეობის მოცულობითი მოდელის მისაღებად სარგებლობენ აეროსურათების სტერეოწყვილითა და სპეციალური ხელსაწყოებით, რომლებიც მხედველობის გაყოფის საშუალებას იძლევიან. ერთი და იგივე ობიექტის ორმაგი გამოსახულების სტერეოსკოპული ხელსაწყოთი დაკვირვებისას მარცხენა თვალით იხედება მარცხენა გამოსახულება, ხოლო მარჯვენათი – მარჯვენა. ორი ურთიერთგადამფარავი სურათის ასეთი დათვალიერება საშუალებას იძლევა როგორც ადგილმდებარეობის სივრცითი (სტერეოსკოპული) მოდელის მიღების, ისე მისი მაღალი სიზუსტით გაზომვის.

სტერეოსკოპული დათვალიერებისათვის ყველაზე მარტივი ხელსაწყოა *სტერეოსკოპი* ნახ. V.43-ზე ნაჩვენებია მრავალმხრივი გამოყენების (რელიეფის ხაზვა აეროსურათებზე ცნობილი სიმაღლური წერტილების დახმარებით, დეშიფრირებისათვის აეროსურათების გეგმურ-სიმაღლური მიბმა) დასაკეცი სარკელინზებიანი სტერეოსკოპი - II.3.

სტერეოსკოპული მოდელის მისაღებად აეროსურათებს ათავსებენ მაგიდაზე, ხელსაწყოს დიდი სარკეების ქვეშ ისე, რომ ერთი და იგივე წერტილები მოსაზღვრე აეროსურათებზე განლაგდნენ ხედვითი ხაზის პარალელურ ხაზზე და გადაადგილებენ მათ ამ მიმართულებით სრული სტერეოფეფექტის მიღებამდე.

სტერეოტოპოგრაფიული მეთოდისას ტოპორუკების შექმნა ხდება უნივერსალური და დიფერენცირებული ხერხებით. უნივერსალური ხერხი საშუალებას იძლევა ტოპორუკის შედგენის მთლიანი პროცესი ერთ ხელსაწყოზე შესრულდეს.

დიფერენცირებული მეთოდი ამ ამოცანის გადაწყვეტას ახდენს რამდენიმე ხელსაწყოზე: ფოტოტრანსფორმატორზე სურათები დაყავთ მოცემულ მასშტაბამდე, ათავისუფლებენ სურათს დახრის კუთხითა და რელიეფისგან წარმოშობილი დამახინჯებისაგან, სტერეომეტრზე გამოხაზავენ რელიეფს, კონტურები და ჰორიზონტალები პლანშეტზე გადააქვთ პროექტორის დახმარებით და ა.შ.

აეროსურათების *დიფერენცირებული მეთოდით* სტერეოფოტოგრაფიული დამუშავებისას გეგმის შედგენა იყოფა რამდენიმე ეტაპად – პროცესებად. ყოველი მათგანის

შესრულება ხდება ცალკე ხელსაწყოებზე: ორიენტირების ელემენტების წერტილთა სიმაღლეების განსაზღვრა და რელიეფის გამოხაზვა, აეროსურათებით გეგმის შედგენა.

ამ მეთოდით ტოპოგრაფიული რუკის შედგენის ძირითადი პროცესების სქემა ასეთია: 1) აეროფოტოგადაღება; 2) აეროსურათების გეგმიურ-სიმაღლური მიბმა, დეშიფრირება; 3) ფოტოგეგმების დამზადება; 4) რელიეფის გამოხაზვა ტოპოგრაფიულ სტერეომეტრებზე 5) პორიზონტალებისა და დეშიფრირების შედეგების სურათებიდან ფოტოგეგმებზე გადატანა. პროექტით გათვალისწინებული უნდა იყოს აგრეთვე სტერეოწყვილების კუთხეებზე განლაგებული ამოცნობადი წერტილების გეგმიური კოორდინატებისა და სიმაღლეთა განსაზღვრა.

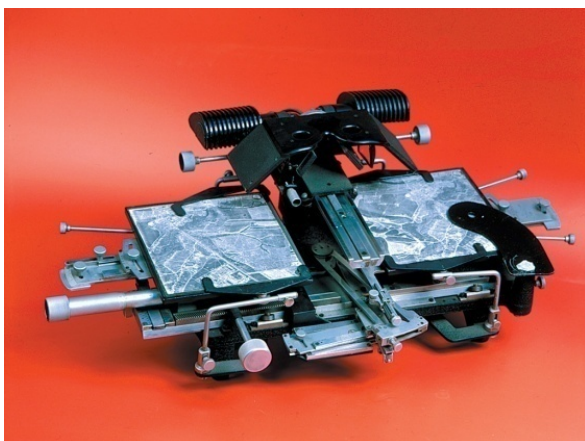
რუკის სიმაღლური ნაწილის - რელიეფის გამოხაზვა და ზოგიერთი წერტილების სიმაღლეთა განსაზღვრა ხდება კამერალურ პირობებში, სპეციალური ხელსაწყოებით.

წინასწარ უნდა განისაზღვროს აეროსურათების ორიენტირების ელემენტების მნიშვნელობები (ელემენტები, რომლებიც განსაზღვრავენ აეროსურათის მდგომარეობას სივრცეში, აეროგადაღების მომენტში), რომელიც სრულდება ანალიტიკურად, სტერეოკომპარატორზე (ნახ. V.44), გაზომილი რიგი წერტილების კოორდინატების საფუძველზე.

ადგილმდებარეობის წერტილთა ურთიერთშორის ამაღლებას ფოტოგრაფირების საშუალო სიმაღლის მიმართ განსაზღვრავენ ფორმულით

$$h = \frac{\Delta P}{b + \Delta P} H,$$

სადაც, ΔP -წერტილის ხელსაწყოზე გაზომილი გრძივი პარალაქსების (გრძივი პარალაქსი - აეროსურათებზე ერთი დასახელების წერტილების აბსცისების სხვაობა მეზობელ აეროსურათებზე $P=x_{a\beta} - x_{a\gamma}$), b - ფოტოგრაფირების ბაზისი სურათის მასშტაბში.



ნახ. V. 44. დრობიშევის სტერეომეტრი



ნახ. V. 45. სტერეოკომპარატორი სტეკო-1818

ხელსაწყოზე გაზომილი გრძივი პარალაქსის სხვაობაში არის სურათების კუთხეების დახრითა და ფოტოგრაფირების ბაზისის მიერ გამოწვეული ცთომილებები. სტერეომეტრების მოწყობილობას - კორექტორებს ავტომატურად შეაქვთ შესწორებები, ორიენტირების ელემენტების გავლენით გრძივი პარალაქსების სხვაობის გაზომვაში.

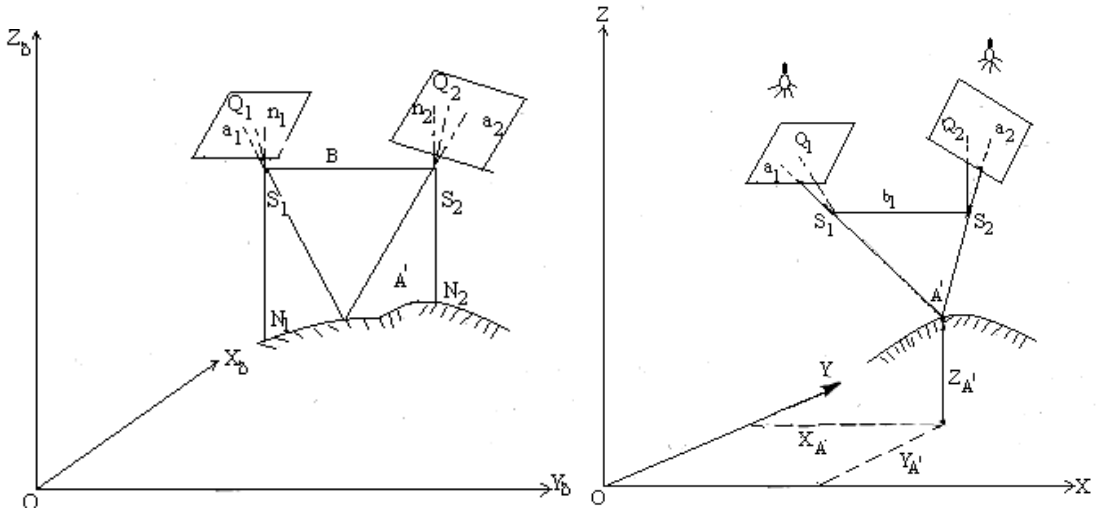
აგეგმვის დიფერენცირებული მეთოდის ძირითადი ხელსაწყოა დრობიშევის ტოპოგრაფიული სტერეომეტრი (ნახ. V.45).

სტერეოგრაფიული აგეგმვის უნივერსალური მეთოდი განსხვავდება კომბინირებული და დიფერენცირებული მეთოდებისაგან იმით, რომ სავსე სამუშაოები დაყვანილია მინიმუმამდე და გააჩნია მკაცრი გეომეტრიული კავშირებით განპირობებული დიდი სიზუსტე. ყველა პროცესი სრულდება მაღალი სიზუსტის უნივერსალურ ხელსაწყოზე - საიდანაც მიიღო ამ მეთოდმა სახელწოდება-უნივერსალური.

უნივერსალური მეთოდისას აეროსურათებით ხდება ფოტოგრაფირებული ადგილის სივრცობრივი მოდელის აღდგენა და შემდეგ მაღალი სიზუსტით გაზომვა.

თუ ადგილმდებარეობის რაიმე უბანს გადავუღებთ სურათს პროექციის ორი S_1 და S_2 ცენტრებიდან (ნახ. V.46, ა) მაშინ ათვლის ყოველი წერტილი თითქოს აღმოჩნდება ორი მაგეგმილებელი ხაზების გადაკვეთაზე, რომლებიც ერთ სიბრტყეზე მდებარეობენ. ამ სიბრტყეს *პაზისის* სიბრტყე ეწოდება. ფოტოგრაფირებული წერტილების სივრცითი აღქმა შესაძლებელია უნივერსალურ ხელსაწყოებზე.

თუ უნივერსალური კამერის მსგავს ორ მაპროექტებელ კამერაში ჩადებული აეროსურათების წყვილს გავანათებთ (ნახ. V. 46, ბ), მაშინ სურათის ყოველი წერტილიდან პროექციის S' ცენტრზე გავლით გავა დამპროექტებელი სხივი. ორი სურათის თანამოსახელე a_1 და a_2 წერტილებიდან მომავალი S_1a_1 და S_2a_2 სხივები, გადაიკვეთებიან რა სივრცეში, ქმნიან ადგილის გეომეტრიული მოდელის A' წერტილს. თუ შევცვლით მაპროექტებელი კამერების მდგომარეობას ადგილის კოორდინატა გეოდეზიური სისტემის $(O_g X_g Y_g Z_g)$ ანალოგიურ, ხელსაწყოს კოორდინატა სივრცული $(OXYZ)$ სისტემით, შესაძლებელია მივცეთ მათ ისეთივე მდებარეობა, როგორც ეკავათ გადამღებ კამერებს ფოტოგრაფირების მომენტში. ამდაგვარად ხდება აეროსურათების ორჯერადი გადაფარვის ზონის გეომეტრიული მოდელის აგება. მოდელის გასაზომად უნივერსალურ ხელსაწყოში არის გამზომი მარკა M რომელიც გადაადგილდება მოდელის სივრცეში ხელსაწყოს საკოორდინატო ღერძების გასწვრივ. შეუთავსებენ რა M



ნახ. V. 46. ადგილის გეომეტრიული მოდელის შექმნის სქემა: ა-აეროფოტოგადაღების დროს. ბ-უნივერსალურ ხელსაწყოებზე

მარკას გეომეტრიული მოდელის ამა თუ იმ წერტილს, განსაზღვრავენ მის სკალაზე სამივე კოორდინატებს X, Y, Z . გაზომვის შედეგების ეკრანზე პროექტირებით ღებულობენ ადგილმდებარეობის გეგმას ორთოგონალურ პროექციაში.

ამ მეთოდით სარგებლობისას გამოიყენება რთული ხელსაწყოები, რომლებზეც სრულდება რუკის აეროსურათებით შექმნის ყველა პროცესი: სურათების ორიენტირება, კონტურებისა და რელიეფის ხაზვა; აგრეთვე საყრდენი ქსელის ფოტოგრამმეტრიული გახშირება. მაგეგმილებელი სხივების აღდგენის ფორმის მიხედვით განასხვავებენ უნივერსალურ ხელსაწყოებს, რომლებიც გამოიყენება ისეთი აეროსურათების დასამუშავებ-

ლად, რომლებსაც გააჩნდათ მაგეგმილებელი სხივების მსგავსი ნაკადი და ხელსაწყოები, რომლებიც გარდაქმნილი შეკრებილი მაგეგმილებელი სხივების მქონე სურათების დამუშავების საშუალებას იძლევიან. პირველ შემთხვევაში უნივერსალურ ხელსაწყოებში გამოიყენება გადამღების მსგავსი მაპროექტებელი კამერები, ანუ შენარჩუნდება გადამღები და მაპროექტებელი კამერების f_k და F_p ფოკუსური მანძილების მნიშვნელობათა მსგავსება. ეს აძლევს მოდელების აგებას მაღალ სიზუსტეს, მაგრამ ზღუდავს ასეთი ხელსაწყოების გამოყენებას, რადგანაც მათზე არ შეიძლება სხვა აზრადან მიღებული აეროსურათების დამუშავება. საბჭოთა კავშირში გამოიყენებოდა უნივერსალური ხელსაწყოები, რომლებიც მაპროექტებელი სხივების გარდაქმნილი კვანძის მქონე აეროსურათების დამუშავების საშუალებას იძლეოდნენ. ამ შემთხვევა-

ნახ V. 47. მსგავსი და გარდაქმნილი ადგილის მოდელის მიღების სქემა

ში მაპროექტებელი კამერების ფოკუსური მანძილები არ არიან აეროგადამღების იდენტურები ($F_p = f_k$) და მათზე შეიძლება ისეთი

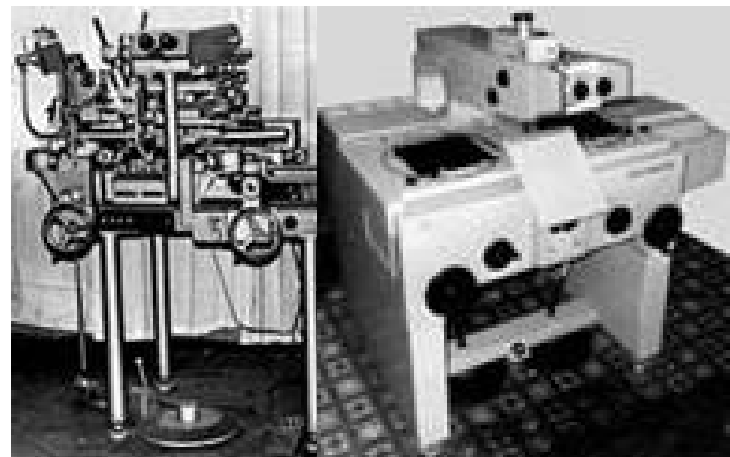
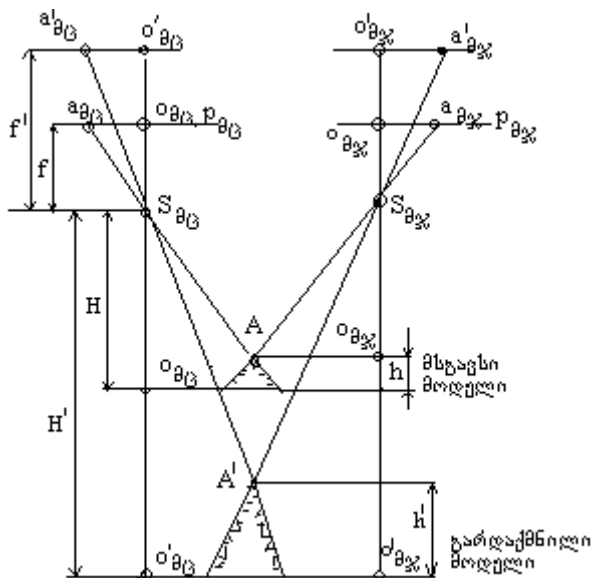
აეროსურათების დამუშავება, რომლებიც მიღებულია განსხვავებული ფოკუსური მანძილის (36-დან 350 მმ-მდე) მქონე აზრადან. გარდაქმნილი კვანძით ადგილის მოდელის აღდგენისას გეგმიური X და Y კოორდინატები არ იცვლებიან, ამიტომ მსგავს და გარდაქმნილ მოდელებს აქვთ ერთნაირი ჰორიზონტალური მასშტაბი ($1/M_{გა} = 1/M_{გარ}$). ნახ.V.47 -ზე ნახვენებია ასეთი სახის ხელსაწყოების მოქმედების სხემა.

მოდელის ვერტიკალური $1:M_g$ და გარდაქმნილი მოდელის ჰორიზონტალური $1:M_g$ მასშტაბები არ არიან ერთმანეთის ტოლი და ერთმანეთთან დაკავშირებულნი არიან თანაფარდობით

$$\frac{1}{M_v} = K \frac{1}{M_g}$$

სადაც K - გარდაქმნილი კვანძის კოეფიციენტი, ან აფინობის კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია F_p / f_k .

მაპროექტებელი სხივების გარდაქმნილი კვანძის მქონე ზემოთ განხილული ხელსაწყოების თავისებურება გამოიხატება იმაში, რომ დახრილი სურათების გაზომვის შედეგები დაიყვანება გადამღების ჰორიზონტალურ შემთხვევაზე. ე.ი. ტრანსფორმირდება სპეციალური კორექციული მოწყობილობების დახმარებით. ასეთ ხელსაწყოებს მიეკუთვნებიან სტერეოპროექტორი (ბერძ. stereos-მოცულობითი, სივრცობრივი და ლათ. Projicio-ვაგდებ წინ) (ნახ. V.48) და სტერეოგრაფი (ნახ. V.49). ეს ხელსაწყოები



ნახ. V. 8. სტერეოპროექტორი

ნახ. V. 49. სტერეოგრაფი-19/1318

ნახ. V. 8. სტერეოპროექტორი და ნახ. V. 49. სტერეოგრაფი-19/1318-ის კ. ცეისი საშუალებას იძლევიან განსაზღვრონ ადგილის სტერეომოდელის წერტილების ამადლებები ფოტოგრაფირების სიმაღლის 1:8000 სიზუსტით აეროსურათის მასშტაბის შესადგენი რუკის მასშტაბთან შეფარდებით 0,5-დან 3,0 მ-დე.

V.7.4. მიწისზედა ფოტოტოპოგრაფიული აბზომვა

ტოპოგრაფიული რუკებისა და ადგილმდებარეობის ციფრული მოდელების (ან) შექმნას, აგრეთვე წერტილთა სივრცობრივი კოორდინატების განსაზღვრას მისი დედამიწის ზედაპირიდან ფოტოგრაფირების შედეგად მიღებული გამოსახულების დახმარებით, ფოტოტოპოგრაფიული აგეგმვა ეწოდება

ფოტოტოპოგრაფიულ აგეგმვას აქვს რიგი არსებითი ღირსებები, რომელიც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სისტემურ ავტომატიზირებულ პროექტირებაზე (საკ) გადასვლის თანამედროვე ეტაპზე. იგი გამოიყენება ტოპოგრაფიული და სპეციალური რუკების შესაქმნელად, ბუნების დინამიური მოვლენებისა და პროცესების შესწავლისას, სხვადასხვა სახის მეცნიერული და საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტისას. ფოტოტოპოგრაფიულმა აგეგმვამ ფართო გამოყენება პოვა მთიანი მხარეების მსხვილ-მასშტაბიანი გეგმების შედგენისას. შესაძლებელია ამ სახის აგეგმვის კომბინირება აეროაგეგმვასთან.

გაზომვის მაღალი სიზუსტე განპირობებულია ადგილმდებარეობის პრეციზიული ფოტოკამერებით მიღებული და ზუსტ სტერეოგრაფიულ ხელსაწყოებზე და კომპიუტერზე დამუშავებული სურათების გამოყენებით.

ავტომატიზაციის საშუალებათა და კომპიუტერული ტექნიკის ფართო გამოყენებით მიღწეულია ტოპოგრაფიული რუკებისა და ადგილმდებარეობის ციფრული მოდელების (ან) მოსამზადებელი საველე სამუშაოების ხვედრითი წილის შემცირება და ძირითადი სამუშაოების კამერალურ პირობებში შესრულება. ამასთან, შრომის მაღალ ნაყოფიერებას ის მომენტიც განაპირობებს, რომ იზომება არა თვით ობიექტები არამედ მათი ფოტოგრაფიული გამოსახულება.

აგეგმვის ობიექტურობასა და უტყუარობას უზრუნველყოფს ადგილის გამოსახულების მიღება ფოტოგრაფირების გზით.

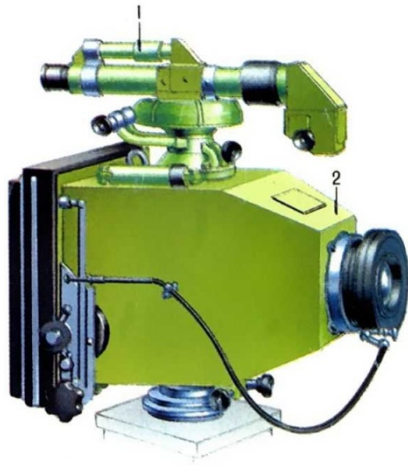
ადგილმდებარეობაზე დისტანციური ხერხით ინფორმაციის მოპოვება საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ ადამიანისათვის სახიფათო ადგილებში (მთის ციცაბო ფერდობები, ქვაცვენის ადგილები, ღარტაფები, ჭაობები და სხვ.) აზომვითი სამუშაოების ჩატარება.

შესაძლებელია მონაცემთა შეკრების, რეგისტრაციისა და დამუშავების პროცესის ავტომატიზირება ტოპოგრაფიული რუკებისა და ან-ს გრაფომატარებლებზე ავტომატური მომზადებით.

აგეგმვა ტარდება სპეციალური ხელსაწყოთი - ფოტოთეოდოლიტით, რომელიც თეოდოლიტისა და ფოტოკამერის შეთავსებას წარმოადგენს. ასეთი ხელსაწყოები: **ფოტოთეოდოლიტი „გეოდეზია“** – რუსეთი, **ფოტეო-19/1318 („კარლ-ცეის“)** (ნახ.V.50) და სხვ.

ფოტოთეოდოლიტით ხდება ადგილის ფოტოგრაფირება და ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კუთხეების გაზომვა ხელსაწყოთა დაყენების ადგილის კოორდინატების განსაზღვრის მიზნით.

ადგილმდებარეობის რელიეფისა და სიტუაციის თავისებურებათა დადგენა შესაძლებელია თუ მის ფოტოგრაფირებას მოვახდენთ ორი წერტილიდან – *ბაზისის* ბოლოებიდან (ნახ.V.51). ცალკეული წერტილების კოორდინატების განსაზღვრის აუცილებლობისას ფოტოსურათების მიღებული წყვილის გაზომვები ხდება *სტერეოკომპარატორზე*, ხოლო ადგილის გრაფიკული გეგმის შედგენისას *სტერეოფოტოგრაფზე*.



ნახ. V. 50. ფოტოთეოდოლიტები

ა - «Геодезия». (რუსეთი); ბ - fototeodolite WLD P30 (იტალია)

ფოტოგრაფირებისათვის სადგურების შერჩევისას კარგი მხედველობის უზრუნველყოფა მნიშვნელოვნად ამცირებს ფოტომასალების დეფორმაციას. სადგურის მიბმის გეოდეზიური საფუძვლის პუნქტებზე აწარმოებენ შებრუნებული ან პირდაპირი გადაკვეთებით. ხელსაწყოებზე სურათების ორიენტირებისათვის საჭირო საკონტროლო წერტილებს ნიშნავენ ბაზისებიდან ან საყრდენი გეოდეზიური ქსელის პუნქტებიდან. განსაზღვრავენ აგრეთვე ფოტოგრაფირების ბაზისის დირექციულ კუთხეს, მარცხენა წერტილის კოორდინატებსა და მარჯვენა წერტილის ამალლებას მარცხენას მიმართ.

აგეგმვის ძირითადი შემთხვევები. აგეგმვისას ფოტოაპარატის ღერძს შეიძლება ეკავოს სხვადასხვა მდგომარეობა ჰორიზონტისა და ბაზისის მიმართ. ყველაზე ხშირად გამოიყენება ნორმალური და ტოლზომიერად გადახრილი.

აგეგმვის ნორმალურ შემთხვევაში (ნახ. V.51, ა) მარცხენა და მარჯვენა ფოტოკამერების ოპტიკურ ღერძებს აყენებენ AB ბაზისის მიმართ ჰორიზონტალურად და ვერტიკალურად. სურათის სიბრტყეს უკავია ვერტიკალური მდგომარეობა. აგეგმვის ეს შემთხვევა გამოიყენება უფრო ხშირად, რადგანაც ის შედარებით ზუსტი შედეგების მიღების საშუალებას იძლევა. ამასთან სურათების მათემატიკური დამუშავება მარტივია.

ტოლზუსტად გადახრილ შემთხვევისას ფოტოკამერის ღერძები გადაიხრებიან მარჯვნივ ან მარცხნივ ერთი და იგივე კუთხით გადასადები ობიექტის აღქმის ჰორიზონტალური კუთხის გაფართოების მიხედვით. ამის შედეგად ერთი ბაზისიდან შეიძლება სურათების სამი სტერეოსკოპული წყვილის მიღება: სტერეოწყვილის თანმხლები შემთხვევისათვის და სტერეოწყვილის მარჯვნივ და მარცხნივ გადახრით.

ფოტოთეოდოლიტური აგეგმვის ძირითადი ფორმულები. ცალკეული სურათით ფოტოგრამმეტრიული გაზომვებისას ობიექტის წერტილების სივრცით კოორდინატებს განსაზღვრავენ ფორმულებით

$$X=Y \frac{x}{f} = x.M \quad V.4$$

$$Z=y \frac{z}{f} = z.M \quad V.5$$

სადაც X და Z გაზომილ სურათებზე წერტილების კოორდინატებია, Y -მანძილი პროექციის წერტილიდან საყრდენ წერტილამდე. f - ფოტოკამერის ფოკუსური მანძილი. M - საყრდენი წერტილის სურათზე გამოსახულების მასშტაბის მნიშვნელობა.

გადაღების ნორმალური შემთხვევისას ობიექტის წერტილების სივრცითი კოორდინატები სურათების სტერეოწყვილის მიხედვით განისაზღვრება ფორმულებით:

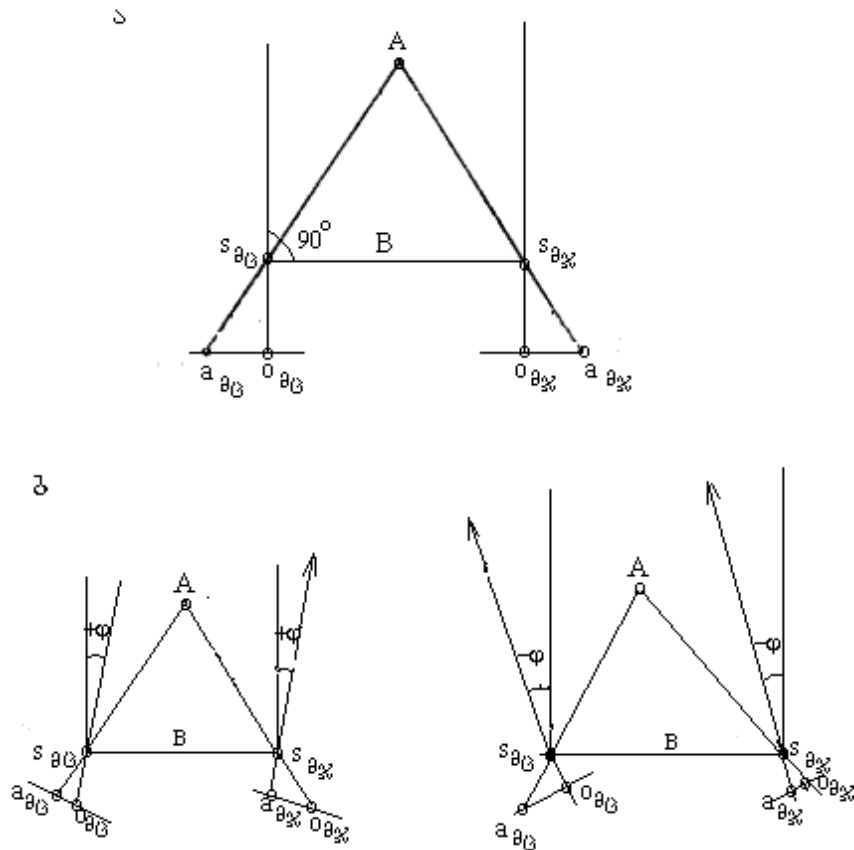
$$Y=B \frac{f}{\rho} \quad V.6$$

$$X=B \frac{x}{\rho} \quad \text{V.7}$$

$$Z=B \frac{z}{\rho} \quad \text{V.8}$$

სადაც B - ფოტოგრაფირების ბაზისის ჰორიზონტალური ქვედებული, $\rho = X_{მარჯ.} - X_{მარც.}$ - დასადგენი წერტილის გრძივი პარალაქსი, x, z - წერტილის კოორდინატები მარცხენა სურათზე.

V.4 და V.5 ფორმულები უჩვენებენ, რომ X, Y, Z კოორდინატების ფოტოგრამმეტრიული ხერხებით განსაზღვრისას აუცილებელია ადგილზე გაიზომოს მანძილი Y განსასაზღვრავ წერტილამდე ან განსაზღვროთ გამოსახულების მასშტაბი სურათზე აღებული მონაკვეთისა და ობიექტზე მისი შესაბამისი მონაკვეთის შეფარდებით $1/k=1/L$.



ნახ. V. 51. ზედაპირული ფოტოტოპოგრაფიული გადაღების ძირითადი შემთხვევები.
ა - ნორმალური; ბ - ტოლზუსტად გადახრილი.

V.6 - V.7 ფორმულები უჩვენებენ, რომ კოორდინატების სტერეოფოტოგრამმეტრიული ხერხით განსაზღვრისას აუცილებელია ადგილზე გადაღების B ბაზისის გაზომვა, ხოლო სურათებზე - x, z კოორდინატებისა და ρ გრძივი პარალაქსისა.

თუ სურათების სტერეოწყვილები მიღებულია თანაბრად გადახრილი შემთხვევაში ადგილმდებარეობის წერტილების კოორდინატები გამოითვლება ფორმულებით:

$$Y=B \frac{f}{\rho} (\cos \varphi + \frac{x_{\partial s}}{f} \sin \varphi)$$

$$X=B \frac{x}{\rho} (\cos \varphi + \frac{x}{f} \sin \varphi)$$

$$Z=B \frac{z}{f} (\cos \varphi + \frac{x}{f} \sin \varphi)$$

V.7.5 ფოტოტოპოგრაფიული აბეზმის ავტომატიზირების მეთოდები

ელექტრონიკისა და გამოთვლითი ტექნიკის განვითარებასთან ერთად სხვადასხვა სახის სურათების ფოტოგრამმეტრიული დამუშავების მრავალი პროცესის ავტომატიზირების შესაძლებლობა გაჩნდა. ეს პროცესი დღეისათვის მიმართულია შემდეგი ძირითადი მიმართულებებით: 1) სურათების სტერეოგაზომების ავტომატიზირება; 2) მბმ-ის გამოყენებით რუკების, ორთოფოტოსურათებისა და ფოტორუკების შესადგენად ანალიტიკური უნივერსალური ხელსაწყოების შექმნა 3) აეროსურათების დეშიფრირების ავტომატიზირება. 4) ადგილმდებარეობის ციფრული მოდელების შექმნის ტექნოლოგიისა და მათი გამოყენების ხერხების დამუშავება.

სტერეოგაზომების ავტომატიზირება მიმართულია კონტურებისა და რელიეფის აგეგმვის, სურათების დეშიფრირებისა და შედგენის ორიგინალის გამოცემისათვის სურათების უნივერსალურ ხელსაწყოებზე დამუშავებით მომზადების პროცესების დაჩქარებისაკენ. შექმნილია ავტომატური სტერეო ხელსაწყოები, რომელშიც ფოტოგამოსახულება გარდაიქმნება ელექტრონულ სიგნალებად.

ამ ხელსაწყოების სკანირებისა და კორელაციის სისტემები განსაზღვრავენ ადგილის წერტილების სიმაღლეს და მის გადახრას გამომთველ მოწყობილებაში ჩადებული მართვის პროგრამის დახმარებით. ეს პროგრამები აერთიანებენ ერთ მთლიან სისტემაში ყველა ოთხივე მოწყობილობას - სამეთვალყურო, გამომთველი, სკანირებისა და კორელაციის.

საყრდენი ქსელის გახშირებისათვის ზედაპირული ფოტოგრამმეტრიული გადაღების სურათების დამუშავებისათვის საჭიროა დიდი რაოდენობის წერტილების კოორდინატები, ამიტომ სურათების გაზომვა სრულდება პრეცეზიულ სტერეოკომპარატორებზე, რომლებიც საშუალებას იძლევიან სურათები გაიზომოს 1-2 მ.კმ სიზუსტით და გაზომვის შედეგები ავტომატურად დაფიქსირდეს. ასეთ ხელსაწყოებს განეკუთვნებიან სტერეოკომპარატორები CKA-18, CKB-1 და სტეკომეტრი („კარლ ცეისი“) (ნახ. V.52).

ტოპოგრაფიული რუკის შედგენის ავტომატიზირებისათვის იყენებენ ანალიტიკურ უნივერსალურ ხელსაწყოებს, რომლებიც საშუალებას იძლევიან ერთ ხელსაწყოზე შესრულდეს ტოპოგრაფიული რუკის შედგენის ყველა პროცესი. სტერეოკომპარატორზე ზომავენ სტერეოწყვილის წერტილების კოორდინატებს, განივ და გრძივ პარალაქსებს. მიღებული შედეგები გეოდეზიურ მონაცემებთან ერთად გადაეცემა მ.ბ.მ.-ს, რომელიც სპეციალური პროგრამით გამოითვლის ადგილმდებარეობის გეომეტრიულ მოდელს. მ.ბ.მ.-ის დახმარებით მიღებულ შედეგებს იყენებენ სტერეოკომპარატორის ეტლებისა და ფანქრიანი მოწყობილობის დასაყენებლად. ამასთან ღებულობენ დაკვირვების წერტილების ტრანსფორმირებულ კოორდინატებს. წერტილების მდგომარეობას პლანშეტზე აღნიშნავენ ორთოგონალურ პროექციაში, შესადგენი რუკის მასშტაბში. ყველა ამ სამუშაოს შედეგია ორთოფოტოგეგმა.

ფოტოტოპოგრაფიული აგეგმვის ავტომატიზირების მეორე მიმართულებაა ისეთი უნივერსალური ხელსაწყოების შექმნა, რომლებიც ფოტოსურათების სტერეოწყვილების დამუშავებისას საშუალებას იძლევიან ადგილის ორთოგეგმის მიღებისა აეროსურათის დიფერენციალური ფოტოტრანსფორმირების გზით, რელიეფის მხედველობაში მიღებით. დიფერენცირებული (ნაპრალური) ტრანსფორმირება სრულდება სურათის სკანირებით ვიწრო ნაპრალებად პროექტირების მასშტაბის ცვლილებით ადგილმდებარეობის რელიეფთან შეთანხმებით. ჰორიზონტალების გამოსახულება აეროსურათების ტრანსფორმირებასთან ერთად ავტომატურად შეიძლება დაიბეჭდოს სუფთა საფუძველზე და გაშიფრვის შემდეგ შეუთავსდება ფოტოგეგმას. ასეთ უნივერსალურ ხელსაწყოებს წარმოადგენენ ტოპოკარტი და სტერეოტრიგომატი („კარლ ცეის“, გერმ.).

აეროფოტოგადაღებისას ინფორმაციის სიზუსტის გამო წარმოიშობა სურათების დეშიფრირების პროცესის ავტომატიზაციის ურთულესი პრობლემა, რომელიც დღეისათვის მთლიანად არ არის გადაწყვეტილი. მუშაობა მიმდინარეობს შემდეგი მიმართულებით: ობიექტების ამოცნობა დეშიფრირების პირდაპირი ნიშნებით, ფოტომეტრული ხერხი, სპექტროფოტომეტრული მეთოდი.

პირველი მიმართულება საშუალებას იძლევა განვახორციელოთ ჭარბი ინფორმაციის ფილტრაცია ერთი ან რამდენიმე სახის ობიექტების გამოყოფით, ან ადგილმდებარეობის უბნის განსაზღვრული ხასიათის ჩვენებით.

ობიექტების ამოცნობის ფოტომეტრული ხერხი მდგომარეობს ობიექტის ოპტიკური სიჭიქროვის თანმიმდევრულ გაზომვასა და ობიექტის ეტალონურ ფოტო-



ნახ. V. 52. სტეკომეტრი („კარლ ცეისი“)



ნახ. V. 53. ანალიტიკურ ფოტოგრამმეტრიული ხელსაწყო (აშხ) Leica SD 2000

გამოსახულებასთან შედარებაში. ამისათვის გამოიყენება სპეციალური ხელსაწყოები – მიკროდენსიტომეტრი პ.ბ.მ.-თან შეუღლებულად.

ობიექტების ავტომატური ამოცნობის სპექტროფოტომეტრული მეთოდი, გეთავაზობს არა მარტო გეომეტრიულ და ფოტომეტრულ მახასიათებლებს, არამედ სპექტროფოტომეტრულსაც, ანუ გამოსახულების სხვადასხვა სპექტრალურ დიაპაზონში მიღებულ მახასიათებლებსაც. XX საუკუნის 90-წლებში მოხდა სრული გადასვლა კომპიუტერულ ტექნოლოგიებზე და გადაღების სხვადასხვა სისტემით მიღებული სურათების ციფრულ დამუშავებაზე. თავიდან კომპიუტერს უერთებდნენ სტერეოკომპარატორს ან ოპტიკურ-მექანიკურ უნივერსალურ სტერეოფოტო-გრამმეტრიულ ხელსაწყოებს. ამ დანიშნულებით შევიცარიის ფირმა Leica SD-2000 უშვებდა ანალიტიკურ ფოტოგრამმეტრიულ ხელსაწვოს (აშხ) (სურ. V.53), მაგრამ აშხ-მ ვერ პოვა წარმოებაში ფართო გამოყენება მათ კონსტრუქციაში არსებული ოპტიკურ-მექანიკური მზომი ხელსაწყოების (სტერეოკომპარატორი) არსებობის გამო. პერსონალური კომპიუტერების ბაზაზე დაიწყო ციფრული ფოტოგრამმეტრიული სისტემების (ცშს) შექმნა, სურათების დამუშავების პროგრამული პაკეტით. გაჩნდა ტერმინი *ციფრული ფოტოგრამმეტრია* და კარტოგრაფიული დოკუმენტის ახალი სახე – *ციფრული რუკა*. ფართო გავრცელება პოვა სურათებიდან ფოტოგრამმეტრიული მეთოდებით აგებულმა ადგილმდებარეობის ციფრულმა მოდელებმა, რომელთა გამოყენება დაიწყო არა მარტო ტოპოგრაფიასა და კარტოგრაფიაში, არამედ სამხედრო საქმეში, მაგალითად საბრძოლო რაკეტების ფრენისას. შეიქმნა მაღალი სიზუსტის ფოტოგრამმეტრიული სკანერი, რომელიც მათი კომპიუტერის მახსოვრობაში შეყვანისა და გეომეტრიული, ფოტომეტრიული და სიზუსტის მახასიათებლების დაცვის მიზნით გარდაქმნის ფოტოკამერის საშუალებით მიღებულ სურათს, ციფრულ ფორმაში. სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ციფრული გადაღების კამერები, რომლებიც კომპიუტერში სურათების სკანერის დახმარების გარეშე შეყვანის საშუალებას იძლევიან.

ბოლო 10 წლის განმავლობაში ციფრულ აეროფოტოგრამმეტრიაში თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და მეთოდების უსწრაფესმა განვითარებამ ძირითადი ფოტოგრამმეტრიული პროდუქტების: აეროტრიანგულაციის, ციფრული ორთოფოტოს, რელიეფის ციფრული მოდელების (რცმ)-ს წარმოების ტექნოლოგიურ ჯაჭვში გადაფასება და ინოვაციების დანერგვა გამოიწვია.

ამ პროცესზე გავლენა მოახდინა: 1) ციფრული ფოტოგრამმეტრიული სადგურების, ხოლო XXI საუკუნის დასაწყისში ციფრული მსხვილფორმატიანი ფოტოგრამმეტრიული კამერების (ADS40, DMC, UltraCam) (სურ. V.54) ფართო გამოყენებამ, რომლებიც ახლო მომავალში მთლიანად შეცვლიან ანლოგური კამერების,

სურათებისა და ფოტოგრამმეტრიის გამოყენებას; 2) ლაზერული ლოკაციისა (LIDAR) და რადარული სისტემის განვითარებამ, აგრეთვე ზუსტი რცმ-სა და ზედაპირის მისაღებად აგეგმვის ახალი ლაზერულ – ლოკაციური მეთოდის გამოყენებამ; 3) აგეგმვის დროს GPS/IMU სისტემის გამოყენებით კამერის პროექციის ცენტრის პირდაპირი და დროში უწყვეტმა პოზიციონირებამ, პირდაპირი (Direct Georeferencing) და ინტეგრირებული (Integrated sensor orientation) გეოპოზიციონირების ტექნოლოგიის შემდგომი განვითარებით; 4) კომპიუტერული და ციფრული ტექნოლოგიების, სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის სწრაფმა განვითარებამ, რამაც გამოიწვია ციფრული პროცესების ავტომატიზაციის მაღალი ხარისხი; 5) ფოტოგრამმეტრიულ ფირმებს შორის კონკურენციის ფოტოგრამმეტრიულ ფირმებს შორის კონკურენციის მომატებამ; 6) კარტოგრაფიული და ბის პროდუქციის ოჯახის გაფართოებამ, რომლის შესაქმნელად გამოიყენება ფოტოგრამმეტრიული წარმოების შედეგები (ქალაქების 3D მოდელირება, თემატური და კარტოგრაფიული ფენა ბის-დამატებისათვის და სხვ.).

მოყვანილი ცხრილიდან ჩანს, რომ გასული საუკუნის 90-იან წლებთან შედარებით თანამედროვე ფოტოგრამმეტრიული წარმოება წარმოადგენს ავტომატიზირებული პროცესების ჯაჭვს. მოცემულ შემთხვევაში ხელის პროცესის გამოყენება (სტერეოვიდეო-რიზაციის გამოყენების გარდა) დაყვანილია მხოლოდ საყრდენი წერტილების გაზომვამდე სურათების გეომეტრიისას (აეროტრიანგულაცია) და რცმ-ს შემოწმებისას (არსებული მონაცემების ან ლაზერული ლოკაციის მონაცემების გამოყენებისას). ამასთან ერთად, ოპერატორის ამოცანებში შედის: ყოველი ამ პროცესის მომზადება და გაშვება, ასევე კონტროლი, ანალიზი, და, აუცილებელ შემთხვევაში, ცვლილებების შეტანა გაწეობაში და აუცილებელი დამატებების განმეორებითი გაშვება მისაღები შედეგის დადგომამდე.

ამის შედეგად, რეზულტატების სწრაფი მიღებისათვის და რამდენიმე პროექტის პარალელურ რეჟიმში შესასრულებლად, იზრდება უნივერსალური ოპერატორების როლი, რომლებიც პრაქტიკულად ასრულებენ ფოტოგრამმეტრიული წარმოების ყველა ეტაპს – დაწყებული ცშს-ში პროექტის შექმნიდან გენერაციის შექმნამდე და ორთოფოტორეკების შემოწმებამდე.

