

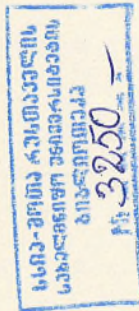
განმცემი

ზოგადი და
სპეციალური გეოგრაფიის
კურსი



ბრ. სუნჯუა

ზოგადი და
საინჟინრო გეოდეზიის
კურსი



თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა
თბილისი 1977

წიგნში განხილულია ზოგადი და საინჟინრო გეოდეზიის საკითხები. იგი წარმოადგენს ავტორის წინანდელი ნაშრომების („პრაქტიკული გეოდეზია და კარტომეტრიის საკითხები“ და „გეოდეზია“) საფუძველზე შექმნილ სახელმძღვანელოს, რომელიც განკუთვნილია თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სტუდენტთათვის.

© თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1977

20701

X—2—77

m 608(08)—77

წინასიტყვაობა

ზოგადი და საინჟინრო გეოდეზიის წინამდებარე კურსი წარმოადგენს ავტორის გეოდეზიის სახელმძღვანელოს მეშვიდე შეესებულ გამოცემას.

ამ გამოცემაში ახალი, თანამედროვე მასალების მიხედვით დამუშავებულია ზოგადი და საინჟინრო გეოდეზიის ძირითადი საკითხები, როგორიცაა: დედამიწის ფორმის შესწავლა, პორიზონტალური და ვერტიკალური აგეგმვის წარმოება მათი სიზუსტეების ანალიზით, გზებისა და არხების ტრასირება, ფართობების მოზანდაკება, პროექტების გადატანა გენერალური გეგმიდან ადგილზე, გვირაბების, ხიდებისა და მეტროპოლიტენების დაკვალვა და სხვა.

თავისი შინაარსით კურსი აკმაყოფილებს უმაღლესი ტექნიკური სკოლების მოთხოვნებს და შეიცავს გეოდეზიის იმ საკითხებსაც, რომლებიც ეკითხებათ თბილისის უნივერსიტეტის კარტოგრაფიული და საინჟინრო-გეონომიური სპეციალობების სტუდენტებს.

სახელმძღვანელოში მოყვანილია ახსნა-განმარტება ავტორის მიერ შედგენილი და 1974 წელს გამოცემული ცხრილებისა (რუსულ ენაზე), რომლებიც გამოიყენება ტაქეომეტრიულ აგეგმვებზე და საინჟინრო საქმეში.

აგრეთვე წიგნში ნათქვამია ახალ მიღწევებზე გეოდეზიის დარგში. ამ მიღწევების საფუძველზე შესაძლო გახდა ცდების ჩატარება, მიმართული მთელი ჩვენი პლანეტისათვის

საერთო კოორდინატთა სისტემის დადგენაზე — დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების და ლაზერების გამოყენებით (იხ. § 3 და 4).

ვფიქრობთ, გარდა მოსწავლე ახალგაზრდობისა, კურსი სარგებლობას მოუტანს ზოგად და საინჟინრო გეოდეზიაში მომუშავე სპეციალისტებს.

ავტორი დიდ მადლობას უძღვნის ამ წიგნის რედაქტორს, გეოდეზისტ როსტომ ჩეკურიშვილს.

გრ. ხუნჯუა

ნაწილი პირველი

ზოგადი გეოდეზია და მისი სახეი

თ ა ვ ი

ზოგადი მიმოხილვა

§ 1. გეოდეზიის არსი და მისი განვითარების ისტორია

გეოდეზია ძველთაძველი მეცნიერებაა და ბერძნულად მიწის დაყოფას ნიშნავს. ასეთი სახელწოდება აღარ შეესაბამება გეოდეზიის თანამედროვე მიზნებს. იგი მხოლოდ მიუთითებს იმ ხასიათის სამუშაოებზე, რომლებსაც ძველად აწარმოებდნენ.

გეოდეზიის თანამედროვე ამოცანაა დედამიწის სიდიდისა და ფორმის დადგენა, მისი ზედაპირის გამოსახვა სიბრტყეზე (ქალაქზე) გეგმებისა და რუკების სახით, ზედაპირის სხვადასხვა წერტილში შვეულის გადახრის განსაზღვრა (გრაფიკული) და სხვ.