ოპერატორის სპეციალიზაცია სრულად რჩება გამართლებული ტოპორუკების შექმნისას, თუ გამოვიყენებთ სტერეოფოტოგრამმეტრიულ მეთოდს. ყოველ უნივერსალურ ოპერატორს შეუძლია ერთი სახის სამუშაოებზე სპეციალიზებული 2-3 ადამიანის შეცვლა. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მონაცემთა (საგანგებო სიტუაციისას, ეკოლოგიური კატასტროფებისას და სხვ.) სწრაფი მიღებისა და დამუშავების (რამდენიმე დღის განმავლობაში) აუცილებლობისას.

პროგრამული უზრუნველყოფა. მსხვილმასშტაბიანი ციფრული სენსორების გავრცელებამდე ფოტოგრამმეტრიული წარმოებისათვის პროგრამული უზრუნველყოფის არჩევანი იყო თავისუფალი. დღეისათვის მონაცემთა დამუშავების საწყისი



მოიწვია ფოტოგრამმეტრიული პროდუქტების მწარმოებლობის გადიდება და ხა-

სურ. V. 54. ფოტოგრამმეტრიული კამერა ADS40 ციფრული მსხვილფორმატიანი

საშუალებად იქცა. ეს პირველ რიგში ეხება ბის-ტექნოლოგიებსა და ავტომატიზირებული პროექტირების სისტემებს (აპს).

ამა თუ იმ

ფოტოგრამ-
უსწრაფესმა
განახლებამ,
პროცესის

რისხის გაუმჯობესება. ვტომატიზაცი-
ისა და გამოთვლითი ტექნიკის დაჩქარებუ-
ლი დანერგვის წყალობით ეს პროდუქცია
დღეისათვის ყოველდღიური გამოყენების

პროცესი/ პერიოდი	სკანირება	დატვირთვა, პროექტის შექმნა	დამაკავშირებელი წერტილების ბაზომვა	საკრძელი წერტილებ - ის ბაზომვა	რცმ-ს შექმნა	დცმ -ს რელაქტირ ება	ორთოფოტო- მოზაიკა
XX ს. 90- იანი წლები	ნ/ა	ხ, ნ/ა	ხ, ნ/ა	ხ, ნ/ა	ნ/ა	ხ	ხ
2007 წ.	-	ა	ა	ნ/ა	ა(L ida r)	ხ	ა

ცხ
რ. V.8.
ავტომატი
ზაციის

ხარისხი ფოტოგრამმეტრიაში (ნ/ა –ნახევრად ავტომატური, ა – ავტომატური, ხ – ხელის)

7.6. ადგილმდებარეობის მიწისზედა - კოსმოსური ტოპოგრაფიული აბეზმვა

ადგილმდებარეობის მიწისზედა-კოსმოსური ტოპოგრაფიულ აგეგმვას აწარმოებენ სათანამგზავრო ნავიგაციური სისტემების NAVSTAR (აშშ) და ГЛОНАСС (რუსეთი) ტექნიკური საშუალებებისა და ტექნოლოგიების გამოყენებით მერკატორის უნივერსალურ UTM პროექციაში, სადაც ფარდობით ზედაპირად მიღებულია დედამიწის ერთიანი (საერთაშორისო) ელიფსოიდ WGS-84-ის პარამეტრები. წერტილების სიმაღლეები განისაზღვრება სიმაღლეთა აგეგმვის კარტოგრაფიისა და ბის-ის სიზუსტის „Pathfinder ProXI“ ტიპის GPS-სისტემების დახმარებით. ეს პროცესი შეიძლება შესრულდეს რამდენიმე ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით.

ღია ადგილის ტოპოგრაფიული აგეგმვა. გეგმურ-სიმაღლურ საფუძველს შეადგენს სხელმწიფო-გეოდეზიური ქსელის ერთ-ერთ პუნქტზე ან მასზე მიწისზედა გეოდეზიის ტრადიციული მეთოდებით მიბმულ, ამჟამად აღვიდას განთავსებულ გახშირების ქსელის სპეციალურ წერტილზე დაყენებული დიფერენცირებული ბაზური DGPS-სადგური.

ბაზური DGPS-სადგური უზრუნველყოფს შესწორებების რეტრანსლაციას გადასატანი GPS-სადგურებით გაზომილ კოორდინატებში თანამგზავრთა მუშა თანავარსკვლავებამდე ფსევდომანძილების მიხედვით. აგეგმვა მოიცავს 10 კმ რადიუსის მქონე უბანს სუბდეციმეტრული სიზუსტით, რომელიც საკმარისია ფართო დანიშნულების მსხვილმასშტაბიანი გეგმებისა და ადგილმდებარეობის ციფრული მოდელების აცმ-ს დასამზადებლად. მელარტყეების რაოდენობა შეზღუდულია სამუშაოთა მწარმოებელ ორგანიზაციაში არსებული GPS - მიმღებების რაოდენობით. სამუშაოს წარმოება ფაქტიურად არაა დამოკიდებული ამინდის პირობებზე: ნისლზე, წვიმაზე, თოვლზე, ძლიერ მტვერიანობაზე და დამის საათებზე.

ტოპოგრაფიული აგეგმვის წარმოების სამუშაოების უზრუნველსაყოფად დროის რეალურ მასშტაბში (ე.ი. მოძრაობისას) აუცილებელია აგეგმვითი სამუშაოების დაწყების წინ ჩატარდეს პერსონალური GPS-მიმღებების ინციალიზაცია (საწყისი მნიშვნელობების მინიჭება) კონტროლიორის დახმარებით, სადაც ამას გარდა შეარჩევენ იმ ზომის ერთეულებსა და კოორდინატთა სისტემებს, რომლებშიც აპირებენ ტოპოგრაფიული აგეგმვის ჩატარებას.

აგეგმვისას მელარტყეები გადაადგილებიან წინასწარ დაგეგმილი მარშრუტებით, აფიქსირებენ რა ადგილის ყველა მახასიათებელ წერტილებს, როგორც ჩვეულებრივი ტოპოგრაფიული აგეგმვისას. წერტილების კოორდინატები, რომლებიც ჩნდებიან კონტროლიორის კომპიუტერის დისპლეიზე, ჩაიწერება ინფორმაციის მაგნიტურ მატარებლებზე მარტივად, კლავიშზე დაჭერით.

ადგილმდებარეობაზე ციფრული სახით ინფორმაციის მაგნიტურ მატარებლებზე მიღება უზრუნველყოფს ტოპოგრაფიული გეგმების შემდგომი ავტომატიზირებული მომზადებისათვის მიღებული შედეგების დასახუსტებლად პოსტგაზომების კამერალურ პირობებში ჩატარებას, პლოტერებზე მუშაობისა და აცმ-ს მოსამზადებლად ავტომატიზირებული პროექტირების შესაძლებლობას.

ასაგეგმი გეოდეზიური ქსელის წინმსწრები აგების სქემას გამოიყენებენ აგეგმვის დახურულ ადგილებში ჩატარებისას, სადაც აუცილებელია სამზირებისა და ნაკაფების გაჩეხვა, ასაგეგმი გეგმიურ-სიმაღლური საფუძვლის წერტილების დაყენება. შემდგომში, ტყეში ტოპოგრაფიული აგეგმვის წარმოება შეიძლება შესრულდეს კომბინირებული ხერხით, ანუ ტრადიციული მეთოდების, მიწისზედა ტექნოლოგიებისა და GPS-აგეგმვების ჩატარებით „Pathfinder ProXI“ ტიპის GPS-სისტემების გამოყენებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ ხეების ქვეშ მუშაობას.

პოსტგაზომების სქემა გამოიყენება საველე სამუშაოების შესრულების შემდეგ, რისთვისაც მოძრავი GPS-მიმღებებიდან და ბაზური DGPS-სადგურებიდან ინფორმაციის შეტანა ხდება კომპიუტერის მახსოვრობაში. ამის შემდეგ სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით აღწევენ თანამგზავრული პოზიციონირების სიზუსტის ამადლებას.

კითხვები V თავის გამეორებისათვის

1. რა სახის სამუშაოებია ჩასატარებელი ტოპოგრაფიული რუკების შესადგენად?
2. როგორ ხდება ტოპოგრაფიული აგეგმვების გეოდეზიური საფუძვლის პროექტირება?
3. რა სახის გაზომვებს მოიცავს აგეგმვის საველე გეოდეზიური სამუშაოები?
4. რა უნდა გავაკეთოთ კამერალური სამუშაოების დროს?
5. რომელი მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკები იქმნება უშუალოდ აგეგმვების საფუძველზე?
6. მოახდინეთ აგეგმვების კლასიფიკაცია;
7. რაში მდგომარეობს რუკების განახლების არსი? რა სახის სამუშაოებია ჩასატარებელი?
8. ტოპოგრაფიულ აგეგმვისას რა ძირითად ხერხებს გამოიყენებდით?
9. ახსენით ტაქომეტრიული აგეგმვის არსი, რაში მდგომარეობს მისი უპირატესობა?
10. დაასახელეთ ტაქომეტრიული აგეგმვის ტრადიციული და თანამედროვე ხელსაწყოები;
11. რა სახის გეოდეზიური საფუძველი დაიგება ტაქომეტრიული აგეგმვისას?
12. როგორია ტაქომეტრიული აგეგმვის შესრულების მეთოდიკა?
13. რისთვის გამოიყენება ტაქომეტრიული აგეგმვის მონახაზი (აბრისი)?
14. რა სახის სამუშაოებს მოიცავს ტაქომეტრიული აგეგმვის საველე მასალების კამერალურ დამუშავება?
15. როგორ ხდება ადგილმდებარეობის ციფრული მოდელის (აცმ) შექმნა?
16. რა სახის გრაფიკული სამუშაოებია შესასრულებელი ტაქომეტრიული აგეგმვის შედეგების გამოსახაზავად? როგორ გამოეხატოთ რელიეფი ჰორიზონტალებით?
17. რა უპირატესობები გააჩნია ელექტრონულ ტაქომეტრიულ აგეგმვას?
როგორია აგეგმვების მასალების დამუშავების ავტომატიზაციის სახეები და გზები?
18. საწყისი მონაცემების რა ნაკრებია საჭირო ტრადიციული ტაქომეტრიული აგეგმვების მასალების ავტომატიზირებული დამუშავებისათვის?
19. რაში მდგომარეობს მენზულური აგეგმვის არსი?
20. დაასახელეთ მენზულური აგეგმვის ხელსაწყოები;
21. დაახასიათეთ კიპრეგელის ძირითადი ნაწილები და დანიშნულება;
22. როგორ ხდება ლარტყაზე ანათვლის აღება? ჰორიზონტალური მანძილისა და ამადლების განსაზღვრა?
23. აღწერეთ პლანშეტზე ობიექტის დატანის პროცედურა;
24. როგორ უნდა გავაორიენტიროთ მენზულური დაფა?
25. რა პროცედურებს მოიცავს მენზულის კომპლექტის შემოწმება?
26. დაასახელეთ კიპრეგელის ძირითადი დერძები და გეომეტრიული პირობები;

27. რა სახის შემოწმება უნდა ჩატარდეს კიბრეგელის ვერტიკალური წრის ნულადგილის (6ა) დასადგენად?
28. როგორ უნდა მოვახდინოთ დგომის წერტილზე მენზულის გაწყობა?
29. როგორ ხდება მენზულური აგეგმვის გეოდეზიური საფუძვლის გახშირება?
30. როგორ შევასრულოთ პირდაპირი და შებრუნებული მენზულური გადაკვეთა?
31. დაახასიათეთ პლანშეტზე წერტილის განსაზღვრის კომბინირებული გადაკვეთის ხერხი (პოტენოტის ამოცანა; ბოლოტოვის ხერხი);
32. როგორ ავაგოთ პლანშეტზე გეომეტრიულ ქსელი?
33. როგორ გავატაროთ მენზულური სვლები?
34. როგორ უნდა ავგემოთ რელიეფი და სიტუაცია?
35. რაში მდგომარეობს ზედაპირის ნიველირების არსი?
36. როგორ ვაწარმოთ ბუსოლური აგეგმვა? რა ხელსაწყოები გამოიყენება აგეგმვისას?
37. როგორ შევადგინოთ ბუსოლური აგეგმვის გეგმა?
38. რა ტიპის ამოცანები შეუძლია გადაწყვიტოს თვალზომურმა აგეგმვამ? რა ხელსაწყოები გამოიყენება აგეგმვისას? როგორ განსაზღვრავენ მანძილებს?
39. რა თავისებურებებია გასათვალისწინებელი შეღწევის აგეგმვისას? რა ხელსაწყოებს გამოიყენებდით მისი წარმოებისას? აღწერეთ ექლოტის მუშაობის პრინციპი;
40. რას შეისწავლის ფოტოტოპოგრაფია?
41. რაში მდგომარეობს აგეგმვის აეროფოტოტოპოგრაფიული მეთოდის უპირატესობა?
42. რას ეწოდება გეგმური და პერსპექტიული აეროგადაღება?
43. რას ეწოდება აეროსურათის გადაფარვა?
44. აეროგადაღებებისას რა სახის ფირები გამოიყენება?
45. რას ეწოდება მარშრუტული და ფართობური აეროგადაღება?
46. რაში გამოიხატება კომბინირებული აეროაგეგმვის თავისებურება?
47. წარმოადგინეთ აეროსურათი როგორც ადგილმდებარეობის ცენტრალურ პროექციას;
48. რას ნიშნავს აეროსურათის ტრანსფორმაცია? დაახსენეთ მისი ხერხები?
49. ახსენით სტერეოგრაფიული აგეგმვის არსი; რა ხელსაწყოები გამოიყენება?
50. როგორ ხდება ფოტოგეგმის მონტაჟი? სიმალური აგეგმვის საფუძვლის შექმნა?
51. რას უდრის აეროსურათის მასშტაბი?
52. რას ეწოდება ამოსაცნობი წერტილი?
53. რაში გამოიხატება საყრდენი ქსელის ფოტოგრამმეტრიული გახშირება?
54. რისთვის გამოიყენება სტერეოსკოპი?
55. რა არის აეროსურათების დეშიფრირება? დაახსენეთ მისი სახეები;
56. დაახასიათეთ სტერეოტოპოგრაფიული აგეგმვის მეთოდები;
57. რა გამოიყენება აქვს მიწისზედა ფოტოტოპოგრაფიულ აგეგმვას?
58. როგორ ვაწარმოთ მიწისზედა ფოტოტოპოგრაფიული აგეგმვა? – რა ხელსაწყოები და მეთოდები გამოიყენება?
59. ფოტოტოპოგრაფიული აგეგმვის ავტომატიზირების რა მეთოდები იცით? როგორია მისი განვითარების პერსპექტივები?
60. რა შემთხვევაში აწარმოებენ ადგილმდებარეობის მიწისზედა-კოსმოსურ ტოპოგრაფიულ აგეგმვას?

თავი VI. ტოპოგრაფიული რუკები და ბეზმები

§VI.1 ცნება რუკებზე და ბეზმებზე

ტოპოგრაფიული რუკები და ბეზმები – დაწვრილებითი, შინაარსის, გაფორმებისა და მათემატიკური საფუძველის მიხედვით ერთიანი გეოგრაფიული რუკებია, რომლებზეც გამოისახება ადგილმდებარეობის ბუნებრივი და ანთროპოგენული (სოციალურ-ეკონომიკური) ობიექტები მათთვის დამახასიათებელი ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მახასიათებლებით, განთავსების თავისებურებით. განკუთვნილია მრავალმიზნობრივი სამეურნეო, სამეცნიერო და სამხედრო გამოყენებისათვის. მათ საფუძველზე ხდება ასევე დარგობრივი თემატური რუკების შედგენა.

ПРОЕКТОВ

§VI. 2. დედამიწის ზედაპირის კარტოგრაფიული გამოსახულების ძირითადი თვისებები. მათზე წაყენებული პირობები

კარტოგრაფიულ გამოსახულებებს (რუკა, გლობუსი, რელიეფური რუკა, ატლასი და სხვ.) აქვთ რიგი თვისებები. მათ შორის აღსანიშნავია თვალსაჩინოება და გაზომვითობა.

რუკის თვალსაჩინოება უზრუნველყოფს დედამიწის ზედაპირის ან მისი ცალკეული უბნების სახის, მათი მახასიათებელი ნიშნებისა და თავისებურებების მხედველობით აღქმას. *რუკის გაზომვითობა* ნიშნავს მასზე გამოსახული ობიექტების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მახასიათებლების მიღების შესაძლებლობას, განსაზღვრული გაზომვითი ოპერაციების ჩატარების საფუძველზე.

რუკის თვალსაჩინოება და გაზომვითობა განპირობებულია: 1) ჩვენი გარემომცველი სამყაროს მრავალგანზომილებიან ობიექტებსა და მათ ბრტყელ კარტოგრაფიულ გამოსახულებას შორის არსებული მათემატიკური კავშირით, რომელიც ხორციელდება *კარტო-გრაფიული პროექციების* დახმარებით; 2) გამოსახული ობიექტების ხაზოვანი ზომების მასშტაბის შესაბამისად შემცირებით; 3) კარტოგრაფიული გენერალიზაციის გზით ადგილ-ლის ტიპური სახის გამოყოფით, რომელიც განსაზღვრავს მის განმასხვავებელ თავისებურებებს; 4) დედამიწის ზედაპირის გამოსახსავად განსაკუთრებული ნიშანთა სისტემის – *კარტოგრაფიული პირობითი ნიშნების* გამოყენებით.

რუკებზე წაყენებული ერთ-ერთი ძირითადი მოთხოვნა კარტოგრაფიულ გამოსახულებასა და რეალურ სინამდვილეს შორის *გეოგრაფიული შესატყვისობის* დაცვაა, მისი მთავარი, ტიპური სახის გამოხატვა, ობიექტების სივრცული ურთიერთკავშირების ჩვენება, კონკრეტული ტერიტორიის გეოგრაფიული სპეციფიკის გამოსახვა.

რუკებზე ჩატარებული გაზომვების მაღალი ხარისხის უზრუნველყოფისათვის აუცილებელია, რომ მათ გააჩნდეთ კონკრეტული მიზნებისათვის საკმარის გეომეტრიული სიზუსტე, რომლის ქვეშ იგულისხმება ობიექტების მოხაზულობათა ზომების, მისი ადგილმდებარეობის შესატყვისობა რუკაზე და სინამდვილეში. რაც უფრო მცირეა გამოსახსავი ობიექტის ტერიტორია რუკის ზომების დაცვისას, მით მაღალია მისი გეომეტრიული სიზუსტე. ტოპოგრაფიული რუკების სიზუსტეს განსაზღვრავს მისი მასშტაბი და გამოსახულების გენერალიზაციის ხარისხი. სიზუსტეზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს რუკის შინაარსის გრაფიკული ელემენტების მხედველობითი აღქმის შესაძლებლობები. ცნობილია, რომ 0,1 მმ გრაფიკული ნიშნის ის უმცირესი ზომაა, რომელსაც ადამიანის შეუიარაღებელი თვალი აღიქვამს როგორც წერტილს. იმისათვის,

რომ გრაფიკული ანაგები აღქმული იყოს როგორც მონაკვეთი, მისი მინიმალური სიგრძე 0,2 მმ უნდა იყოს. რუკაზე 0,1 მმ-ის შესატყვის პორიზონტალურ ქვედებულს ადგილზე, რუკის მასშტაბის ზღვრული სიზუსტე ეწოდება, რომელიც ახასიათებს მოცემული რუკის ზღვრულ შესაძლებლობებს, ადგილის ობიექტების ზომებისა და ფორმების გადაცემისას. ასე მაგალითად, 1:10 000 მასშტაბისათვის ზღვრული სიზუსტე 1 მ-ს შეადგენს, ხოლო 1:100 000 მასშტაბისას – უკვე 10 მ-ს. ამგვარად, რაც უფრო წვრილია რუკის მასშტაბი მით უფრო იჩენს თავს წინააღმდეგობა რუკის სიზუსტეზე მოთხოვნასა და მათ გეოგრაფიულ შესატყვისობას შორის. მაგალითად, 8 მეტრი სიფართის საავტომობილო მაგისტრალი 1:100 000 მასშტაბის რუკაზე გამოისახება 0,6 მმ სისქის ნიშნით, რომელიც ადგილზე 60 მ-ს შეესაბამება. ამასთან დაკავშირებით მაგისტრალის გასწვრივ მდებარე ობიექტები პრაქტიკულად გადახატვლებულნი არიან გზის აღმნიშვნელი პირობითი ნიშნის ცენტრ-რიდან, ე.ი. დაცულია გეოგრაფიული შესატყვისობა, მაგრამ დარღვეულია რუკის გეომეტრიული სიზუსტე. უფრო წვრილ მასშტაბზე გადასვლისას, გეოგრაფიული შესატყვისობის დაცვის მიზნით, ფართობრივი ნიშნები აუცილებლობისას იცვლება უმასშტაბო.

რუკების სიზუსტე განისაზღვრება აგრეთვე მათზე ცალკეული ობიექტების გამოსახვის სიზუსტით. რუკებზე ზღვრული სიზუსტით დაიტანება საყრდენი პუნქტები. ცდომილებები ახლომდებარე საყრდენი პუნქტების მიმართ ობიექტების (ცალკეული შენობები, კომუნიკაციები და სხვ.) და მკაფიო საზღვრების მქონე ადგილის კონტურების დატანაში არ უნდა აღემატებოდეს 0,5 მმ-ს ვაკე, და 0,7 მმ-ს მთიანი ადგილებისათვის. არამკაფიო კონტურები (რელიეფის ელემენტები, მცენარეული საფარისა და გრუნტების საზღვრები) გამოისახება ნაკლები სიზუსტით. რუკებზე პორიზონტალების მდებარეობის სიზუსტე დამოკიდებულია რელიეფის თავისებურებებსა და კვეთის სიმაღლეზე, რომლის გადიდება იწვევს რელიეფის გამოსახვის დეტალურობის შემცირებას. პორიზონტალების მდებარეობაში საშუალო ცდომილება მიღებული კვეთის 1/4-1/2-ს აღწევს ვაკე ადგილებში და მატულობს 2-3 ჯერ მთიანი მხარეებისათვის.

იმის გამო, რომ რუკაზე იზომება ადგილზე აღებული მანძილების პორიზონტალური ქვედებული მიღებული მონაცემები, როგორც წესი, ნამდვილზე რამდენადმე მოკლეა.

რუკების სიზუსტე ძირითადად განსაზღვრავს რუკებზე გაზომვების სიზუსტეს. გარდა ამისა, გაზომვის სიზუსტეზე გავლენას ახდენენ მზომი ხელსაწყოებისა და მოწყობილობების შესაძლებლობები (მათი სიზუსტე), ქაღალდის საფუძვლის მდგომარეობა (ნაკეცები, დაჭიმუჭნვა, დეფორმაცია).

რუკა უნდა იყოს *სარწმუნო*. ე.ი. ცნობები რომლებსაც გვაწვდის მისი შინაარსი განსაზღვრული დროის მომენტში უნდა იყოს სწორი და თანამედროვე, უნდა შეესაბამებოდეს იქ გამოსახული ადგილმდებარეობის თანამედროვე მდგომარეობას. რუკის მეტად საჭირო თვისებაა ასევე *შინაარსის სისრულე*, რომელშიც იგულისხმება მისი შემადგენელი ინფორმაციის მოცულობა, მათი მრავალფეროვნება.

რუკების კლასიფიკაცია ხდება შინაარსის, მასშტაბის, დანიშნულებისა და ტერიტორიის გარემოცვის მიხედვით. რუკების ამ მრავალფეროვნებიდან გამოყოფენ *ზოგადგეოგრაფიულ რუკებს*, რომლებიც გამოხატავენ ადგილმდებარეობის ძირითად ელემენტებს.

რუკის ელემენტების შემადგენელი ნაწილებია: *მათემატიკური საფუძველი*, *შინაარსი*, რომელშიც შედის რუკაზე ნაჩვენები ობიექტებისა და გადმოცემული ცნობების ერთობლიობა; *დამხმარე ელემენტები* (სახელწოდება, ლეგენდა – პირობითი ნიშნებისა და ახსნა განმარტებათაწარწერები, სხვსდასხვა სახის გრაფიკები, საცნობარო მონაცემები და სხვა).

§VI.3. ტოპოგრაფიული რუკების ბანმასხვავეელი თაზისეპურებები

ტოპოგრაფიული რუკები და გეგმები შინაარსის მიხედვით ზოგადგეოგრაფიულ რუკებს განეკუთვნებიან. დანიშნულების მიხედვით მათ მრავალმიზნობრიობას განაპირობებს გამოყენება, როგორც მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში, ისე სამეცნიერო და სამხედრო საქმეში. ტერიტორიული გარემოცვის მიხედვით ისინი ძირითადად ცალკეული

სახელმწიფოების ან მათი ნაწილების რუკებია. ადგილმდებარეობის გამოსახულება მათზე მოცემულია შესაძლებელი სისრულით, დაწვრილებითა და სარწმუნოობით. **ХОЗЯЙСТВА**

ტოპოგრაფიული რუკების აგება ხდება ფიზიკური სხეულების სიბრტყეზე პროექტირების კანონებით (მათემატიკური საფუძველი). ერთიანი საკოორდინატო სისტემა, საყრდენი გეოდეზიური ქსელი, მასშტაბი და პირობითი აღნიშვნების სტაბილური სისტემა მაღალ გეომეტრიულ სიზუსტესა და გეოგრაფიული შესატყვისობას განაპირობებს, რაც მთლიანობაში უზრუნველყოფს მათგან ადგილმდებარეობის თვალსაჩინო, ზუსტ და შედარებადი (სხვადასხვა მასშტაბისა და აგეგმვის წლების) ზოგადგეოგრაფიული ინფორმაციის მიღებას. ტოპოგრაფიული რუკების დოკუმენტალურობა საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ ისინი ამა თუ იმ ტერიტორიის შესახებ დეტალური ინფორმაციის წყაროდ და ბუნებაში ორიენტირების საიმედო საშუალებად, ვაწარმოოთ მათი დახმარებით ადგილმდებარეობისა და ბუნებრივი პროცესების, ადამიანის მოღვაწეობის შედეგების შესწავლა, ჩავატაროთ სხვადასხვა სახის გაზომვები და გაანგარიშებები. ეს და სხვა თვისებები გამოარჩევს მათ დანარჩენი რუკებისაგან. **Изнал**

ტოპოგრაფიული რუკები და გეგმები მრავალფეროვანია. მათი შემადგენელი ცალკეული ფურცლების ზომები მოსახერხებელია როგორც გამოსაცემად, ისე პრაქტიკული ხმარებისათვის. **Ы приро**

ды

§VI.4. მათემატიკური საფუძველი

რუკის მათემატიკური საფუძველი მოიცავს გეოდეზიურ საფუძველს, კარტოგრაფიულ პროექციასა და მასშტაბს,

ტოპოგრაფიული რუკებისა და გეგმების *გეოდეზიური საფუძველში* შედის შემდეგი ელემენტები: დედამიწის ელიფსოიდის ზომები, კოორდინატებისა და სიმაღლეების საწყისი, საყრდენი გეოდეზიური ქსელი.

ტოპოგრაფიულ-გეოდეზიური სამუშაოების წარმოებისას აუცილებელია დედამიწის ელიფსოიდის ზომების მიღება. რადგანაც დედამიწის ზოგად ელიფსოიდებზე მოთხოვნების პრაქტიკაში დაკმაყოფილება მაინც რაღაცა დაშვებით ხდება. გეოდეზიასა და მომიჯნავე მეცნიერებებში გამოიყენება ელიფსოიდის სხვადასხვა რეალიზაცია, რომელთა პარამეტრები ძალიან ახლოსაა ერთმანეთთან, თუმცა მთლიან თანხვედნას ადგილი არ აქვს.

თანამედროვე, ყველაზე ცნობილი ზოგადდედამიწისეული ელიფსოიდების პარამეტრებია:

GRS 80 (Geodetic Reference System 1980) შემუშავებულია გეოდეზიისა და გეოფიზიკის საერთაშორისო ასოციაციის მიერ (International Union of Geodesy and Geophysics) და რეკომენდებულია გეოდეზიური სამუშაოებისათვის;

WGS 84 (World Geodetic System 1984) გამოიყენება თანამგზავრული ნავიგაციის სისტემა GPS-ში

ИЗ-90 (დედამიწის 1990 წლის პარამეტრები) გამოიყენება რუსეთის ფედერაციაში ორბიტალური ფრენების უზრუნველსაყოფად და თანამგზავრული ნავიგაციის სისტემა ГЛОНАСС*-ში.

კარტოგრაფიული პროექციის შერჩევა განპირობებულია დედამიწის ზედაპირის სიბრტყეზე გადატანისას წარმოქმნილი დამახინჯებების ისეთ მინიმუმამდე დაყვანის აუცილებლობით, რომლის დროსაც ისინი პრაქტიკულად შეუმჩნეველი იქნებიან, ე.ი. რუკაზე ჩატარებული გაზომვების სიზუსტეზე გავლენას არ მოახდენენ.

სახელმწიფო ტოპოგრაფიული რუკების გამოცემა ხდება ერთიანი სტანდარტული კრებულის – *მასშტაბური რიგის* მიხედვით (ცხრ. VI.1), რომელიც მოიცავს: 1:1000 000, 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000 და 1:10 000 მასშტაბებს**. გეგმები გამოიცემა 1:5 000, 1:2 000, 1:1000 და 1:500 მასშტაბებში. ამ რიგის მიხედვით მასშტაბიდან მასშტაბში

ცხრ. VI. 1

№	ტოპოგრაფიული რუკების მასშტაბური რიგი	
1	სამოქალაქო	სამხედრო

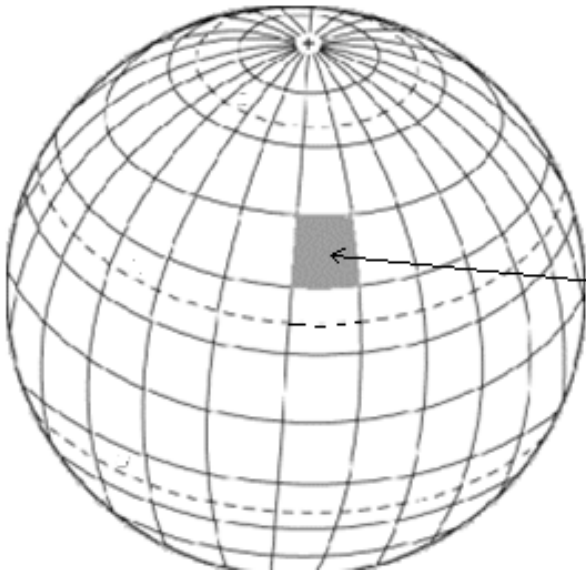
2	საშუალო მასშტაბის	1:1000 000-1:300 000	წვრილი მასშტაბის	1:1000 000 - 1:500 000
3	მსხვილი მასშტაბის	1:200 000 და უფრო მსხვ.	საშუალო მასშტაბის	1:300 000
4			მსხვილი მასშტაბის	1:200 000 და უფრო მსხვილი

გადასვლა ხდება კოეფიციენტის (2,0-2,5) მიხედვით, რომელიც ამარტივებს მათ ერთ სისტემაში თავმოყრას.

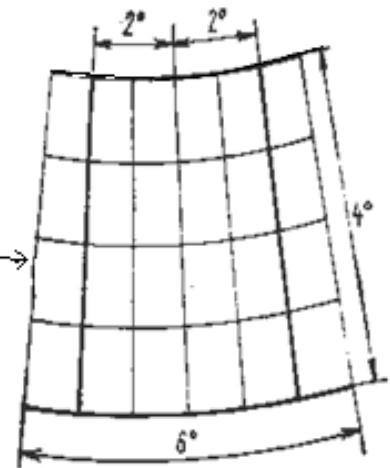
1:1000 000 მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკების შედგენა ხდება *პოლიკონუსურ სახეშეცვლილ პროექციაში*, რომელიც გამოიყენება როგორც *მრავალწახნაგა*. ამ პროექციის გამოყენებისას დედამიწის ელიფსოიდის მთლიანი ზედაპირი მერიდიანებითა და

1*საქართველოს ტერიტორიაზე ჯერ კიდევ არის ხმარებაში ძველი (საბჭოთა კავშირის დროინდელი) გამოცემის ტოპოგრაფიული რუკები რომელთათვის მიღებული იყო კრასოვსკის ელიპსოიდი (იხ. თავი I), ხოლო კოორდინატა საწყისად პულკოვოს ობსერვატორიის მთავარი შენობის წრიული დარბაზის ცენტრი. სიმალეა ათვლა წარმოებდა კონშტადტის ფუტშტოკის ნულიდან.

2** ზოგიერთ შემთხვევაში შეიძლება გამოიყენოს 1:300 000 მასშტაბის რუკები პარალელებით იყოფა სფერულ ტრაპეციებად, რომელთა ზომებია გრძედის მიმართ 6°, ხოლო განედის გასწვრივ 4° (ნახ. VI.1). მილიონიანი რუკის ფურცლებისათვის დედამიწის ზედაპირის ამდაგვარად დაყოფა დადგენილია საერთაშორისოდ*; ამიტომ 1:1000 000 მასშტაბის რუკას *საერთაშორისო რუკა* ეწოდება. მიღებული ტრაპეციებიდან თითოეული შემდეგ ცალ-ცალკე გეგმილდება სიბრტყეზე. ამასთან, განაპირა მერიდიანები გამოსახებიან სწორ ხაზებად, ხოლო ტრაპეციები დებულობენ მრავალწახნაგას წახნაგის სახეს. რუკის ფურცლის მასშტაბი შენარჩუნებულია შუალედურიდან 2° დაშორებულ მერიდიანებსა და განაპირა პარალელებზე (ნახ. VI.2). საშუალო მერიდიანი საქართველოს ტერიტორიის ფურცლებისათვის მოკლეა ნამდვილ სიგრძეზე რუკის მასშტაბში 0,19 მმ-ით. სიგრძეების მაქსიმალური დამახინჯება შეადგენს არა უმეტეს 0,10%, ფართობების 0,14%, ხოლო კუთხეების 5', რაც პრაქტიკულად არ იგრძნობა და მასშტაბი შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივად რუკის ფურცლის ყველა ნაწილში.



ნახ. VI. 1. დედამიწის ელიფსოიდის ზედაპირის დაყოფა სფერულ ტრაპეციებად



ნახ. VI. 2. 1:1000 000 მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკის ფურცლის სქემატური გამოსახულება

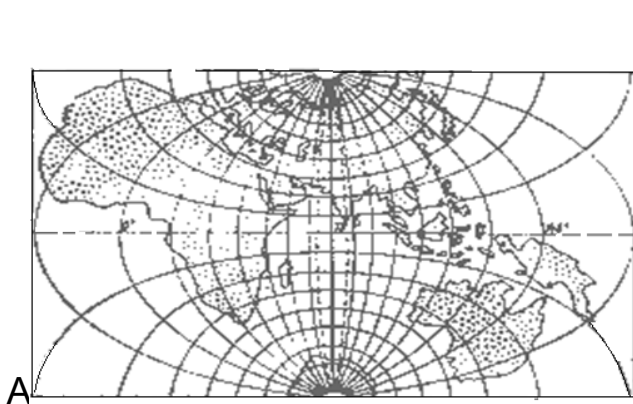
ყოფილ საბჭოთა კავშირში 1:500 000 და უფრო მსხვილი მასშტაბის რუკების შედგენა ხდებოდა გაუს-კრიუგერის ტოლკუთხა განივცილინდრულ პროექციაში (კარტოგრაფიულ ლიტერატურაში ხშირად მოიხსენიება მერკატორის განივ პროექციად, რომელშიც ზონების დერძულ მერიდიანზე დამახინჯების მოდული $\mu=1$, პროექციის საერთაშორისო აღნიშვნა TM), რომელიც შედარებით ვრცელი ტერიტორიების გამოსახულების პრაქტიკულად შეუმჩნეველი დამახინჯებით მიღებისა და მასზე ტოპო-

გეოდეზიური სამუშაოების ჩატარებისას ყველაზე მოსახერხებელი ბრტყელი მართკუთხა კოორდინატთა სისტემის აგების საშუალებას იძლევა**

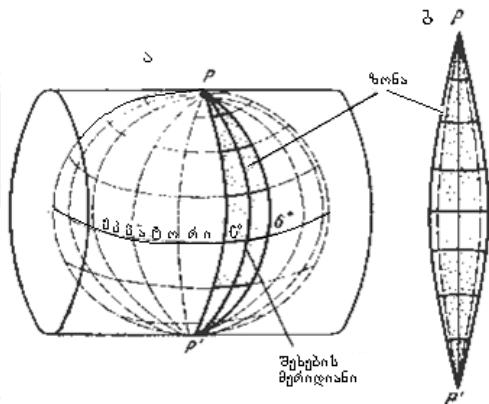
დედამიწის ზედაპირის გაუსის პროექციაში გამოსახვა შესაძლებელია ელიფსოიდის ცილინდრში წარმოსახვით იმდაგვარი განთავსებით, რომ ერთ-ერთი მისი მერიდიანი აღმოჩნდეს გვერდითი ზედაპირის მხები, ხოლო ეკვატორის სიბრტყე ცილინდრის ღერძს შეუთავსდეს. დაგეგმილებას აწარმოებენ შემდეგი პირობის დაცვით: ყოველი უსასრულოდ მცირე ფიგურა ელიფსოიდზე ინარჩუნებს თავის ფორმას პროექციაში. ამით მიიღწევა კუთხეების ტოლობა ადგილზე და პროექციაში. დაგეგმილების შემდეგ ცილინდრის ზედაპირი ადვილად გაიშლება სიბრტყეზე თუ მას გავჭრით ელიფსოიდის პოლუსებზე, მხები მსახველების გასწვრივ. დედამიწის ნახევარსფეროს მიღებულ გამოსახულებაზე (ნახ. VI.3). შეხების მერიდიანი და ეკვატორი სწორ, დანარჩენი მერიდიანები და პარალელები კი მრუდ ხაზებად გამოსახებიან (ნახ. VI.4).

* მილიონიანი საერთაშორისო რუკის შექმნის იდეა ეკუთვნის გერმანელ გეოგრაფს ალბრეხტ პენკს. მისი შექმნის საკითხები იხილებოდა VI. (ლონდონი, 1895). - IX (ყენევა, 1908, მიიღეს ძირითადი დებულებები) საერთაშორისო გეოგრაფიულ კონგრესებზე.

** ამ მასშტაბებისთვის საქართველოში მიღებულია მკვეთი ცილინდრული პროექცია



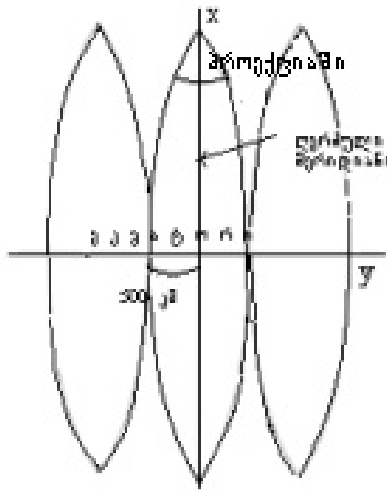
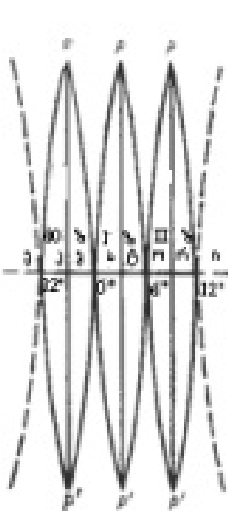
ნახ. VI. 3. დედამიწის ელიფსოიდის ნახევრის გამოსახულება გაუსის პროექციაში



ნახ. VI. 4. გაუსის პროექცია: ა) - ზონის მიღების გეომეტრიული წარმოდგენა; ბ) - სიბრტყეზე გაშლილი ზონის გამოსახულება. (წვეტილი ხაზით ნახვენებია ზონის ნამდვილი ზომები, უწვევით მისი ზომები პროექციაში)

აშშ-სა და მსოფლიოს მთელ რიგ ქვეყნებში გამოიყენება მერკატორის უნივერსალური განივცილინდრული პროექცია ($\mu=0.99960$, პროექციის აღნიშვნაა UTM). ორივე პროექცია (UTM და გაუს-კრიუგერის) თავიანთი თვისებებით ახლოს არიან ერთმანეთთან (განსხვავებაა წერტილების კოორდინატთა გადათვლის ფორმულებში). ამასთან, საზღვაო და აეროსანავიგაციო რუკები ყოველთვის მერკატორის პროექციაშია მოცემული.

გეოდეზიურ საქმიანობაში უახლესი თანამგზავრული ტექნოლოგიების სისტემის გეოდეზიური აპარატურის დანერგვამ აუცილებელი გახდა დედამიწის ერთიანი (საერთაშორისო) ელიფსოიდის WGS-84-ის პარამეტრებისა და მერკატორის უნივერსალური პროექციის (UTM) შემოღება. შესაბამისად გეოდეზიური განაზომების დამუშავება და ტოპოგრაფიული რუკების შექმნის თანამედროვე მათემატიკური აპარატი



(მისი პროგრამული უზრუნველყოფა) უკვე მუშავდება ამ ტექნოლოგიების ბაზაზე. ამასთან, ეს ტექნოლოგიები საშუალებას იძლევიან ტრადიციული ტოპოგეოდეზიური მეთოდებისათვის რთული და შრომატევადი სამუშაოები ეფექტურად, მოკლე დროში და ნაკლები დანახარჯებით შესრულდეს. ეს მომენტი

მხედველობაშია მისაღები რუკაზე ზუსტი მდებარეობის დადგენისას. ასე მაგალითად, თუ ზუსტი მდებარეობის განსაზღვრი-სას ჩვენ ვხელმძღვანელობთ ხელ-საწყოთი, რომლის მანქანებლები გამოითვლება WGS – 84 სისტემაში, უნდა ვიხელმძღვანელოთ იმ რუკით, რომელიც გამოთვლილია ამავე მოდელში. წინააღმდეგ შემთხვევაში

ნახ. VI. 5. დედამიწის ელიფ-სოიდის ზონების მდებარეობა ნახ. VI. 6. კოორდინატთა პრაქტიკული ამოცანებისათვის ის ზონალური სისტემა შეიძლება უმნიშვნელო იყოს – შეადგინოს 20-50 მ.

1:100000–1:1000000 მასშტაბის ტოპოგრაფიულ და სამომოხილვო-ტოპოგრაფიული რუკებისათვის გამოყენებულ პროექციებზე ზონები შემოსაზღვრულია ერთმანეთისაგან 6°

დაშორებული კიდურა მერიდიანებით, რომლებიც 1:1000 000 რუკის ფურცლების სვეტებთან არინ შეთავსებული. პროექციაში გამოსახულების მასშტაბი შენარჩუნებულია ღერძულ მერიდიანზე, მის ახლომდებარე ტერიტორიებზე დამახინჯებანი მინიმალურია(ნახ. VI.4, ა). ხაზების სიგრძის გადიდება ასეთი ზონების ბრტყელი გამოსახულების კიდურებზე შეადგენს 0,0009; 0,0006; 0,0004 და 0,0003 შესაბამისად 40°; 50°; 60° და 70° პარალელებზე. დამახინჯება იზრდება ღერძული მერიდიანიდან დაშორების შესაბამისად.

მიუხედავად იმისა,რომ ზონის ფართობი რამდენადმე გადიდებულია (ნახ. VI. 4, ბ) ხაზების სიგრძეების დამახინჯება, საშუალო მერიდიანიდან ეკვატორის გასწვრივ ყველაზე დაშორებულ წერტილებზე (ზონის საზღვრებთან) შეადგენს სიგრძის 1/800. ასეთი დამახინჯებები არ აღემატება 1:100 000 და უფრო მსხვილი მასშტაბის რუკების გრაფიკული აგების ზღვრულ სიზუსტეს. გამოსახულების მასშტაბი შენარჩუნებულია მხებ მერიდიანზე, მის ახლომდებარე ტერიტორიებზე დამახინჯებანი მინიმალურია, მაგრამ მისგან დაშორებისას სწრაფად იზრდება.

ელიფსოიდის ზედაპირზე ზონების საზღვრები გაყავთ გეოგრაფიულ კოორდი-ნატთა სისტემაში. გრინვიჩის (ნულოვანი) მერიდიანი პირველი ზონის დასავლეთი საზღვარია, ხოლო 6°-იანი გრძედის მქონე მერიდიანი – აღმოსავლეთი საზღვარი და ასე შემ-დეგ (ნახ.VI.5). სულ ზონების რაოდენობაა 60, ნუმერაცია ხდება არაბული ციფრებით, დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით. დედამიწის ზედაპირის ასეთი დაგეგმილების შედეგად საქართველოს ტერიტორია ორ, მე-7 და მე-8 ზონებში ექცევა. ზონის შემომსაზღვრელ მერიდიანებს განსაზღვრავენ ფორმუ-ლებით:

1) აღმოსავლეთ ნახევარსფეროსათვის $L_{დას} = 6°(n-1)$, $L_{საშ} = 6° n - 3°$, $L_{აღმ} = 6° n$; 2) დასავლეთ ნახევარსფეროსათვის $L_{დას} = 180° - 6°(n-30-1)$, $L_{საშ} = 180° - 6°(n - 30) + 3°$, $L_{აღმ} = 180° - 6°(n-30)$; სადაც $L_{დას}$ - ზონის დასავლეთ საზღვრის გრძედი, $L_{საშ}$ - საშუალო მერიდიანისა, ხოლო $L_{აღმ}$ - ზონის აღმოსავლეთ საზღვრის გრძედი, N-ზონის ნომერი.

1:5000 და უფრო მსხვილმასშტაბიანი გეგმების შედგენისას გამოიყენება 3° ზონები, რაც გამოწვეულია იმით, რომ 6° ზონებად დაყოფისას მიღებული დამახინჯებანი აღემატება გეგმების ამ მასშტაბში შედგენისას დასაშვებ ზღვარს.

სამგრადუსიანი ზონების საშუალო მერიდიანები ემთხვევიან 6°-იანი ზონის საშუალო ან გვერდითი (სასაზღვრო) მერიდიანებს. პირველ 6° და 3°-იან ზონებს აქვთ ერთი და იგივე საშუალო მერიდიანი 3°-იანი გრძედით. ამიტომ სამგრადუსიანი ზონის საშუალო მერიდიანის გრძედი გამოითვლება ფორმულით:

$$L_{საშ} = 3° n$$

ბრტყელი მათკუთხა კოორდინატთა ზონალური სისტემა იქმნება ყოველი ზონისათვის. ზონების საშუალო მერიდიანი წარმოადგენს ღერძულს, რადგანაც შეთავსებულია აბსცისათა XX ღერძთან, ხოლო ეკვატორის ხაზი ორდინატთა YY ღერძის შემცველია. აბსცისათა ღერძის ჩრდილოეთი ბოლო მიღებულია დადებითად, ხოლო სამხრეთი უარყოფითად; ორდინატთა ღერძის აღმოსავლეთი მიმართულება დადებითია, ხოლო დასავლეთი კი უარყოფითი.

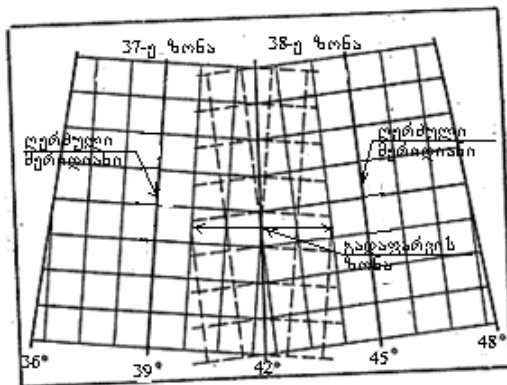
ზონაში კოორდინატთა ბადე შედგება XX და YY ღერძების პარალელურ, ერთმანეთი-საგან ტოლი მანძილით დაშორებული ხაზებისაგან. ნებისმიერი წერტილის

მდებარეობა განისაზღვრება X აბსცისით – მანძილით ეკვატორიდან მოცემულ წერტილებამდე და Y ორდინატით – მანძილით ღერძული მერიდიანიდან.

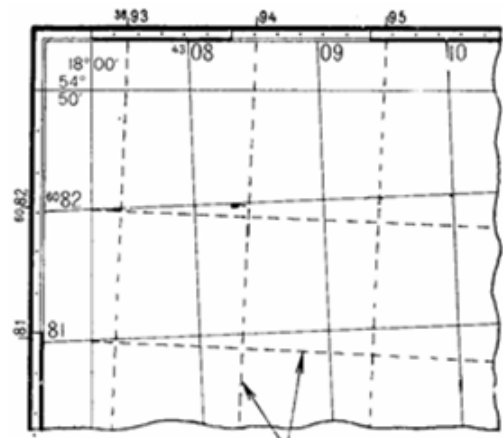
საქართველოს ტერიტორიისთვის აბსცისა ყოველთვის დადებითია, ხოლო ორდინატა იცვლის ნიშანს, რაც ქმნის სიძნელეებს გამოთვლების წარმოებისას. უხერხულობის მოხსნის მიზნით ორდინატთა საწყისი გადატანილია ღერძული მერიდიანიდან 500 კმ დასავლეთით (ნახ. VI.6). ასეთი გადანაცვლების შედეგად ღერძულ მერიდიანზე ყველა წერტილის ორდინატა 500 კმ-ია, ხოლო დასავლეთით მდებარეების 500 კმ-ზე ნაკლები და აღმოსავლეთით შესაბამისად 500 კმ-ზე მეტი დადებითი ორდინატები აქვთ. ასეთი გადაადგილებით მიღებულ კოორდინატებს *გარდაქმნილი* ეწოდება. იმისათვის რომ მითითებული იყოს განსასაზღვრავი წერტილის მდებარეობა ელიფსოიდზე ორდინატები შეიცავენ ასევე ზონის ნომერს. მაგ. $Y=7258325$ ნიშნავს, რომ წერტილი მდებარეობს მე-7 ზონაში (პირველი ციფრი იმ ზონის ნომერია, რომელშიც წერტილი იმყოფება)

იმ შემთხვევაში, როდესაც ტოპო-გეოდეზიურ სამუშაოებს აწარმოებენ ზონების საზღვრისპირა უბნებში, შემოაქვთ ზონების *გადაფარვის ზოლები*. ასეთ ადგილებში საკოორდინატო ხაზები ერთმანეთის მიმართ კუთხით არიან განლაგებულნი. გადაფარვის ზოლების სიფართო შეადგენს 4° , $2^\circ-2'$ ორივე მხარეს და მათთვის წერტილთა კოორდინატებს გამოითვლიან ორივე მეზობელ სისტემაში. ასეთ შემთხვევებში 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000 და 1 : 200 000 მასშტაბის ტოპოგრაფიულ რუკებზე დააქვთ დამატებითი საკოორდინატო (კილომეტრული) ბადე გამოსასვლელ კილომეტრულ ხაზებზე, მოსაზღვრე დასავლეთის ან აღმოსავლეთის ზონაში. დამატებითი საკოორდინატო ბადე განკუთვნილია ერთი ზონის კოორდინატების გარდასასახავად მეორე, მეზობელი ზონის საკოორდინატო სისტემაში (ნახ. VI.7).

ნახაზზე (ნახ. VI.8) დასავლეთ ჩარჩოს გარეთა მხარეზე ხაზები წარწერებთან 81, 6082 და ჩარჩოს ჩრდილოეთ მხარეზე წარწერებთან 3693, 94, 95 და სხვ. აღნიშნავენ კილომეტრული ხაზების გასასვლელებს მეზობელი (მესამე) ზონის საკოორდინატო სისტემაში. აუცილებლობის შემთხვევაში დამატებითი საკოორდინატო ბადე გაიხაზება რუკის ფურცელზე ერთსახელიანი ხაზების შეერთების გზით ჩარჩოს საპირისპირო მხარეებზე. ახლად აგებული ბადე წარმოადგენს მოსაზღვრე ზონის რუკის ფურცლის კილომეტრული ბადის გაგრძელებას და მთლიანად უნდა უთავსდებოდეს (ერწყმოდეს) მას რუკების შეწყობისას.



ნახ. VI. 7. კოორდინატთა ზონალური სისტემა

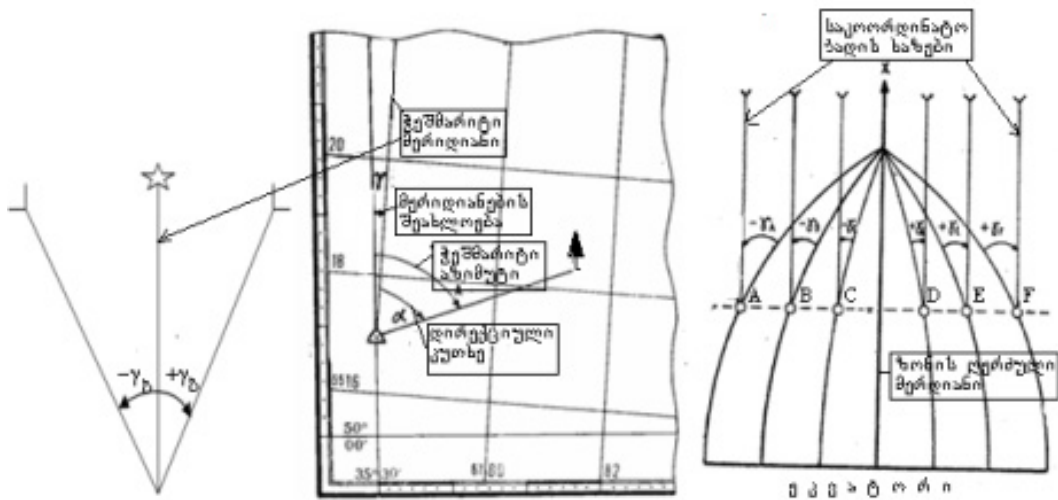


ნახ. VI. 8. დამატებითი საკოორდინატო ბადე

ზონის საზღვრებში ერთი და იმავე წერტილზე გამავალი საკოორდინატო ხაზისა და მერიდიანის მიმართულება ერთმანეთს არ უთავსდება; ისინი ურთიერთ შორის ქმნიან კუთხეს, რომელსაც *მერიდიანების გაუსისძიერი შეახლოება* ეწოდება.

$$\gamma_3 = (L_0 - L_\varphi) \sin \beta$$

სადაც L_0 და L_φ მერიდიანის გრძედებია. γ_3 უდიდესია ზონის საზღვრებზე – 3° (ნახ. VI.9), ხოლო ეკვატორთან მდებარე წერტილებისათვის γ_3 0-თან ახლოსაა ზონის საზღვრებში; პოლუსებზე ზონის განაპირას შეახლოდება 3° .



ნახ. VI.9. მერიდიანების გაუსისმიერი შეახლოება

გაუსისმიერი შეახლოება დადებითია, თუ ბადის საზი გადახრილია მოცემულ წერტილზე გამავალი გეოგრაფიული მერიდიანიდან აღმოსავლეთით. წინააღმდეგ შემთხვევაში შეახლოება დასავლეთისაა და უარყოფითი.

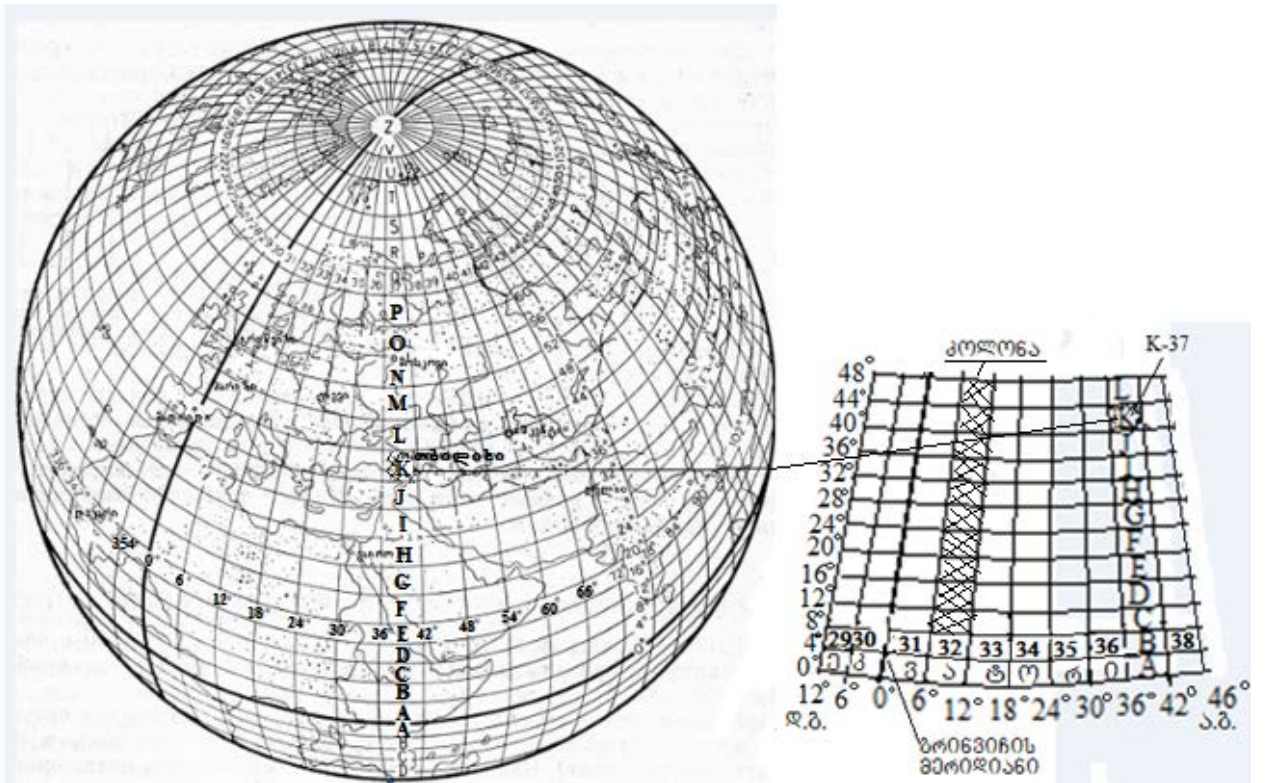
§VI.5. დაბრაფვა და ნომენკლატურა

მრავალფუცლიანი რუკის დაყოფას ცალკეულ ფურცლებად დაგრაფვა ეწოდება, ხოლო თითოეული ფურცლის აღნიშნვას ცალ-ცალკე განსაზღვრული სისტემის მიხედვით – ნომენკლატურა. რუკებისა და გეგმების მასშტაბური რიგის ამ მხრივ მოწესრიგება 1:1000 000 მასშტაბის საერთაშორისო რუკის დაგრაფვასა და ნომენკლატურაზე დაფუძნებული (ნახ. VI.1)

მერიდიანებით შემოსაზღვრული მილიონიანი მასშტაბის რუკის საზღვრები გაუსის პროექციის საკოორდინატო ზონის საზღვრებთან არიან შეთავსებული. ერთი მთლიანი ზონის გამოსახვას ესაჭიროება ასეთი მასშტაბის რუკის რამდენიმე ათეული ფურცელი, რომლებიც ქმნიან რუკის კოლონას (უბრალოდ კოლონა ან სვეტი). კოლონები აღინიშნება არაბული ციფრებით, რომელთა ათვლა ხდება ისე, როგორც ზონების, ოღონდ 180° მერიდიანიდან, ამიტომ კოლონის ნომერი ზონის ნომრისაგან 30 განსხვავდება. მაგალითად 1-ლი ზონა – 31 კოლონა.

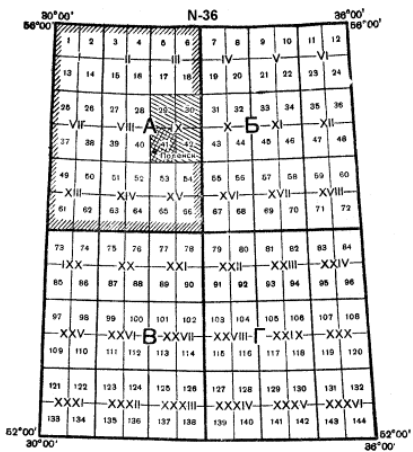
ჰორიზონტალური მიმართულებით მილიონიანი რუკის ფურცლები ყოველ 4°-ში ქმნიან პარალელებით შემოსაზღვრულ განედურ რიგებს (სარტყლებს), რომლებიც აღინიშნებიან ლათინური ანბანის ასომთავრული ასოებით, ეკვატორიდან ჩრდილოეთით და სამხრეთით. 1:1000 000 რუკის ფურცლის ნომენკლატურა, რომელიც განსაზღვრავს მის მდებარეობას ფურცლების საერთო სისტემაში, შედგება განედური რიგების ასოითი აღნიშვნისა და კოლონის ნომრისაგან (ნახ. VI.10. მონიშნულია ფურცელი ნომენკლატურით K-37).

4°X6° ზომის რუკები გამოიცემა 0°-დან 60°-მდე განედების მქონე პარალელებით შემოსაზღვრულ ტერიტორიაზე. 60°-დან 76°-მდე პარალელებს შორის ფურცლებს აწევი-ლებენ და მათი ზომები შესაბამისად შეადგენს 4° X 12°. 76°-დან 88°-მდე პარალელებს

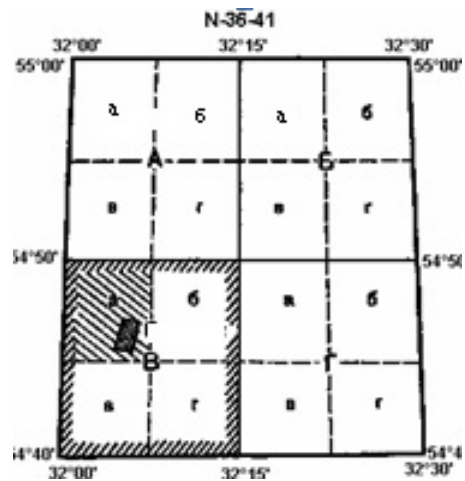


ნახ. VI. 10. 1:1000 000 მასშტაბის რუკის ფურცლების საერთაშორისო დაგრაფვა

შორის ერთ ფურცლად ხდება ოთხი ფურცლის შეერთება, რომელთა ფართობი წინამდებარე ფურცლების ტოლია, მაგრამ შემოსაზღვრებიან 24° ინტერვალის მქონე მერიდიანებით. გაერთიანებული ფურცლების ნომენკლატურა შედგება შესაბამისად რიგის აღმნიშვნელი ასოსა და კოლონის ნომრების აღმნიშვნელი ორი ან ოთხი რიცხვისაგან, მაგალითად, P-39, 40; T-37, 38, 39, 40.



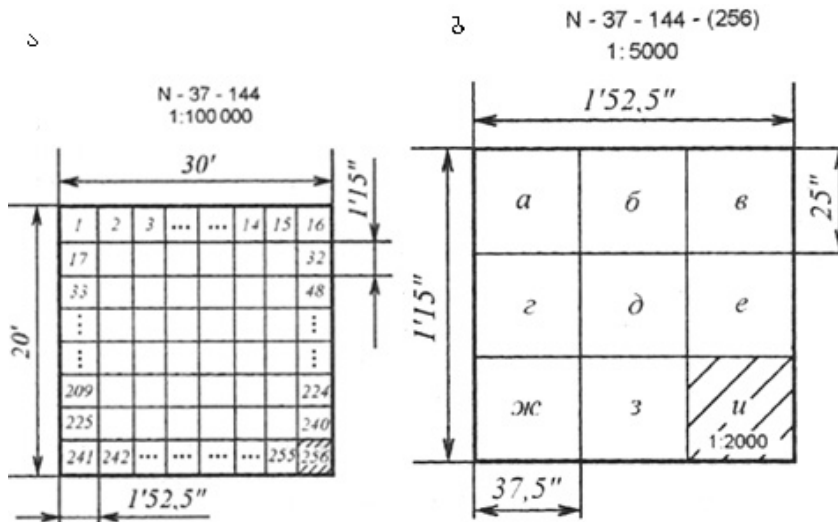
ნახ. VI. 11. 1:1000 000 მასშტაბის რუკის ფურცლის დაგრაფვა 1:500 000, 1:200 000 და 1:100 000 მასშტაბის ფურცლებად



ნახ. VI. 12. მსხვილი მასშტაბის რუკების დაგრაფვა და აღნიშვნა (1:100 000, 1:50 000, 1:25000)

1:500 000 და უფრო მსხვილი მასშტაბის რუკის ფურცლების დაგრაფვა წარმოებს 1:1000 000 რუკის ფურცლის მერიდიანებითა და პარალელებით ყოველი მასშტაბისათვის დადგენილი ინტერვალით დაყოფის გზით. ამასთან, მიღებული რუკის ფურცლების ზომები, მთელი მასშტაბური რიგისთვის, დაახლოებით ტოლი უნდა იყოს (ცხრ. VI.1).

#N	მასშტაბი	ფურცლის ზომები გრად.	ფურცლის რაოდენობა	ფურცლის სწრაფი
----	----------	----------------------	-------------------	----------------



ნახ. VI. 13. 1:100 000 მასშტაბის რუკის ფურცლების დაგრაფვა ა) 1:5 000 და ბ) 1:2 000 მასშტაბის ფურცლებად

ცხრ. VI.2

მასშტაბი	ფურცლების აღნიშვნა	ფურცლის ჩარჩოს ზომები სმ	ფურცლის ფართობი	
			ჰა	კმ ²
1:5 000	1,2,3,....	40X40	400	4
1:2 000	A, B, B, Γ	50X50	100	1
1:1 000	I, II, III, IV	50X50	25	0,25
1:5 00	1, 2, 3,	50X50	6,25	0,0625

მართკუთხა ან კვადრატული დაგრაფვა 1:5 000 მასშტაბის ფურცლის საფუძველზე.

I	II		1	2	3	4
			5	6	7	8
III	IV		9	10	11	12
			13	14	15	16

5-I-III

5-I-7

საწყისი ფურცელი იყოფა 1:2 000 მასშტაბის 4 ფურცლად, ორიათასიანი – 1:1000 მასშტაბის 4 და 1:500-ის 16 ფურცლად (ნახ. VI.14). ფურცლების აღნიშვნა და ზომები ნაჩვენებია ცხრ.VI.2, ხოლო ნომენკლატურის მაგალითი ნახ. VI.13-ზე.

VI. 14. 1:2000, 1:1 000 და 1:500 მასშტაბის გეგმების მართკუთხა დაგრაფვა

*მართკუთხა დაგრაფვაში

VI.6. კარტოგრაფიული პირობითი ნიშნები დელამიწის ზედაპირის სიტუაციისა და რელიეფის გამოსახავად

კარტოგრაფიული (ტოპოგრაფიული) პირობითი ნიშნები (შემოკლებით პირობითი ნიშნები) – სიმბოლური გრაფიკული, ასოით-ციფრობრივი და ფონური აღნიშვნების (ნიშნების) სისტემაა, რომელიც გამოიყენება რუკაზე სხვადასხვა ობიექტებისა და მათი ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მახასიათებლების გამოსახავად. კარტოგრაფიული ნიშნების, მათი თვისებების ცოდნა – აუცილებელი პირობაა რუკაზე გამოსახული სინამდვილის აღქმისათვის, საფუძველია რუკის „წაკითხვის“ ცოდნის, მისი დახმარებით საჭირო ცნობების მიღებისა და გაზომვითი სამუშაოების სწორად ჩატარებისა. რუკაზე გამოყენებული პირობითი ნიშნებისგანაა შედგენილი რუკის ლეგენდა.

ტოპოგრაფიული პირობითი ნიშნებისათვის გათვალისწინებულია ერთგვაროვანი ჯგუფის ობიექტების აღნიშვნების (მოხაზულობისა და ფერის) ერთიანობა (შიდა განსხვავებებისათვის დამატებითი ელემენტების გამოყენებით) (ნახ. VI.14). ამასთან, სხვადასხვა ქვეყნების ტოპოგრაფიული რუკების ძირითადი პირობითი ნიშნები მნიშვნელოვნად არ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ტოპოგრაფიული პირობითი ნიშნები, როგორც წესი, გადმოსცემენ რუკაზე გამოსახავი ობიექტების, კონტურებისა და რელიეფის ელემენტების

ფორმასა და ზომებს, ადგილმდებარეობასა და ზოგიერთ რაოდენობრივ და ხარისხობრივ მახასიათებლებს.

ზოგადგოვრათი რუკების (რომელთაც განეკუთვნებიან ტოპოგრაფიული რუკები) ელემენტები სივრცობრივი განფენილობის მიხედვით შეიძლება ორ ჯგუფად დაყოფილი: 1) ობიექტები, რომელთაც გააჩნიათ სასრული ზომები, მაგალითად, საწარმო ობიექტები, მდინარეები, ტბები, დედამიწის ზედაპირის ხელოვნური ფორმები და სხვა (ობიექტები, რომლებიც ტოპოგრაფიაში იწოდება *ადგილის საგნებად* ან *სიტუაციად*); 2) *ადგილის რელიეფის* შემქნელი დედამიწის ზედაპირის სხვადასხვა ფორმების ერთიანობა, რომელსაც აქვს განუსაზღვრელი სივრცობრივი განფენილობა. ორივე ჯგუფის ობიექტები რუკაზე გამოისახებიან განსხვავებული პირობითი ნიშნებით.

პირველი ჯგუფის ობიექტების პირობითი ნიშნები წარმოადგენენ ფიგურებს, ხაზებისა და მათი გადაკვეთების კომბინაციას, რომლებზეც დამატებულია ასოთ - ციფრობრივი და ფერადი აღნიშვნები.

გრაფიკული ნიშნები - სხვადასხვა გრაფიკული აგებულებანია რუკაზე, ფიგურებისა და ხაზების სახით, რომლებიც განსხვავდებიან, ფორმით, ზომებით შემადგენელი ელემენტების რაოდენობით, ორიენტირებით და სხვა (ნახ.14)

ფერი - გამოიყენება ობიექტების ხარისხობრივი მაჩვენებლების აღსანიშნავად.

ციფრული აღნიშვნები - გამოიყენება სხვადასხვა რაოდენობრივი მაჩვენებლების გადმოსაცემად, მაგალითად, გზის სიფართო, მდინარის სიღრმე, დედამიწის ზედაპირის წერტილების ნიშნული და სხვა.

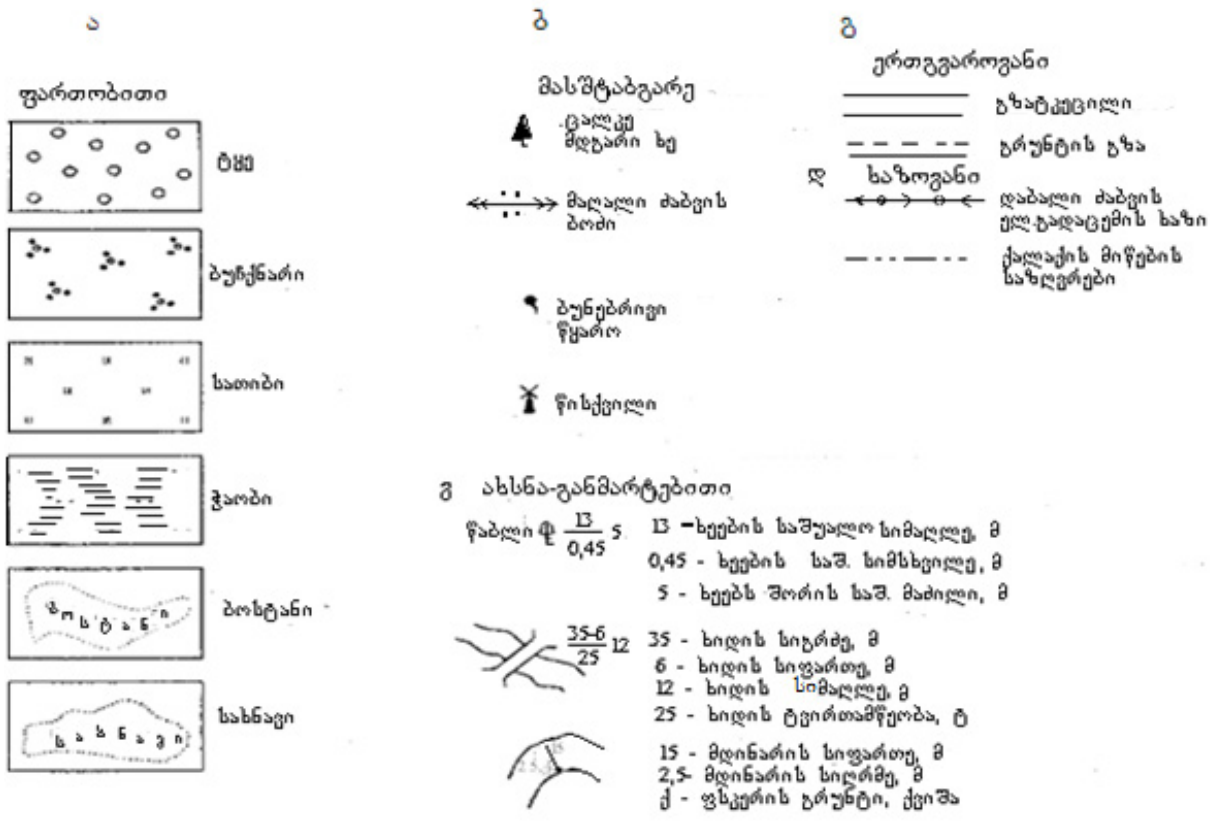
ასოთი აღნიშვნები - პირველ რიგში გამოიყენება რუკაზე გეოგრაფიული ობიექტების სახელწოდებების აღსანიშნავად. ტოპოგრაფიული რუკების წარწერებისათვის სტანდარტიზებული შრიფტები საშუალებას იძლევიან პირობით ნიშნებზე დამატებით გადმოიცეს მნიშვნელოვანი ცნობები. ამასთან, შინაარსობრივ დატვირთვას გამოხატავს ასოთა მოხაზულობა, ზომა. მაგალითად, სხვადასხვა შრიფტით გამოხატავენ დასახლებული პუნქტების ტიპებს (ქალაქი, დაბა, სოფელი), მათ პოლიტიკურ-ადმინისტრაციული დანიშნულებას (დედაქალაქი, რაიონის ან საკრებულოს ცენტრი). ასოების ზომათა ცვალებადობით გამოისახება მოსახლეობის რაოდენობა. მოცემულ პუნქტებში ასოთი გამოსახულების დახმავით გადმოიცემა აგრეთვე ობიექტების დამატებითი დახასიათება. მაგალითად, ფაბრიკის ან ქარხნის ნიშნის გერდით მითითებულია გამოშვებული ნაწარმის დასახელება (აგურის ქარხანა, მეტალურგიული კომბინატი და სხვ.) საზოგადოებრივი შენობების გამოსახულებას, რომელიც ნახატით წააგავს სხვა შენობებს, თან ახლავს შესაბამისი წარწერები (თ. - თეატრი, სკ. - სკოლა და სხვ.).

მიღებულია ტოპოგრაფიული პირობითი ნიშნების დაყოფა *მასშტაბურ (ფართობით), მასშტაბგარე, ხაზოვან და ახსნა-განმარტებით ნიშნებად*.

მასშტაბური, ანუ ფართობითი პირობითი - ნიშნები გამოიყენება ისეთი მნიშვნელოვანი ფართობის მქონე ტოპოგრაფიული ობიექტების აღსანიშნავად, რომელთა ზომები გეგმაში შეიძლება გამოსახოს მოცემული რუკის ან გეგმის მასშტაბში. ის შედგება ობიექტის საზღვრების აღნიშვნისა და მისი შემგსები ნიშნების ან პირობითი შეფერილობისაგან.

ობიექტის კონტურს აჩვენებენ წერტილოვანი პუნქტირებით (ტყის კონტური, ჭაობი, სათიბი), უწყვეტი ხაზით (წყალსატევის, დასახლებული პუნქტის კონტური) ან შესაბამისი საზღვრის პირობითი ნიშნით (არხები, ცოცხალი ღობე). შემგსები ნიშნები განთავსდებიან კონტურის შიგნით, განსაზღვრული თანმიმდევრით (ნებისმიერად, ჭადრაკულად, ჰორიზონტალურ ან ვერტიკალურ რიგებად). ფართობითი პირობითი ნიშნების საშუალებით შესაძლებელია როგორც ობიექტის მდებარეობის განსაზღვრა, ისე მისი ხაზოვანი ზომების, ფართობისა და მოხაზულობის შეფასება (ნახ. VI.15).

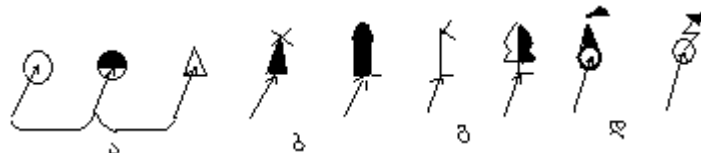
მასშტაბგარე პირობითი ნიშნები - გამოიყენება იმ ობიექტების გამოსახავად, რომლებიც ვერ გამოსახებიან მოცემული რუკის მასშტაბში. მათი დახმარებით არ შეიძლება ვიმსჯელოთ გამოსახული ობიექტის ზომებზე. ადგილზე საგნის მდებარეობას შეესაბამება ნიშნის განსაზღვრული წერტილი. მაგალითად, წესიერი ფორმის მქონე ნიშნისათვის (გეოდეზიური ქსელის პუნქტის აღმნიშვნელი სამკუთხედი ან ოთკუთხედი, წრე - ცისტერნა, ჭაბურღილი) - ფიგურის ცენტრი; ობიექტის პერსპექტიული ნახატის -



ნახ. VI. 15. პირობითი ნიშნების მაგალითები: ა - ფართობითი, ბ - მასშტაბგარე, გ - ერთგვაროვანი, დ - საზოვანი, ე - ახსნა-განმარტებითი ნიშნები

სახის მქონე ნიშნისათვის (საქვების მილი, მონუმენტი) – ფიგურის საფუძვლის შუა ადგილი; საფუძველში მართი კუთხის მქონე ნიშნისათვის (ქარის წიხქვილი) – ამ კუთხის წვერო; რამდენიმე ფიგურის გაერთიანებით მიღებული ნიშანი (რადიონაძა, სანავთობო კოშკურა) – მათ შორის საფუძვლის ცენტრი. გასათვალისწინებელია, რომ ერთი და იმავე ადგილობრივი საგნები რუკებზე ან მსხვილმასშტაბიან გეგმებზე შეიძლება გამოისახონ მასშტაბური (ფართობითი) პირობითი ნიშნებით, ხოლო წვრილმასშტაბიან რუკებზე – მასშტაბგარე პირობითი ნიშნებით (ნახ. VI.16).

საზოვანი პირობითი ნიშნები - გამოიყენება ადგილზე გრძივი ობიექტების (რკინიგზა, საავტომობილო გზები, ელექტრო- და კავშირგაბმულობის ხაზები, სხვადასხვა დანიშნულების იზოხაზები, ნაკადულები და სხვ.) გამოსახვადად. მათ უკავიათ საშუალო მდგომარეობა მასშტაბგარე და მასშტაბურ პირობითი ნიშნებს შორის. ასეთი ობიექტების სიგრძე გამოისახება რუკის მასშტაბში, ხოლო სიგანე – მასშტაბგარე. როგორც წესი, ისინი რუკაზე გამოდიან ადგილის შესაბამის ობიექტზე ფართო, ხოლო მდებარეობას შეესაბამება პირობითი ნიშნის გრძივი ღერძი.



ნახ. VI. 16. ადგილზე ობიექტების მდებარეობის განსაზღვრის მაგალითები რუკაზე მათი მასშტაბგარე ნიშნებით გამოხატვისას:

ა - გეომეტრიული ფიგურის ცენტრით, ბ - ფიგურის საფუძვლის შუა ადგილით, გ - ნიშნის ფუძეში მდებარე კუთხის წვეროთი, დ - რთული ნიშნის ქვედა ფიგურის ცენტრით

ახსნა-განმარტებითი პირობითი ნიშნები გამოიყენება რუკაზე ნაჩვენები ადგილის ობიექტების დამატებითი დახასიათებისათვის. მაგალითად, ხიდების სიგრძე, სიგანე, სიმაღლე, ტვირთამწეობა, გზის საფარის სიფართე და სახე, ტყეში ხეების საშუალო სიმაღლე, სისქე, და სხვ. სხვადასხვა სახის წარწერები და ობიექტების საკუთარი

სახელები რუკებზე ასევე ახსნა-განმარტებითი ხასიათისაა; ნებისმიერი ამ ნიშნებიდან სრულდება დადგენილი შრიფტით და განსაზღვრული ზომის ასოებით.

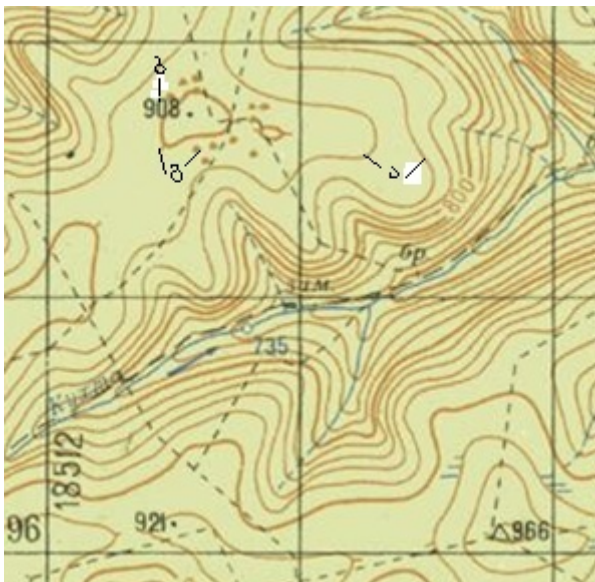
ტოპოგრაფიულ რუკებზე მოვლენების გამოსახატავად გამოიყენება ასევე შემდეგი სახის აღნიშვნები: ისრები – ჭაობის სიღრმისა და მიმართულების საჩვენებლად, ჯვრები – უღელტეხილებზე, სწორი ხაზები – მდინარეების იმ ადგილებში, სადაც გაზომილია მისი სიგანე და სიღრმე.

ტოპოგრაფიულ რუკებზე და გეგმებზე ადგილმდებარეობის რელიეფის გამოსახატავად ხშირად მიმართავენ შტრიხების მეთოდს, მორეცხვას, ფერად პლასტიკას, ნიშნულებისა და იზოხაზების (ჰორიზონტალების) ხერხს. მსხვილმასშტაბიან რუკებზე და გეგმებზე რელიეფი, როგორც წესი, ჰორიზონტალების მეთოდით გამოისახება, რასაც აქვს მნიშვნელოვანი უპირატესობა სხვა დანარჩენ მეთოდებთან შედარებით.

იზოხაზები ეწოდება რუკაზე ერთი და იმავე რაოდენობრივი მაჩვენებლების შემადგენელ ხაზებს. რელიეფის შემთხვევაში ასეთი ხაზები ერთნაირი სიმაღლის წერტილებს აერთიანებს და მათ იზოჰიზებს (ჰორიზონტალებს) უწოდებენ. რელიეფის ისეთი ფორმების გამოსახატავად, რომლებიც ჰორიზონტალებით არ გამოისახებიან გამოიყენება დამატებითი პირობითი ნიშნები და რელიეფის ციფრული მახასიათებლები: წერტილთა სიმაღლის ნიშნულები, ხრამების სიღრმე და სხვა (ნახ. VI.17).

მასშტაბის დაწვრილების შესატყვისად ტოპოგრაფიულ რუკებზე ერთგვაროვანი პირობითი ნიშნები ერთიანდებიან ჯგუფებში, ხოლო ეს უკანაკენლი – ერთ განზოგადებულ ნიშანში და ა.შ. მთლიანობაში მოცემული ნიშნების სისტემა შეიძლება წარმოვიდგინოთ წაკვეთილი პირამიდის სახით, რომლის ფუძეში დევს 1:500 მასშტაბის ტოპოგრაფიული გეგმების ნიშნები, ხოლო წვეროზე – 1:1000 000 მასშტაბის სამიმომხილვო-ტოპოგრაფიული რუკები.

ტოპოგრაფიული პირობითი ნიშნების ფერები ერთია ყველა მასშტაბისათვის. სავარგულებისა და მათი კონტურების, ნაგებობათა, ადგილის საგნების, საყრდენი პუნქტებისა და საზღვრების შტრიხოვანი ნიშნები იბეჭდება შავი ფერით; რელიეფის ელემენტები – ყავისფერით; წყალსატევები, წყალსადინრები, ჭაობები და ყინვარები – ლურჯად (წყლის ზედაპირი – ღია ლურჯში); ჯუჯა ტყეები, ბუჩქნარები, ზვრები – ღია-მწვანედ; ცეცხლგამძლე ნაგებობებიანი კვარტალები და გზატკეცილები ნარინჯისფერად; კვარტალები არაცეცხლგამძლე ნაგებობებითა და გრუნტის გაუმჯობესებული გზები – ყვითლად. პირობით ნიშნებთან ერთად ტოპოგრაფიული სახელების პირობითი შემოკლებები – პოლიტიკურ – ადმინისტრაციული ერთეულების (მაგალითად, თბილისის ზღვა - თბილ. ზღვა) და ახსნა - განმარტებითი ტერმინების - (მაგალითად, ელექტროსადგური ელ. სად., ჩრდილო - დასავლეთი - ჩ.დ.). პირობითი ნიშნებისათვის დამახასიათებელია თვალსაჩინოება, გამოირჩევიან ნახატის სიმარტივითა და დამახსოვრების სიადვილით. ამასთან, მათ უნდა უზრუნველყონ კარტოგრაფიული გამოსახულების სიზუსტე. ყველა მასშტაბის რუკებისა და გეგმებისათვის პირობითი ნიშნების დადგენა ხდება ნორმატიული და ინსტრუქციული დოკუმენტებით და სავალდებულოა აგეგმვითი სამუშაოებით დაკავებული ორგანიზაციებისა და უწყებებისათვის.



პირობითი ნიშნების გამოყენება საშუალებას იძლევა: რუკაზე ადგილმდებარეობის ნიშან-თვისებები გამოისახოს ისეთი ობიექტების შენარჩუნებით, რომელიც საჭიროა ამ ადგილის დახასიათებისათვის, მაგრამ მცირე ზომის გამო რუკის მასშტაბში მისი ჩვენება შეუძლებელია (ცალკე მდგომი შენობა, მეჩხერად დასახლებულ ადგილებში); ობიექტებისა და მათი ჯგუფის გარე ნიშნების გამოყოფით (გზები, დასახლებული პუნქტები) ან ხარისხობრივი განსხვავებებით (გრუნტის გზები, გზატკეცილე-

ბი, ავტოსტრადები); ობიექტების იმ რაოდენობრივი მასასიათებლების ჩვენებით, რომლებიც ადგილზე შეუმჩნეველია (სიმაღლეთა და დონეთა ნიშნულების წარწერები, რელიეფის მასასიათებელი წერტილებისა და ხაზების წარწერები), მაგრამ საშუალებას იძლევიან ნახ.VI. 17. რელიეფისა და მისი ფორმების სამგანზომილებიანი რელიეფის ისეთ ორგანო-გამოსახვა ა - ჰორიზონტალებით, ბ - სიმაღ- ზომილებიან ზედაპირზე (სიბრტყეზე) გამოსახ- ლის ნიშნულებით; გ-დამატებითი ნიშნებით ვის, როგორცაა რუკა.