ამ ამოცანების გადაწყვეტის მიზნით დედამიწის ზედაპირზე ახდენენ გაზომვებსა და დაკვირვებებს სხვადასხვაგვარი გეოდეზიური ინსტრუმენტებით.

მრავალფეროვანია გეოდეზიის მნიშვნელობა სახალხო მეურნეობაში. ქალაქებისა და სოფლების კეთილმოწყობა, მელიორაცია, მიწათმოწყობა, გზათა მშენებლობა და საინჟინრო საქმის მრავალი საკითხი მჭიდროდაა დაკავშირებული ამ მეცნიერებასთან. გეოდეზიას დიდი გამოყენება აქვს აგრეთვე ქვეყნის თავდაცვის საქმეში. ყოველ სამხედრო და სხვა სახის რუკებს გეოდეზისტები და კარტოგრაფები ადგენენ.

გეოდეზიას მჭიდრო კავშირი აქვს სხვა დისციპლინებთან: მათემატიკასთან, ასტრონომიასთან, ფიზიკასთან, გეოგრაფიასთან და სხვ.

დასახული ამოცანების შესაბამისად არსებობს უმაღლესი გეოდეზია და საკუთრივ გეოდეზია, ანუ ტოპოგრაფია.

უმაღლესი გეოდეზიის ამოცანებს შეადგენს დედამიწის ფორმისა და სიდიდის განსაზღვრა, ძირითადი გეოდეზიური სამუშაოების წარმოება, ე. ი. ეგრეთ წოდებული საყრდენი პუნქტების კოორდინატების განსაზღვრა, დედამიწის ქერქის რყევადობის (დრეიდის) შესწავლა და სხვ., რისთვისაც მიმართავენ როგორც გეოდეზიურ გაზომვებსა და ასტრონომიულ დაკვირვებებს, ისე სხვაეულ მასალების მათემატიკურად დამუშავებას.

ტოპოგრაფიის ამოცანაა გეოდეზიური ინსტრუმენტებით სხვადასხვაგვარი აგეგმვითი სამუშაოების ჩატარება, გეგმების შედგენა და გეოდეზიური ინსტრუმენტების შესწავლა.

გეოდეზიასთან მჭიდროდაა დაკავშირებული კარტოგრაფია, რომელიც იხილავს რუკების შედგენის საკითხებსა და მეთოდებს იმ მასალების საფუძველზე, რომლებსაც იძლევა უმაღლესი გეოდეზია და ტოპოგრაფია.

მოკლედ შევეხეთ გეოდეზიის განვითარების ისტორიას.

გეოდეზია პირველად ჩაისახა ეგვიპტესა და ფინიკიაში, სადაც რამდენიმე ათასი წლის წინათ აწარმოებდნენ სხვადასხვაგვარ გაზომვებს. ნილოსის ყოველი აღიდების დროს იკარგებოდა მიწის ცალკეული ნაკვეთის საზღვრები და ეგვიპტელებს უხდებოდათ ამ საზღვრების აღდგენა. ამის შედეგად ეგვიპტეში განვითარდა პრაქტიკული გეომეტრია და მასთან დაკავშირებული გეოდეზია. ეგვიპტის შემდეგ ამ მეცნიერებამ ფესვი გაიდგა საბერძნეთში. 2000 წლის წინათ ბერძენმა მეცნიერმა ერატოსთენემ მიიღო დედამიწის სფეროს მიახლოებითი ზომები.

გეოდეზიისა და კარტოგრაფიის შემდგომ განვითარებაში დიდი ღვაწლი მიუძღვით ბერძენ მეცნიერებს: ჰიპარხს (180—125 წწ. ჩვ. ერამდე) და პტოლომეს (87—150 წწ. ჩვ. წ.-ით). ჰიპარხმა რუკების შესადგენად გამოიყენა კონუსური პროექცია, რომელიც შემდგომ განავითარა პტოლომემ. პტოლომეს მიერ შედგენილი რუკები ინახებოდა ალექსანდრიის განთქმულ ბიბლიოთეკაში და ისინი თითქმის V საუკუნემდე იყო ხმარებაში. თუმცა, უნდა ითქვას, რომ პტოლომეს რუკებზე ხმელეთს მეტი ნაწილი ეკავა, ვიდრე—ოკეანეებს. ასეთი მცდარი აზრი XV საუკუნემდე იყო გაბატონებული.

როგორც ცნობილია, შუა საუკუნეები (V ს.-დან XIV ს.-მდე) ხასიათდება კულტურისა და მეცნიერების საერთო დაცემითა და რეგრესიით. პტოლომე ცხოვრობდა რომის იმპერიის ძლიერების ხანაში, როცა მეცნიერება შედარებით მაღალ დონეზე იდგა. მონათმფლობელურმა და ფეოდალურ-ბატონყმურმა წყობილებამ ისე დაასუსტა რომის იმპერია, რომ მან ვერ შეძლო წინააღმდეგობა გაეწია შემოსეული ბარბარო-

სი ტომებისათვის—ჰუნებ-ვანდალებისათვის, რომლებმაც ააოხრეს ქვეყანა და ცეცხლსა და მახვილს მისცეს რომის კულტურა.

V—XIV საუკუნეებში შედგენილი რუკები თავისი შინაარსითა და ხარისხით ვერ შეედრებოდა ძველი კარტოგრაფების რუკებს. ამ ხანებში მეცნიერება შედარებით მაღალ დონეზე არაბეთში იდგა.

VII საუკუნიდან დაწყებული, არაბეთის გავლენა ჩქარა გავრცელდა აზიისა და აფრიკის ქვეყნებში.

არაბებმა აღვილად შეითვისეს ძველი ბერძნული მეცნიერება, შეისწავლეს არისტოტელეს, პტოლომესა და სხვა მეცნიერთა მოძღვრება და მიღებული ცოდნის საფუძველზე შექმნეს თავიანთი კულტურა. X—XII საუკუნეებში არაბებს უკვე ჰყავდათ გამოჩენილი გეოგრაფები, რომელთა მიერ შედგენილი იყო მრავალი რუკა, თუმცა ეს რუკები თავისი ხარისხით ბევრად ჩამოუვარდებოდა პტოლომესა თუ სხვა ძველ კარტოგრაფთა რუკებს.

XIV საუკუნეში იტალიასა და სხვა ქვეყნებში იწყება ძველი ანტიკური, მივიწყებული კულტურის აღდგენა და აღორძინება. აღორძინების (რენესანსის) პერიოდში ცხოვრობდნენ გამოჩენილი მეცნიერები: ნიკოლოზ კოპერნიკი (1473—1543 წწ.), ჯორდანო ბრუნო (1548—1600 წწ.) და გალილეო გალილეი (1564—1642 წწ.).

აღორძინების ხანაში ძლიერ განვითარდა ნაოსნობა და ვაჭრობა. იტალიისა და ესპანეთში ბევრს ხიბლავდა და იზიდავდა აღმოსავლეთის ქვეყნების, განსაკუთრებით ინდოეთის უამრავი სიმდიდრე. იწყება მოკლე საზღვაო გზის ძებნა ინდოეთისაკენ, რასაც მოჰყვა დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენები: ქრისტეფორე კოლუმბმა 1492 წელს აღმოაჩინა ამერიკა; 1498 წელს პორტუგალიელმა მეზღვაურმა ვასკო დე გამამა ზომალდებით შემოუარა აფრიკის სამხრეთ ნაპირს და მიიღწია ინდოეთს; 1519—1522 წლებში პორტუგალიელი მეზღვაურის—მაგელანის ექსპედიციამ ზომალდებით იმოგზაურა დედამიწის ირგვლივ; ჯეიმს კუკმა აღმოაჩინა ავსტრალია და ახალი ზელანდია.

XVII საუკუნიდან იწყება დედამიწის ფორმისა და მისი ზედაპირის დეტალური შესწავლა. ამ გარემოებას ხელი შეუწყო ასტრონომიის განვითარებამ და აგრეთვე ტრიანგულაციამ. წინათაც იკვლევდნენ დედამიწის ფორმასა და მის ზომებს, მაგრამ მაშინდელი გამოთვლებით მიღებული შედეგები მიახლოებითი იყო, რადგან დიდ მანძილებს ზუსტად ვერ ზომავდნენ.