პირობითი ნიშნები ტოპოგრაფიული რუკების მთელი მასშტაბური რიგისთვის სტანდარტულია, რაც აადვილებს მათთან მუშაობას და უზრუნველყოფს მათი გაფორმების ცალსახობას. პირობითი ნიშნების სიმრავლე დიდია, რაც განპირობებულია რუკებზე ყველა ლანდშაფტური ზონის მრავალფეროვნების გამოსახვის აუცილებლობით. თუმცა კონკრეტული ტერიტორიის რუკებთან მუშაობისას საკმარისია რამდენიმე ათეული ნიშნის დამახსოვრება. ერთი მასშტაბის რუკების პირობითი ნიშნების ცოდნა საკმარისია მთელი მასშტაბური რიგის ტოპოგრაფიული რუკების პირობითი ნიშნების გასაგებად.

პირობითი ნიშნები თავმოყრილია სპეციალურ ცხრილებში, რომლებიც გამოცემულია ბროშურებად. გამოყენების გაადვილების მიზნით ისინი დაჯგუფებულია.

§VI.7. კარტოგრაფიული გენერალიზაცია

რუკაზე გამოსახვის ობიექტების შერჩევისა და განზოგადების პროცესს რუკის მასშტაბისა და გამოსახვის ტერიტორიის გათვალისწინებით *კარტოგრაფიული გენერალიზაცია* ეწოდება. კარტოგრაფიული ობიექტების შერჩევა და განზოგადება – ორი ურთიერთ შემკვები და ერთმანეთთან დაკავშირებული პროცესია. რუკას კარტოგრაფირებადი ტერიტორიის გრაფიკული ნიშნებით გამოსახვის შეზღუდული საშუალება გააჩნია. მეორე-ხარისხოვანი დეტალების სიმრავლე აძნელებს რუკის შინაარსის აღქმას, აუცილებელია გამოინახოს ის საერთო დამახასიათებელი, რაც საშუალებას მოგვცემს გავაერთიანოთ ცალკეული ობიექტები ჯგუფებში სახეობით, გვარეულობით და სხვა ნიშანთვისებებით, გამოინახოს მათში ყველაზე არსებითი თვისებები. ამისათვის საჭიროა რუკაზე ნაჩვენები ობიექტების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებლების განზოგადება, მათი მოხა-ზულობათა გამარტივება, არაარსებითი, წვრილმანი დეტალების მოცილებით, ობიექტების გამორჩეულ თავისებურებათა შენარჩუნებითა და სხვა ხერხებით.

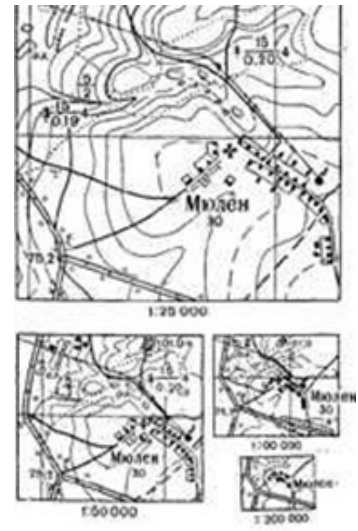
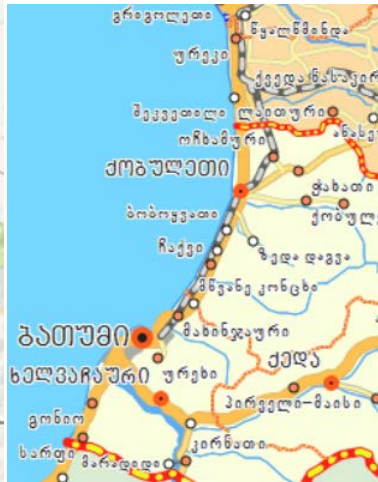
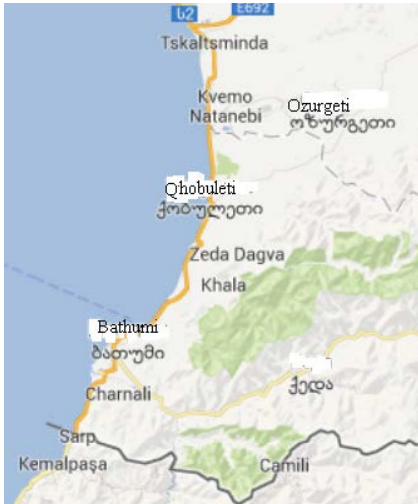
კარტოგრაფიული გენერალიზაციის ფაქტორებია: რუკის დანიშნულება, მისი მასშტაბი, კარტოგრაფიული სინამდვილის განსაკუთრებულობა.

დანიშნულება – გენერალიზაციის წამყვანი ფაქტორია, რადგანაც იგია რუკის მასშტაბის, შინაარსისა და გაფორმების თავისებურებების განმპირობებელი. მასზეა დამოკიდებული თუ რა იქნება, და როგორი სისრულით იქნება დატანილი რუკაზე. ნახ. VI.18-ზე ნაჩვენებია აჭარის ერთი და იგივე მასშტაბის რუკების ფრაგმენტი. პირველი რუკა გათვალისწინებულია სატრანსპორტო მიზნებისათვის, ხოლო მეორე ადმინისტრაციულ-ტერიტორიული დანიშნულებისაა. პირველ რუკაზე (ნახ. VI.18, ა) ნაჩვენებია გზათა ქსელი გზების ნომრების ჩვენებით, ფიზიკურ-გეოგრაფიული ობიექტები ძირითადად სქემატიზირებულია, დასახლებული პუნქტების რაოდენობა მინიმალური. ადმინისტრაციულ-ტერიტორიულზე მეტი დატვირთვითაა ნაჩვენები დასახლებული პუნქტები, ადმინისტრაციული საზღვრები. საგზაო ქსელი აქაც მნიშვნელოვანი დატვირთვითაა მოცემული, თუმცა დახასიათებების გარეშე.

ზუსტი გაზომვებისათვის განკუთვნილი რუკების შედგენა ხდება მსხვილ მასშტაბში, ხოლო მნიშვნელოვანი ფართობის მქონე ტერიტორიების ვიზუალური შესწავლისათვის – წვრილ მასშტაბში.

მასშტაბი დანიშნულებასთან ერთად განსაზღვრავს კარტოგრაფიული გამოსახულების ზომას. მაგალითად, 1 კმ² 1:50 000 მასშტაბის რუკაზე დაიკავებს 400 მმ², ხოლო 1:500 000 - ზე – სულ რაღაც 4 მმ² აქედან ჩანს, რომ შეუძლებელი იქნება მასშტაბის

შემცირებისას გამოსახულების ყველა ელემენტის შენარჩუნება (ნახ. VI. 18). მასშტაბი დიდ გავლენას ახდენს ასევე რუკის შინაარსის სიზუსტეზე. მისგან მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული კარტოგრაფიული გამოსახულების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მახასიათებლების განზოგადების ხარისხი. მასშტაბი ქმნის ობიექტების ინდივიდუალური ნიშნების ჩვენებიდან მისი სახეობითი (გვაროვნულ) კუთვნილობის ჩვენებამდე გადასვლის აუცილებლობას. მასშტაბის ცვლილება იწვევს გამოსახულების პირობითი ნიშნების სახის ცვლილებას. მაგალითად, 1:25 000 მასშტაბის რუკაზე ბუნქნარით დაფარული ტერიტორია ნაჩვენებია ფართობითი პირობითი ნიშნით, ხოლო 1:50 000 მასშტაბის რუკაზე იგივე ტერიტორია აღნიშნულია მასშტაბგარე პირობითი ნიშნით. მასშტაბის ცვლილებით გამოწვეული გეგმიური მოხაზულობის გამარტივება შეიმჩნევა ასევე ჰორიზონტალებით გამოსახულ რელიეფთან მიმართებაში.



ნახ. VI. 18. კარტოგრაფიული გამოსახულების გამო-
გენერალიზაცია რუკის დანიშნულების
გათვალისწინებით

ნახ. VI. 19. კარტოგრაფიული
სახულების გენერალიზაცია რუკის
მასშტაბის გათვალისწინებით

ნახ. VI. 19 -ზე ნაჩვენებია 1:25 000 მასშტაბის რუკის ფრაგმენტზე გაცილებით მეტი ჰორიზონტალური და მათი დეტალებია ვიდრე 1:50 000 მასშტაბის იგივე ფრაგმენტზე. კარტოგრაფიულ გენერალიზაციაზე გავლენას ახდენს *კარტოგრაფირებადი ტერიტორიის თავისებურებანი*. ერთი და იგივე ობიექტს განსხვავებული მნიშვნელობა აქვს განსხვავებულ გეოგრაფიულ პირობებში. ამასთან დაკავშირებით ესა თუ ის ობიექტი ერთ შემთხვევაში შეიძლება გამოისახოს რუკაზე, მეორე შემთხვევაში - არა. მაგალითად, გრუნტის გზებსა და ბილიკებს ნაკლები მნიშვნელობა ენიჭება მჭიდროდ დასახლებულ ტერიტორიებზე და შეიძლება არ იყოს ნაჩვენები რუკაზე. მეჩხურად დასახლებულ ან მიუდგომელ რაიონებში ისინი გადაიქცევიან მნიშვნელოვან ობიექტებად, რომლებიც აადვილებენ გადაადგილებასა და ორიენტირებას, რაც განაპირობებს მათი რუკებზე გამოსახვის აუცილებლობას.

კარტოგრაფიული გენერალიზაციის მოთხოვნების გათვალისწინებით ხდება რუკების პირობითი ნიშნების დამუშავება. ისინი ითვალისწინებენ როგორც ობიექტებისა და მათი გეგმიური მოხაზულობების, ისე მასშტაბგარე ჩვენების შესაძლებლობას, მათ კლასიფიკაციას არსებითი ნიშნების, ადგილმდებარეობისათვის მნიშვნელობისა და სხვა თავისებურებების მიხედვით.

§VI.8. ტოპოგრაფიული რუკებისა და გეგმების გაფორმება

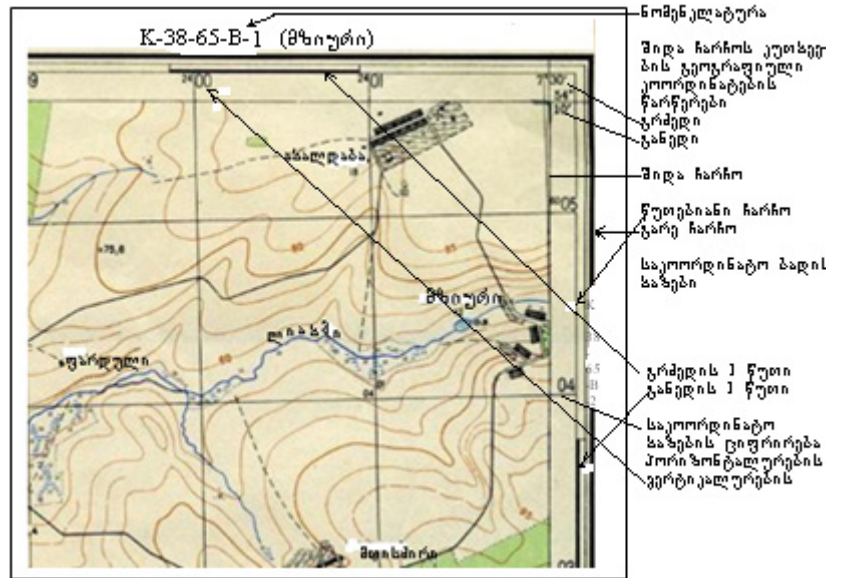
რუკების გამოყენების გამარტივებისა და საჭირო ფურცლის მოძიების გაადვილების, მიზნით ტოპოგრაფიული რუკებისა და გეგმების გაფორმება ხდება ისე, რომ ყოველ ფურცელს აქვს თავისი პირობითი აღნიშვნა – *ნომენკლატურა*. ამა თუ იმ ფურცლის ნომენკლატურის განსაზღვრისა და რუკის საჭირო ფურცლის მოძიებას კი

აიოლებს კრებსითი ცხრილების გამოყენება, რომლებიც წარმოადგენენ პარალელებისა და მერიდიანების მიმართულებასთან თავსებადი ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ხაზებით უჯრედებად დაყოფილ წვრილმასშტაბიან რუკებს.

ტოპოგრაფიული რუკის ფურცელი გართა მხრიდან შეიცავს მონაცემებს ნომენკლატურასა და რუკის გამოცემის თარიღზე, მაგნიტურ მისრილობაზე, მიმართულების შესწორებაზე, მერიდიანების შეახლოებაზე.

ტოპოგრაფიული რუკების გაფორმების პრინციპი და ადგილმდებარეობის გამოსახვა დაფუძნებულია საერთაშორისო რუკის ელემენტებზე. საზღვარგარეთის რუკებით სარგებლობისას აუცილებელია მასშტაბის ერთეულის მხედველობაში მიღება (მილი, დიუმი და ა.შ.). ადგილის რელიეფის აღნიშვნა, პირობითი აღნიშვნები და ფერები ინტერნაციონალურია. გართულება შექმნება გამოიწვიოს მხოლოდ უცხო ენებზე გაკეთებულმა წარწერებმა.

რუკის ან გეგმის ყოველ ფურცელს აქვს სრულყოფილი გაფორმება (ნახ. VI. 20). ფურცლის ძირითადი ელემენტებია: 1) დელამიწის ზედაპირის უბნის კარტოგრაფიული გამოსახულება პირობითი ნიშნების დადგენილ სისტემაში, რომელიც შეადგენს რუკის ფურცლის შინაარსს, საკოორდინატო ბადე; 2) ფურცლის ჩარჩო, რომლის ელემენტები განსაზღვრულია მათემატიკური საფუძვლით; 3) ჩარჩოსგარე გაფორმება (დამხმარე გაწყობა), რომელიც მოიცავს რუკის გამოყენების გასაადვილებელ მონაცემებს (ნახ. VI. 20). ლეგენდა ჩვეულებრივი სახით ტოპოგრაფიული რუკის ფურცელს არ ახლავს, ხოლო პირობითი ნიშნების



ნახ. VI. 20. ტოპოგრაფიული რუკის ფურცლის სქემატური გამოსახულება



ნახ. VI. 21. ტოპოგრაფიული რუკის ფურცელის ჩარჩოს გარე გაფორმების ფრაგმენტი

ახსნა - განმარტება მოცემულია ცხრილებში.

რუკის შინაარსი გადმოცემული იქნება მომდევნო (VI. 8 - VI.9) პარაგრაფებში. ჩარჩო ასრულებს ორმაგ ფუნქციას: შემოსაზღვრავს ადგილის უბნის გამოსახულებას და ნაწილობრივ ასრულებს დამხმარე გაწყობის როლსაც, რომელიც ობიექტის გეგმიური კოორდინატების განსაზღვრის საშუალებას იძლევა.

ფურცლის კარტოგრაფიული გამოსახულება შემოსაზღვრულია შიდა ჩარჩოთი, წვრილი ხაზის სახით. ჩარჩოს ჩრდილოეთი და სამხრეთ მხარეები - პარალელების მონაკვეთებია, აღმოსავლეთი და დასავლეთი - მერიდიანების, რომელთა მნიშვნელობები განისაზღვრება ტოპოგრაფიული რუკების დაგრაფვის საერთო სისტემით. რუკის ფურცლის შემომსაზღვრელი მერიდიანების გრძედებისა და პარალელების განედების მნიშვნელობები იწერება ჩარჩოს კუთხესთან (ნახ. VI. 21).

შიდა ჩარჩოდან ცოტა მოშორებით გამოიხაზება ე.წ. წუთებიან ჩარჩო, რომელზეც ნაჩვენებია პარალელებისა და მერიდიანების გასასვლელები. ჩარჩო დაყოფილია მონაკვეთებად, რომლებიც შეესაბამება მერიდიანისა და პარალელის 1'-ის ხაზოვან სიგრძეს.

1:50 000 და უფრო წერილმასშტაბიანი რუკის ფურცლის ზომები გამოსახულია წუთების მთელი რიცხვით, ამიტომ ყველა წუთიანი მონაკვეთები ჩარჩოს საწინააღმდეგო გვერდებზე ტოლია. 1:25 000 და უფრო მსხვილმასშტაბიანი რუკის ფურცლის ზომები განისაზღვრება წუთებითა და წამებით. ამიტომ შესაბამის გვერდებზე ყველა მონაკვეთები ტოლი არ არის: ბოლო მონაკვეთების სიდიდე დამოკიდებულია ჩარჩოს კუთხის კოორდინატებზე. მარცხენა განაპირა მონაკვეთებისათვის, ჩარჩოს სამხრეთ და ჩრდილოეთ გვერდებზე – ეს სხვაობა დასავლეთ მხარის გრძედის მნიშვნელობის წამებისა და მთელ წუთს შორის. ნახ. VI.19 – ზე დასავლეთის გრძედია $7^{\circ} 22' 30''$, ამიტომ მარცხენა განაპირა მონაკვეთი შეესაბამება 30"-ის ხაზოვან სიგრძეს. მარჯვენა განაპირა მონაკვეთებს ჩარჩოს იგივე გვერდებზე აქვთ აღმოსავლეთის მხარის გრძედის წამების ტოლი სიგრძე. ამავე ნახაზზე მათი სიგრძე - 1'. წამების მონაკვეთების სიგრძეების იგივე შეფარდება არსებობს განაპირა (დასავლეთისა და აღმოსავლეთის) გვერდებზე სამხრეთ და ჩრდილოეთ გვერდების განედების მნიშვნელობებს შორის.

რუკის დამამთავრებელი ელემენტია გარე ჩარჩო, რომელიც შედარებით სქელი ხაზია. რუკასთან მუშაობას აადვილებს წუთებიანი მონაკვეთების ათწამებიანი დანაყოფები, რომლებიც მოცემულია გარე და წუთებიან ჩარჩოს შორის.

1:500 000 და 1:1000 000 მასშტაბის რუკებზე მოცემულია მერიდიანებისა და პარალელების კარტოგრაფიული ბადე, ხოლო 1:10 000 - 1:200 000 მასშტაბებზე – საკოორდინატო, ან კილომეტრებიანი ბადე, რადგანაც მისი ხაზები გატარებულია ყოველ მთელ კილომეტრზე (1 კმ - 1:10 000 - 1:50 000 მასშტაბის რუკებზე, 2 კმ - 1: 100 000-ზე და 10 კმ - 1: 200 000 მასშტაბის რუკებზე).

კილომეტრული ხაზების მნიშვნელობა წარწერილია შიდა და წუთებიან ჩარჩოს შორის: აბსცისები ჰორიზონტალური ხაზების ბოლოებზე, ხოლო ორდინატები (გარდაქმნილი) ვერტიკალური ხაზების ბოლოს. განაპირა ხაზებზე უჩვენებენ კოორდინატების სრულ მნიშვნელობებს, შეაღებურებზე – ათეულ და ერთეულ კილომეტრებს. კილომეტრული ხაზები წარწერილია აგრეთვე ფურცლის შიგნითაც. გარე ჩარჩოზე ნაჩვენებია მეზობელი ფურცლის საკოორდინატო ხაზების მნიშვნელობები და მდებარეობა, თუ ის გადაფარვის ზონაში მდებარეობს (ნახ. VI. 19).

ჩარჩოსგარე გაფორმებაში შედის ფურცლის ნომენკლატურის აღნიშვნა, რომელიც მითითებულია ჩარჩოს ჩრდილოეთი მხარის ზემოთ და მეზობელი ფურცლის ნომენკლატურ-რაც (გარე ჩარჩოს შუა ადგილებზე მდებარე წყვეტებში). ნომენკლატურის გვერდით იწერება ფურცელზე მდებარე მთავარი დასახლებული პუნქტის სახელი. ქვედა ველზე მოთა-ვსებულია მონაცემები გამოსახული ტერიტორიის მაგნიტურ მიხრილობაზე, მერიდიანების საშუალო შეახლოებაზე, შესწორება დირექციულ კუთხეებში, მაგნიტურ აზიმუტზე გადა-სვლისას, გეოგრაფიულ (ჭეშმარიტ), მაგნიტურ მერიდიანებსა და ბადის ვერტიკალური ხა-ზის (ზონის დერძული მერიდიანის პარალელურის) ურთიერთმდებარეობის სქემა. აქ მოცემულია აგრეთვე რიცხვითი, სახელობითი და ხაზოვანი მასშტაბები, უწყვეტ ჰორიზონ-ტალებს შორის მეტრების რაოდენობა, გამოსახულია კვეთის მასშტაბი, ასევე ცნობები რუკის შექმნისა და გამოცემის თარიღებზე, სხვა საცნობარო მონაცემები.

§VI.9. დასახლებული პუნქტების გამოსახვა

დასახლებული პუნქტები ადამიანის მიერ ტერიტორიის ათვისებისა და მისი ეკონომიკური განვითარების მაჩვენებელია, ისინი გარკვეულწილად განსაზღვრავენ რაიონის სამხედრო მნიშვნელობას. ქალაქები, ქალაქის, სოფლისა და სააგარაკო ტიპის დასახლებები, დასახლებები სამრეწველო საწარმოებებთან, რკინიგზის სადგურებთან, ნავმისადგომებთან და სხვა – ტოპოგრაფიული რუკის უმნიშვნელოვანესი ელემენტებია, რომლებიც გამოისახებიან საკუთარი დასახელებებით, ახსნა-განმარტებითი წარწერებითა და ციფრული მახასიათებლებით შევსებული ფართობით, მასშტაბგარე და ხაზოვანი პირობითი ნიშნებით.

რუკაზე მასშტაბით განსაზღვრული სხვადასხვა სისრულით, უზენაეს დასახლებული პუნქტების დაგეგმარებას (ნაგებობათა, დასახლებული ტერიტორიის, ქუჩების, ცარიელი ადგილების, მწვანე ნარგავების გეგმიური მოხაზულობა) და მათ სტრუქტურას, (დასახლების ზემოთ ჩამოთვლილია შემადგენელი ნაწილების შესამების ხასიათი). ისეთი მახასიათებლები, როგორცაა დასახლების ტიპი, მათი მოსახლეობა (რაოდენობა) პოლიტიკურ-ადმინისტრაციული მნიშვნელობა, გადაიცემა წარწერების შრიფტის ცვალებადობითა და ასოების ზომით. მაგალითად, ქალაქებს აწერენ პირდაპირი შრიფტით, ასომთავრული ასოებით, სოფლის ტიპის დასახლებებიც პირდაპირი, მაგრამ ჩვეულებრივი შრიფტით, ქალაქის ტიპის დასახლებები (დაბები) – დახრილი შრიფტით. ასოების ზომები მცირდება დასახლებაში მოსახლეობის რაოდენობის შემცირებისა და პოლიტიკურ-ადმინისტრაციული მნიშვნელობის ცვლილების მიხედვით [რაიონებისა და საკრებულოების ცენტრები აღინიშნება დასახლებული პუნქტების ქვეშ „რც“ და „სც“ მიწერით, ხოლო სოფლის ტიპის დასახლებების მოსახლეობა (რაოდენობა) მიეთითება კომლების რაოდენობის საკუთარი სახელის ქვეშ მიწერით].

დასახლებების მასიური განაშენიანებიდან განსაკუთრებული იღეთებით გამოიყოფა ცალკეული სახლები, საწარმო ობიექტები, კულტურის დაწესებულებები, სკოლები, საავადმყოფოები, სადგურები, კავშირგაბმულობის პუნქტები, სხვა ობიექტები, რომელთა არსებობა აღნიშნავს დასახლებული პუნქტის ეკონომიკური, სატრანსპორტო და კულტურულ მნიშვნელობას. მათგან განსაკუთრებული მნიშვნელობის მქონეთა შენარჩუნება ხდება წვრილი მასშტაბის რუკებზეც.

1:10 000 – 1:100 000 მასშტაბის რუკებზე უზენაეს ყველა ტიპის დასახლებულ პუნქტებს, რომელთა დაყოფა ხდება: ქალაქად, ქალაქის ტიპის დასახლებად (დაბა), სოფელი. ყველაზე დაწვრილებით მათი გამოსახვა ხერხდება 1:10 000 – 1:50 000 მასშტაბის რუკებზე, სადაც კვარტალები მეტი ცეცხლგამძლე ან არაცეცხლგამძლე ნაგებობებით იღებება შესაბამის ფერში. დასახლებული პუნქტების განაპირა ნაგებობებს, როგორც წესი, აჩვენებენ ყველას.

§VI.10. სამრეწველო, სასოფლო-სამეურნეო და სოციალურ-კულტურული ობიექტების გამოსახვა

1:10 000 და 1:25 000 მასშტაბის ტოპოგრაფიულ რუკებზე გამოსახება *სამრეწველო ობიექტები*: ქარხნები, ფაბრიკები, ელექტრო სადგურები, მადაროები, სასარგებლო წიაღისეულის ღია დამუშავების ადგილები, სარეწვეები და საბადოები, ნავთობისა და გაზის ჭაბურღილები, გაზსადენები, ნავთობსადენები, საწვავის საწყობები, ტორფისა და მარილის დამუშავების ადგილები წყალსაწნევი კოშკურები, ქარის ძრავები, წისქვილები, ელექტრო გადაცემის ხაზები და სხვა. მათთან მჭიდროდაა დაკავშირებული *კავშირგაბმულობის ობიექტები*: რადიოსადგურები, რადიო, სატელევიზიო და მობილური კავშირგაბმულობის ანძები, მათი ხაზები და სხვა. ეს ობიექტები გამოსახებიან გრაფიკული პირობითი ნიშნებით: ფართობითი (მსხვილმასშტაბიან გეგმებზე), მასშტაბგარე და საზოგანო. ფართობითი და მასშტაბგარე ნიშნების შეესება ხდება ასსნა-განმარტებითი წარწერებით, რომლებიც ახასიათებენ სამრეწველო საწარმოს სახეს. (მაგალითად, წისქ. – წისქვილკომბინატი, ჩარხ. – ჩარხმშენებელი ქარხანა და სხვა), სასარგებლო წიაღისეულის დამუშავების მიხედვით (მაგალითად, ქვ. – სამშენებლო ქვის მოპოვების ადგილი, თიხ. – კარიერი,სადაც თიხას მოიპოვებენ) და სხვა.

რუკებზე გამოსახულ *სასოფლო-სამეურნეო* ობიექტებს მიეკუთვნება სკები, საქონლის შესარეკები, გამმიჯნავი ნიშნები და სხვა. ისე როგორც საწარმო ობიექტები, ისინიც გამოსახებიან ფართობით და მასშტაბგარე ნიშნებით, ობიექტის ზომებისა და მასშტაბზე დამოკიდებულებით. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან გამოიყოფა სახნავები, სათიბები და სხვა სახეები.

სოციალურ-კულტურული ობიექტებიდან აჩვენებენ საგანმანათლებლო ქსელის ობიექტებს (სკოლები, ბაგა-ბაღები, უმაღლესი სასწავლებლები), სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებებს, ობსერვატორიებს, მეტეოროლოგიურ სადგურებს, საავადმყოფოებს, სანატორიუმებს, კულტურის სახლებს და სასახლეებს, დასასვენებელ სახლებს, სპორტულ

ნაგებობებს, მონუმენტებს და ძეგლებს, საძმო საფლავებს და სხვა. ობიექტების ნაწილი გამოისახება სპეციალური პირობითი ნიშნებით (მაგალითად, ძეგლები), დანარჩენი აღინიშნება ნაგებობის აღმნიშვნელი ნიშნის გვერდით ახსნა-განმარტებითი წარწერებით (მაგალითად, სკ. – სკოლა, ს.ბ. – საბავშვო ბაღი და ა.შ.). ეს ობიექტები ადგილზე კარგი ორიენტირება.

§VI.11. საბზაო ქსელი და საბზაო ნაგებობები

საბზაო ქსელი, რომელიც მოიცავს სარკინიგზოს, გზატკეცილებს, გრუნტის გზებსა და ბილიკებს დაიტანება დაწვრილებით, შემდეგი სისრულით:

სარკინიგზოს დატანა ხდება შემდეგ კლასებად:

1. ლიანდაგის სიგანის მიხედვით – ნორმალურ და ვიწროდ;
2. გზების რიცხოვნობის მიხედვით – 1, 2, 3 და სხვა;
3. გაწვევის სახის მიხედვით – ელექტრო, ორთქლის ან დიზელის;
4. მდგომარეობის მიხედვით – მოქმედი, მშენებარე და აყრილი.

ტრამვაის ხაზები და ვიწროლიანდაგიანი რკინიგზები დაიტანება გაწვევისა და გზების რიცხვის გარეშე, ხოლო მეტროს ხაზები დედამიწის ზემოთ, როგორც ელექტროფიცირებული. უნდა აღნიშნოთ, რომ აეროსურათზე კარგად ჩანს როგორც რკინიგზა, ისე გასხვისების ზოლი (გამოიყოფა ნაცრისფერად), ხოლო თვით გზა ნათელ ხაზებად მკვეთრად გამოსახული ნაპირებით; შარაგზებისაგან გამოირჩევა ხშირი ყრილებისა და ჭრილების არსებობით, მკვეთრი მოსახვევების გარეშე, სადგურები, ჯიხურები ასაქცევები, ქარსაცავი და თოვლსაცავი ტყის ზოლები. მატარებლები სადგურებსა და გზებზე ელექტროფიცირებული რკინიგზების გვერდით ჩამწკრივებულია ელექტროგადაცემის საკონტაქტო ბოძები, რომლებიც დაცემული ჩრდილით კარგად ამოიცილობიან აეროსურათებზე. აეროსურათზე დაუფიქსირებელი ახალი ან მშენებარე რკინიგზების დატანა რუკაზე ხდება ინსტრუმენტალურად.

რადგანაც რკინიგზების პირობითი ნაშანი ჩვეულებრივად მათი ფიზიკურ გამოსახულებაზე ფართვა მისი გამოსახვა ხდება სიმეტრულად.

რკინიგზის დეშიფრირებისას ამოცნობილი და დატანილი უნდა იქნეს ვაგზლის შენობები, დეპო და სადგურის სხვა ნაგებობები, წყალსაწნევი კოშკურები, პლატფორმები, დასატვირთი და გადმოსატვირთი მოედნები, გზის სამხერები, ყაზარმები და ჯიხურები (როგორც ჩვეულებრივი ნაგებობა), გვერდით ახსნა-განმარტების მიწერით, მოსახვევი წი-რები, ჩიხები, გვირაბები თავისი პარამეტრებით, ბორნები, ხიდები (ზომისა და კონსტრუქციის მასალის ჩვენებით), წყალსადენის მიღები, ყრილები (სიმაღლისა და ჭრილების ჩვენებით), ნარგავები გზის გასწვრივ, საორიენტრო მნიშვნელობის სემაფორები.

რკინიგზის პირობითი ნაშნის გაწვევა ნებადართულია მხოლოდ მნიშვნელოვანი ორიენტირების ჩვენებისას (წყალსაწნევი კოშკურა, ხიდები, სემაფორები და სხვა). დანარჩენი ობიექტის ჩვენება შეიძლება გადაადგილებით.

საავტომობილო გზების ერთ სიმაღლეზე გადაკვეთისას რკინიგზა რჩება უწყვეტი სხვადასხვა სიმაღლეზე გადაკვეთისას – ხიდის პირობითი ნიშნით.

მეტროპოლიტენის შესასვლელი სპეციალური ნიშნით დაიტანება, სადგურის პირობითი ნიშნის შიგნით.

საავტომობილო გზების კლასიფიკაცია ხდება მათი ტექნიკური სრულყოფის მიხედვით. რუკებზე დაიტანება ყველა ავტოსტრადა და გზატკეცილი. ყამირი, სატყეო და საველე გზები დაიტანება გზათა ქსელის სუსტად განვითარებულ რაიონებში.

მენხერად დასახლებულ, უდაბნო და ძნელად მისადგომ რაიონებში აღინიშნება ყველა სასაპალნე ბილიკები, სხვა გზების არარსებობისას ფეხით სასიარულო გზებიც. გაყინულ ტბებზე და მდინარეებზე ზამთრის გზების ჩვენება რგოლებად ხდება.

დასატანია ასევე მშენებარე გზები. ორი პარალელური ხაზით ხდება ფიხკონებითა და ფიხფენილი გზების ჩვენება. გამოსახულ გზებზე პირობითი ნიშნებით აჩვენებენ 8-ზე მეტი დახრის მქონე უბნებსა და 25 მ-ზე ნაკლები რადიუსის მქონე მოსახვევებს.

ავტოსტრადებისა და გზატკეცილების გამოსახულებაზე აჩვენებენ საფარისა და გზის სიგანეს გვერდებს შორის, საფარის მასალას ყოველ 10-15 სმ-ის შემდეგ („ 6 (12) ბ“.

გაუმჯობესებულ ყამირ გზებზე აჩვენებენ სივანეს. გრუნტის გზები და ბილიკები ხასიათდებიან გასაველიანობის ხარისხით. დამატებით გზებზე აღინიშნება ძნელად გასაველი ადგილები, 5⁰-ზე მეტი დახრის მქონე უბნები, უღელტეხილები და სხვ. გზის გასწვრივ აჩვენებენ ავტოსადგურებს, სასტუმროებს, ბენზინგასამართ სადგურებს, კილომეტრულ ბოძებსა და გზების მაჩვენებლებს. აუცილებლად გამოისახება გვირაბები, ხიდები, მიწები გზის ქვეშ, ყრილები და ჭრილები, სხვადასხვა გზისპირა ნაგებობები. 1:10 000 მასშტაბის რუკაზე, თავის ზომებში, მასალის კონსტრუქციის ჩვენებით, განოსახავენ 13 მეტრამდე სიგრძის ხიდებს, ხოლო 1: 25 000 -ზე 40 მ-მდე სიგრძისას. უფრო ნაკლები ზომისას მათი დატანა ხდება მასშტაბგარე ნიშნით.

რუკებზე აჩვენებენ ყველა ბორანს, მახასიათებლების (მდ. სივანე, ბორნის სიგრძე-სივანე) მიწებით, მუდმივი ტვირთგადაზიდვების ადგილებსა და ფონებს. ფონს აჩვენებენ საშუალო დონის (0,1 მ სიზუსტით), სიგრძის, ფსკერის გრუნტის ხასიათისა და დინების სიჩქარის (მ/წმ-ში) მითითებით.

გზების გასწვრივ მდებარე ჭრილები და ყრილები უნდა აღინიშნოს მათი სიმაღლის (სიღრმის) ჩვენებით, თუ $I(h) \geq 1$ მ, ან რუკაზე მათი სიგრძე $l \geq 3$ მმ, ხოლო ამ მონაცემებზე ნაკლები ზომისას აჩვენებენ მხოლოდ საორიენტურო მნიშვნელობის მქონეებს.

პირობითი ნიშნებით გამოისახება გზის გასწვრივ მდებარე ბუჩქნარები და ნარგავები, მეჩხერად დასახლებულ ან ძნელად მისადგომი რაიონების რუკებზე გზის გასწვრივ აწერენ დამახასიათებელ ახსნა – განმარტებას: მაგალითად, „ავტომანქანების მოძრაობა შესაძლებელია ივნისიდან სექტემბრის ჩათვლით, 40 კმ/სთ სიჩქარით“. ტრაპეციის აღმოსავლეთ ჩარჩოს გარეთ იწერება ადგილის მონაკვეთის ზოგადი დახასიათება, მაგალითად, წლის მშრალ ამინდში შესაძლებელია ავტომობილით 40 კმ/სთ, გზის გარეთ კი 15-20 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობა. ტრაპეციის გარეთ, რკინიგზის მიმართულებაზე იწერება ახლო-მდებარე სადგურის, ხოლო საავტომობილო გზების გასწვრივ კი ახლომდებარე ქალაქის ან ადმინისტრაციული ერთეულის, მსხვილი დასახლების, საბოლოო პუნქტის სახელწოდება.

§VI.12. ჰიდროგრაფიული ობიექტების ბამოსახვა

წყლის ობიექტებიდან რუკებზე გამოისახება: სანაპირო და სანაპიროსთან მიმდებარე საზღვაო ზოლი; ტბები, ტბორები და სხვა წყალსატევები: მდინარეები, ნაკადულები, არხები და თხრილები; წყაროები, მინერალური და ცხელი წყაროები, ჭები. ეს ობიექტები ზომისა და რუკის მასშტაბის მიხედვით გამოისახებიან ფართობითი ან ხაზოვანი ნიშნებით, ასოითი და ციფრული აღნიშვნების დამატებით. ობიექტების უმნიშვნელო ნაწილი გადმოიცემა მასშტაბგარე პირობითი ნიშნებით (ჭები, წყაროები). ჰიდროგრაფიული ობიექტების შესწავლას რუკაზე აადვილებს მათი გამოყოფა ფერებით: ლურჯით – სანაპირო ხაზი, მდინარეები, რომელთა სივანე არ გამოისახება რუკის მასშტაბში, და სხვ.; ცისფერად – წყლის სივრცეები. *სანაპიროს* საზღვრის გატარება რუკებზე მოქცევის ან ზვირთცემისას წყლის უმაღლესი დონის ნიშნულების მიხედვით ხდება. ზღვების *სანაპირო ზოლში* აჩვენებენ სიღრმეების ნიშნულებს, ტოლი სიღრმეების იზონაზებს (იზობათებს), ობიექტებს, რომლებიც განსაზღვრავენ ტერიტორიის მიღწევადობასა და მისი ათვისების შესაძლებლობას (ქვები, მეჩხეები და სხვ.).

რუკებზე, როგორც წესი, აჩვენებენ ყველა ტბას, ტბორებსა და სხვა წყალსატევებს, რომლებიც გამოისახებიან რუკის მასშტაბში, მათი წყლის ხარისხის მახასიათებლების ჩვენებით. სანაპირო ხაზი შეესატყვისება წყალმცირობის უმცირესი წყლის დონეს, ე.ი. პერიოდს, როცა ამ ობიექტების საზღვრობა ხდება მხოლოდ მიწისქვეშა წყაროების ხარჯზე. მშრალ და უდაბნო რაიონებში გამოისახება ყველა მტკნარი ტბა, მათი ზომებისგან დამოუკიდებლად.

მდინარეების, ნაკადულების, სამდინარო ქსელის ელემენტების ჩვენება ხდება ნაკადის მუდმივობის, მიწისქვეშა, დაკარგული მონაკვეთებისა და სხვა ჩვენებით. დაიტანება ჩანჩქერები, ჭორომები, ფონები და სხვა ელემენტები, რომლებიც ახასიათებენ ნაოსნობის პირობებს. *წყაროები, მინერალური და ცხელი წყლები* ხასიათდებიან წყლის შემადგენლობით. მდინარეებისა და არხების გამოსახულებას თან ახლავს მათი სივანის, სიღრმის, ნაკადის სიჩქარისა და მიმართულების მაჩვენებელი, წყლის დონის ნიშნულები. დონეთა ნიშნულების წარწერა ხდება მსხვილ წყალსატევებზე სანაპირო ხაზთან.

ჰიდროგრაფიის ობიექტებთან მჭიდრო კავშირშია სხვადასხვა სახის ჰიდროტექნიკური ნაგებობები და წყლის ტრანსპორტის ობიექტები: ხიდები და გადასასვლელები, კაშხალები, ნაფსაყუდლები, ნაფმისადგომები და სხვა. ნაჩვენებია ასევე წყალსადენები და წყალმომარაგების სხვა ობიექტები.

ჭებს, როგორც წესი, აჩვენებენ მხოლოდ დასახლებული პუნქტების გარეთ. ჭის გრაფიკულ ნიშანს ემატება წყლის ხარისხიანობის, სიღრმისა და სხვა თვისებების მარკვინებელი შემოკლებით. განსაკუთრებით გამოიყოფა არტეზიული ჭები.

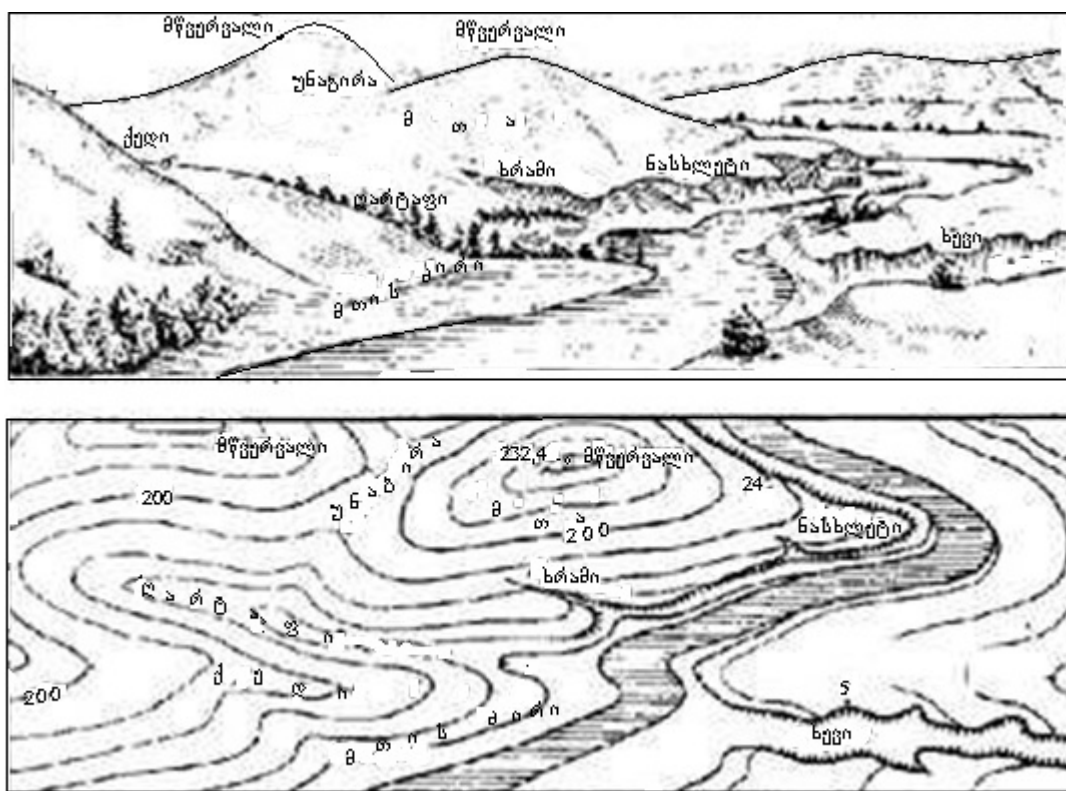
ზღვებს, ტბებს, მდინარეებს, არხებს აქვთ წარწერები – გეოგრაფიული სახელწოდებები. წარწერების შრიფტული თავისებურებები ხაზს უსვამენ ობიექტის სახეს მის ზომას, სატრანსპორტო მნიშვნელობას (მაგალითად, სანაოსნო მდინარეები და არხები ასომთავრულით, არასანაოსნო – ჩვეულებრივით).

§VI. 13. რელიეფის გამოსახვა

ტოპოგრაფიულ რუკებზე რელიეფის გამოსახვა სრულყოფილ და დაწვრილებით წარმოდგენას იძლევა დედამიწის ზედაპირის უსწორმასწორობაზე, მათ ფორმებსა (როგორც ბუნებრივ, ისე ხელოვნურ) და ურთიერთმდებარეობაზე, ამალეებზე და ადგილის წერტილების აბსოლუტურ სიმაღლეებზე, ფერდობების მეტწილ დახრაზე და სიგრძეზე. განასხვავებენ რელიეფის დადებით და უარყოფითი ფორმებს.

რელიეფის დადებითი ფორმებია - ბორცვი, მთა, ქედი. ისინი გარემოს ადგილმდებარეობაზე მაღლა მდებარეობენ,

რელიეფის უარყოფითი ფორმებია - ქვაბული, ხეობა, ხრამი, ხევი, ფლატე, ღარტაფი, უნაგირა, რომლებიც ჰორიზონტის სიბრტყეზე დაბლა მდებარეობენ. ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობის შედეგად წარმოშობილ რელიეფის ფორმებს ეკუთვნის ყორღანი, ორმო, გზისპირა ნაყარი და თხრილი, ველებზე მიწის სამაგრი ყრილები და რელიეფის სხვა ხელოვნური ფორმები.