XIX საუკუნეში განახლდა პოლარული ქვეყნების შესწავლა. ჩრდილოეთ პოლარული ქვეყნების შესწავლაში დიდი ღვაწლი მიუძღვით გამოჩენილ რუს მკვლევრებს—ლიტკეს, მებეს—ლაპტევიმ, სელოვსა და სხვებს.

1819 წელს პეტერბურგიდან სამხრეთ პოლუსისაკენ ხომალდებით გაემგზავრა ექსპედიცია რუსი მკვლევრების — ლაზარევისა და ბელინსკაჟუნის მეთაურობით. პოლარული წრის სამხრეთით ამ ექსპედიციამ პირველად აღმოაჩინა ხმელეთი — ანტარქტიდა, სადაც დაჰყო 2 წელი. ექსპედიციის წევრმა სიმონოვმა ასტრონომიული დაკვირვებით განსაზღვრა აღმოჩენილი ადგილების გეოგრაფიული კოორდინატები.

რუსმა მეცნიერმა პრეველსკიმ (1839—1888 წწ.) ბევრი იმუშავა ცენტრალური აზიის შესასწავლად და კვლევის შედეგები თავის მრავალ შრომაში მოგვცა.

რუსმა მკვლევარმა მიკლუხო-მაკლაიმ (1846—1886 წწ.) კარგად შეისწავლა ავსტრალია და პაპუასების ქვეყანა — ახალი გვინეა. მის პატივსაცემად ახალი გვინეის რუკაზე შეტანილ იქნა მაკლაის ნაპირი და სხვა ადგილები.

ამას გარდა, XIX საუკუნეში რუსეთსა და ევროპის სხვა ქვეყნებში ჩატარდა გრადუსული გაზომვები, ე. ი. დიდი მანძილების (რკალების) გაზომვები დედამიწის ზედაპირზე და ამ რკალების ბოლო წერტილების გეოგრაფიული კოორდინატების განსაზღვრა ასტრონომიული დაკვირვებებით. განსაკუთრებით აღსანიშნავია რუსი მეცნიერის პ. სტრუვეს მიერ XIX საუკუნის პირველ ნახევარში ჩატარებული გრადუსული გაზომვები რუსეთში.

გრადუსული გაზომვებით გამოირკვა, რომ დედამიწის ფორმა ზუსტად არ უთავსდება ელიფსოიდს, რომ მას აქვს მეტად რთული, არამათემატიკური ზედაპირის ფორმა, რომელსაც მეცნიერი ლისტინგის წინადადებით გეოიდი უწოდეს.

XIX საუკუნეში დიდ განვითარებას მიაღწია სამხედრო კარტოგრაფიამ. რიგ ქვეყნებში შედგენილი იყო სამხედრო ტოპოგრაფიული რუკები.

ამაზე აღრე რუსეთში აღგენდნენ სხვადასხვა სახის რუკებს. ჯერ კიდევ XVI საუკუნეში რუსეთში შეადგინეს ეგრეთ წოდებული დიდი ნახაზი, რომელზედაც ნაჩვენები იყო ქალაქები, გზები, მდინარეები და სხვ.

1701 წელს რუსმა მკვლევარმა რემეზოვმა შეადგინა და გამოსცა ციმბირის გეოგრაფიული ატლასი, რომელიც 22 რუკას შეიცავდა.

1734 წელს კირილოვმა გამოსცა რუსეთის ატლასი, რომელიც 15 რუკას შეიცავდა.

რუსეთში ჯერ კიდევ XI საუკუნეში აწარმოებდნენ სხვადასხვაგვარ

გაზომვებს. 1068 წელს თავადი გლეხის ბრძანებით გაზომილ იქნა მანძილი ქერჩსა და ტამანს შორის.

პეტრე პირველის დროიდან (1682—1725 წწ.) რუსეთში სწრაფი ტემპით მიმდინარეობდა გეოდეზიური და ასტრონომიული სამუშაოები. ასეთი სამუშაოების შედეგად 1745 წელს გამოვიდა რუსეთის რუკა 19 ფურცელზე, ხოლო 1880 წელს — 158 ფურცელზე, მასშტაბით — 10 ვერსი 1 დუიმში.

გარდა ამ რუკებისა, რუსეთის სამხედრო ტოპოგრაფიულმა სამმართველომ გამოსცა რუსეთის ევროპული ნაწილის რუკა 725 ფურცელზე (მასშტაბით: 3 ვერსი ერთ დუიმში). უნდა აღინიშნოს, რომ სხენებული სამხედრო ტოპოგრაფიული უწყების მიერ გამოიცა 70 ტომამდე შრომა გეოდეზიისა და კარტოგრაფიის დარგში. აღნიშნული უწყების თბილისის განყოფილებაში ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე ჩატარა გეოდეზიური სამუშაოები, რომლის საფუძველზე XIX საუკუნის ბოლოს და XX საუკუნის დასაწყისში გამოცემულ იქნა ამიერკავკასიის ერთგვარსიანი, ორგერსიანი და ხუთგერსიანი რუკები, რომლებსაც დიდი გამოყენება ჰქონდა.

გარდა ზემოხსენებული რუკებისა, რუსეთის გეოგრაფიული საზოგადოებისა და სხვა უწყებების მიერ შედგენილი და გამოცემული იყო სხვადასხვა სახის მსხვილმასშტაბიანი რუკები.

გეოდეზიისა და კარტოგრაფიის განვითარებაში დიდი ღვაწლი მიუძღვით რუს მეცნიერებს: მ. ლომონოსოვს, დ. მენდელეევის, პ. სტრუვეს, ი. შოკალსკის, ვ. ვიტკოვსკის, ფ. კრასოვსკის და სხვებს, რომლებმაც ბევრი იმუშავეს დედამიწის ფორმის შესწავლაზე და გეოდეზიასა და კარტოგრაფიას მრავალი რამ შეძინეს.

საქართველოში გეოდეზია და კარტოგრაფია შესაფერის დონეზე იდგა, ჯერ კიდევ XII საუკუნეში ფართოდ იყენებდნენ ნიველირების პრინციპს, რომლის მეშვეობით გაჭრეს რიგი სამელიორაციო არხები და ააგეს მრავალი ნაგებობა. ერთ-ერთ ასეთ რთულ საინჟინრო ნაგებობას წარმოადგენს ვარძია — კლდეში გამოკვეთილი ქალაქი თავისი დარბაზებით, წყალსადენებითა და გვირაბებით (აშენებულია მტკვრის ხეობაში XI—XII საუკუნეებში).

XVIII საუკუნის დასაწყისში ქართველმა მეცნიერმა ვახუშტი ბაგრატიონმა დაწერა შრომა „აღწერა სამეფოსა საქართველოსა“, რომელსაც დართული ჰქონდა ავტორის მიერ შედგენილი 20 რუკა, ნაწილობრივ ცილინდრული და ნაწილობრივ კონუსური პროექციის გამოყენებით.

ვახუშტი ბაგრატიონის რუკებით თითქმის 100 წლის მანძილზე

(1735—1830 წწ.) სარგებლობდნენ. ამ რუკებმა დიდი სამსახური გაუწია საქართველოსა და ამიერკავკასიის შესწავლის საქმეს.

როგორც სხვა მეცნიერებებს, ისე გეოდეზიის სსრ კავშირში საპატიო და თვალსაჩინო ადგილი უკავია.

მეფის რუსეთში გეოდეზიური სამუშაოები უმთავრესად ტარდებოდა სახელმწიფოს განაპირა ადგილებზე, მაშინ როდესაც უზარმაზარი შიგა ტერიტორია აუგეგმავი იყო.

ჯერ კიდევ სამოქალაქო ომის დროს ვ. ი. ლენინმა ყურადღება მიაქცია აღნიშნულ გარემოებას და 1919 წელს მისივე ხელმოწერით გამოვიდა დეკრეტი, რომლის თანახმად დაარსდა უმაღლესი გეოდეზიური სამმართველო, რომელმაც დიდი გარდაქმნა მოახდინა გეოდეზიისა და კარტოგრაფიის დარგში.

ამ სამმართველოს მეშვეობით სსრ კავშირში ჩატარდა დიდი გეოდეზიური და ასტრონომიული სამუშაოები, დაკავშირებული გრანდიოზულ სოციალისტურ მშენებლობასთან.

დიდი მუშაობაა ჩატარებული არქტიკის შესწავლისა და მისი ათვისებისათვის. თამამად შეიძლება ითქვას, რომ ამ საკითხში წამყვანი და გადამწყვეტი როლი სსრ კავშირის ეკუთვნის.