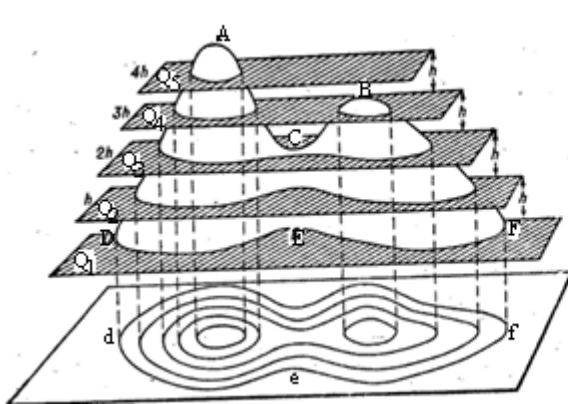
ნახ. VI. 22. რელიეფის ელემენტები (ა) და მათი გამოსახულება რუკაზე (ბ)

რელიეფის ცალკეული ფორმების ძირითადი ელემენტებია – ფუძე, ფერდობი, ბორცვის ან მთის მწვერვალი; ქვაბულის ფსკერი, წარბა და ქვაბულის ან ხეობის ფერდობი, მდინარის ხეობის კალაპოტი, ჭალა, ტერასა და სხვა. რელიეფის მახასიათებელ ხაზებს,

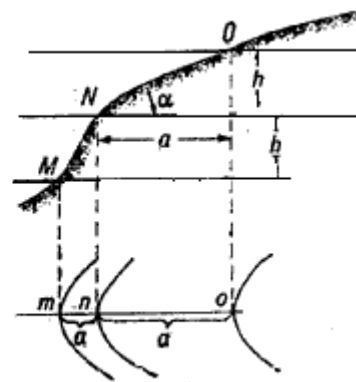
რომლებიც შეიძლება წარმოსახვით ან გრაფიკულად გავატაროთ რელიეფის ცალკეულ ფორმებზე ან მათ ერთიანობაზე, განეკუთვნებიან: *წყალგამყოფი* (ორ სხვადასხვა მხარეს მიმართულ ფერდობებს შორის ატმოსფერული ნალექების ჩამონადენის გამანაწილებელი ხაზი), *ტალვეგი* (მდინარის ხეობის, ხევის, სრამის ფსკერის ყველაზე დაბალი წერტილების შემაერთებელი ხაზი). ტალვეგი განსაზღვრავს არსებული ან მოსალოდნელი წყლის ნაკადის მიმართულებას, საიდანაცაა მისი მეორე სახელწოდება – *წყალსადინარის ხაზი*.

რუკაზე წყალგამყოფებისა და ტალვეგების ერთიანობა, იძლევა წვრილმანი დეტალებისაგან განთავისუფლებულ რელიეფის გამოსახულებას (რელიეფის ჩონჩხს), რომელიც რელიეფის ფორმების ურთიერთმდებარეობის თავისებურებებს, მათ სივრცობრივ განფენილობას, დანაწევრების ხარისხს უფრო თვალსაჩინოს ხდის, ამიტომ ამ ხაზებს *ჩონჩხის* ან *ოროგრაფიულ* ხაზებსაც უწოდებენ (ნახ. VI.22).

თანამედროვე ტოპოგრაფიულ რუკებზე ადგილმდებარეობის რელიეფი გამოისახება *ჰორიზონტალებით* (*იზოგიფსებით*), რომელიც მახასიათებელი ფორმების პირობითი ნიშნების შესამებით სრულყოფილად გადმოსცემს დედამიწის ზედაპირის უსწორმასწორობის მოდელირებულ სახეს (ნახ. VI.23).



ნახ. VI. 23. რელიეფის ჰორიზონტალებით გამოსახვის არსი



ნახ. VI. 24. ფერდობის პროფილი

რელიეფის გამოსახულობას ავსებს ადგილმდებარეობის მახასიათებელი წერტილების აბსოლუტური სიმაღლეების ნიშნულების, ჰორიზონტალების, რელიეფის ცალკეული ფორმების ზომებისა და ფერდობების მიმართულებათა მაჩვენებლები.

ჰორიზონტალი შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც დედამიწის უსწორმასწორობის ურთიერთ პარალელური დონებრივი ზედაპირებით (ნახ. VI.23 Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 ზედაპირები) კვეთის კვალი, რომლის ყველა წერტილი საწყისი დონებრივი ზედაპირიდან ერთ სიმაღლეზე მდებარეობს. ნახაზზე მოცემულია ორი ახლომდებარე ბორცვი A და B მწვერვალებით, C მათ შორის უნაგირათი და D, E, F ფუძის ხაზით, რომლის გამოსახულებას გეგმაზე წარმოადგენს შეკრული d, e, f ხაზი. თუ მივიღებთ, რომ ფუძის ხაზი წარმოადგენს მოცემული ნახაზისთვის საწყის დონებრივ ზედაპირს $H_{საწყ}$ აბსოლუტური სიმაღლით, მაშინ ამ ხაზის გამოსახულება გეგმაზე იქნება ჰორიზონტალი, რომლის ყველა წერტილს ექნება $H_{საწყ}$ სიმაღლე. თუ საწყისი სიმაღლიდან რომელიღაც h_1 სიმაღლეზე გავატარებთ საწყისი დონებრივი ზედაპირის პარალელურ მკვეთ $h_1 - h_1$ სიბრტყეს (ნახაზზე Q_1 სიბრტყე) და დავაგეგმილებთ მას შევუღლი ხაზებით, მივიღებთ ბორცვის პირველი ჰორიზონტალის გამოსახულებას სიბრტყეზე (რუკაზე), რომლის ყველა წერტილს ექნება h_1 სიმაღლე. ასეთივე ხერხით შეგვიძლია მივიღოთ რუკაზე სხვა, h_2, h_3, h_4 და ა.შ. სიმაღლეებზე გატარებული Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 კვეთების გამოსახულებები. შედეგად რუკაზე მიიღება ბორცვების გამოსახულება ჰორიზონტალებით. ამასთან, პირველი სამი ჰორიზონტალი მოიცავს ორივე ბორცვს, ბოლოსწინა ბორცვის თითოეულ მწვერვალს ცალ-ცალკე, ხოლო ბოლო ჰორიზონტალი მხოლოდ მარცხენას. როგორც ნახაზიდან

ჩანს, მარცხენა A მწვერვალი რამდენადმე მაღალია h_4 -ზე, ხოლო მარჯვენა B - h_3 -ზე. პირველი მწვერვალისკენ აღმართული h_1A ფერდობი უფრო დაქანებულია ვიდრე მეორე, h_1B . ამიტომ ჰორიზონტალები რუკაზე პირველ შემთხვევაში განლაგებულნი არიან ერთმანეთთან უფრო ახლოს, ვიდრე მეორეში. ნახაზიდან ჩანს, რომ რელიეფის ჰორიზონტალებით გამოსახვის მეთოდი საშუალებას იძლევა არა მარტო სწორად გამოვსახოთ რელიეფის ფორმები, არამედ განვსაზღვროთ დედამიწის ზედაპირის ცალკეული წერტილების სიმაღლეები რელიეფის კვეთის სიმაღლისა და ფერდობის დახრის მიხედვით.

ორი მეზობელი მკვეთი ზედაპირების სიმაღლეებს შორის სხვაობას რელიეფის კვეთის სიმაღლე ეწოდება და რუკაზე გამოსახება ორი მეზობელი ჰორიზონტალების სიმაღლეებს შორის სხვაობით. როგორც წესი, რუკის ფურცლის საზღვრებში რელიეფის კვეთის სიმაღლე მუდმივია.

ნახ. VI. 24 -ზე ნაჩვენებია ფერდობის ვერტიკალური ჭრილი (პროფილი), სადაც MNO წერტილებზე გატარებულია დონებრივი ზედაპირები, ერთმანეთისაგან რელიეფის კვეთის სიმაღლის ტოლი მანძილებით. ქანობის ზედაპირის გადაკვეთისას ისინი წარმოშობენ მრუდეებს, რომელთა ორთოგონალური პროექცია ჰორიზონტალების სახით ნაჩვენებია ნახაზის ქვედა ნაწილში. მანძილები ჰორიზონტალებს შორის mn და no ქანობების MN და NO მონაკვეთების პროექციებია და მათ ჰორიზონტალების ქვედებულები ეწოდება.

რელიეფის ჰორიზონტალებით გამოსახვისას კვეთის სიმაღლის შერჩევა დამოკიდებულია მასშტაბზე და ადგილმდებარეობის დახრილობის სიდიდეზე. ასე მაგალითად, 6° - მდე დახრისას 1:10 000 მასშტაბის რუკებზე რელიეფის კვეთა უმჯობესია მოხდეს ყოველ 2,5 მ, 1:25 000 5 მ, 1:50 000 10 მ და 1:100 000 20 მ-ზე. მთიანი და მთისწინა უბნების გამოსახვისას 1:10 000 მასშტაბის რუკებზე და მაღალმთიან ტერიტორიების სხვა მასშტაბებზე რელიეფის კვეთის სიმაღლე ორმაგდება.

რელიეფის კვეთის დადგენილ სიმაღლეზე გატარებულ ჰორიზონტალებს ძირითადი ანუ უწყვეტი ეწოდება (გამოსახება უწყვეტი ხაზით). მათი სიმაღლე ყოველთვის რელიეფის კვეთის სიმაღლის ჯერადია. მაგალითად, 2,5 მ კვეთისას ჰორიზონტალების სიმაღლეები ღებულობენ მნიშვნელობებს 2,5; 5; 7,5; 10 და ა. შ. 5 მ-სას – შესაბამისად 5; 10; 15 მ და ა. შ. იმ შემთხვევაში, როცა რელიეფის უმნიშვნელოვანესი წერილმანი ვერ გამოიხატება ძირითადი ჰორიზონტალებით ატარებენ ე. წ. ნახევარ ჰორიზონტალებს ძირითადი კვეთის ნახევარის ტოლი მანძილით, ასევე დამხმარე ჰორიზონტალებს რელიეფის მახასიათებელი თვისებების უკეთესად გამოსახსახავად აუცილებელ სიმაღლეზე, ძირითადად კვეთის ერთი მეოთხედის ტოლ მანძილზე (ნახ. VI. 22). ძირითადად დამატებული ჰორიზონტალები გამოიხატება შტრიხის სხვადასხვა სიგრძის მქონე წყვეტილი ხაზებით. ჰორიზონტალების დათვლის გამარტივების მიზნით ნულოვანი ნიშნულიდან დაწყებული ყოველი მეხუთე ჰორიზონტალი გამსხვილებულია 5; 10; 20; 40 მ კვეთისას და ყოველი მეათე, როცა კვეთა 2,5 მ-ია.

ჰორიზონტალებით კარგად გამოსახება დაურღვეველი ამოწეული ფერდობები, რომელთა დახრის კუთხე არ აღემატება 40°. დიდი დახრის მქონე ფერდობებზე ჰორიზონტალები ერთმანეთს ედება, მათი გამოხაზვა შესაძლებელია პუნქტირით გამსხვილებულ ჰორიზონტალებს შორის მათი რიცხვის შემცირებით. მეტი თვალსაჩინოებისათვის ჰორიზონტალების გამოსახულებას თან ახლავს დახრის მაჩვენებლები (ბერგ შტრიხები, იგივე კვესურები) - მათკენ შვეულად დაშვებული მოკლე ხაზები, რომელთა თავისუფალი ბოლო მიმართულია ფერდობის დახრისკენ (ნახ. VI. 22-ზე ბერგ შტრიხები ნაჩვენებია მთისა და ქვაბულის გამოსახულებებზე)

დარღვეული, გაშიშვლებული ფერდობები და რელიეფის ზოგიერთი ფორმები (მაგალითად, ხეები) ჰორიზონტალებით ცუდად გამოიხატებიან, ამიტომ მათ გამოსახსახავად გამოიყენებენ განსაკუთრებულ პირობით აღნიშვნებს.

თვალსაჩინოების ამაღლების მიზნით ჰორიზონტალები და რელიეფის სხვა ბუნებრივი ფორმები იბეჭდება ყავისფერად. გამონაკლისს წარმოადგენენ ადგილმდებარეობის საერთო ფონიდან გამორჩეული ქვები-ორიენტირები, ჭიუხები და ქვების გროვები. ისინი და რელიეფის ხელოვნური ფორმები შავი ფერით გამოიხატებიან.

1:500 000 და 1:1000 000 მასშტაბის რუკებზე რელიეფის გამოსახვას არ ყოფნის თვალსაჩინოება, ამიტომ მათი შევსება ხდება ე.წ. *მორეცხვით* – ფერდობების უსწორმასწორობათა რუხ-ყავისფერად შეფერადებით. იღებება უბნები, რომლებიც დარჩებოდნენ ჩრდილში ადგილის განათების განსაზღვრული მიმართულებისას. ტოპოგრაფიული რუკებისათვის ასეთი განათების ძირითად მიმართულებად ითვლება ჩრდილო-დასავლეთი, რომლის დროსაც იმუქება სამხრეთისა და აღმოსავლეთის ფერდობები. მთიანი რელიეფის გამოსახულება ივსება ასევე სიმაღლური ფენების შედეგით (ფენობრივი შედეგით), რომლის შედეგად ყოველი მომდევნო ფენა (მეზობელ ჰორიზონტალებს შორის მონაკვეთი) იღებება უფრო გაჯერებულ ნარინჯისფერად, ვიდრე წინამდებარე. რელიეფის გამოსახვის ასეთ ხერხს *ჰიფსომეტრიული* ეწოდება.

აღწერილ ხერხებთან ერთად გამოიყენება აგრეთვე *ციფრული აღნიშვნები*: ადგილის მახასიათებელი წერტილების (მწვერვალები, უნაგირები, ფერდობების გადაღუნვის ადგილები, ქვაბულების ფსკერი და სხვ.) აბსოლუტური ნიშნულები. დარტაფების, ხევების ფერდობების, ყორღანების ქვაბულების, თხრილების, ნაყარების და სხვ. ფარდობითი სიმაღლეები; იწერება ჰორიზონტალების მნიშვნელობები. მათი სიმაღლის ნიშნულები განთავსდებიან იმდაგვარად, რომ ციფრის ზედა მიმართული იყოს ფერდობის ამალეებისკენ, ასე რომ ისინი შეიძლება რელიეფის სიმაღლის ცვლილების მიმართულების აღმნიშვნელიც იყვნენ.

§VI.14. მცენარეული საფარისა და გრუნტის გამოსახვა

მცენარეულობა და გრუნტი – ადგილმდებარეობის ისეთი ელემენტებია, რომლებიც მნიშვნელოვნად განსაზღვრავენ მასზე თავისუფალი გადაადგილების შესაძლებლობასა და სამეურნეო გამოყენებას, მიმოხილვის პირობებს (ადგილის დათვალიერება).

რუკებზე გამოსახული *მცენარეულობა* იყოფა ბუნებრივ (ხე-მცენარეები, ბუჩქნარი, ბალახეული და სხვ.) და კულტურულად (პარკები, ბაღები, ხილ-კენკროვნები, ვენახი, ტექნიკური კულტურები და სხვ.).

ხე-მცენარეები იყოფა ხეების ჯიშისა და სიმაღლის მიხედვით. ტყით დაკავებულ უბნებზე მიეთითება ძირითადი ჯიშები, ხეების საშუალო სიმაღლე და დიამეტრი, მანძილი მათ შორის. მსხვილ მასივებში აჩვენებენ ნაკაფებს.

ბალახეულს აჩვენებენ ცალკეულ უბნებზე, რომლებსთვისაც ის ადგილის, მისი ლანდშაფტური თავისებურების ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია (საძოვრების, სტეპის, ხავსი ტუნდრის ზონაში და სხვ.).

გრუნტის გამოსახვისას გამოყოფენ უბნებს მკვეთრად გამორჩეული ზედაპირით: მყარი, ფხვიერი გრუნტები, უბნები მიკროფორმებით, მცენარეულობისა და ზედაპირის გამორჩეული თავისებურებებით (დანაპრალებური, ამობურცული და სხვ.). გრუნტის ცალკეული სახეები გამოისახებიან უფრო დანაწილებური კლასიფიკაციით.

რამდენადმე განცალკევებულ ჯგუფებს წარმოადგენენ *ჭაობები* და *მლაშობები*, რაც მათი წარმოშობის თავისებურებებთანაა დაკავშირებული. ჭაობებისა და მლაშობების მახა-სიათებლები გამოსახავენ ადგილის გასავლიანობის ხარისხს. ჭაობებს მიეთითება მცენარეულობის სახე და სიღრმე გაზომვის ადგილებში.

მცენარეულობისა და გრუნტების არსებითი თავისებურებაა მათი მნიშვნელოვანი სივრცობრივი განფენილობა, რაც განსაზღვრავს მათთვის რუკაზე ფართობული პირობითი ნიშნების გამოყენების შესაძლებლობას. შემავსებელ ელემენტებად გამოიყენება სხვადა-სხვა გრაფიკული ანაგებები (წერტილოვანი, ხაზოვანი და სხვ.). რუკის თვალსაჩინოებას აუმჯობესებს პირობითი აღნიშვნების ფერადი განსხვავებები: უბნები მწვანედ შეღებილი ხე-მცენარეული საფარით, ჭაობებისა და მლაშობების ნიშნები გამოისახება ლურჯ ფერებში, გრუნტები – ყავისფერში და ნარინჯისფერში (ტაკირები)

ობიექტებისათვის, რომლებიც არ გამოისახებიან რუკის მასშტაბში, მაგრამ ადგილმდებარეობის დახასიათებისათვის მნიშვნელოვანია, გამოიყენება მაშტაბგარე (ცალკეული ხის ან ხეთა ჯგუფის, ბუჩქის და სხვ. გამოსახულება) ან ხაზოვანი (მაგ. ტყის ვიწრო ზოლის გამოსახულება).

§VI.15. საზღვრებისა და ღობეების გამოსახვა

რუკებზე საჩვენებელია სახელმწიფო საზღვრები, ავტონომიური რესპუბლიკებისა და მხარეების ადმინისტრაციული საზღვრები. მსხვილმასშტაბიან რუკებზე უჩვენებენ ასევე ადმინისტრაციული რაიონების, საქალაქო მიწებისა და სხვა მიწათსარგებლობის საზღვრებს.

სხვადასხვა სახის ზღუდეები გამოისახება კონსტრუქციული თავისებურებებისა და მასალის ჩვენებით (მაგ., ქვისა და რკინის გალავნები, ხის ღობე).

ამ ჯგუფის ობიექტების საჩვენებლად გამოიყენება განსაზღვრული ნახატის ხაზოვანი პირობითი აღნიშვნები, რომლებსაც საფუძვლად უდევთ შტრიხული და წერტილოვანი ელემენტები, მათი შეთავსება.

§VI.16. საყრდენი ბეოღეზიური პუნქტების ბამოსახვა

რუკებზე საჩვენებელ პუნქტებში შედის ადგილზე მყარად დამაგრებული *ბეოღეზიური ქსელის პუნქტები*, რომლებიც დაიტანება მაქსიმალური სიზუსტით.

რუკებზე საყრდენი პუნქტების კლასიფიკაციის გადმოცემა ხდება მათი სახეების (ტრიანგულაციის, „GPS“-ის, პოლიგონომეტრიის, ასტრონომიული და ნიველირების პუნქტები) და დამაგრების ხერხის (რეპერები გრუნტის, კედლის, დროებითი და სხვ.). გათვალისწინებულია ყორღანებზე, ბორცვებზე, ნაგებობათა კედლებზე მდებარე პუნქტების ჩვენება. საყრდენ პუნქტებს აჩვენებენ მასშტაბგარე პირობითი აღნიშვნებით, რომელთა გვერდით იწერება პუნქტების ცენტრებისა და მიწის ზედაპირის აბსოლუტური ნიშნულები, ასევე საკუთარი სახელები.

§VI.17. შეღვის ტოპოგრაფიული რუკები

შეღვის ტოპოგრაფიული რუკები ხმელეთის ტოპოგრაფიული რუკების გაგრძელებას წარმოადგენენ. მათზე დაწვრილებით გამოისახება სანაპირო ზონის, ფსკერის, ზღვებისა და ოკეანეების სანაპიროს მიმდებარე თხელწყლიანი ზოლის დამფარავი წყლების ლანდშაფტის მახასიათებელი თავისებურებები და სამეურნეო ათვისების შედეგები. ამ რუკებზე წაყენებული მოთხოვნებიდან გამომდინარე მათი განსაზღვრება შეიძლება ასე ჩამოვყალიბოთ – ესაა სანაპირო ზონის ფსკერის, ზღვებისა და ოკეანეების სანაპიროს მიმდებარე შეღვის დამფარავი წყლების დაწვრილებითი რუკა, რომელიც საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ წერტილების როგორც გეგმიური, ისე სიმაღლური მდებარეობა.

შეღვის ტოპოგრაფიული რუკების შექმნისას მათი შინაარსის, გაფორმებისა და სიზუსტის მიხედვით შეთანხმება ხმელეთის რუკებთან ერთ-ერთი ძირითადი პირობაა. ისინი ასევე შეთანხმებული უნდა იყვნენ საზღვაო სანავიგაციო რუკებთან, რაც ორივე სახის რუკების ერთიანი გამოყენების საშუალებას იძლევა. ყოფილ საბჭოთა კავშირში შეღვის რუკებისათვის გამოიყენებოდა გაუსის (ტოლკუთხა განივცილინდრული) პროექცია მათ აქვთ კოორდინატთა და სიმაღლეების ერთიანი სისტემა, ფურცლების დაგრაფვა და ნომენკლატურა. თანამედროვე პირობებში ასეთი რუკებისათვის გამოიყენება მერკატორის განივცილინდრული უნივერსალური პროექცია (UTM).

შეღვის რუკებისა და გეგმების მასშტაბური რიგია 1:2000 - 1:1000 000.

შეღვის ტოპოგრაფიული რუკების აუცილებლობა დღის წესრიგში შეღვზე სასარგებლო წიაღისეულის ძიების, დაზვერვისა და ექსპლუატაციის ინტენსიურმა განვითარებამ დააყენა. მათზე დიდია მოთხოვნა ასევე წყალქვეშ ზღვის მცენარეულობისა და ცოცხალი ორგანიზმების მოსაშენებელი სამრეწველო პლანტაციების შექმნასა და ექსპლოატაციასთან დაკავშირებით და სხვ. იქმნება აუცილებლობა რუკების ჩართვისა შეღვის დაზვერილი სიმიდრეების პროექტირების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციისას, ერთი მხრივ სანაპირო ზოლში სხვადასხვა ჰიდროტექნიკური ნაგებობების აგებისას, და, მეორე მხრივ, სანაპიროების დაცვისას ადამიანის აქტიური მოღვაწეობის შედეგად ბუნებრივი წონასწორობის დარღვევით გამოწვეული ნგრევისგან. შეღვის დაწვრილებითი რუკები აუცილებელია ასევე აკვატორიისა და სანაპირო ზოლის ბუნებრივი რესურსების გამოყენების მიზნით სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების ჩატარებისას.

რუკების შინაარსი შედგება: საყრდენი პუნქტების, ფურცლის ფარგლებში სანაპირო ზოლისა და ხმელეთის, ფსკერის რელიეფისა და გრუნტების (ფსკერული დანალექები), ფსკერული მცენარეულობისა და ცხოველების (ბენტოსის) მახასიათებლებისაგან. აჩვენებენ აგრეთვე სხვადასხვა სახის საინჟინრო-ტექნიკური ნაგებობებს, ჰიდროლოგიის ელემენტებს (მიქცევა – მოქცევის ან ადგილობრივი დინებების, მტკნარწყლიანი წყაროების გამოსასვლელებს და სხვ.), საზღვრებს (სახელმწიფო, თევზჭერის ზონების, ზღვის ნაკრძალების და სხვ.) ნავთობის გაზის და სხვ. გამოსასვლელებს.

ჩამოთვლილი ობიექტების გამოსახსახავად გამოიყენება ხმელეთის ტოპოგრაფიული (წყლისზედა ნაწილისათვის) და საზღვაო სანვიგაციო რუკების (წყლის ზედაპირისათვის) პირობითი აღნიშვნები, რომლებსაც აუცილებლობის შემთხვევაში ემატება სპეციალური პირობითი ნიშნები. ფსკერის რელიეფი გამოისახება ჰორიზონტალებით 0,5 მ - დან 100 მ-მდე კვეთის სიმაღლით, ფსკერის დანაწევრებასა და გამოსახულების მასშტაბზე დამოკიდებულებით. დამატებითი ნიშნებით გამოისახება წარბა, შევრილები, ქეები, კლდეები და სხვა ელემენტები, რომლებიც არ გამოისახებიან ჰორიზონტალებით. ფართოდ გამოიყენება ასოითი აღნიშვნები ფსკერული მცენარეულობისა და ცხოველების სახეობითი სხვაობების საჩვენებლად.

კითხვები გამეორებისათვის

1. რა ძირითადი თვისებები უნდა ახასიათებდეს კარტოგრაფიულ გამოსახულებას? დაახასიათეთ ისინი;
2. რა მოთხოვნებია წაყენებული ტოპოგრაფიულ რუკებზე?
3. რა ელემენტები გააჩნია რუკას?
4. რა განმასხვავებელი ნიშნები გააჩნია ტოპოგრაფიულ რუკას?
5. ახსენით ტოპოგრაფიული რუკების მასშტაბური რიგის არსი;
6. ტოპოგრაფიული რუკების გეოდეზიურ საფუძველში შედის...;
7. დაახასიათეთ 1:1000 000 მასშტაბის ტოპოგრაფიულ რუკის პროექცია;
8. რომელ პროექციაში იქმნება 1:500 000 და უფრო მსხვილი მასშტაბის ტოპოგრაფიულ რუკები?
9. როგორ ხდება 1:10 000 და უფრო წვრილი მასშტაბის რუკების შექმნისას დედამიწის ელიფსოიდის პროექტირება? რა არის ზონა?
10. რომელი ფორმულები გამოიყენება ზონის გამმიჯნავი და დერძული მერიდიანების გრძედების გამოსათვლელად?
11. დაახასიათეთ ბრტყელი მართკუთხა კოორდინატთა ზონალური სისტემა;
12. რაში მდგომარეობს კოორდინატთა გარდაქმნის არსი?
13. რა არის გადაფარვის ზოლი?
14. რა არის მერიდიანების გაუსის შეახლოება?
15. ახსენით ტოპოგრაფიული რუკების დაგრაფვისა და ნომენკლატურის არსი;
16. როგორ ხდება 1:500 000 – 1:100 000 მასშტაბის რუკების დაგრაფვა? როგორია მათი ნომენკლატურა?
17. როგორ ხდება 1:50 000 – 1:10 000 მასშტაბის რუკების დაგრაფვა და აღნიშვნა?
18. როგორი დაგრაფვა გამოიყენება 20 კმ²-ზე ნაკლები ფართობის რუკების შექმნისას?
19. როგორ ხდება ტოპოგრაფიული გეგმების დაგრაფვა და აღნიშვნა?
20. რას ეწოდება კარტოგრაფიული პირობითი ნიშნები? მოახდინეთ მათი კლასიფიკაცია;
21. როგორ ხდება ტოპოგრაფიულ რუკებზე რელიეფის გამოსახვა? ახსენით იზოჰიპსების არსი.
22. ახსენით კარტოგრაფიული გენერალიზაციის არსი.

თავი VII. ამოცანების ამოხსნა ტოპოგრაფიული რუკებითა და გეგმებით

§VII.1. რუკებთან და გეგმებთან მუშაობისას გამოსაყენებელი ხელსაწყოები და ნივთები

რუკებთან და გეგმებთან მუშაობისას, მათზე მთელი რიგი ამოცანების ამოხსნენად აუცილებელია სხვადასხვა სახისა და სიროულის ხელსაწყოებითა და ნივთებით სარგებლობა:

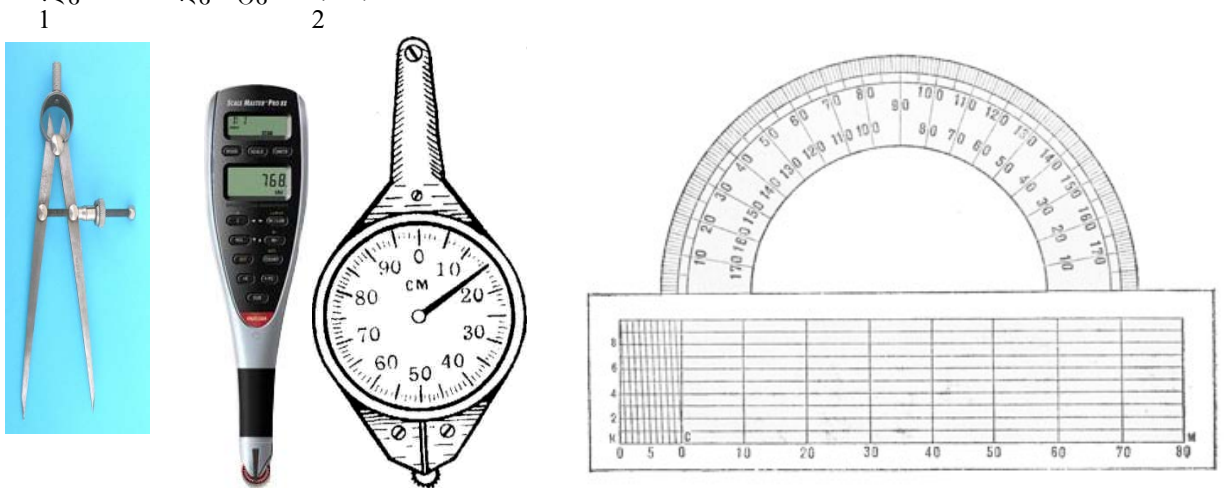
1. მილიმეტრულ დანაყოფებიანი პლასტმასის ან რკინის *სახაზავი* გამოიყენება სწორი ხაზის გასატარებლად, მისი მონაკვეთების გადასატანად ან გასაზომად;

2. *მართკუთხა სახაზავი* გამოიყენება მოცემული მიმართულების პარალელური ან პერპენდიკულარული სწორი ხაზების, გასაღებლად;

3. *ცირკული-მზომი* (ნახ. VII.1, ა) შედგება წვეტებიანი დაბოლოების მქონე ორი ფეხისაგან და სახაზავთან ან განივ მასშტაბთან ერთად გამოიყენება ხაზებზე მონაკვეთების გადასატანად და გასაზომად;

4. *კურვიმეტრი* (ლათ. *curvus*-მრუდი) მექანიკური ან ელექტრონული (ნახ. VII.1) ძირითადად გამოიყენება რუკაზე ან გეგმაზე მრუდი ხაზების გასაზომად. ელექტრონულ კურვიმეტრს RUN-MATE-C-ს (ნახ. VII.1, ბ) გაზომვების შედეგები გამოაქვს თხევად-კრისტალური დისპლეიზე. აქვს გაზომვის მასშტაბები მილებში, საზღვაო მილებში და კილომეტრებში. ხაზის სიგრძის გაზომვის ცდომილება არ აღემატება 0,2%;

მექანიკურ კურვიმეტრს KM (ნახ. VII.1, გ) აქვს მეტრული და დიუმიანი სკალა. გაზომვის ცდომილება არ აღემატება 0,5%;



ნახ. VII.1. რუკებზე გაზომვების ჩასატარებელი ხელსაწყოები. 1 - ცირკული-მზომი; 2 - კურვიმეტრები: ა - ელექტრონული RUN-MATE-C; ბ - მექანიკური KM

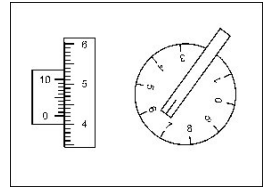
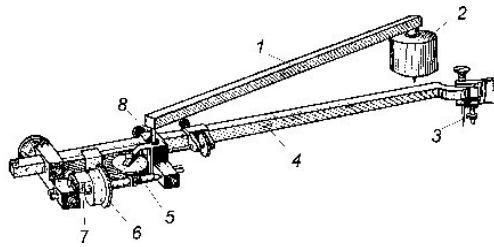
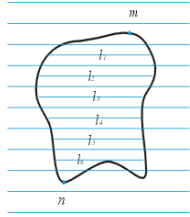
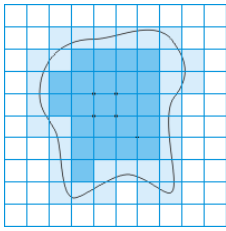
ნახ. VII.1. ტრანსპორტირი განივი მასშტაბით

5. *ტრანსპორტირი* – რუკებზე და გეგმებზე კუთხეების გასაზომი და ასაგები ხელსაწყო (ნახ. VII. 2).

6. *პალეტი* (ფრანგ. *palette*) – განსაზღვრული სიდიდის კვადრატებად გახაზული გამჭვირვალე ფირი ან ქაღალდი, რომელიც გამოიყენება გეგმაზე ან რუკაზე ფართობების გასაზომად (ნახ. VII. 3, ა).

რუკაზე მცირე ფართობების გასაზომად გამოიყენება ასევე ხაზოვანი პალეტი – გამჭვირვალე საფუძველზე 2-5 მმ-ის ინტერვალით გახაზული პარალელური ხაზებით. (ნახ. VII. 3. ბ).

7. *პოლარული პლანიმეტრი* – რუკებზე და გეგმებზე ჩაკეტილი ფიგურების ფართობების გამოსათვლელი მექანიკური ხელსაწყო (ნახ. VII. 4) რომლის ძირითადი ნაწილებია:



ნახ. VII. 3. პალეტი ა - კვადრატული, ბ-ხაზოვანი

ნახ. VII. 4. პოლარული პლანიმეტრი: ა - საერთო ხედი; ბ - ასათველელი მექანიზმი (ანათვალი 6452).

ერთმანეთთან სახსართ 8 შეერთებული საპოლუსო 1 (პლანიმეტრის პოლუსი, ნემსებიანი მასიური ცილინდრით) და შემოსავლები 4 (ბოლოში დამაგრებული სარჭით, ან ლუპით); ბერეკტები, ციფერბლატი - 5, ფორსოს სკალიდან ანათვლის ასაღები ციფერბლატი - 6, ბორბლის ფორსოდან ანათვლის ასაღები ვერნიერი - 7 (ნახ. VII.4 , ა) და ამთველელი (ნახ. VII. 3. ბ.) მოწყობილობა. ანათვალი პლანიმეტრზე შედგება ციფერბლატზე მოცემული ბორბლის მთელი ბრუნვებისა (ნახაზზე - ციფრი 6), ბრუნის მათედი და მესხედი ნაწილების ანათვლისაგან - ვერნიერის შტრიხის ნომრის მიხედვით, რომელიც შეთავსებულია ფორსოს სკალის შტრიხს (ციფრი 2). პირველი პოლარული პლანიმეტრი 1854 წელს გამოიგონა გერმანელმა მეცნიერმა ა. ამსლერმა.

ფართობების გამოსათველელი უფრო ზუსტი ხელსაწყო ელექტრონული პლანიმეტრი (ნახ. VII. 5). რომლის ძირითადი განმასხვავებელი თავისებურებაა მასში ჩამაგრებული კალკულატორი, რომლის დახმარებით ხდება ფართობების გამოთვლა. ამასთან პალეტების გამოყენებისა და ხელით გამოთვლის აუცილებლობა გამორიცხულია. გაზომილი მნიშვნელობა გამოისახება 8 სიმბოლოებიან თხევადკრისტალიან დისპლეიზე. ერთი სიმბოლო შეესაბამება 0,1 სმ² ან 0,01 დიუმ². გაზომვის დიაპაზონია 300 x 300 მმ, ფართობების გაზომვის სიზუსტე $\pm 0,2\%$.

არსებობს პოლარული და საკისრებიანი ელექტრონული პლანიმეტრები. ხელსაწყოები მუშაობენ ბატარების ან ცვლადი დენის ადაპტერებით. პოლარული ტიპის ელექტრონული პლანიმეტრი (ნახ. VII. 5, ა) მარკის მოძრაობას გასაზომი ფართობის საზღვრებში (დიამეტრი 35,6 სმ) ასორციელებს პოლუსის მხარით. როლიკის ტიპის ელექტრონული პლანიმეტრის PLANIX 7 (ნახ. VII. 5, ა) როლიკები უზრუნველყოფენ ჰორიზონტალურ და ვერტიკალური მიმართულებით შეუზღუდავად გადაადგილებას.

ციფრული კლავიატურა იმ სამომხმარებლო მასშტაბის შეყვანის საშუალებას იძლევა, რომელშიც განისაზღვრება ფიგურების ფართობი.

პოლარული ტიპის ელექტრონული პლანიმეტრი PLANIX 5 (ნახ. VII. 14,ა) პოლუსის მხარის დახმარებით ასორციელებს მარკის მოძრაობას განსაზღვრავი ფართობის საზღვრებში (დიამეტრი 35,6 სმ). საკისრებიანი ტიპის ელექტრონულ პლანიმეტრს PLANIX EX 7 (ნახ. 4, ბ) აქვს საკისრები, რომლებიც უზრუნველყოფენ შეუზღუდავ ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ გადაადგილებას. ის საშუალებას იძლევა სწრაფად და ზუსტად გაიზომოს ხაზების სიგრძე, გამოვითვალოთ ფართობები, კოორდინატები, კუთხეები, წრეების რკალები და რადიუსები. კოორდინატების მიღება შესაძლებელია კარტოგრაფიული მასალის რეალური მასშტაბის გათვალისწინებით. გაზომვები შეიძლება ჩატარდეს მილიმეტრებში, სანტიმეტრებში, მეტრებში კილომეტრებსა და ჰექტარებში.

ტრასერზე განთავსებული კლავიატურა და ლილაკები PLANIX EX მართვას მარტივსა და მოსახერხებელს ხდის, კომპიუტერთან მისი მიერთებით კი მივიღებთ კოორდინატების ფაილს, რომელიც შეიძლება გარდავიქმნათ DXF ფორმატის ფაილში (პროგრამის გამოყენებისას). შედეგების დასაბუქლად შეიძლება PLANIX EX - თან უშუალოდ მიერთებული სპეციალური პრინტერის გამოყენება.

კომპასი - ორიენტაციის გაგნებისათვის განკუთვნილი ხელსაწყო, რომელიც პირველად 2 ათასი წლის წინ გამოიგონეს ჩინეთში, მოგვიანებით, XII საუკუნეში კი მისი გამოყენება ევროპაშიც დაიწყო. კომპასი მეტალისაგან დამზადებული მრგვალი კოლოფია, რომლის ცენტრში დამაგრებულია დამაგნიტებული ისარი 1, რომელიც თავისუფლად მოძრაობს ნემსის წვერზე 2. მისი ერთი ბოლო ლურჯად ან შავად არის შეღებილი, მეორე კი წითლად. კოლოფზე 3 დამაგრებულია ჩამკეტი (არიეტირი), რომელიც ისარს აჩერებს. მისი აშვების



ნახ. VII. 5. ელექტრონული პლანიმეტრები
 ა – პოლარული ტიპის PLANIX 5
 ბ – საკისრებიანი ტიპის PLANIX EX 7

ნახ. VII. 6. რუკებისა და გეგმების
 გასაორიენტირებელი ხელსაწყოები ა – კომპასი
 და ბ – ბუსოლი

შემდეგ ისრის ლურჯი მხარე ჩრდილოეთს გვიჩვენებს. კომპასის კოლოფს მიმაგრებულია გრადუსული სკალისა და ქვეყნის მხარეების ასოითი (ჩ – ჩრდილოეთი, ს – სამხრეთი, ა – აღმოსავლეთი, დ – დასავლეთი) აღნიშვნების მქონე რგოლი 6. არსებობს მაგნიტური და ასტრონომიული კომპასი.

ბუსოლი (ფრანგ. *boussole*, კომპასი) – რუკებისა და გეგმების გასაორიენტირებელი ზუსტი კომპასი (ნახ. VII. 6).

ბუსოლის ყუთი თავსდება ფირფიტაზე, რომლის დაცვრებულ გვერდზე დატანილია მილიმეტრული დანაყოფები. ფირფიტაზე ზოგჯერ განათავსებენ წრიულ თარაზოს რომელიც ბუსოლის გრადუსულ - დანაყოფებიანი წრედის პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოსაყვანად გამოიყენება. ფირფიტაზე ზოგჯერ განათავსებენ მრგვალ თარაზოს. მაგნიტური ისარი, რომლის ჩრდილოეთი ბოლო ღურჯი ან ყავისფერია, ხოლო სამხრეთისა კი – ღია ფერის, თავისუფლად დაყენებული მახვილ სადგამზე. ბუსოლის ყუთს გააჩნია არემური, რომლის დახმარებითაც ხელსაწყოს შენახვასა და გადატანისას მაგნიტური ისარი მყარად ებჯინება სარკეს. მაგნიტური ისრის გასაწონასწორებლად მის სამხრეთ ბოლოს დაყენებული აქვს მოძრავი მუფტა.

§VII.2 ტოპოგრაფიული რუკების ანალიზი

ტოპოგრაფიული რუკის ანალიზს ატარებენ საკვლევი ტერიტორიის თავისებურებების, ობიექტებისა და მოვლენების განლაგებისა და ურთიერთკავშირის კანონზომიერებათა, მათი განვითარების, დინამიკის შესწავლის მიზნით. ანალიზი საშუალებას იძლევა სწორად შეირჩეს გამოცემის დროისა და საჭირო მასშტაბის რუკები, გამოყენების მოსალოდნელი მიმართულების გათვალისწინებით: ადგილმდებარეობის წინასწარი გაცნობის ან მისი დეტალური შესწავლისათვის; საველე სამუშაოების გეგმების შედგენის, კვლევა-ძიების მარშრუტების განსაზღვრის, ადგილზე ორიენტირებისა და სხვადასხვა სახის გამოყენებითი ამოცანების საფუძვლად. მათ შორის ლანდშაფტური, ნიადაგის, გეოლოგიური და სხვა რუკების შედგენისას, ბუნებრივი და სოციალურ-ეკონომიკური მოვლენებისა და სხვა სახის მეცნიერული ანალიზისათვის. რუკების შერჩევას თან ახლავს მათი კონკრეტული სამუშაოებისათვის ვარჯისიანობის ხარისხის შეფასება იმ მონაცემების სიზუსტისა და დაწვრილობითობის თვალსაზრისით, რომელიც უნდა მიიღონ რუკიდან აუცილებელი მონაცემების მიღების შრომატევადობებით. ამასთან, გასათვალისწინებელია, რომ მასშტაბის გამსხვილებით ერთი და იგივე ტერიტორიისათვის ფურცლების რაოდენობა მატულობს, კლებულობს ტერიტორიის მიმოხილვის სიდიდე, რთულდება სივრცობრივად გაჭიმული ობიექტებისა და მოვლენების თავისებურების დადგენის პირობები, მათი განვითარების კანონზომიერების შესწავლა და სხვა. მაგრამ მიღებული ინფორმაციის სიზუსტე და დაწვრილობითობა მატულობს. ადგილმდებარეობის თანამედროვე მდგომარეობისა და იქ მიმდინარე პროცესების შესწავლა მოითხოვს დაგეგმილი სამუშაოების თანადროული გამოცემის რუკებს. რუკების გამოცემის თარიღი გარკვეულწილად განსაზღვრავს მათ შესატყვისობას შესასწავლი ტერიტორიის თანამედროვე მდგომარეობასთან, განსაკუთრებით ეკონომიკურად ინტენსიური განვითარების რაიონებში. ერთი და იგივე ტერიტორიის სხვადასხვა დროს გამოცემული რუკების შედარებით შეგვიძლია შევისწავლოთ

გეოგრაფიული მოვლენების დინამიკა. გაზომვებთან დაკავშირებული ამოცანების გადაწყვეტა აუცილებელია ახალი ან კარგად შენახული მსხვილმასშტაბიანი რუკებით.