დიდი მიღწევები აქვს საბჭოთა გეოდეზიის აგრეთვე საპაერო აგეგმვისა და მისი გამოყენების საქმეში.

1946 წლამდე სსრ კავშირში მიღებული იყო გერმანელი მეცნიერის ბესელის მიერ განსაზღვრული ელიფსოიდი. ამჟამად კი მიღებულია ახალი ელიფსოიდი, რომელიც განსაზღვრულია მოსკოვის გეოდეზიისა და კარტოგრაფიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის კოლექტივის მიერ საბჭოთა მეცნიერის კრასოვსკის ხელმძღვანელობით.

ეს ელიფსოიდი, ბესელის ელიფსოიდისაგან განსხვავებით, საუკეთესოდ უთავსდება გეოიდის საბჭოთა კავშირის ტერიტორიის საზღვრებში.

სსრკ-ში წარმატებით მიმდინარეობს დედამიწის ფორმის შესწავლის ცდები ხელოვნური თანამგზავრების გამოყენებით (იხ. § 3).

საბჭოთა კავშირში შექმნილია ობტკურ-გეოდეზიური ინსტრუმენტების მრეწველობა და ჩვენი ქარხნები უშვებენ მეტად ზუსტ და ხარისხიან ინსტრუმენტებსა და აპარატებს.

დიდ მშენებლობებზე ეფექტურადაა გამოყენებული საბჭოთა გეოდეზიის მოწინავე მეთოდები და მიღწევები. ამით აიხსნება ის გარემოება, რომ ვოლგა-დონის, სამხრეთ უკრაინის, ყარაყუმის, ჩრდილოეთ ყირიმის, ალანის, სამგორის არხები და სხვა გიგანტური ნაგებობანი სულ მოკლე დროში იქნა დაპროექტებული და აშენებული.

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის ვახუშტის სახელობის გეოგრაფიულმა ინსტიტუტმა 1964 წელს გამოსცა საქართველოს კომპ-

ლექსური ატლასი, რომელიც შეიცავს 194 რუკისა და მრავალ დიაგრამას. ამ ფუნდამენტალური ნაშრომის შექმნაში მონაწილეობდნენ საქართველოს გამოჩენილი მეცნიერები და სპეციალისტები.

§ 2. დედამიწის ფორმის ზოგადი მიმოხილვა

დედამიწის ზედაპირის სამი მეოთხედი უკავია ოკეანეებსა და ზღვებს, ნაოლე ერთი მეოთხედი—ხმელეთს, რომლის ზედაპირი უსწორმასწოროა. ხმელეთის ამაღლება ოკეანიდან უმნიშვნელოა და საშუალოდ შეადგენს დედამიწის რადიუსის მხოლოდ 1/10000 ნაწილს.

ხმელეთის ამაღლებაზე (ამობურცვაზე) რომ წარმოდგენა ვიქონიოთ, ავიღოთ სფერო, რომლის რადიუსი ერთი მეტრია და ამ სფეროს ზედაპირზე წარმოვიდგინოთ ამობურცული ადგილები, რომელთა საშუალო სიმაღლე არ აღემატება ნახევარ მილიმეტრს. სწორედ ასეთი უმნიშვნელოა ხმელეთის ამობურცვა დედამიწის სფეროსთან შედარებით.

აიხსნება, როდესაც მსჯელობენ მთლიანი დედამიწის ზედაპირის ფორმაზე, გულისხმობენ ეგრეთ წოდებული დონებრივი ზედაპირის ფორმას, ე. ი. მთლიანი ოკეანეების (მსოფლიოს ოკეანის) ზედაპირის ფორმას.

საკითხი დედამიწის ფორმის შესახებ წინათაც აინტერესებდათ მეცლევრებს.

ჯერ კიდევ არისტოტელემ IV საუკუნეში (ჩვენს ერამდე) გამოთქვა მოსაზრება დედამიწის ბურთისებური მოყვანილობის შესახებ, ხოლო ერათოსტენმა III საუკუნეში (ჩვენს ერამდე) განსაზღვრა ამ სფეროს მიახლოებითი სიდიდე.