არსებობს ანალიზის შემდეგი სახეები: ვიზუალური, გრაფიკული, კარტომეტრიული და მათემატიკურ-სტატისტიკური. განვიხილოთ თითოეული მათგანი.

ვიზუალური ანალიზი დაფუძნებულია რუკაზე გამოსახული ადგილის ელემენტების მხედველობით აღქმაზე, მათი ურთიერთშედარებაზე ფორმის, ზომების, სტრუქტურის, გავრცელებისა და სხვ. მიხედვით. მას ხშირად თან ახლავს მანძილების, ფართობების, კუთხური სიდიდეების თვალზომური შეფასება.

გრაფიკული ანალიზი ითვალისწინებს რუკებზე ადგილმდებარეობის პროფილების, ოროგრაფიული სქემებისა და სხვა აგებას.

კარტომეტრიული ანალიზის დროს რუკაზე სხვადასხვა სახის გაზომვების ჩატარების საფუძველზე ხდება ხაზების სიგრძეების, წერტილების სიმაღლეების, ფართობების, კუთხეებისა და სხვა მონაცემების განსაზღვრა.

მათემატიკურ-კარტომეტრიული ანალიზის დახმარებით ხდება ობიექტების განვრცობის რიცხობრივი მაჩვენებლების, მათ შორის კავშირების, სხვადასხვა ფაქტორების გავლენის ხარისხის დადგენა; მიიღება ტოპოგრაფიული ზედაპირის მათემატიკური აღწერა, რომლის საფუძველზე ხდება ადგილმდებარეობის მათემატიკური მოდელის შექმნა, რომელიც სულ უფრო ფართო გავრცელებას პოულობს სხვადასხვა სახის საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტისას. ამ მეთოდების დანერგვა საშუალებას იძლევა რუკების გამოყენებით შესრულებული ანალიტიკური და საპროექტო სამუშაოების მნიშვნელოვანი ნაწილის ელექტრონულ-გამომთვლელ მანქანებზე დაკისრება.

§VII.3. მანძილების გაზომვა

რუკაზე მონაკვეთის l სიგრძის გაზომვისას ხდება დედამიწის ზედაპირზე ამ მონაკვეთის შესაბამისი ხაზის s პორიზონტალური ქვედებულის განსაზღვრა. ფორმულების (II. 2) და (II. 3) საფუძველზე მათ შორის კავშირი გამოისახება შემდეგი თანაფარდობით:

$$s=l:M \text{ ან } s=lm \quad \text{VII.1}$$

მასშტაბის სახეებია:

1. *რიცხვითი მასშტაბი* (ნახ.VII.7, ა). გამოისახება შემცირების ხარისხის მაჩვენებელი m ციფრის შებრუნებული სიდიდით: (მაგ., 1:100 000)

2. *სახელობითი მასშტაბი* (ნახ. VII. 7, ბ). უჩვენებს ურთიერთშესაბამისი მონაკვეთების სახელობით მნიშვნელობებს რუკაზე და ადგილზე (მაგ., 1 სანტიმეტრში 1 კმ)

3. *გრაფიკული მასშტაბი* – რიცხვითი მასშტაბის გრაფიკული გამოსახულებაა და გამოიყენება რუკაზე ხაზების სიგრძის გადასაყვანად ადგილზე მის შესაბამის მანძილად. გრაფიკული მასშტაბი შეიძლება იყოს *ხაზოვანი* და *განივი*.

ხაზოვანი მასშტაბი – წარმოადგენს ტოლ ნაწილებად დაყოფილ სწორ ხაზს, რომელზეც წარწერილია მათი ადგილზე შესაბამისი მნიშვნელობები (ნახ. VII. 7, გ).

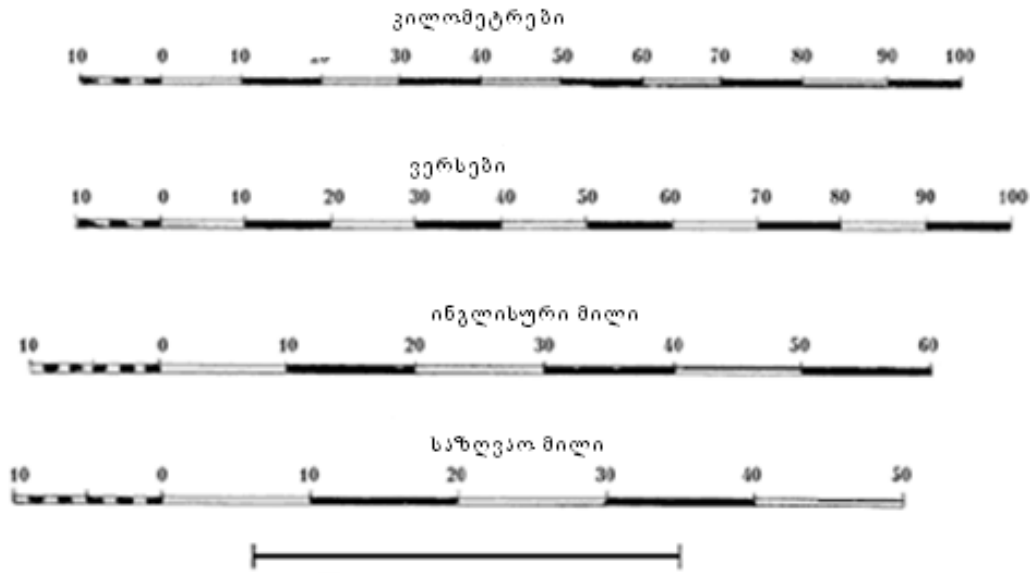
ხაზის დანაყოფის სიდიდის მაჩვენებელ მონაკვეთებს *მასშტაბის ფუძე* q ეწოდება. რუკაზე მონაკვეთების სიგრძის მეტი სიზუსტით განსაზღვრის მიზნით მარცხენა განაპირა ფუძეს ყოფენ უფრო მცირე ნაწილებად, *მასშტაბის q უმცირეს დანაყოფებად*, (q შეიძლება ტოლი იყოს 1/5, 1/10 ან 1/20 q -ს)

გასაზომი მონაკვეთის სიგრძე *ხაზოვანი მასშტაბის დანაყოფებში* გამოისახება შემდეგნაირად

$$l = n_q + n_{q'} \quad \text{VII.2}$$

ა) 1:100 000;

ბ) 1 სანტიმეტრში 1 კმ;



რუკაზე გაზომილია ასეთი მონაკვეთი

ნახ. VII. 7. მასშტაბის სახეები ა – რიცხვითი; ბ – სახელობითი; გ – ხაზოვანი (სხვადასხვა საზომ ერთეულებში)

სადაც n_q და n_q – q ფუძისა და q' უმცირესი დანაყოფების რაოდენობაა.

l – ის რუკის მასშტაბში გამოსახვისას წინასწარ უნდა დაეადგინოთ ხაზოვანი მასშტაბის ფუძის ფასი c_q და q' უმცირესი დანაყოფების ფასი. ფუძის ფასის ქვეშ იგულისხმება ერთი ფუძის სიდიდის შესაბამისი მეტრების (კილომეტრების) რაოდენობა ადგილზე, ანალოგიურად ხდება უმცირესი დანაყოფის ფასის ფორმულირება. თუ ხაზოვანი მასშტაბის ფუძედ მიღებულია 1სმ სიგრძის მონაკვეთი და l გამოსახულია სანტიმეტრებში, მაშინ $c_q = m$, ხოლო ფორმულა (IV.1) მიიღებს სახეს

$$s = l c_q \quad \text{VII.3}$$

(VII.3) გამოსახულება სწორია თუ ხაზოვანი მასშტაბის ფუძეს აქვს 2 და მეტი სანტიმეტრის სიგრძე; ამასთან, l უნდა იყოს გამოსახული (VII.2) მასშტაბის დანაყოფებში. რადგანაც q და q' -ს აქვს დანაყოფის სხვადასხვა ფასი, $s = l c_q$

$$s = n_q c_q + n_{q'} c_{q'} \quad \text{VII.4}$$

თუ ხაზოვანი მასშტაბის ფუძე მონაკვეთია

$$s = (n_q + n_{1/10} q) c_q \quad \text{VII.5}$$

მაგალითი. 1:25000 მასშტაბის ტოპოგრაფიულ რუკაზე აბ მონაკვეთის გაზომვისას დადგენილია $q=1$ სმ, $n_q=5$, $n_q=2$, $n_{1/10} q=0,4$, $c_q=250$, $c_{q'}=25$ მ.

მაშინ (VII.4) და (VII.5) ფორმულების მიხედვით

$$s = 5 \cdot 250 \text{ მ} + 2 \cdot 25 \text{ მ} = 1300 \text{ მ}$$

ან

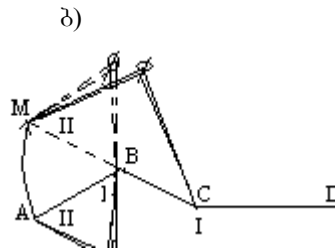
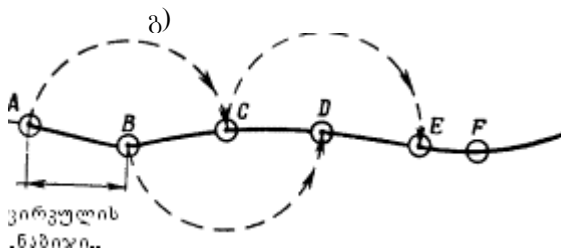
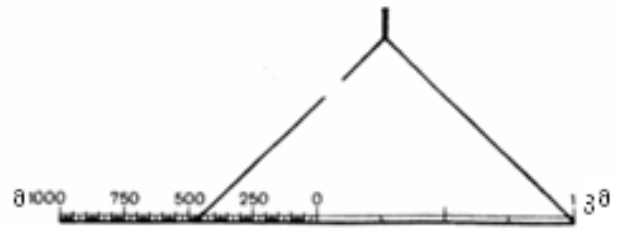
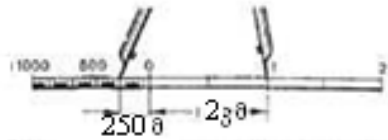
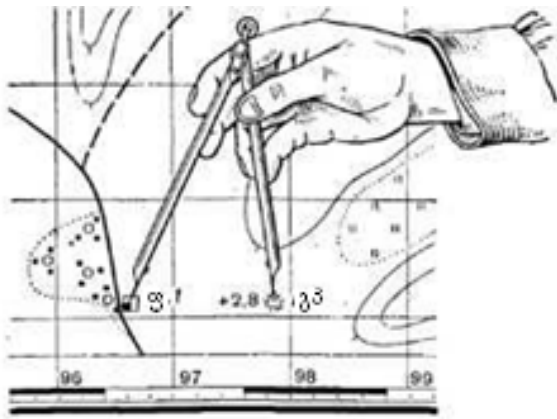
$$s = (5 + 0,2) \cdot 250 \text{ მ} = 1300 \text{ მ}$$

რუკაზე ხაზის გაზომვას ამარტივებს ხაზოვანი მასშტაბის დანაყოფებთან წარწერილი მეტრები (კილომეტრები), 1კ, 2კ, 3კ და ა.შ. რუკის მასშტაბში. ათვლის საწყისად ღებულობენ განაპირა მარცხენა ფუძის მარჯვენა ბოლოს, რომელიც აღნიშნულია 0-ით. მისგან მარჯვნივ აწერენ მთლიან ფუძეებს, მარცხნივ – მის ნაწილებს.

რუკაზე მანძილი შეიძლება გაიზომოს სხვადასხვა ხერხით. მოკლე სწორხაზოვანი მონაკვეთების გაზომვა ხდება მზომის ერთჯერადი გაშლით. მზომის წვეროებს უთავსებენ გასაზომი მონაკვეთის საწყის და ბოლო წერტილებს (ნახ.VII.8, ა, 1). ამის შემდეგ მზომი

ა) 1, 2

დ)



ნახ. VII. 8. ხაზის გაზომვა ხაზოვანი მასშტაბის დახმარებით: ა – მზომის ერთჯერადი გაშლით; ბ – გაშლის გაზრდით; გ – მზომის „ნაბიჯით“

გაშლის შეუცვლელად გადააქეთ ხაზოვან მასშტაბზე და მის მარჯვენა წვეროს უთავ-სებენ ნულოვანი შტრიხის მარჯვნივ მდებარე რომელიმე შტრიხს ისე, რომ მარცხენა წვერო აუცილებლად მოექცეს 0-ვანი დანაყოფის მარცხნივ (ნახ. VII. 8, ა, 2). მაშინ S მარჯვენა და მარცხენა წვეროებზე ანათვლების ჯამის ტოლია (ნახ. VII. 8, ა $s = 250 \text{ მ} + 2 \text{ კმ} = 2 \text{ კმ } 250 \text{ მ}$). იმ შემთხვევაში, როცა მზომის მარცხენა წვერი ზუსტად არ უთავსდება ფუძის დანაყოფს მისი შეფასება ხდება თვალდათვალ. მაგალითად, ხაზოვან მასშტაბზე გადასაზომია 1კმ 462 მ, VII. 8, დ. ნახაზზე ადვილია 1კმ 460 მეტრის გადაზომვა, ხოლო 2 მეტრს გადავზომავთ თვალზომით – იგი დაახლოებით მასშტაბის უმცირესი დანაყოფის 1/5 - ია.

ტეხილი ხაზებისაგან შედგენილი მანძილის გაზომვისას, მისი სიგრძის შესაბამისად გაშლილ მზომს აყენებენ *ზრდის ხერხით*, რომლის არსი ნაჩვენებია ნახ. VII. 8, გ.

გასაზომი მონაკვეთების მნიშვნელოვანი სიგრძისას გაზომვა ხდება ნაწილ-ნაწილ – მზომის „ნაბიჯით“ რომელიც მის წვეროებს შორის დადგენილი მანძილია – მასშტაბის q ფუძის როლის შემსრულებელი და რჩება უცვლელი გაზომვის პროცესში. ამასთან მიზანშეწონილია ისეთი „ნაბიჯის“ შერჩევა, რომ მისი ფასი c_n გამოსახული იყოს მრგვალი ციფრით. გასაზომ მანძილზე ნაბიჯების რაოდენობა n_n განისაზღვრება მზომის წვეტანების გადაადგილებითა და მათი დაანგარიშებით (ნახ. VII. 8, გ გადაანაცვლების მიმართულება ნაჩვენებია ისრებით). გაზომვის

ბოლოში არასრული „ნაბიჯის“ q მიღებისას განსაზღვრავენ მის სიდიდეს მთლიანი „ნაბიჯის“ ნაწილებში $n_{1/10} n$ და აჯამებენ ძირითად შედეგთან, ე.ი.

$$s = (n + n_{1/10}) c_n$$

ხაზოვანი მასშტაბის დახმარებით მანძილის გაზომვის სიზუსტე შეადგენს 0,5 – 1 მმ რუკის მასშტაბში.

მზომის დახმარებით შედარებით ზუსტი გაზომვების მისაღებად გამოიყენება *განივი მასშტაბი* რომლის აგება ხდება შემდეგნაირად: ქალაქზე გაავლებენ ტოლი მანძილებით დაშორებულ ურთიერთპარალელურ ხაზებს, რომლებიც დაყოფილია ასევე ტოლ მონაკვეთებზე აღმართული მართობებით. (ნახ. VII. 9, ა) q ფუძის სიგრძე შეიძლება გაუტოლდეს 1, 2, 4 ან 5 სმ. მასშტაბის მარცხენა განაპირა მონაკვეთი, როგორც წესი, იყოფა 10 ტოლ ნაწილად, ხოლო დაყოფის წერტილების შეერთება ხდება დახრილი ხაზების – *ტრანსვერსალების* მეშვეობით. ასეთი

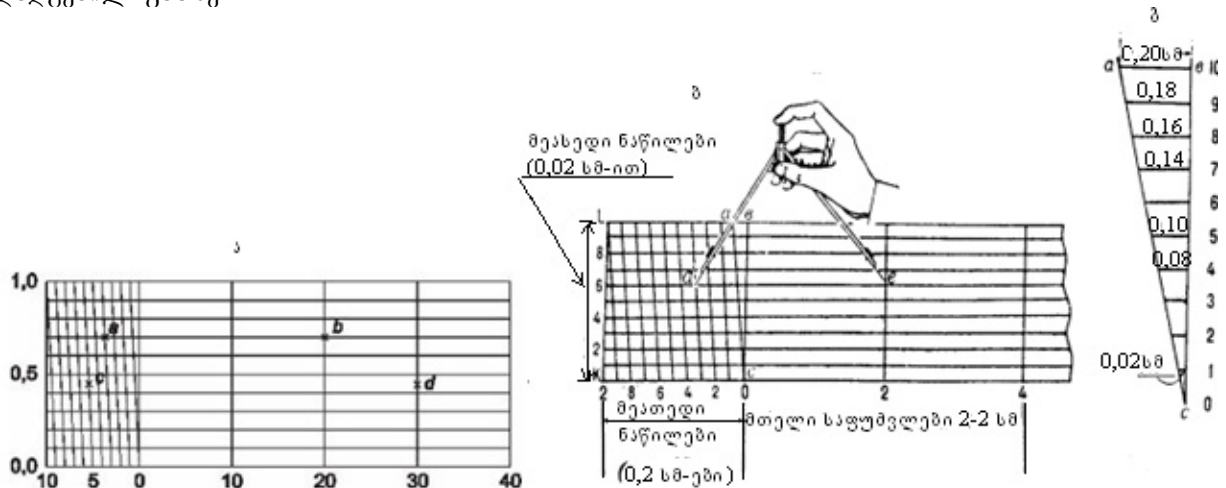
აგების შედეგად განივი მასშტაბის უმცირესი დანაყოფი იქნება $a_1 b_1 = q'$ (ნახ. VII. 9, გ), რომლის სიდიდის განსაზღვრა შესაძლებელია მსგავსი სამკუთხედების თვისებიდან. ob_1 მართობზე დანაყოფების რიცხვია 10. შესაბამისად ob_1 შეადგენს ob მონალვეეთის $1/10$. ამგვარად $q' = 1/10 ob$.

მაგრამ $ob = 1/10 q$, ამიტომ $q' = 1/10 \times 1/10 q = 1/100 q$. ასევე $a_2 b_2 = 2/100 q$, $a_3 b_3 = 3/100$ და ა.შ. განივი მასშტაბით გაზომილი მანძილის სიგრძე:

$$s = (n_q + n_{1/10} + n_{1/100q}) c_q,$$

სადაც $n_q, n_{1/10q}, n_{1/100q}$ - შესაბამისად მთელი ფუძის, მისი მეთადი და მეთადი ნაწილის რაოდენობებია.

განივი მასშტაბის დახმარებით ხაზის გაზომვას ვაწარმოებთ შემდეგი თანმიმდევრობით: მზომი რუკაზე დაყენებული გაშლით გადააქეთ სახაზავის ქვედა ხაზზე ისე, რომ მზომის მარჯვენა წვერი დაემათხვიოთ ნულოვანი დანაყოფის მარჯვნივ მდებარე ერთ-ერთ მართობს, ხოლო მეორე აღმონდეს კიდურა მარცხენა ფუძის საზღვრებში (ნახ. VII. 9, I მდგ.) შემდეგ მზომს გადაადგილებენ ზევით მარცხენა წვერის ერთ-ერთ ტრანსვერსალთან შეთავსებამდე (მდგ. 2). ეს მომენტი შეიძლება დადგეს ტრანსვერსალის რომელიმე ჰორიზონტალურ ხაზთან გადაკვეთამდე ან დაემთხვეს მას. ამასთან, ორივე წვერი უნდა იყოს ერთი და იგივე ხაზზე ან მის პარალელურად. ფუძეების, მისი მეთადი და მეთადი ნაწილების დათვლის შემდეგ ამრავლებენ ფუძის წინასწარ დადგენილ ფასზე.



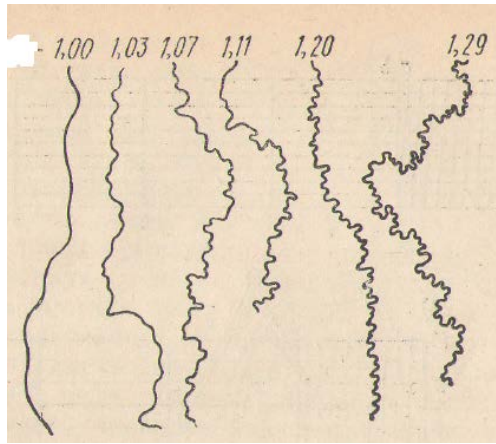
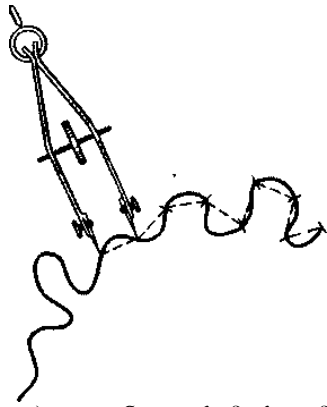
ნახ. VII. 9. განივი მასშტაბი

ა - საერთო ხედი, ბ - მისი ნაწილის (პირველი ტრანსვერსალი) გადიდებული გამოსახულება, გ - მანძილის გაზომვა მისი დახმარებით

მაგალითი. ვთქვათ, ნახაზზე დაფიქსირებულია 1:25 000 მასშტაბის რუკიდან ორ ობიექტს შორის მზომის მეშვეობით მიღებული მანძილი. მასშტაბის ფუძე ტოლია 2სმ. როგორც ნახაზიდან ჩანს გაშლის სიგანე ტოლია 1,36კ. ამ შემთხვევაში ფუძის ფასი 500 მ-ის ტოლია (2 სმ X 250 მ = 500 მ). აქედან გამომდინარე, გასაზომი მანძილი ტოლი იქნება $1,36 \times 500 მ = 680 მ$.

გაზომვათა პრაქტიკიდან ცნობილია, რომ განივი მასშტაბის დახმარებით *გაზომვის სიზუსტე* უმცირესი დანაყოფის ნახევრის ტოლია. ჩვენს შემთხვევაში (უმცირესი დანაყოფი 0,2 მმ), იგი 0,1 მმ-ს შეადგენს.

განივი მასშტაბის გამოყენება განსაკუთრებით ეფექტურია კლაკნილი ხაზების გაზომვისას. სასურველი სიზუსტის მიღწევა შესაძლებელია მზომის მუდმივი გაშლის ბიჯის ხაზის გასწვრივ თანმიმდევრული გადაადგილებით, რომლის შედეგად კლაკნილი ხაზი მზომის ბიჯის სიგრძის მქონე მონაკვეთებისაგან შემდგარ ტეხილ ხაზად გადაიქცევა. სიგრძეში განსხვავება მასა და ნამდვილ სიდიდეს შორის დამოკიდებულია კლაკნილობის ხარისხზე და იმ ცდომილებებზე, რომელიც გაზომვას უცილობლად თან ახლავს.



ნახ. VII .10. ა) კლაკნილი ხაზის გაზომვა ცირკულ-მზომის დახმარებით; ბ) კლაკნილობის კოეფიციენტების ეტალონები

გაზომვის სიზუსტის გაზრდის მიზნით აუცილებელია ხაზის სიგრძე რამდენადმე ზუსტად მივუახლოვოთ კლაკნილი ხაზის სიგრძეს, რასაც ნაბიჯის სიგრძის მინიმუმამდე შემცირებით აღწევენ. ამასთან მნიშვნელოვანია, რომ გაზომვის პროცესში მზომის წვერი არ მოსცილდეს გასაზომ ხაზს.

მსგავსი გაზომვების სიზუსტის შემოწმება შესაძლებელია სწორი ან გეომეტრიულად სწორი (მაგ. წრეწირი) მრუდებისაგან შემდგარი ხაზის სიგრძის გაზომვით. ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ მზომის ლაჯის შემცირება კლაკნილი ხაზის სიგრძის გაზრდას იწვევს სიზუსტის ამაღლებას ხაზის სხვადასხვა ნაბიჯით მრავალჯერადი გაზომვით (2 და 4მმ) შეიძლება. თუმცა ასეთი სახის წვრილმანი გაზომვები მრავალ უხერხულობას ქმნის და დროის ბიუჯეტის დიდ დანახარჯებთანაა დაკავშირებული. რაც

შეეხება გაზომვების სიზუსტეს მისი ამაღლება შესაძლებელია კლაკნილობის კოეფიციენტის მხედველობაში მიღებით.

ძლიერ დაკლაკნილი ხაზების, მაგალითად მდინარეების, გაზომვისას გამოიყენება „ნაბიჯით“ გაზომვის გაუმჯობესებული ხერხი – *ი.მ. შოკალსკის¹ ხერხი*. ხაზი იზომება მზომის მცირედ (1 ან 2 მმ) გაშლილი „ნაბიჯით“. ამასთან მხედველობაში დებულობენ შემუშავებული ეტალონის (ნახ. IV. 10, ბ) მიხედვით დადგენილ კლაკნილობის კოეფიციენტს. გასაზომ ხაზს წინასწარ ყოფენ დაახლოებით ერთნაირი კლაკნილობის მონაკვეთებად, ყოველი მათგანისათვის განისაზღვრება „ნაბიჯების“ რაოდენობა რომელიც შემდეგ მრავლდება „ნაბიჯის“ დადგენილ ფასზე, და კლაკნილობის k კოეფიციენტზე. ამრიგად, $S = n_m \cdot C_m \cdot k$.

მეთოდის *სიზუსტე* შეადგენს გასაზომი სიგრძის 2-3%.

კლაკნილი ხაზების სიგრძის გაზომვის სიზუსტე შესაძლებელია გავზარდოთ ანალიტიკური და გრაფიკული ხერხებით, თუ დასადგენ სიგრძის გაზომვებს ჩავატარებთ სხვადასხვა მასშტაბის რუკებზე და მიღებულ შედეგების გრაფიკზე მოწესრიგებით მოვახდენთ 1:1 მასშტაბის რუკის ინტერპრეტირებას. მსგავსი მრუდის აგება შესაძლებელია ერთი მასშტაბის რუკაზე მზომის ნაბიჯის სხვადასხვა სიგრძით გაზომვის შედეგების მიხედვით, მზომის ბიჯის უმცირესი რადიუსის მქონე წერტილის ინტერპრეტირებით. მიღებული მრუდისათვის ხდება ემპირიული სახის განტოლებების შერჩევა, რომელიც კლაკნილი ხაზის რედუცირებული სიგრძის 1:1 მასშტაბში გამოთვლის საშუალებას იძლევა. მიღებული შედეგის სიზუსტე შეადგენს გასაზომი ხაზის სიგრძის 1-2%

¹ ი.მ. შოკალსკი - (1856 - 1940) - რუსი ოკეანოგრაფი, გეოგრაფი და კარტოგრაფი. პროფესორი, სსრკ გეოგრაფიული საზოგადოების თავმჯდომარე. მთელი რიგი გეოგრაფიული რუკებისა და ატლასების შემდგენელი და რედაქტორი.

არსებობს აგრეთვე კლაკნილი ხაზების გაზომვის გამარტივებული კარტომეტრიული მეთოდები. ასე მაგალითად, თუ რუკაზე ნებისმიერად ორიენტირებულ კლაკნილ ხაზზე დავადებთ პალეტს კვადრატებად დაყოფილ გამჭვირვალე ქაღალდს), მაშინ მასთან კლაკნილი ხაზის გადაკვეთების (m) რიცხვი პროპორციული იქნება მათი ჯამური $\sum D_L$ სიგრძის:

$$\sum D_L = d_m$$

მოცემული მეთოდის სიზუსტე 3-5% შეადგენს. ალბათური პრინციპი გამოიყენება ასევე კლაკნილი ხაზის ავტომატური გაზომვებისას.

კლაკნილი ხაზის გაზომვისას დროის ბიუჯეტის მნიშვნელოვან ეკონომიას იძლევა კომპიუტერული ინტელექტის გამოყენება. ამისათვის აუცილებელია მის მექანიზმებში გასაზომი

ხაზის შემცველი რუკების მოწესრიგება. მიღებული შედეგი უმნიშვნელოდ განსხვავდება ტრადიციული მეთოდით (მზომის დახმარებით) დადგენილისაგან.

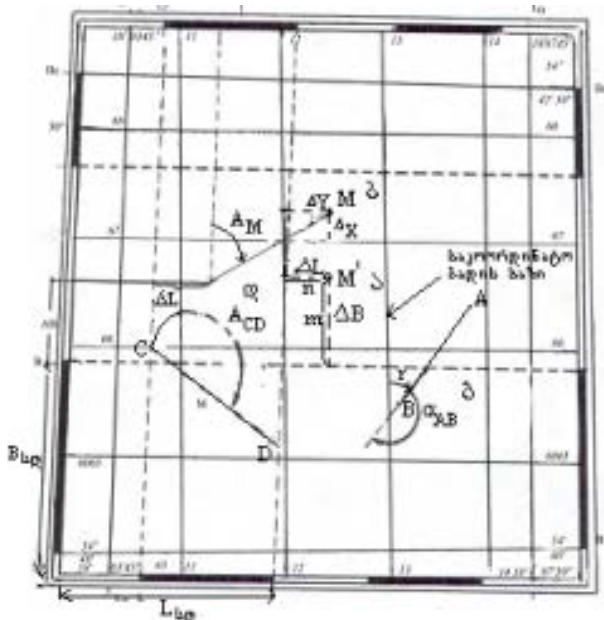
კურვიმეტრით რუკაზე კლასიკური ხაზის გაზომვის უპირატესობა მის სინქარესა და მოხერხებულობაში მდგომარეობს – ფაქტიურად ხელსაწყო ხაზის გასწვრივ გატარებით უმოკლეს დროში შესაძლებელია ნებისმიერი სიგრძისა და კლასიკულობის ხაზის სიგრძის დადგენა.

რუკაზე ხაზების სიგრძის დადგენისას უხეში შეცდომების თავიდან აცილებისა და სიზუსტის ამაღლების მიზნით რეკომენდირებულია გაზომვის ორჯერ – პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით ჩატარება. თუ შედეგებში დასაშვებზე მეტი განსხვავება არ დაფიქსირდება საბოლოო შედეგად გაზომილი სიდიდეების საშუალო არითმეტიკულს ღებულობენ.

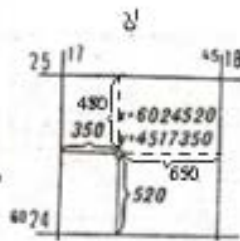
როგრც ვხედავთ, რუკაზე ხაზების გასაზომად მრავალი ხელსაწყო და მეთოდი გამოიყენება. ამასთან მუდმივად მიდის მათი განახლება–დახვეწის პროცესი. ინერგება ახალი ტექნოლოგიები (კომპიუტერული ინტელექტი), რაც ამ სახის სამუშაოების მნიშვნელობაზე მიუთითებს.

§VII.4. გეოგრაფიული და მართკუთხა კოორდინატების განსაზღვრა

ტოპოგრაფიულ რუკაზე არსებული წერტილების გეოგრაფიული (გეოდეზიური) კოორდინატების განსაზღვრა ხდება ფურცლის წუთებიანი ჩარჩოსა და შიგა ჩარჩოს კუთხეების გრძედისა და განედის დახმარებით.



ნახ. VII. 11. კოორდინატებისა და ორიენტირების კუთხეების კოორდინატოგრაფი



ნახ. VII. 12.

განსაზღვრა: ა – გეოგრაფიული, ბ, ბა – მართკუთხა გ – დირექციული კუთხე, დ – გეოგრაფიული აზიმუტი

სამუშაოს იწყებენ რუკაზე ობიექტთან ახლომდებარე სამხრეთი პარალელისა და დასავლეთ მერიდიანის გახაზვით. ამისათვის საკმარისია წუთებიანი ჩარჩოს საპირისპირო მხარეებზე არსებულ შესაბამისი ერთნაირმანძვენებლიანი ნიშნების – წუთების ან 10 წამებთან მონაკვეთების შეერთება. შემდეგ მოცემული წერტილიდან გახაზულ მერიდიანზე და პარალელზე დაუშვებენ მართობებს. ობიექტის გრძედი (განედი) ტოლი იქნება გახაზული მერიდიანის (პარალელის) გრძედისა (განედის) და $\Delta L(\Delta B)$ კოორდინატთა სხვაობის ჯამის ე.ი. დაშვებული მონაკვეთების გრადუსული ზომების (ნახ. VII.11). $L_{\varphi} = L_{\text{დას}} + \Delta L$ და $B_{\varphi} = B_{\text{სამ}} + \Delta B$.

ΔL და ΔB სიდიდეებს მივიღებთ რუკაზე m და n მონაკვეთებისა და ჩარჩოს წუთებიანი დანაყოფების მილიმეტრებში გაზომილი მნიშვნელობებისაგან შედგენილი პროპორციის ამოხსნით. მაღალ სიზუსტეს მივაღწევთ თუ გაზომვების ჩატარებისას გამოვიყენებთ ცირკულმზომს. ამისათვის წვეტანებიან ბოლოებს გაშლიან ΔL და ΔB სიგრძით და გადააქვთ იგი შესადარებლად, მაგ. განივ მასშტაბზე. მაგალითად, 10 წამიანი მონაკვეთი გრძედის გასწვრივ შეადგენს 4,3 მმ, ΔL -ის სიგრძე 16,6 მმ, მაშინ ΔL კუთხურ ზომებში $X = (10 \cdot 16,6 \text{ მმ}) / 4,3 \text{ მმ} = 387$,

$L_a = 40^{\circ} 00' 38''$, ხოლო $B_a = 43^{\circ} 20' 38''$. მეტი სიზუსტის მისაღწევად საჭიროა მოცემული წერტილთან უახლესი ჩრდილოეთის პარალელისა და აღმოსავლეთის მერიდიანის გავლება და კოორდინატთა ნაზრდების ΔL და ΔB განსაზღვრა. წერტილის კოორდინატები ამ შემთხვევაში მიიღება ფორმულით:

$$L_{\varphi} = L_{aღმ} - \Delta L \text{ და } B_{\varphi} = B_{ჩდ} - \Delta B$$

წერტილის გეოგრაფიული (გეოდეზიური) კოორდინატები შეიძლება მივიღოთ შემდეგი ფორმულების დახმარებითაც:

$$L_{\varphi} = L_{დას} + n(L_{aღმ} - L_{დას}) / (n + n_1) \tag{VII.6}$$

ან

$$L_{\varphi} = L_{aღმ} - n_1(L_{aღმ} - L_{დას}) / (n + n_1)$$

და

$$B_{\varphi} = B_{სამ} + m(B_{ჩდ} - B_{სამ}) / (m + m_1) \tag{VII.7}$$

ან

$$B_{\varphi} = B_{ჩდ} - m_1(B_{ჩდ} - B_{სამ}) / (m + m_1)$$

m , m_1 და n , n_1 მონაკვეთების გაზომვა მზომისა და მასშტაბური სახაზავის დახმარებით ხდება. სამუშაოს აადვილებს კოორდინატოგრაფით მუშაობა (ნახ. VII. 12)

წერტილის გეოგრაფიული კოორდინატების დადგენის ორივე ხერხი საშუალებას იძლევა ეს სიდიდეები ორ-ორჯერ იქნას განსაზღვრული, რაც აამაღლებს საიმედოობასა და სიზუსტეს. მსხვილმასშტაბიან რუკებზე ამ მეთოდით განსაზღვრული კოორდინატების სიზუსტე წამის მეთაღს აღწევს. მაგ. ნახაზზე (ნახ. VII. 13) 1:50 000 მასშტაბის რუკის ფურცლის ფრაგმენტზე მოცემული ა წერტილის გეოგრაფიული კოორდინატები L_a და B_a ტოლია:

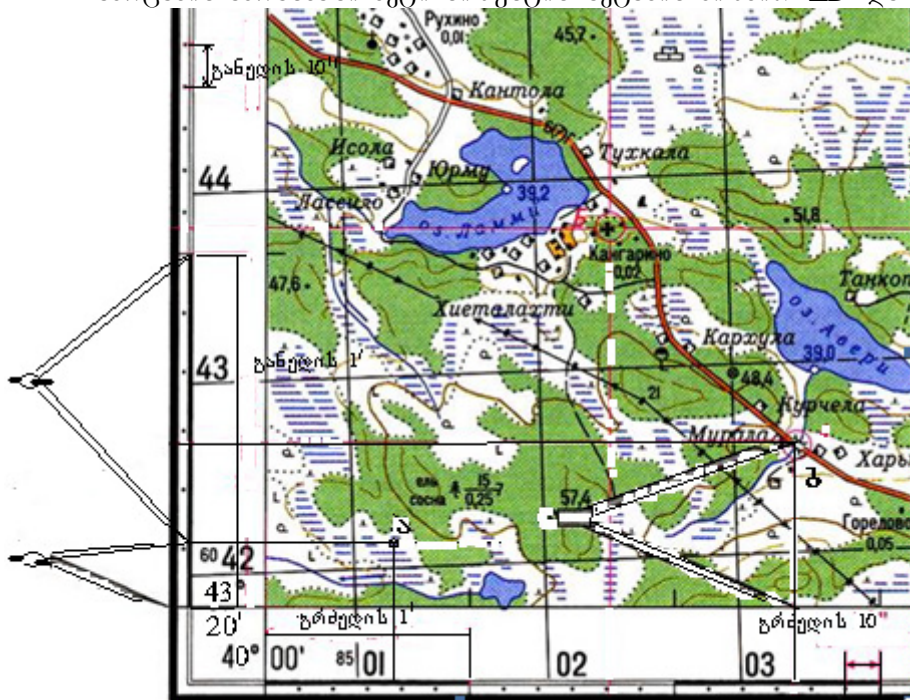
$$L_a = 40^{\circ} 00' + 16,6 \text{ მმ}(40^{\circ} 01' - 40^{\circ} 00') / 26,08 \text{ მმ} = 40^{\circ} 00' + 38'' = 40^{\circ} 00' 38''$$

$$B_a = 43^{\circ} 20' + 6,65 \text{ მმ}(43^{\circ} 21' - 43^{\circ} 20') / 37,01 \text{ მმ} = 43^{\circ} 20' + 0,8'' = 43^{\circ} 20' 08''$$

მეტი სიზუსტის მიღწევა შეიძლება L_a და B_a სიდიდეების VII.6 და VII.7 ფორმულებით გამეორებით გამოთვლისა და საშუალო არითმეტიკულის გასაზღვრით.

მონაკვეთის ნაწილის თვალზომით კარგად განსაზღვრის ათვისება საშუალებას იძლევა ეს ამოცანა გადავწყვიტოთ გამარტივებული გზით – ΔL და ΔB თვალზომური სიგრძის ჩარჩოს გვერდებზე 10-წამიანი მონაკვეთთან შედარების გზით. გარკვეული გამოცდილების მიღების შემდეგ შესაძლებელი ხდება გეოგრაფიულ კოორდინატთა სისტემაში საკმარის სიზუსტით გაიხაზოს მოცემული ობიექტის მდებარეობის განმსაზღვრელი მერიდიანი და პარალელი. ამ შემთხვევაში საკმარისია განისაზღვროს პარალელის B განედი და მერიდიანის L გრძედი (ბ წერტილი VII. 13 ნახაზზე: $B_a = 43^{\circ} 20' 27''$ $L_a = 40^{\circ} 02' 34''$).

ამოცანის ამოხსნაში მეტი სიზუსტის შეტანის მიზნით ΔB და ΔL მონაკვეთების



ნახ. VII. 13. წერტილის გეოგრაფიული კოორდინატების განსაზღვრა თვალზომით და მზომის დახმარებით

სიდიდეზე გაშლილი ცირკულიზომი უნდა მივადოთ დასავლეთ და სამხრეთ ჩარჩოს და განვსაზღვროთ გაზომილ მონაკვეთებში წუთებისა და წამების რაოდენობა. ჩვენს მაგალითზე $\Delta B = 0'27,5''$, სამხრეთ – დასავლეთ კუთხის განედი კი - $43^{\circ}20'$, შეგვიძლია წუთებისა და წამების მიღებული (გაზომილი) მნიშვნელობები.

წერტილის განედი რუკაზე იქნება: $43^{\circ}20'+0'27'' = 43^{\circ}20'27,5''$.

გრძედს განსაზღვრავენ ანალოგიურად – ზომავენ უმოკლეს მაძილს წერტილი-დან რუკის დასავლეთ ჩარჩომდე მანძილს, მიადებენ ცირკულიზომს სამხრეთ ჩარჩოს, განსაზღვრავენ წუთებისა და წამების რაოდენობას გაზომილ მონაკვეთში ($\Delta L = 2'35,5''$), სამხრეთ – დასავლეთ კუთხის განედი კი - $40^{\circ}00'$, მიღებული (გაზომილი) წუთებისა და წამების მნიშვნელობების შეკრებით ღებულბენ ბ წერტილის გრძედს

$$L_b = 40^{\circ}00' + 2'35,5'' = 40^{\circ}02'35,5''$$

წერტილის მდებარეობის განსაზღვრა მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში შესაძლებელია მიახლოებით ან მოცემული მასშტაბის რუკისათვის შესაძლებელი სიზუსტით. ამ სამუშაოს საფუძვლად რუკის ფურცლის კილომეტრული ბადეა გამოყენებული.

ობიექტის მდებარეობის მიახლოებითი მითითებისათვის საკმარისია დავასახელოთ იმ კილომეტრული ბადის კვადრანტი, რომელშიც ის იმყოფება. ამისათვის განსაზღვრავენ ობიექტის შემომსაზღვრავი კვადრანტის სამხრეთ-დასავლეთ კუთხის შემქმნელი ხაზების მნიშვნელობებს ჯერ პორიზონტალურის შემდეგ ვერტიკალურისას. მაგალითად, A წერტილი ნახ. VII. 11-ზე იმყოფება 5712 კვადრანტში, ხოლო ნახ. VII. 13-ზე 4201.

წერტილის მართკუთხა კოორდინატების ზუსტი განსაზღვრისათვის კილომეტრული ბადის შესაბამის ხაზზე მისგან უშვებენ მართობებს და ზომავენ მათ სიგრძეს რუკის მასშტაბში. ა წერტილის აბსცისა $X_a = X_{კვ} + \Delta_x$, ხოლო ორდინატა $Y_a = Y_{მარც} + \Delta_y$ ($X_{კვ}$ და $Y_{მარც}$ – ა წერტილის მიმართ ქვედა და მარცხენა ხაზების კოორდინატებია, Δ_x და Δ_y – ხაზებზე დაშვებული მართობების მნიშვნელობები). ჩვენს მაგალითზე (ნახ. VII.11, ბ). $X_a = 6074კმ + 0,520კმ = 6074,520კმ$, $Y_a = 2517კმ + 0,350კმ = 2517,350კმ$. მართკუთხა კოორდინატების განსაზღვრისას მეტი საიმედოობისა და სიზუსტის მიღწევის მიზნით მიზანშეწონილია როგორც გეოგრაფიული კოორდინატების განსაზღვრისას, კოორდინატთა ნაზრდების (Δ_x, Δ_y) შესაბამისი სიდიდეები გაიზომოს კვადრანტის ზედა და მარჯვენა ხაზიდანაც. ამ შემთხვევაში $X_a = X_{გ} - \Delta_x$, ხოლო ორდინატა $Y_a = Y_{მარჯ} - \Delta_y$. მოცემული ხერხით კოორდინატთა განსაზღვრისას გამოიყენება ცირკულიზომი და ხაზოვანი ან განივი მასშტაბი. შეიძლება ასევე ვისარგებლოთ მილიმეტრებიანი დანაყოფის მქონე სახაზავით. სამუშაოს ამარტივებს კოორდინატოგრაფის გამოყენება (ნახ. VII. 12) რომელიც შეიძლება დამოუკიდებლადაც დამზადდეს.

მართკუთხა კოორდინატების მიღებული მნიშვნელობების სიზუსტე რუკის მასშტაბში ხაზოვანი გაზომვების სიზუსტით განისაზღვრება და დამოკიდებულია ასევე რუკის მდგომარეობაზე და შემსრულებლის კვალიფიკაციაზე.

წერტილთა კოორდინატების განსაზღვრისას ზემოთ აღწერილი ტრადიციული ხერხები შრომატევადია; განსაკუთრებით როცა მათი რაოდენობა რუკის ფურცელზე დიდია. ეს პროცესი შეიძლება მნიშვნელოვნად გაგამარტივოთ თუ რუკის ფურცლებს კომპიუტერში მოვაწესრიგებთ და გამოვიყენებთ სპეციალურ პროგრამებს.

§VII.5. ტოპოგრაფიული რუკების ფურცლების ნომენკლატურისა და კუთხეების კოორდინატების განსაზღვრა

მოცემული მასშტაბის რუკის ფურცლის ნომენკლატურას განსაზღვრავენ შესაკრები ცხრილებითა და გაანგარიშების გზით.

მკრები ცხრილები წარმოადგენენ წერილი მასშტაბის სქემატურ რუკებს, რომლებზეც მოცემულია განსაზღვრული მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკების ფურცლების საზღვრები და ნომენკლატურები. მკრები ცხრილების უქონლობისას რუკის ფურცლის ნომენკლატურის განსაზღვრა შესაძლებელია ამ ტერიტორიაზე არსებული პუნქტების L_3 და B_3 კოორდინატების დახმარებით. ნებისმიერი მასშტაბის ფურცლის ნომენკლატურის განსაზღვრას ვიწყებთ პუნქტის კოორდინატებით მილიონიანი რუკის ნომენკლატურის დადგენით, რომელიც შედგება: 1) მისი რიგითი n_3 ნომრით განსაზღვრული განედური სარტყლის ასოითი აღნიშვნისაგან; 2) დაგრაფის საერთო სისტემაში სვეტის N ნომრისაგან (იხ. თავი VI. 4). გამოსათვლელ ფორმულებს შემდეგი სახე აქვთ $n_3 = B_3 : 4^{\circ} + 1$, $N = (L_3 : 6^{\circ} + 1) \pm 30$; მათი სარგებლობისას გასათვალისწინებელია, რომ L_3 და

B₃ დაყოფა შესაბამის გამყოფებზე უნდა მოხდეს მთელი ციფრების მიღებამდე მთელში. ეს რიცხვები მიუთითებენ იმ განედური რიგების ან ზონების რაოდენობას, რომლებიც განთავისებულნი არიან იმათ წინ, რომელშიც იმყოფება განსასაზღვრავი ნომენკლატურის ფურცელი, აქედან გამომდინარე, ამ ფურცლის n₃ და N ერთით მეტია მთელში. n₃ მნიშვნელობით განსაზღვრავენ ალფავიტის მოცემული რიგის აღმნიშვნელ ასოს (ნახ. VI. 9).

მაგალითი 1. პუნქტს აქვს კოორდინატები B=40° 15' ჩდ. გან. და L=42° 35' აღმ. გრძ. აქედან n₃ = 40° 15':4+1 = 10+1 = 11; N = (42° 35': 6+1)+30 = (7+1)+30 = 38. მეტერთმეტე განედური რიგი აღინიშნება K ასოთი ამიტომ საძებნი ნომენკლატურა იქნება K-38 (ფურცლის დაფარვის ზონაში ექცევა საქართველოს ტერიტორიის ნაწილიც).

მომდევნო მასშტაბის რუკის ფურცლის ნომენკლატურის დადგენის წინ აუცილებელია საწყისი მილიონიანი ფურცლის ჩარჩოს კუთხის კოორდინატების გამოთვლა, რომლებიც განისაზღვრებიან ფურცლის ჩარჩოს ჩრდილოეთის B_ჩ და სამხრეთის B_ს განედებით, აღმოსავლეთის L_ა და დასავლეთის L_დ გრძედებით: B_ჩ = 4°, B_{ნ₃ ს} = B_ჩ - 4°, L_ა = 6° n, L_დ = L_ა - 6°.

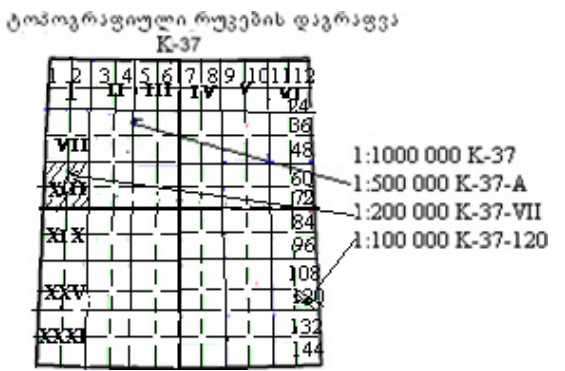
მაგალითი 2. K-38 ფურცლისათვის განედური რიგის ნომერი n₃ = 11, მაშინ B_ჩ = 4°·11 = 44°, B_ს = 44° - 4° = 40°; ზონის ნომერი n = 8, ამიტომ L_ა = 6°·8 = 48°, L_დ = 48° - 6° = 42°. გამოთვლის სისწორე შეიძლება შევამოწმოთ ნახ. VI. 9 მიხედვით.

შემდგომ ეტაპზე ხდება მილიონიანი ფურცლის 1:500 000, 1:200 000 ან 1:100 000 მასშტაბების რუკების ფურცლებად დაგრაფის სქემის აგება, ამოცანის მოთხოვნის მიხედვით და მათი კუთხეების კოორდინატების გამოთვლა, რაც საშუალებას იძლევა დადგინდეს რუკის ის ფურცელი, რომელზეც იქნება გამოსახული მოცემული პუნქტი და ნომენკლატურა.

მაგალითი 3. მოცემული პუნქტის გამოსახულებიანი 1:500 000 მასშტაბის რუკის ფურცლის ნომენკლატურის განსასაზღვრავად საწყისი მილიონიანი ფურცელს ყოფენ 4 ტოლ ნაწილად (ნახ. VII. 14) მერიდიანებისა და პარალელების მონაკვეთებად. გახაზული პარალელის განედი ტოლია 42° (ჩარჩოს ჩრდილოეთ და სამხრეთ მხარეების განედების საშუალო მნიშვნელობის მიხედვით). ანალოგიურად, გახაზული მერიდიანის გრძედია 45°. მოცემული პუნქტი განთავსდება 42° და 40° განედის მქონე პარალელებსა და 48° და 42° გრძედის მქონე მერიდიანებს შორის, ამგვარად 1:500 000 მასშტაბების საძებნი ფურცლის ნომენკლატურაა K-38-B.

1:50 000 და უფრო მსხვილი მასშტაბის რუკის ფურცლების ნომენკლატურის საწყისია 1:100 000 ფურცელი წინასწარ დადგენილი ნომენკლატურითა და ჩარჩოს კუთხის კოორდინატებით

არსებობს რუკების ფურცლების ნომენკლატურის განსაზღვრის სპეციალური კომპიუტერული პროგრამები, რომლებიც დროის მინიმალური დანახარჯებით ხსნიან ასეთი სახის ამოცანებს. მაგალითად, პროგრამა RUN (ვ.ნოვიკოვი) ნომენკლატურას იძლევა რუკის ფურცლის შიგნით არსებული გრაფიკული კოორდინატების საფუძველზე ან გვერდებზე არსებული გრადუსული ბადის დახმარებით მიღებული გეოგრაფიული კოორდინატების ბაზაზე. ამისათვის გრძედისა და განედის მნიშვნელობები გრადუსად ნახ. VII. 14. 1:1000 000, 1:500 000, 1:200



სებსა და წუთებში ჩაიწერება შესაბამის ფანჯრებში, შემდეგ აჭერენ OK. შედეგად შესაბამის ცლის ნომენკლატურის განსაზღვრა გრაფებში გამოდის მონაცემები ფურცლის ნომენკლატურასა და საზღვრებზე სხვადასხვა მასშტაბისათვის.

ანალოგიურად ხდება რუკის ფურცლების ნომენკლატურის განსაზღვრა კილომეტრული ბადის მონაცემებით. პროგრამის გამოძახება ხდება მითითების – ნომენკლატურის განსაზღვრა – მიცემით.

§VII.6. ორიენტირების კუთხეების განსაზღვრა

რუკაზე α დირექციული კუთხეების განსაზღვრა მოსახერხებელია მისი უშუალოდ გაზომვის გზით. სამუშაო სრულდება ტრანსპორტირის დახმარებით. ამ ხერხის გამოყენების სიმარტივე განპირობებულია ფურცლის მთელ ველზე კილომეტრული ბადის ვერტიკალური ხაზების არსებობით.

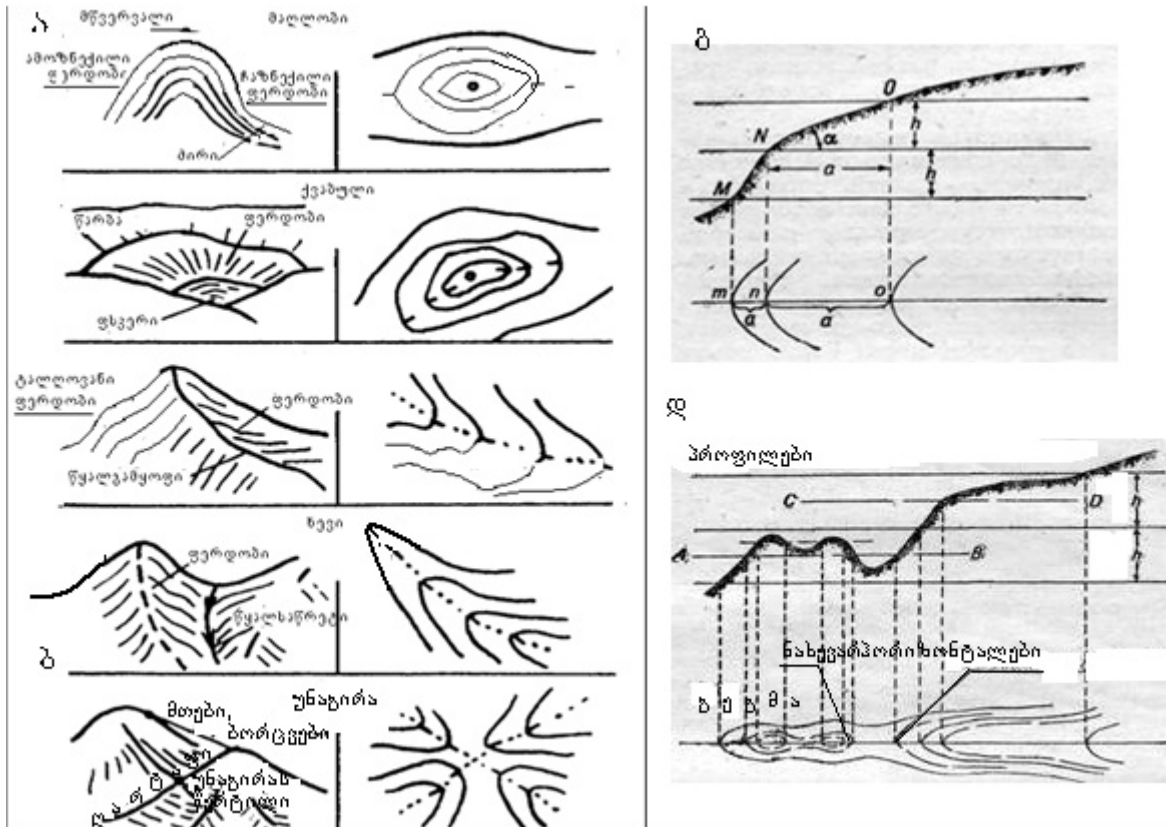
$=124^{\circ}07'$, მაშინ $A = 124^{\circ}07' - 2^{\circ}18' = 121^{\circ}49'$, ხაზის $A_{\beta} = 21^{\circ}49' + 4^{\circ}07' = 125^{\circ}56'$.

აზიმუტების გამოთვლა შესაძლებელია გეომეტ-რიული (გრაფიკული) ხერხითაც, ორიენტირების საწყისი მიმართულებების ურთიერთმდებარების სქემის გამოყენებით (ნახ. VII. 15, ბ). საიდანაც ჩანს, რომ A-ს გრაფიკული სიდიდე მეტია α -ზე $2^{\circ}18'$, ხოლო A_{β} - ის სიდიდეზე კი ნაკლებია $4^{\circ}07'$.

გეოგრაფიული აზიმუტის გაზომვა შესაძლებელია უშუალოდ რუკაზე წუთებიანი ნახ. VII. 16. დირექციული კუთხის განსაზღვრა ჩარჩოს ჭდეების დახმარებით მოცემული მიმ-გრაფო ანალიტიკური ხერხით რთულების გადამკვეთი მერიდიანის გავლებით.

§VII.7. რელიეფის რაოდენობრივი მახასიათებლების ბანსაზღვრა. ამოცანების ამოხსნა რუკაზე ჰორიზონტალების დახმარებით

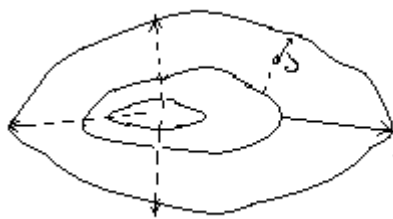
ტოპოგრაფიულ რუკებზე სხვადასხვა სახის საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტისას ხშირად საჭირო ხდება რელიეფთან დაკავშირებული ინფორმაციის მოპოვება. რუკაზე გამოსახული რელიეფის თავისებურებების შესწავლის საშუალებას კი ჰორიზონტალები იძლევა. ჰორიზონტალების განთავსების მიხედვით შესაძლებელია წარმოვიდგინოთ, როგორც რელიეფის ცალკეული ფორმები, ისე ფერდობების ფორმები. ორიზონტალების სიხშირე ამა თუ იმ უბანზე გამოსახავს ქანობის დახრას: რაც უფრო ხშირად არის განთავსებული ჰორიზონტალები, მით უფრო დახრილია მათ მიერ გამოსახული ფერდობები. რელიეფის ხაზობრივად გაწეილი დადებითი და უარყოფითი ფორმები რუკებზე გამოსახებიან V – სახის ჰორიზონტალებით, მაგრამ ამოხსნილი ფორმები, როგორც წესი, ფართეა ჩაზნექილზე, ამიტომ ჰორიზონტალებს, რომლებიც გადმოსცემენ ამაღლებულ უბნებს, უფრო ნარნარი მოხაზულობა აქვთ. დადაბლებული უბნები (ხევი, ხრამი და სხვ.) გამოსახებიან ჰორიზონტალების დიდი ქანობით ტალღევის ხაზზე და ერთმანეთისკენ შეახლოებით. ადგილის დადაბლებისკენ ამოხსნილი ჰორიზონტალები გამოსახავენ რელიეფის დადებით ფორმებს, ჩაზნექილები – უარყოფითს. ჰორიზონტალების მიმართულების ცვლილება ასახავს რელიეფის ფერდობების ექსპოზიციის ცვლილებებს: რაც უფრო იშვიათია ფერდობების ორიენტირების ცვლილება მით უფრო დიდი ქანობი აქვს ჰორიზონტალებს შესაბამის ადგილებში. ფერდობების სწორი, ბრტყელი უბნები გამოსახებიან სწორი, ურთიერთპარალელური ჰორიზონტალებით (ნახ. VII. 17).



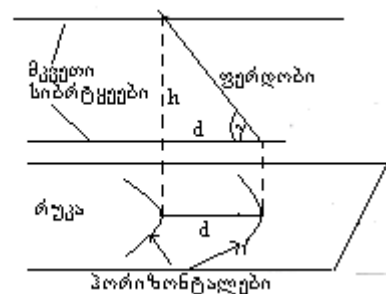
ნახ. VII. 17. პორიზონტალებით გამოსახვა: ა - განსხვავებული ფორმის ფერდობების, ბ - ლარტაფების, ხეებისა და რელიეფის სხვა უარყოფითი ფორმების; გ - რელიეფის წერტილების რუკაზე დაგეგმილების სქემა; დ - რელიეფის პროფილი და გეგმა პორიზონტალებში

რუკებზე განსაზღვრავენ ადგილმდებარეობის მოცემული წერტილების სიმაღლეებს (აბსოლუტურსა და ფარდობითს), მოცემული ხაზების დახრასა და ფერდობების დაქანებას, წყალსადინრების ან წყალსატევის წყალშემკრები აუზის, კაშხალების აშენების ადგილებში დატბორვის არეალების ფართობებს, ადგენენ ადგილის ოროგრაფიულ სქემებს, აგებენ პროფილებსა და სხვ. ხშირად ამ ამოცანების ძირითადი შემადგენელი ნაწილი - რუკებზე *ქანობების ხაზების* ანუ პორიზონტალებს შორის უმოკლესი მანძილების - ყველაზე ციცაბო ხაზების გატარების დაუფლებაშია. ქანობის მიმართულება განისაზღვრება რელიეფის დადაბლებით (ნახ. VII. 18). ქანობის ხაზის გატარება შესაძლებელია პორიზონტალებს შორის მდებარე რელიეფის ნებისმიერ წერტილზე. ცალკეულ შემთხვევებში ის მოცემულ წერტილზე გამავალი მრუდის სახესღებულობს. მისი ბოლოები ინარჩუნებენ უახლოესი პორიზონტალების მართობულ მდგომარეობას (ნახ. VII. 18 ქანობის ხაზი A წერტილისათვის).

რელიეფის ელემენტებსა და მათ გამოსახულებას შორის დამოკიდებულება გამოსახულია VII. 19. ნახაზზე, სადაც h - რელიეფის კვეთის სიმაღლეა, d - ქანობის ქვედებული, γ - ქანობის დახრის კუთხე.



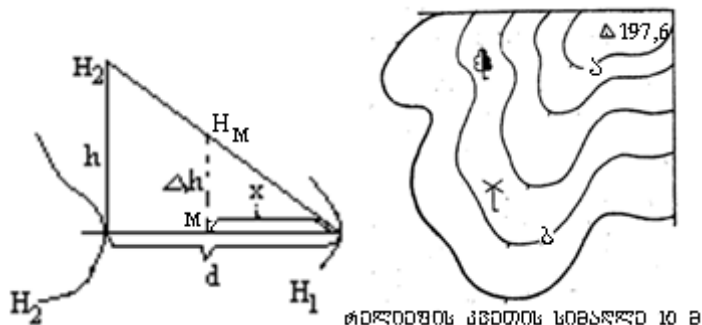
ნახ. VII. 18. ქანობის ხაზები



ნახ. VII. 19. რელიეფის ელემენტები და მათი

რუკაზე წერტილების სიმაღლეების განსაზღვრა. ადგილის რომელიმე წერტილის აბსოლუტურ სიმაღლეს, რომლის ნიშნული რუკაზე წარწერილი არაა, განსაზღვრავენ მასთან ახლომდებარე ჰორიზონტალის ნიშნულის დახმარებით. ამისათვის აუცილებელია ნებისმიერი ჰორიზონტალის სიმაღლის განსაზღვრის უნარ-ჩვევების დაუფლება რუკაზე წარწერილი სხვ ჰორიზონტალისა და რელიეფის მახასიათებელი წერტილების ნიშნულების გამოყენებით.

VII. 20, ბ ნახაზზე ა ჰორიზონტალის ნიშნულის განსაზღვრა შესაძლებელია სიმაღლის ნიშნულით 197,6 მ და რელიეფის კვეთით 10 მ.



ტოლი სი-

შო-

ნახ. VII. 20. სიმაღლის ნიშნულის განსაზღვრა:

ა - წერტილის, ჰორიზონტალების დახმარებით; ბ - ჰორიზონტალის, წერტილის ნიშნულის გამოყენებით

ზე მოცემული წერტილის ამ პორი-ზონტალზე თვალდათვალ განსაზღვრული ამაღლების დამატებით. მაგალითად, პორი-ზონტალებს შორის მდებარე წისკვილის აბსოლუტური სიმაღლე ტოლია 162 მ. წერტილის ნიშნულების განსაზღვრა მეტი სიზუსტით შესაძლებელია მზომისა და განივი მასშტაბის დახმარებით (თავი VII.3).

ადგილის წერტილების აბსოლუტური ნიშნულების განსაზღვრისას შეიძლება შეგვხვდეს ამოცანის ამოხსნის სხვადასხვა ვარიანტები: 1) წერტილის ნიშნული მითითებულია რუკაზე, ამიტომ რაიმე სახის გამოთვლის ჩატარება აუცილებელი არ არის; 2) წერტილი დევს ჰორიზონტალზე, აქედან გამომდინარე მისი ნიშნული ამ ჰორიზონტალის სიმაღლის ტოლია; 3) წერტილი დევს ჰორიზონტალებს შორის, და მისი სიმაღლის ნიშნული განისაზღვრება ინტერპოლაციის მეთოდით, ანუ მისი სასაზღვრო მნიშვნელობების შუალედურის მოძებნით. ამ ამოცანის ამოხსნა ხდება გრაფიკული-ტიკური მეთოდით.

ამოცანის ამოხსნას იწყებენ მოცემულ წერტილზე ქანობის მიმართულების გახაზვით, რომლის შემდეგ განსაზღვრავენ ქანობზე ქვემოთ მასთან უახლოესი ჰორიზონტალის ნიშნულს (ნახ. VII.20, ა). წერტილის $H_{\text{წ}}$ სიმაღლეს დებულობენ ჰორიზონტალის H_1 სიმაღლისა და ამ ჰორიზონტალზე წერტილის Δh ამაღლების შეჯამებით. ამაღლება Δh - M წერტილის სიმაღლესა ($H_{\text{წ}}$) და ჰორიზონტალის H_1 სიმაღლეს შორის სხვაობაა, რომლის გამოსათვლელად რუკაზე ზომავენ მანძილს (მმ-ში) ორ ჰორიზონტალს შორის, მოცემულ წერტილზე გავლებული ქანობის სიგრძეზე, (ქვედღებული d), ასევე H_1 ნიშნულიან ჰორიზონტალსა და განსაზღვრავ წერტილს შორის (x მანძილი). ადგენენ პროპორციას $\Delta h : x = h : d$, საიდანაც $\Delta h = (h : d)x$, სადაც h - რელიეფის კვეთის სიმაღლეა, $H_m = H_1 + \Delta h$. საკმარისი გამოცდილებისას ჰორიზონტალებს შორის ამაღლების მნიშვნელობის ინტერპოლაცია შეიძლება თვალზომითაც ჩატარდეს.

ფარდობით სიმაღლეს ანგარიშობენ ორ წერტილს შორის სიმაღლეთა სხვაობით ამიტომ მისი გამოთვლა სიძნელეს არ წარმოადგენს.

წერტილების აბსოლუტური და ფარდობითი სიმაღლეების განსაზღვრის სიზუსტე დამოკიდებულია ჰორიზონტალების სიმაღლეებში არსებულ ცდომილებებზე, რომელიც

ა ჰორიზონტალის ნიშნული ტოლია 190 მ. ამ მონაცემის დახმარებით კი ადვილად შეიძლება სხვა ჰორიზონტალების სიმაღლეთა დადგენა. ასე მაგალითად, ბ ჰორიზონტალის ნიშნული იქნება 160 მ, რადგანაც ის მდებარეობს ა ჰორიზონტალიდან ქვემოთ, სამი რელიეფის კვეთის სიმაღლის

დიდით (30 მ). ჰორიზონტალებს

რის მდებარე წერტილის სიმაღლე მიახლოებით განისაზღვრება ახლომდებარე ჰორიზონტალის ნიშნულ-

ამ პორი-ზონტალზე თვალდათვალ განსაზღვრული ამაღლების დამატებით. მაგალითად, პორი-ზონტალებს შორის მდებარე წისკვილის აბსოლუტური სიმაღლე ტოლია 162 მ. წერტილის ნიშნულების განსაზღვრა მეტი სიზუსტით შესაძლებელია მზომისა და განივი მასშტაბის დახმარებით (თავი VII.3).

განპირობებულია აგეგმვის სიზუსტით, რელიეფის ხასიათით, რუკის მასშტაბით, აგეგმვის მეთოდებით, გამოყენებული ხელსაწყოებით და ა.შ. და შეადგენს ვაკე ადგილებისათვის კვეთის სიმაღლის 1/4, დანაწევრებული და გორაკ-ბორცვიანი ტერიტორიისათვის 1/2 და მთელ კვეთას და მეტსაც მთიანი ადგილებისათვის.

ქანობის დახრის კუთხე რუკაზე განისაზღვრება შემდეგნაირად: დასაწყისისთვის გამოითვლიან დახრის γ კუთხის ტანგენსს, რომელიც ახასიათებს *ადგილის დახრას*. VII. 18 ნახაზიდან ჩანს, რომ

$$i = tg\gamma = h : d \quad \text{VII.8}$$

ტანგენსის მეშვეობით განსაზღვრავენ დახრის კუთხის მნიშვნელობას ტრიგონომეტრიული ფუნქციების ცხრილების დახმარებით. ფერდობის მცირე დაქანებისას შეიძლება მივიღოთ $tg\gamma = \frac{\gamma}{\rho}$, მაშინ $\gamma^\circ = (h : d)\rho^\circ$. თუ დავამრგვალებთ ρ° მნიშვნელობას (57& 60&-მდე მივიღებთ დახრის მცირე კუთხეების გამოსათვლელ ფორმულას:

$$\gamma^\circ = (h : d)60 \quad \text{VII.9}$$

დახრის კუთხეების გამოთვლას ამარტივებს *ქვედებულების გრაფიკი*, რომელიც უჩვენებს ქანობის ქვედებულის მნიშვნელობასა და დახრის კუთხეს შორის დამოკიდებულებას: გრაფიკის ჰორიზონტალურ საფუძველსა და მის ზემოთ განთავსებულ მრუდს შორის მართობული ხაზების სიგრძეები ტოლია ქვედებულების, საფუძველს ქვემოთ მითითებული დახრის კუთხის კონკრეტული მნიშვნელობისას. ნახ. VII. 21 ნახვენებია ქვედებულების გრაფიკის გამოყენების მეთოდიკა. რუკაზე ქვედებულის გრაფიკი შედგება ორი ნაწილისაგან ერთი მათგანი აგებულია კვეთის ძირითადი სიმაღლისათვის, რომელიც მიღებულია რუკაზე რელიეფის გამოსახსახავდ და გამოიყენება ორ მეზობელ ჰორიზონტალს შორის დახრის კუთხის განსაზღვრისას; მეორე – ორ მეზობელ გამსხვილებულ ჰორიზონტალებს შორის კვეთის გამსხვილებული სიმაღლისას. ქანობის დახრას



მნიშვნელობების

განსაზღვრა: მათი მაქსიმალური მნიშვნელობები იქნება ჰორიზონტალების ყველაზე ხშირი განთავსების უბნებში და პირიქით – მინიმალური იქნება

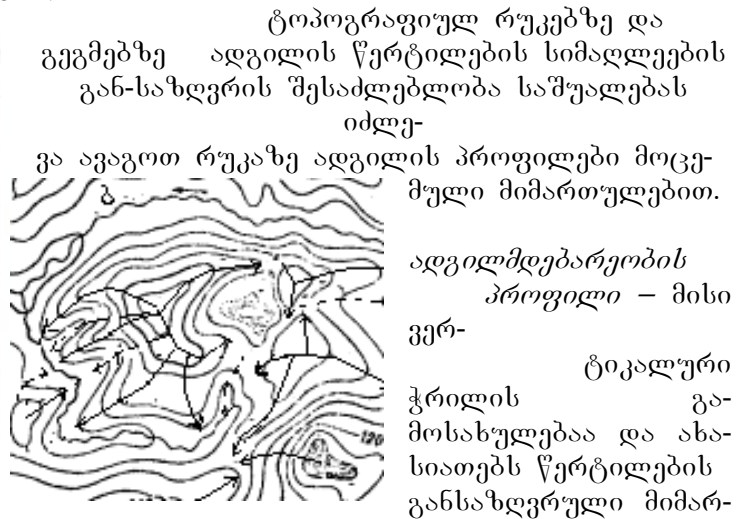
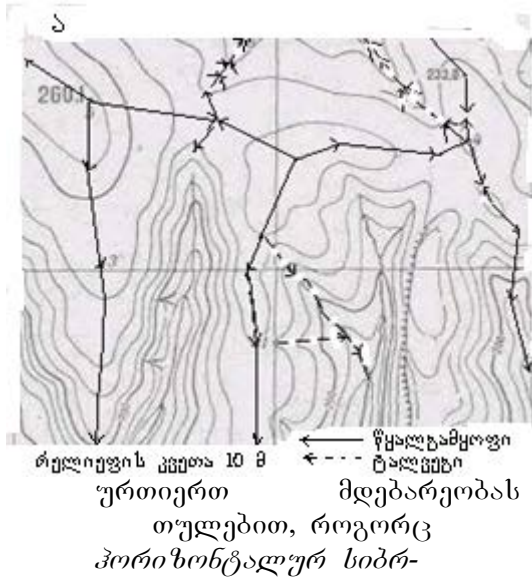
ნახ. VII. 21. ქანობის დახრის განსაზღვრა ქვედებულების გრაფიკის მიხედვით

და ჰორიზონტალების სიხშირეს შორის დამოკიდებულების საფუძველზე ადვილად შეიძლება მოცემული მიმართულებით დახრის კუთხეების (აგ-რეთვე თვით დახრის) მინიმალური და მაქსიმალური

რუკაზე ფერდობების დახრის განსაზღვრის სიზუსტე მეტწილად დამოკიდებულია მის სიდიდეზე: რაც უფრო დახრილია ქანობი, მით უფრო მეტია ცდომილება ჰორიზონტალების სიმაღლურ მდგომარეობაში. დადგენილია, რომ ქვედებულის გრაფიკით 5° - მდე დახრის მქონე ქანობების დახრა განისაზღვრება 30'-მდე სიზუსტით, 5°- 10° - 1°-მდე სიზუსტით. 20° -ზე მეტი დახრის გამოთვლა რეკომენდებულია დახრის კუთხის ტანგენსებით.

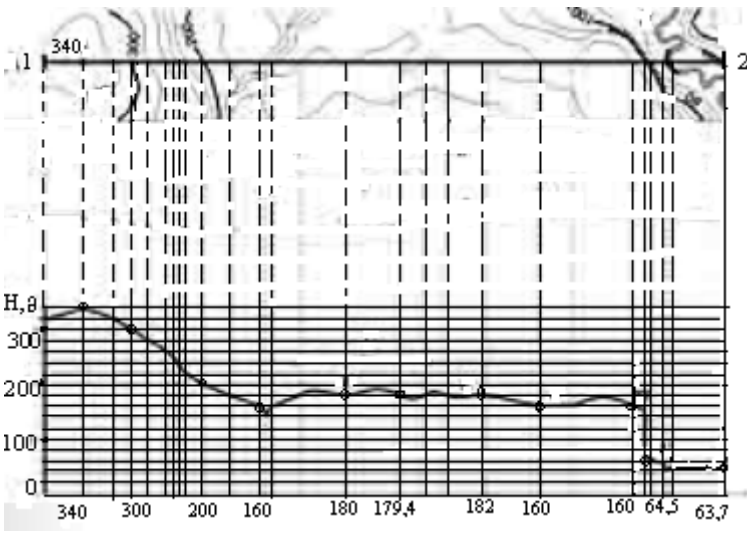
ადგილის რელიეფის ოროგრაფიული სქემა მიიღება რუკაზე წყალგამყოფებისა და ტალვეების გატარების შედეგად. ამ სამუშაოს ხარისხიანად შესრულებისათვის აუცილებელია იმ წერტილების ადგილმდებარეობის განსაზღვრის უნარ-ჩვევების დაუფლება, რომელზეც უნდა გაიაროს წყალგამყოფებისა და ტალვეების ხაზებმა. წყალგამყოფები გადიან წერტილებზე საიდანაც ქანობების ხაზები მიემართებიან სხვადასხვა მხარეს, ტალვეები – წერტილებზე, რომლებშიც ქანობების ხაზები ერთიანდებიან (ნახ. VII. 22, ა). ასეთი წერტილები მდებარეობენ ჰორიზონტალების უდიდეს სიმრუდის ადგილებში. ქანობების ხაზების დიდი რაოდენობით გატარების

აუცილებლობა გაქრება გარკვეული გამოცდილების შექმნის შემდეგ. ნახ. VII. 22, ბ – ზე მოცემულია ოროგრაფიული სქემის მაგალითი.



ნახ. VII. 22. ა – პორიზონტალურად განსაზღვრული წყალგამყოფებისა და ტალღეების მდებარეობა და მათ მიერ წარმოქმნილი ოროგრაფიული სქემა (ბ) მის ასაგებად აუცილებელია ადგილზე მოცემული მიმართულებით დაინიშნოს მასხასიათებელი წერტილები, გაიზომოს მათ შორის მანძილები და განისაზღვროს ამ წერტილების ნიშნულები. მაგრამ ეს მონაცემები შეიძლება მივიღოთ ტოპოგრაფიული რუკებიდან და გეგმებიდანაც. პროფილის აგება მიმდინარეობს ორი მიმართულებით: პორიზონტალური და ვერტიკალური. სამუშაო იწყება რუკაზე პროფილის ხაზის გახაზვით, რომლის გასწვრივ აწარმოებენ რელიეფის თავისებურებების შესწავლას. საჭიროების მიხედვით გახაზავენ პროფილის ხაზის გადამკვეთ წყალგამყოფებსა და ტალღეებს. განსაზღვრავენ ამ ხაზზე ყველა პორიზონტალურ და დამატებით დანიშნული წერტილების ნიშნულებს (თუ პორიზონტალური პროფილის ხაზზე განთავსებულნი არიან ხშირად, შეიძლება შემოვიფარგლოთ ფერდობის გადაღუნვის წერტილების ნიშნულებით). ქაღალდის ფურცელზე ატარებენ პორიზონტალურ ხაზს – პროფილის ფუძეს, რომლის გასწვრივ მონიშნავენ პროფილის ასაგებად საჭირო წერტილებს. წერტილების დატანის მასშტაბი (პროფილის პორიზონტალური მასშტაბი) შეიძლება იყოს რუკის მასშტაბის ტოლი ან განსხვავდებოდეს მისგან. პროფილის რუკის მასშტაბში აგებისას სამუშაოს გამარტივების მიზნით ქაღალდის ფურცელს მიადებენ რუკაზე პროფილის ხაზს და მის გვერდზე დანიშნავენ საჭირო წერტილებს, ხოლო შემდეგ ამ გვერდს შეუთავსებენ პროფილის ფუძეს და გადააქვთ დანიშნული წერტილები. სხვადასხვა მასშტაბის მანძილებს პროფილის წერტილებს შორის რუკაზე ამცირებენ ან აღიდებენ პროფილისა და რუკის მასშტაბის თანაფარდობის მიხედვით. დანიშნული წერტილების ნიშნულებს აწერენ საფუძვლის ქვეშ. პროფილზე წერტილების სიმაღლურ მდებარეობაში სხვაობის ჩვენების მიზნით ფუძის მარცხენა ბოლოში აგებენ სიმაღლის სკალას – აღმართავენ მართობს და მასზე გადაზომავენ ტოლ მონაკვეთებს და მიუთითებენ მათ მნიშვნელობებს დადგენილი ვერტიკალური მასშტაბის მიხედვით, რომელიც როგორც წესი 5-10 ჯერ მეტია პორიზონტალურზე. მასშტაბის ასეთი გამსხვილება განპირობებულია იმით, რომ პროფილის წერტილების აბსოლუტური სიმაღლეები მნიშვნელოვნად ნაკლებია მათ შორის გეგმურ მანძილზე (მთიანი რეგიონების გარდა). ამიტომ აგების ტოლი მასშტაბების შენარჩუნებისას სიმაღლეებს შორის სხვაობა იმდენად უმნიშვნელო იქნება, რომ მისი შემჩნევა პროფილის ხაზზე შეუმჩნეველი იქნება. სიმაღლეების სკალა იწყება პროფილის ფუძისათვის შერჩეული აბსოლუტური სიმაღლიდან – ე.წ. პირობითი პორიზონტის ხაზიდან (წერტილიდან). მისი მნიშვნელობა პროფილის ხაზზე უმცირეს აბსოლიტურ სიმაღლეზე დაბლა უნდა იყოს და გამოისახება მრგვალი ციფრით. პირობითი პორიზონტის ხაზის შერჩეული წერტილის მიხედვით ციფრირებას უკეთებენ სიმაღლეთა

სკალის დანარჩენ დანაყოფებს. პროფილის აგების სამუშაო მარტივდება თუ სიმაღლეთა სკალის ციფრირება უთავსდება რუკაზე ჰორიზონტალების ნიშნულების მნიშვნელობებს. სიმაღლეთა სკალის მიხედვით ფუძის ყოველ წერტილზე

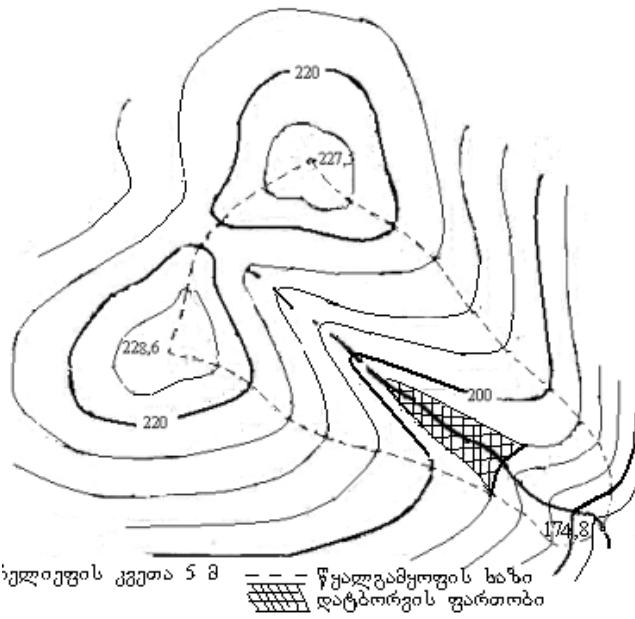


აღმართულ მართობებზე აღნიშნავენ მის სიმაღლურ მდგომარეობას (როგორც მართობებისა და სიმაღლეთა სკალის შესაბამისად ფუძის პარალელურად გატარებული ჰორიზონტალური ხაზების გადაკვეთის შედეგები). პროფილის წერტილებს აერთებენ მრუდით (ნახ. VII. 23). პროფილის აგება მოხერხებულია მილიმეტრულ ქაღალდზე.

წყალგამყოფების ხაზების მიხედვით განსაზღვრავენ წყალსადინარის ან წყალსატევის წყალშემკრები

აუზის საზღვრებს. წყალშემკრები ეწოდება ფართობს საიდანაც წყალი ჩამოედინება მდინარეში (ტბაში)
ნახ. VII. 23. პროფილის აგება

ბორვის ფართობს – ტერიტორიას, რომელსაც შეავსებს წყალი ხელოვნური წყალსატევის აგებისას.



მდინარისათვის საზღვარი იკვრება
ნახ. VII.24. წყალშემკრები აუზის ფართობისა და დატბორვის ფართობის განსაზღვრა რუკაზე

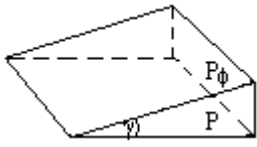
ან მდინარის სისტემაში (ნახ.VII.24). რუკებზე განსაზღვრავენ ასევე დატბორვის ფართობს. რუკაზე დაიტანება კაშხლის მდებარეობა მომავალ წყალსატევაში წყლის დონის ნიშნულის გათვალისწინებით. პირობა იქნება დაცული, თუ კაშხლის აშენების ადგილზე წყალსადინარის ურთიერთმოპირდაპირე ფერდობებზე შეერთდება მოცემული სიმაღლის ერთსახელიანი ჰორიზონტალები. დატბორვის ფართობი შემოიფარგლება კაშხლის შემკვრელი ჰორიზონტალით (ნახ. VII. 24). თუ ჰორიზონტალების ნიშნულები არ შეესაბამებიან მომავალი წყალსატევის დონეს, მაშინ მისი კონტურის განსაზღვრისას ინტერპოლაციის მეთოდით ნახულობენ მოცემული სიმაღლის წერტილებს, რომელსაც მერე აერთებენ მრუდით. ყურადღება უნდა მიექცეს მდინარისა და წყალსატევის წყალ-შემკრები აუზის შემოფარგვლის თავისებურებებს:

მის შესართავთან, წყალსატევისთვის – კაშხლის ბოლოებში.

§ VII.8. ფართობების განსაზღვრა რუკაზე

ტოპოგრაფიულ რუკაზე დედამიწის ზედაპირის რომელიმე უბნის ფართობის განსაზღვრა ნიშნავს გაზომვითი და გამოთვლითი სამუშაოების ერთიანობას რომლის ჩატარების შედეგად მიიღება ფართობი მიწის საზომ ერთეულებში (მ², ჰა და სხვ.).

ამასთან, გამოითვლება არა ფიზიკური ზედაპირის ფართობი P_f არამედ მისი პროექცია პორიზონტალურ სიბრტყეზე P (ნახ. VII. 25); $P = P_f \cdot \cos \gamma$, საიდანაც $P_f = P / \cos \gamma$.



ნახ. VII. 25. ადგილის უბნის ფიზიკური

გასაზომი ფართობის სიდიდე, კონფიგურაცია და განსაზღვრის სიზუსტეზე მოთხოვნა განაპირობებს მეთოდის შერჩევასა და ხელსაწყოების გამოყენებას. სიზუსტის თანმიმდევრობით ამ ხერხების ჩამონათვალი ასეთია: პალეტის დახმარებით, გრაფიკული, მექანიკური, აწონვის, ანალიტიკური, ფოტოელექტრონული და კომპიუტერული. თითოეული ეს ხერხი შეიძლება გამოვიყენოთ ცალ-

ცალკე ან სხვასთან კომბინაციაში. ტოპოგრაფიულ რუკაზე (გეგმაზე) ხშირად საჭიროა კლასიკური კონტურის მქონე ფართობების განსაზღვრა. ასეთ შემთხვევებში მიღებარეობა ზანშეწონილია პალეტის (ნახ. VII. 3) გამოყენება. ვადრატული პალეტით (ნახ. VII. 3. ა) სარგებლობისას უნდა დავადგინოთ მისი დანაყოფის სიდიდე - $p = a^2$ მმ² ან სმ²-ში (a პალეტის გვერდის სიგრძეა (მმ ან სმ)).

რუკაზე მოცემული უბნის ფართობის განსაზღვრას იწყებენ მასზე პალეტის დაფარებით და ითვლიან კონტურის შიგნით მოქცეული მთლიანი დანაყოფების n_p რაოდენობას. სრული ფართობი ტოლი იქნება მთლიანი უჯრედების (n) და კონტურის ხაზით გადაჭრილი არასრული ($n'/2$) დანაყოფების ჯამის. კვადრატების თვლა რომ არ აირიოს - რომელიმე მათგანი არ გამოგვრჩეს ან ერთი და იგივე ორჯერ არ დავთვალოთ, გადთვლისას უკვე დათვლილ კვადრატებს პალეტზე ფანქრით რაიმე ნიშნით აღნიშნავენ, მაგალითად, მთლიან კვადრატებს - ჯვრებით, ხოლო მის ნაწილებს წერტილით.

გაზომილი P ფართობის მიწის საზომ ერთეულებში გადასაყვანად გამოითვლიან პალეტის დანაყოფის ფასს - მიწის საზომ ერთეულის რიცხვს, რომელიც პალეტის ერთი დანაყოფის შესაბამისი იქნება კონკრეტული მასშტაბის რუკისათვის:

$$c_n = (ac)^2, \quad \text{VII. 10}$$

სადაც c - 1მმ (1სმ) ფასია რუკის მასშტაბში a სიდიდის გაზომვის ერთეულის შესაბამისად;

$$P = n_p c_p \quad \text{VII. 11}$$

გამოთვლების გაკონტროლების მიზნით გასაზომი უბნის ფართობს ზომავენ გამეორებით. ამისათვის პალეტს უცვლიან მდგომარეობას - მაგალითად შემობრუნებენ 45° ნებისმიერი მიმართულებით. ამასთან, ცდილობენ პალეტს მისცენ ისეთი მდებარეობა, რომ უბნის კონტურმა გადაკვეთოს პალეტის დანაყოფის რაც შეიძლება ნაკლები რაოდენობა. გაზომვის სიზუსტეს ამოწმებენ (2.27) და (2.28) ფორმულებით და ადარებენ მას დასაშვებთან. თუ პირობა (2.28) დაცულია მაშინ P -ს საბოლოო შედეგად ღებულობენ გაზომვის ორი შედეგის საშუალო არითმეტიკულს. მიღებულია, რომ ფართობის პალეტით გაზომვის დასაშვები სიზუსტე შეადგენს გასაზომი ფართობის 1/50 - 1/100.

კვადრატული პალეტების გამოყენება მიზანშეწონილია მცირე უბნების (3სმ²-მდე) ფართობების გასაზომად. ასეთი პალეტების ძირითადი ნაკლია დანაყოფების დაანგარიშებისას უხეში შეცდომების დაშვების შესაძლებლობა. ასეთი შეცდომების აღბათობა მცირდება პარალელური (ხაზოვანი) პალეტების გამოყენებისას, რომელიც წარმოადგენს ასევე გამჭვირვალე საფუძველზე ერთმანეთისაგან 2-5 მმ დაშორებით დატანილ პარალელურ ხაზებს. ასეთი პალეტით გაზომვისას კონტური ნაწევრდება a_1, a_2, \dots, a_n ფუძეების მქონე, ტრაპეციის ფორმასთან ახლო მდებარე ფიგურებად, რომელთა სიმაღლე h მუდმივია (ნახ. VII. 1. 3. ბ). ამ ტრაპეციების ფართობების ჯამი შეადგენს კონტურის ფართობს:

$$P = [h(a_1 + a_2 + \dots + a_n)]c_p = c_p \left(h \sum_1^n a_i \right), \quad \text{VII. 12}$$

სადაც c_p 1მმ² (სმ²) ფასია რუკის მასშტაბში, a და h გაზომვის ერთეულისაგან დამოკიდებულებით. პარალელური პალეტის გამოყენებისას იზომება კონტურით მოჭრილი პალეტის ხაზების მონაკვითები. გამოთვლის შედეგებს გამოსახავენ რუკის

მასშტაბში. პარალელური პალეთით არ არის რეკომენდებული 10 სმ² - ზე მეტი ფართობის მქონე უბნების გაზომვა.

15 სმ²-მდე ფართობის სწორხაზოვანი მრავალკუთხედის მქონე უბნების გაზომვისას მიზანშეწონილია გამოიყენოთ *გრაფიკული ხერხი*. მრავალკუთხედის მქონე უბანს ყოფენ მარტივ, გეომეტრიული ფორმის მქონე ფიგურებად, რომელთა ფართობი შეიძლება განვსაზღვროთ ცნობილი ფორმულების დახმარებით. ამასთან, ყველაზე ზუსტი შედეგები მიიღება უბნის შედარებით დიდ სამკუთხედებად დაყოფისას, განსაკუთრებით თუ ტოლია მათი სიმაღლე h და ფუძე a . უბანზე არსებული მრუდხაზა მონაკვეთები იცვლება მათთან მიახლოებული სწორი ხაზებით (ნახ. VII.1.4). გამოთვლის შედეგები გადაყავთ რუკის მასშტაბში. უბნის ფართობი

$$P = c_p \sum_1^h \frac{a_i h_i}{2} \quad \text{VII. 13}$$

ამ ხერხის სიზუსტე მერყეობს 1/100 – 1/200.

მექანიკური ხერხი ეფუძნება ხელსაწყო პლანიმეტრის (ნახ. VII. 4) გამოყენებას, რომელიც ნებისმიერი კონფიგურაციის ფართობის შედარებით მოკლე დროში და საკმარისი სიზუსტით განსაზღვრის საშუალებას იძლევა. პლანიმეტრით ამა თუ იმ უბნის უშუალოდ გაზომვისას მისი ფართობი მიიღება პლანიმეტრის დანაყოფებში და გამოისახება ფორმულით

$$P = n_n \quad \text{VII.14}$$

სადაც n_n - პლანიმეტრის დანაყოფების რაოდენობაა.

თეორიულად პლანიმეტრის დანაყოფი წარმოადგენს რამდენიმე მმ² ან სმ² - გან (სამუშაოდ ხელსაწყოს მომზადებაზე დამოკიდებულებით) შემდგარ ერთგვარ მრავალკუთხედს. უბნის ფართობის მიწის საზომ ერთეულში გამოსახატავად აუცილებელია *პლანიმეტრის დანაყოფის c_n ფასის* დადგენა. ამ შემთხვევაში უბნის ფართობი

$$P = n_n c_n \quad \text{VII. 15}$$

პლანიმეტრის დანაყოფის ფასი – ესა მისი შესატყვისი უბნის ფართობი რუკის მასშტაბში, მიწის საზომ ერთეულში. c_n განსაზღვრა ხდება პლანიმეტრის დანაყოფების იმ n_n' რაოდენობის დადგენით, რომელიც მდებარეობს უბანზე, რომლის P' ფართობი წინასწარაა ცნობილი (მაგალითად, რუკის კილომეტრული ბადის კვადრატით).

$$c_n = P' : n_n'$$

პლანიმეტრთან მუშაობა იწყება რუკის დამაგრებით მაგიდაზე და მასზე ხელსაწყოს გაწყოებით, რომელიც მიმდინარეობს შემდეგი თანმიმდევრობით: ხელსაწყოს აყენებენ მუშა მდგომარეობაში, რომლის დროსაც შემოსავლები ინდექსი უბნის საზღვართან მკაფიოდ გამოხატულ წერტილთანა შეთავსებული. ბერკეტები განთავსებულია ისე, რომ მათ შორის კუთხე 90°-თან ახლოს იყოს, ხოლო კონტურის შემოვლისას ის იყოს 30°-ზე ნაკლები და 150°-ზე მეტი (ამ პირობის დაცვის შემოწმება ხდება კონტურის სახელდახელო შემოტარებით). პოლუსური ცილინდრის წვეტანას ბერკეტების დაყენების შემდეგ არტობენ მაგიდის ზედაპირზე. იღებენ N ს.ა.წ. ანათვალს ამთვლელი მექანიზმიდან; შემოსავლები ინდექსით შემოატარებენ უბნის კონტურს და ხელახლა იღებენ N ს.ა.ბ. ანათვალს; გამოითვლიან ანათვლების n_n სხვაობას ფორმულით $n_n = N$ ს.ა.ბ. - N ს.ა.წ. მიღებული სხვაობა გამოსახავს ფართობს პლანიმეტრის დანაყოფებში.

ფორმულა (VII. 15) გამოიყენება როცა გასაზომი უბნის ფართობი არ არის დიდი და პლანიმეტრი განთავსებულია კონტურის საზღვრებს გარეთ. დიდი უბნების გაზომვისას პლანიმეტრი იმყოფება კონტურის შიგნით და მისი ფართობი შემდეგი ფორმულით გამოითვლება

$$P = (n_n + Q) c_n, \quad \text{VII. 16}$$

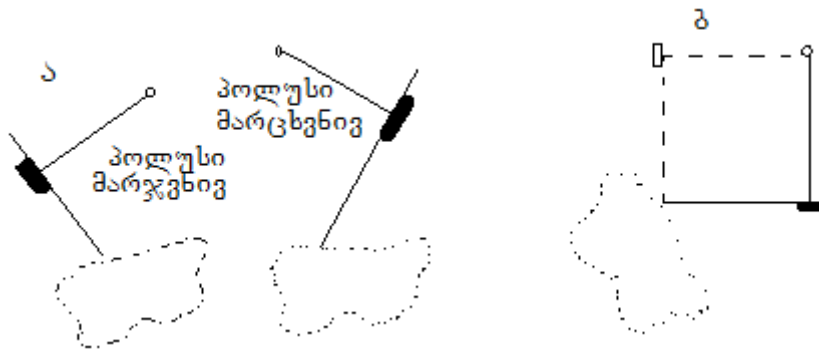
სადაც Q – პლანიმეტრის მუდმივი რიცხვია, რომელიც გამოითვლება ფორმულით

$$Q = P' : c_n - n_n'$$

განსაზღვრის შედეგად c_n -ს არც თუ იშვიათად აქვს არამრგვალი მნიშვნელობა, რაც ართულებს გამოთვლებს. მისი მნიშვნელობა შეიძლება შევცვალოთ გამოსათვლელად მოსახერხებელ მნიშვნელობამდე დაყვანილი ციფრით, მაგალითად, 0,1 ჰა, რაც მიიღწევა თავისუფალი ბერკეტის სიგრძის ცვლილებით, ანუ შემოსავლებ ინდექსსა და ამთვლელი მექანიზმის მდებარეობას შორის მანძილით, რომელიც განისაზღვრება შემოსავლელი ბერკეტის სკალაზე. ბერკეტის საჭირო R სიგრძეს გამოითვლიან ფორმულით

$$R = R' c_n : c_n \text{ ა,}$$

სადაც R' - ბერკეტის თავდაპირველი სიგრძეა, c_n' - დანაყოფის თავდაპირველი



ნახ. VII. 26. პლანიმეტრის ბერკეტების ურთიერთმდებარეობა (ა) და მისი ცვლილება უბნის ფართობის გაზომვისას (ბ)

ფასი, c_n - დანაყოფის სასურველი ფასი. გამოთვლის შემდეგ ამთვლელ მექანიზმს გადაანაცვლებენ ბერკეტის გასწვრივ, მისი სკალის დანაყოფის მიღებულ მნიშვნელობამდე.

პლანიმეტრის ბერკეტებს კონტურის შემოტარებისას შეუძლით მიიღონ მდებარეობა, რომლის დროსაც პოლუსი ამთვლელი მექანიზმის მიმართ იქნება მარჯვნივ (მდებარეობა პოლუსი მარჯვნივ~ (ნახ.VII.26,ა). ბერკეტების მდებარეობის შეცვლა რეკომენდირებულია პოლუსის მდებარეობის შეუცვლელად (ნახ. VII. 26, ბ). კონტურის შემოვლება ბერკეტის ორი მდებარეობიდან ამცირებს პლანიმეტრის კონსტრუქციულ ცდომილებებს. ამავე მიზნით გასაზომი უბნის შემოტარებას ახდენენ მინიმუმ ორჯერ, პოლუსის სხვადასხვა მდებარეობისას. შედეგებს შორის სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს ორ დანაყოფს, 200 დანაყოფამდე ფართობის მქონე უბნებისას, სამს - თუ მისი ფართობი ტოლია პლანიმეტრის 200 - დან - 2000-მდე დანაყოფისა. კონტურის საათის ისრის საწინააღმდეგოდ შემოტარებისას თუ ბოლო ანათვალი აღმოჩნდება საწყისზე ნაკლები, მაშინ საჭიროა ბოლო ანათვალს დაემატოს 10 000.

ფართობის პლანიმეტრით განსაზღვრის სიზუსტე დამოკიდებულია მრავალ მიზეზებზე. დადგენილია, რომ მისი მეშვეობით მიზანშეწონილია გაიზომოს არაუმეტეს 20 სმ² მქონე უბნები. კარგ პირობებში გაზომვისას სიზუსტე ახლოსაა გაზომილი ფართობის 1/200 - 1/400.

აწონვის ხერხი დაფუძნებულია ზუსტი ელექტრონული სასწორების გამოყენებაზე. გასაზომი უბანი გადააქვთ გამჭვირვალე არადეფორმირებად პლასტიკატზე, ამოჭრიან მასზე კონტურს და აწონიან. მის შემდეგ მიღებული კონტურიდან ამოჭრიან ეტალონურ ფიგურას (წრეს, კვადრატს), რომლის ფართობი გამოითვლება ცნობილი ფორმულით, და მასაც აწონიან. ფართობი ტოლი იქნება

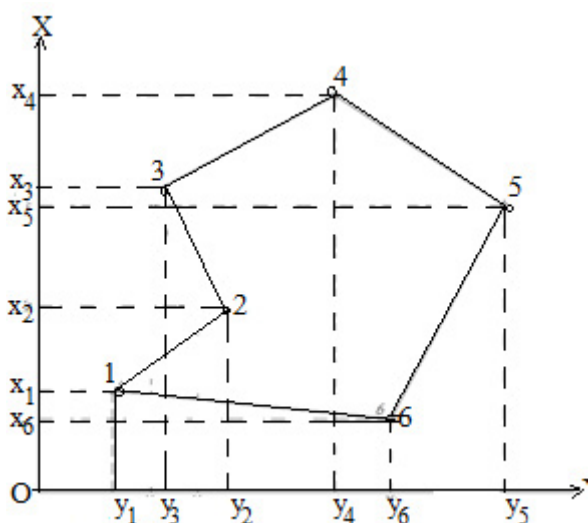
$$P = B_{კ} P_{ე} : B_{ე} \quad \text{VII. 17}$$

სადაც $B_{კ}$ - მთლიანი კონტურის მასაა, $B_{ე}$ - ეტალონის მასა, $P_{ე}$ - ეტალონის ფართობი. ამ ხერხის სიზუსტე არ ჩამორჩება მექანიკურს, ამასთან მისი ნაყოფიერება მაღალია.

ანალიტიკური ხერხი. ფართობის გამოთვლა ამ ხერხით ხდება საველე გაზომვების საფუძველზე, განსაზღვრული კონტურის წერტილების ცნობილი კოორდინატების მიხედვით (იხ. IV.14). შეკრული მრავალკუთხედის (1-2-3-4-5-6) (ნახ. VII. 27) ფართობი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით

$$2S = \sum_{i=1}^{i=n} x_i (y_{i+1} - y_{i-1}),$$

VII.18



$$2S = \sum_{i=1}^{i=n} y_i (x_{i-1} - x_{i+1})$$

VII.19

სადაც i – კონტურის წვეროების რიგითობის ნომრებია 1-დან n -მდე. n – პოლიგონის წვეროების რაოდენობა; x და y – კონტურის წვეროების კოორდინატები.

თუ პირველ ფორმულაში ჩავსვამთ $i = 1$ მივიღებთ $x_0 - x_2$, ხოლო მეორეში $y_2 - y_0$, სადაც x_0 და y_0 აუცილებელია ჩაისვას x_n და y_n .-ში თუ $i = n$ ჩაისვას პირველ ფორმულაში მივიღებთ $x_{n-1} - x_{n+1}$, მეორეში $y_{n+1} - y_{n-1}$, სადაც x_{n+1}, y_{n+1} ადგილას აუცილებელია ჩაისვას x_1 და y_1 (რადგანაც ნულოვანი წერტილი წინ უძღვება პირველს, ხოლო მოცემულ შემთხვევაში პირველ წვეროს წინ უძღვის n წვერო; $n+1$ წერტი-
ნახ. VII. 27. ფართობის გამოთვლა

მოსდევს n წერტილს, ხოლო მას მოსდევს ანალიტიკური ხერხით

პირველი წვერო). კონტროლისათვის ფართობის გამოთვლა წარმოებს ორივე ფორმულით.

VII.1 ცრილში მოყვანილია ფართობის ანალიტიკური ხერხით დაანგარიშების მაგალითი. ნახ. VII.26 შესაბამისად ცხრილის 1 და 2 გრაფაში მოცემულია ჩაკეტილი პოლიგონის წვეროების მართკუთხა კოორდინატები. $y_{i+1} - y_i$ და $x_{i-1} - x_{i+1}$ კოორდინატთა სხვაობები შესაბამისი ნიშნებით ჩაიწერება 3 და 4 გრაფაში. მაგალითად, 1 წვეროსთვის სხვაობა შედგება შემდეგი 2 ($X_2 = 209,43$) წვეროს და წინამდებარე 6 ($X_6 = 9,81$). წვეროს კოორდინატებისაგან. შესაბამისად 2 და 3 გრაფებისა და ასევე 1 და 4-ის გადამრავლების შედეგები იწერება 5 და 6 გრაფებში.

ამრიგად, უბნის ფართობი შეადგენს 141269,0998 მ² ანუ 14,1 ჰა-ს. კოორდინატთა სხვაობების გამოთვლის სისწორის კონტროლია მათი აღგებრაული ჯამის განულება, როგორც X ისე Y კოორდინატების სხვაობისა, რადგანაც მათი შედგენისას ყოველი კოორდინატა შედის როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი ნიშნით. ნამრავლის ჯამის თანხვედრა მიუთითებს გამოთვლების უშეცდომოდ ჩატარებას.

ცრილი VII.1

№ წვეროები	კოორდინატები		კოორდინატთა სხვაობა		ნამრავლები	
	x_i	y_i	$y_{i+1} - y_{i-1}$	$x_{i-1} - x_{i+1}$	$x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$	$y_i (x_{i-1} - x_{i+1})$
	1	2	3	4	5	6
1	6,83	9,76	219,55	- 200,62	8086,0265	5970,4512
2	09,43	12,33	13,14	- 340,58	2751,9102	38257,3514
3	77,41	2,90	209,37	- 278,34	79018,3317	11940,7860
4	87,77	21,70	430,82	+ 119,63	210141,0714	38484,9710
5	57,78	73,72	10,18	+ 478,96	2624,2064	226892,9312
6	9,81	31,88	443,96	+ 220,95	3911,2876	73328,8860
			+663,51 <u>-663,51</u> 0	+819,54 <u>-819,54</u> 0	+294535,5137 <u>-11997,3141</u> 28253,1996	+338706,7882 <u>-56168,5886</u> 282538,1996

ნამრავლების ჯამი პოლიგონის გაორმაგებული ფართობის შესატყვისია კვადრატულ მეტრებში, რადგანაც კოორდინატები მოცემულია მეტრებში.

ანალიტიკური ხერხით ფართობის გამომანგარიშების სიზუსტეზე გავლენას ახდენს მარტო ადგილზე ჩატარებული გაზომვების ცდომილებები და იგი შეადგენს 1/1000.

გამოთვლითი და კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარებამ ხელი შეუწყო ანალიტიკური ხერხით ფართობების განსაზღვრის პროცესის გამარტივებასა და დაჩქარებას.

ბოლო წლებში ფართობების განსაზღვრის ავტომატიზირების ორი მიმართულება ვითარდება: 1. სრული ავტომატიზაცია, რომელიც მოიცავს როგორც კონტურის ავტომატურ მონიშვნას, ისე გაზომვებისა და გამოთვლების ავტომატიზაციას. 2. ნახევრად-ავტომატური მზომი ხელსაწყოების გამოყენებას, რომელიც გაზომვებისა და გამოთვლების ავტომატიზირების საშუალებას იძლევა. ამასთან, კონტურის შემოვლა ხდება შემსრულებლის მიერ. პირველი მიმართულება ჯერ კიდევ არაა გამოსული საცდელექსპერიმენტალური სამუშაოების ჩარჩოდან, ხოლო მეორე – ფართოდ ვითარდება და წარმატებით ინერგება მასიურ წარმოებაში. ამის მაგალითია ელექტრონული პლანიმეტრი (ნახ. VII. 5), რომელიც საშუალებას იძლევა სწრაფად და ხარისხიანად გაიზომოს ფიგურებისა და კონტურების ფართობი, მათი საწყისი და ბოლო წერტილის დაფიქსირების გზით.

ამ ხელსაწყოთი ერთი და იგივე უბნის ფართობის მრავალჯერადი გაზომვები შეიძლება გაშუალებდეს. ფართობის გაზომვის შემდეგ დააჭერენ კლავიშს END და ხელახლა ზომავენ იგივე ფართობს. კლავიშ AVER-ზე დაჭერის შემდეგ საშუალო შედეგი გამოანათებს დისპლეის ტაბლოზე.

უბნის ფართობის განსაზღვრის პროცესში, გეგმის ან რუკის მასშტაბის ცვლილებისას, ახალი მასშტაბის დასაყენებლად უნდა დავაჭიროთ კლავიშზე SCALE.

გასაზომი უბნის საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით შემოვლის შემთხვევაში პლანიმეტრი PLANIX-7 ფართობის მნიშვნელობას უარყოფითი ნიშნით აჩვენებს. ეს მდგომარეობა გამოიყენება როცა დიდი კონტურის შიგნით მდებარე ფართობების გამოსაკლებად დასაწყისში შემოფარგლავენ ძირითადი უბნის კონტურს, საათის ისრის მიმართულებით და აფიქსირებენ ფართობის მნიშვნელობას კლავიშით HOLD, გადაიყვანენ ტრასირს ძირითადი კონტურის შიგნით მდებარე უბნის კონტურზე, კლავიშ HOLD-ზე დაჭერით ათავისუფლებენ ფიქსაციისაგან და შემოატარებენ შიდა კონტურს, საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით. შემოტარების ბოლოს ტაბლოზე გამოანათებს ძირითად და შიდა კონტურის ფართობებს შორის სხვაობა. ტრასირით კონტურის შემოტარებისას საჭიროა გადანაცვლება მკაცრად კონტურის ხაზზე, ხაზიდან გადახრისას, მაგალითად მარჯვნივ, აუცილებელია იქვე გადახრა მარცხვნივ, იგივე სიდიდით, რითაც ხდება შემთხვევითი ცდომილების კომპენსირება.

ფართობების განსაზღვრა გრაფოგამმეორებლებით. გრაფიკული ინფორმაციის (ტოპოგეგმა, რუკა) ციფრულ ფორმაში გარდასაქმნელად გამოიყენება მოწყობილობები, რომლებსაც *გრაფოგამმეორებლები (დიგიტალიზერები)* ან *ამციფრებლები* ეწოდება. დიგიტალიზერების გამოყენებისას უბნის ფართობის გამოთვლა ხდება კონტურის ცალკეული წერტილების კოორდინატების მიხედვით. ამასთან, გამოიყენება დიგიტალიზირების სამი ძირითადი ხერხი – *წერტილოვანი, ხაზოვანი* და *სკანირების*, რომლებიც რუკის ელემენტების მდებარეობის განსაზღვრას დისკრეტული წერტილების კოორდინატების საშუალებით იძლევიან.

წერტილოვანი დიგიტალიზაციისას წერტილების კოორდინატების განსაზღვრა ხდება თანმიმდევრულად, რომლებიც შემდეგ რეგისტრირდება ტექნიკურ მატარებლებზე, განსაზღვრული სემანტიკური ნიშნით (კოდირებული სემანტიკური აღწერა).

ხაზოვანი დიგიტალიზაცია ძირითადად გამოიყენება უწყვეტი მრუდების გარდასაქმნელად, როცა წერტილების კოორდინატებს ითვლიან დროებითი ან ნაბიჯის ინტერვალით, სემანტიკური მახასიათებელი კი მოიყვანება იმ წერტილების მასივისათვის, რომლებიც ადგილის ობიექტს აღწერენ მთლიანობაში.

სკანირებისას გრაფიკული ორიგინალი შინაარსისგან დამოუკიდებლად გარდაიქმნება რაასტრულ მატრიცაში, რომლის შედეგად შავ-თეთრი ორიგინალი წარმოდგენილია ორგანოზომილებიანი მატრიცით, ხოლო ფერადი ორიგინალი გარდაიქმნება სამ-განზომილებიანი მატრიცად, სადაც ფერი წარმოდგენილია რიცხვთა განსაზღვრული დიაპაზონით მატრიცის ელემენტებში.

წერტილოვანი დიგიტალიზაციის ხერხი უფრო ხშირად გამოიყენება, რადგანაც რუკის წერტილოვანი ელემენტების სწორი და მრუდი ხაზების მონაკვეთების ციფრული სახით გარდაქმნის საშუალებას იძლევა. ამასთან, დიგიტალიზაცია წარმოებს რუკების წინასწარი მომზადების გარეშე. თანაც კონტურის შესაბამისი წერტილების დაკვლევა ხელთ სრულდება.

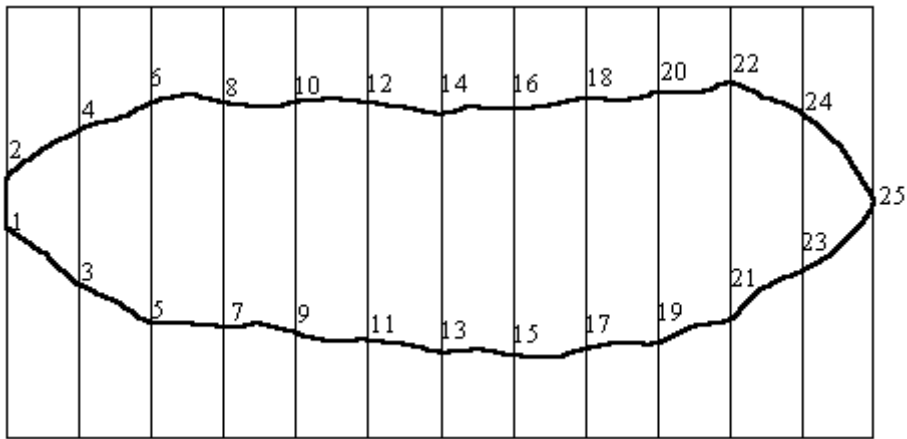
მაკავშირებელ (დაკვირვების) რეჟიმში დეგიტალიზაცია საშუალებას იძლევა გაზომილი კოორდინატების მბმ-სათვის მიწოდება ავტომატურად აწარმოოს.

წერტილების კოორდინატების გაზომვა გრაფოგამმეორებლებზე შესაძლებელია შესრულდეს ათვლის სხვადასხვა რეჟიმში. განასხვავებენ *უწყვეტი*, *დისკრეტული* და *უწყვეტ-დისკრეტული* მოქმედების მოწყობილობას. დისკრეტული მეთოდის გამოყენებისას კოორდინატების გამოთვლა (მბმ-ში შეყვანა) წარმოებს შემსრულებელი ბრძანების მიხედვით. უწყვეტი რეჟიმისას კოორდინატების მბმ-ში შეყვანა წარმოებს ავტომატურად, სპეციალური მოწყობილობის ბრძანებით.

წარმოებაში ფართოდ გამოიყენება გრაფოგამმეორებელი *გეოტრაისერ 326* (შეცვია), რომელიც განკუთვნილია გრაფიკული ინფორმაციის ციფრულში გადასაცემად და საშუალებას იძლევა მოხდეს წერტილების კოორდინატების რეგისტრირება, უბნის ფართობების დისკრეტულ ან დაკვირვების რეჟიმში გაზომვა, ნაყარისა და თხრილების მოცულობათა განსაზღვრა, ნაგებობათა პოლარულ ან მართკუთხა კოორდინატებში დაკვალვის მონაცემთა გამოთვლა, გაიზომოს ხაზების სიგრძე.

კონსტრუქციულად ხელსაწყო შედგება შარნირებით შეერთებული ორი ბერკეტი-საგან. მუშაობის პროცესში შემსრულებელი მიმართავს შემოსავლელ ინდექსს (ვიზირი) კონტურის წერტილზე, შემოატარებს მას და ამგვარად შეყავს კომპლექტში შემავალ მიკრო-მბმ-ში კონტურის წერტილების კოორდინატები, რომლებიც შემდგომ მუშავდება, მაგალითად, მოცემული კონტურის ფართობის გამოთვლის მიზნით.

კონტურების წერტილების კოორდინატების გაზომვის საშუალო კვადრატული ცდომილება არ აღემატება 0,1 მმ გეგმაზე, ხოლო 7 სმ²-მდე ფართობის მქონე კონტურების გაზომვისას 1/70. ფართობების განსაზღვრის სიზუსტე პრაქტიკულად არაა დამოკიდებული კონტურის კონფიგურაციაზე. სამუშაოს დაწყების წინ საჭიროა გრაფოგამმეორების შემოწმება ხელსაწყოს პასპორტში მოცემული ინსტრუქციის შესაბამისად.



ნახ. VII. 28. კონტურის დიგიტალიზაციის სქემა

§VII.9. თვალზომური გაზომვები

რუკაზე ადგილმდებარეობის მახასიათებლების (მანძილის, მიმართულების, ფართობის, ფერდობების დახრის, ამადლებისა და სხვ.) თვალზომით განსაზღვრის ცოდნა ხელს უწყობს კარტოგრაფიული გამოსახულების სწორად აღქმის უნარჩვევების გამომუშავებას. რუკებზე თვალზომური განსაზღვრა სიზუსტის მხრივ მიახლოებით შედეგებს იძლევა. მათი მიახლოების ხარისხი მზომი ხელსაწყოებით მიღებულ შედეგებთან დამოკიდებულია გამოცდილების მიღებაზე. ამასთან, თვალზომური გაზომვები ინსტრუმენტალური გაზომვების უხეში ცდომილებებისაგან დაცვის საშუალებაცაა.

თვალზომურ განსაზღვრებებს საფუძვლად უდევს გაზომვების ძირითადი ხაზოვანი ერთეულების (1 მმ, 1 სმ, 1 დმ) და ასევე მართი კუთხის (90°) მისი ნახევრის (45°) მესამედის

(30&) კარგად წარმოდგენა. ტოპოგრაფიული რუკის ელემენტების: ხაზოვანი მასშტაბის, კილომეტრული ბადის კვადრატის გვერდის, მისი ფართობის, ბადის გვერდებს შორის მართი კუთხის, ქვედებულების სკალის, წუთებიანი ჩარჩოს წუთებიანი და 10-წამებიანი მონაკვეთების ეტალონად გამოყენება, ობიექტების ამა თუ იმ ზომების შედარებითი შეფასებისას, შედეგების სიზუსტის ამაღლების საშუალებას იძლევა.

ხაზოვანი გაჭიმულობის მქონე ობიექტების (გზა, მდინარე, არხი და სხვ.) სიგრძის განსაზღვრისას მისაღებია მათი შედარება ხაზოვანი მასშტაბის დანაყოფებთან ან კილომეტრული ბადის მონაკვეთებთან, მათი გასაზომი ობიექტის გასწვრივ წარმოსახვით ჩადების გზით.

ობიექტების ფართობების განსაზღვრისას თავისებური პალეტის როლი შეიძლება შეასრულოს კილომეტრული ბადის კვადრატმა, რომლის ფართობი წინასწარ უნდა განისაზღვროს. მაგალითად, 1:10 000–1:50 000 მასშტაბების რუკებზე ბადის კვადრატის ფართობი ტოლია 1 კმ², 1:100 000 – 4 კმ².

მიმართულების ორიენტირება ყველაზე მარტივია რუბების დახმარებით, რომლის დადგენა ხდება ორიენტირების გასაზომი კუთხის შედარებით კილომეტრული ხაზების მიერ შექმნილ მართ კუთხესთან. ერთდროულად აღინიშნება მიმართულების მდებარეობა ქვეყნის მხარეების მიმართ (მეოთხედების სახელწოდებები: ჩა, სა, სდ, და ჩდ).

ფერდობების დახრის განსაზღვრა ხდება შემდეგი კანონზომიერებების საფუძველზე: სტანდარტული კვეთის სიმაღლის მქონე რუკებზე 1 სმ ქვედებულს შეესაბამება ფერდობის დახრა 1,2°, 1მმ-ს 10°, ესე იგი, დახრა პირდაპირპროპორციულია ქვედებულის სიდიდის. მაგალითად, თუ ქვედებული ორჯერ ნაკლებია სანტიმეტრულ მონაკვეთზე (0,5 სმ), მაშინ დახრა მატულობს 2 ჯერ და შეადგენს დაახლოებით 2°, და, პირიქით, ქვედებულის სანტიმეტრულ მონაკვეთზე შედარებით 2-ჯერ გადიდებით დახრა მცირდება 0,30°-მდე, და ა.შ. ფერდობების დახრის განსაზღვრის კონტროლი შესაძლებელია კონკრეტულ უბანზე ქვედებულის შედარებით ქვედებულის გრაფიკის მონაკვეთებთან.

რელიეფის ცალკეულ წერტილებს შორის *ამაღლების განსაზღვრისას* საჭიროა საორიენტიროდ დაითვალოს ქვედებულების რიცხვი ფერდობზე და გადამრავლდეს იგი რელიეფის კვეთის სიმაღლეზე. გრძელ და დახრილ ფერდობებზე ამ მიზნით საჭიროა გამსხვილებული ჰორიზონტალების გამოყენება, შესაბამისად კვეთის სიმაღლის გადიდებით.

რუკაზე რაოდენობრივი განსაზღვრებების სიზუსტე კარგად განვითარებული თვალზომისას შეადგენს გასაზომი სიდიდის 10-15%.

§ VII.10. ადგილმდებარეობის გეოგრაფიული აღწერა

რუკის მიხედვით ადგილმდებარეობის გეოგრაფიული აღწერის შედეგად ხდება მოცემული ტერიტორიის წინასწარი შესწავლის საფუძველზე, რომელსაც საჭიროების შემთხვევაში თან ახლავს სხვადასხვა სახის გაზომვები და გამოთვლები.

აღწერა შეიძლება ჩავატაროთ შემდეგი სქემით: 1) ადგილმდებარეობის ზოგადი დახასიათება, 2) ადგილმდებარეობის ყველა ელემენტის კონკრეტული აღწერა. აღწერის *ძირითადი პრინციპია* – *ზოგადიდან კერძოსკენ*. ადგილის დახასიათება უნდა იყოს კონკრეტული და შეძლებისდაგვარად მოკლე. რუკაზე ობიექტების მდებარეობის დაკონკრეტებისათვის უნდა მიეთითოს მათი შემოკლებული კოორდინატები. მიზანშეწონილია მსგავსი ობიექტების ჯგუფებად გაერთიანება და ამის შემდეგ მათი მთლიანობაში აღწერა, განმასხვავებელი თავისებურებების მითითებით.

აღწერა მოიცავს შემდეგ განყოფილებებს: 1) მონაცემები რუკაზე (ნომენკლატურა, მასშტაბი, გამოცემის წელი და სხვ.); 2) შესასწავლი უბნის საზღვრების (იმ წერტილების გეოგრაფიული ან მართკუთხა კოორდინატები, რომელზეც ისინი არიან გატარებულნი), გეოდეზიური საფუძვლის, (საყრდენი პუნქტების სახეები, მათი რაოდენობა) აღწერა; 3) რაიონის ზოგადი დახასიათება (რელიეფის ტიპები, ძირითადი დასახლებული პუნქტები, მთავარი საგზაო ქსელები, ტყიანობა და სხვ.); 4) უბნის რელიეფი (რელიეფის ფორმები, მათ მიერ დაკავებული ფართობი, სიგრძე, ფარდობითი და აბსოლუტური სიმაღლეების ნიშნულები, მთავარი წყალგამყოფები, ფერდობების ფორმები და დახრა, ხევების (ხრამების), გამონარეცხების არსებობა მათი სიგრძეებისა და სიღრმეების ჩვენებით, რელიეფის ხელოვნური ფორმებით და სხვ.); 5) ჰიდროგრაფია (ცალკეული ობიექტების სახელწოდებები; მდინარეების სიგრძე, სიგანე, სიღრმე, მიმართულება და დინების სიჩქარე, ნაპირების დახრა, კალაპოტის ხასიათი, სატრანსპორტო მნიშვნელობა, ჰიდროტექნიკური ნაგებობების არსებობა და სხვ.; ტბების ფართობი, სანაპირო ხაზის ხასიათი, წყლის ხარისხი და სხვა მახასიათებლები; არხები, თხრილები, წყაროები, ჭები და მათი მახასიათებლები); 6) მცენარეულობა (ტიპები, ჯიშების შემადგენლობა, დაკავებული ფართობები, განთავსების ხასიათი); 7) დასახლებული პუნქტები (სახელწოდება, ტიპი,

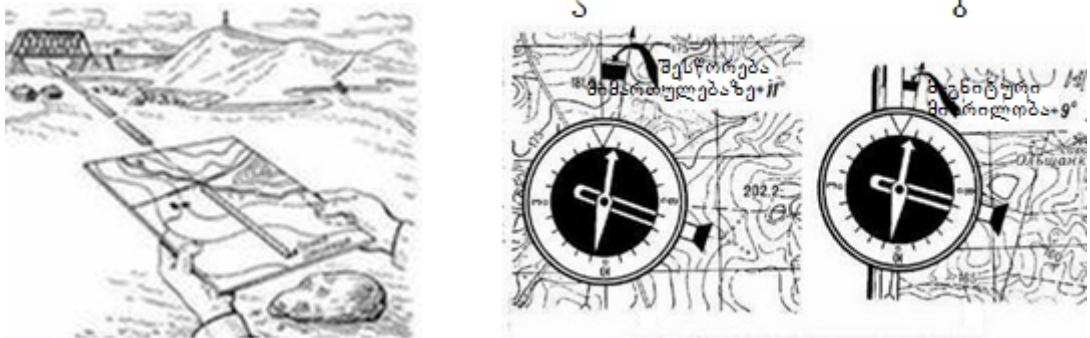
მოსახლეობის რაოდენობა, ადმინისტრაციული მნიშვნელობა, სტრუქტურა და დაგეგმარება, მრეწველობის, კომუნალური მეურნეობის, კავშირგაბმულობის და სხვ. ობიექტები); 8) საგზაო ქსელი (ტიპი; ავტოსატვირთო გზებისათვის – გზის ან მასთან დაკავშირებული პუნქტების სახელწოდება, საფარის ხასიათი, სიფართო და სხვ.; რკინიგზებისათვის – ლიანდაგების რაოდენობა, გაწვევის სახე, სადგურების სახელწოდება და სხვ.; ნაგებობები გზებზე და ა.შ.); 9) ადგილის სხვა ელემენტები: საზღვრები, გრუნტები და სხვ.

ტოპოგრაფიული რუკის მიხედვით შედგენილი აღწერა შეიძლება შეივსოს ბუნებაზე (კლიმატი, მისი თავისებურებები) და რაიონის მეურნეობის განვითარებაზე (ეკონომიკაზე, შრომით რესურსებზე და სხვ.) სხვა წყაროებიდან მიღებული მონაცემებით.

§VII.11. რუკის ორიენტირება აღბილზე

რუკის ორიენტირება ნიშნავს მისთვის ისეთი ჰორიზონტალური მდგომარეობის მიცემას, რომლის დროსაც ხაზები რუკაზე პარალელური იქნებიან მათი შესაბამისი ხაზებისა ადგილზე (მათი ჰორიზონტალური ქვედღებულებისა). ორიენტირება წარმოებს თვალზომით, ან ხელსაწყოების დახმარებით, რაც ამალღებს რუკისთვის საჭირო მდგომარეობის მიცემის სიზუსტეს.

თვალზომით ორიენტირება წარმოებს რუკაზე გამოსახული ადგილის ხაზებისა და ობიექტების მიხედვით. ხაზის მიმართ (მაგალითად გზა, კავშირგაბმულობის ხაზი) ორიენტირებისას აუცილებელია ადგილზე ამ ხაზის რომელიმე წერტილზე დადგომა და რუკის ისეთნაირად დაკავება, რომლის დროსაც რუკაზე გამოსახული ობიექტები და ადგილის ხაზები ურთიერთ პარალელური იქნებიან (ნახ. VII. 29). სამუშაოს სისწორის კონტროლია ადგილზე და რუკაზე დანარჩენი ობიექტების ურთიერთმდებარეობის შესატყვისობა.



ნახ. VII. 29. რუკის თვალზომით ორიენტირება კავშირგაბმულობის ხაზის მიხედვით
 ნახ. VII. 30. რუკის ორიენტირება ბუსოლის დახმარებით. კომპასი დაყენებულია: ა – ბადის ხაზზე; ბ – რუკის ჩარჩოს გვერდით (დასავლეთ) ხაზზე

ორიენტირებასთან თანადროულად რუკაზე განისაზღვრება წერტილი, რომელზეც დგას დამკვირვებელი. ამოცანის ამოხსნა ადვილია თუ წერტილი მდებარეობს რუკაზე გამოსახულ, მაგალითად, გზაჯვარედინზე, მათ მოსახვევზე, ან რომელიმე კონტურის კუთხეში. ორიენტირებით მდიდარ ადგილზე (კარგად შესამჩნევი ობიექტები ან მათი ელემენტები), დგომის ადგილი შეიძლება განვსაზღვროთ ბოლოტოვის მეთოდით (§V.5.1; ნახ. V.13).

ორიენტირებისას გამოიყენება კომპასი, ბუსოლი და სხვა ხელსაწყოები (ნახ.VII.6). ბუსოლით (კომპასით) ორიენტირებისას ხელსაწყოს ადებენ რუკას ისე, რომ რგოლის დიამეტრი ჩს ან მისი პარალელური საფუძვლის გვერდი დაემთხვეს რუკის ჩარჩოს დასავლეთ ან აღმოსავლეთ მხარეს (ნახ. VII. 30, მდგომარეობა ბ). რადგანაც ეს გვერდები წარმოადგენენ გეოგრაფიული მერიდიანების მონაკვეთებს, ხოლო ბუსოლის ისარი მიუთითებს მაგნიტური მერიდიანის მიმართულებას, ორიენტირებისას აუცილებელია δ მაგნიტური ისრის მიხრილობის სიდიდის მხედველობაში მიღება (მოცემულია რუკის ფურცლის სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში). ორი მერიდიანის მიმართულებებს შორის კავშირი განისაზღვრება ფორმულით (II. 16). ბუსოლის ისრის განთავისუფლების შემდეგ ნელი მოძრაობით შემოატრიალებენ რუკას მანამ, სანამ ისრის ჩრდილოეთი ბოლო შეუთავსდება δ -ს ტოლ ანათვალს ბუსოლის სკალაზე (ნახ. VII. 29, δ და ანათვალი ბუსოლზე 10°).

რუკის გაორიენტირება შეიძლება კილომეტრული ბადის მიხედვითაც, რომელიც ზონის შუალედური (დერძული) მერიდიანის პარალელურია (ნახ. VII. 29, მდგომარეობა ა). ამ შემთხვევაში მხედველობაშია მისაღები არა მარტო δ მაგნიტური ისრის მიხრილობა, არამედ γ მერიდიანების

შეახლოებაც, ფორმულა II. 18 - ში გამოხატული დამოკიდებულების საფუძველზე. რუკის დახმარებით განსაზღვრული მერიდიანების შეახლოება წარმოადგენს *გაუსისებურ შეახლოებას*, ხოლო მასა და მაგნიტური ისრის მიხრილობას შორის სხვაობას *ბ მიმართულების შესწორებას* უწოდებენ, რომელიც ახასიათებს მაგნიტური ისრის გადახრას საკოორდინატო ზონის ღერძული მერიდიანისაგან. (ნახ. VII. 29, $\beta = +11^\circ$, $\delta = 9^\circ$, $\gamma = -2'00''$ -სას).

კითხვები VII. თავის გამეორებისათვის

1. დაახსენეთ ხელსაწყოები და ნივთები ტოპოგრაფიულ რუკებზე ამოცანების ამოსახსნელად;
2. ტოპოგრაფიული რუკის ანალიზისას რა ხერხებს გამოიყენებდით?
3. როგორ გავზომოთ მანძილი ტოპოგრაფიულ რუკებზე?
4. როგორ ვისარგებლოთ ხაზოვანი და განივი მასშტაბით?
5. როგორ გავზომოთ ტოპოგრაფიულ რუკაზე კლაკნილი ხაზები?
6. როგორ განვსაზღვროთ ტოპოგრაფიულ რუკაზე გეოგრაფიული და მართკუთხა კოორდინატები?
7. როგორ ხდება ტოპოგრაფიული რუკის ფურცლის ნომენკლატურის განსაზღვრა
8. რა ძირითადი თვისებები უნდა ახასიათებდეს კარტოგრაფიულ გამოსახულებას? დაახსენეთ ისინი;