მეცნიერული საფუძველი ამ საკითხის კვლევას ჩაეყარა მას შემდეგ, რაც დიდმა მეცნიერმა ი. ნიუტონმა XVII საუკუნის დასაწყისში მის მიერ აღმოჩენილი სამყაროს მიზიდულობის კანონის საფუძველზე დაადგინა, რომ დონებრივ ზედაპირს (ოკეანეების ზედაპირს) აქვს არა სფეროს ფორმა, როგორც წინათ ეგონათ, არამედ ელიფსოიდისა.

ასტრონომიულ-გეოდეზიური და გრავიმეტრიული კვლევის შედეგად გამოირკვა, რომ დონებრივი ზედაპირი ზუსტად არ ემთხვევა ელიფსოიდის ზედაპირს და მას რთული არამათემატიკური ზედაპირის სახე აქვს. აღნიშნული მდგომარეობა აიხსნება შემდეგით: დედამიწის ზედაპირის ყოველ წერტილში მოქმედებს ორი ძალა—მიზიდულობისა და ცენტრიდანული, რომელიც გამოწვეულია დედამიწის ბრუნვით თავისი ღერძის გარშემო. ამ ორი ძალის ტოლქმედი ძალა არის სიმძიმის ძალა, რომელიც თანდათან მატულობს ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ, რადგანაც კლბულობს ცენტრიდანული ძალა.

დედამიწის სიღრმის კვლევაზე R=6378 კმ. 11

P=12750 კმ.

სიღრმის R=6357 კმ.

სიღრმის სიღრმე 40076 კმ.

აღნიშნული კანონზომიერება მათემატიკურად გამოსახა ფრანგმა მეცნიერმა კლერომ XVII საუკუნის დასაწყისში და წარმოადგინა სათანადო ფორმულა ისეთი ელიფსოიდისათვის, რომლის სისქეში (ცალკე ფენებში) მასები თანაბრადაა განლაგებული მათი სიმკვრივეების მიხედვით. კლეროს ფორმულით შეიძლება ელიფსოიდის ყოველი წერტილისათვის განისაზღვროს სიმძიმის ძალის აჩქარება.

იმავე დროს დედამიწის ყოველი წერტილისათვის შეიძლება გაზომვით (გრავიმეტრიული მეთოდით—ქანქარით ან გრავიმეტრით) მივიღოთ სიმძიმის ძალის აჩქარება.

ამრიგად, დედამიწის ყოველი წერტილისათვის გამოთვლით და გაზომვით შეგვიძლია მივიღოთ სიმძიმის ძალის აჩქარების ორი მნიშვნელობა.

დედამიწის ღონებრივ ზედაპირს (ოკეანეების ზედაპირს) რომ ჰქონოდა სახე ელიფსოიდისა, სადაც თანაბრადაა განაწილებული მასები ცალკე ფენებში, როგორც ეს ივარაუდა კლერომ, მაშინ დედამიწის ყოველ წერტილში გამოთვლით (γ) და გაზომვით (g) მიღებული სიმძიმის ძალის აჩქარებები ერთიმეორის ტოლი იქნებოდა. სინამდვილეში აღნიშნული სიდიდეები ტოლი არაა და ადვილი აქვს სიმძიმის ძალის ანომალია Δg-ს, რომელიც მიიღება როგორც სხვაობა:

$$\Delta g = g - \gamma.$$

ეს სხვაობა იმაზე მეტყველებს, რომ ღონებრივი ზედაპირი არ უთავსდება ელიფსოიდის ზედაპირს და მას აქვს არამათემატიკური რთული ზედაპირის სახე.

რა არის ამის მიზეზი?

როგორც ვიცით, წყლის წვეთს სფეროს ფორმა აქვს. თუ წვეთი ბრუნავს, წარმოიშვება ცენტრიდანული ძალა, რის გამოც სფერო შეიკუმშება (გაიწელება) და მიიღებს ელიფსოიდის ფორმას. რაც მეტი იქნება ბრუნვის სიჩქარე, მით უფრო შეკუმშული (გაწეილი) იქნება ელიფსოიდი.

ოღესლაც ჩვენი პლანეტა თხევად გავარვარებულ მდგომარეობაში იმყოფებოდა. ანალოგიურად წყლის წვეთისა, ბრუნვის გამო, დედამიწას მაშინ უნდა ჰქონოდა ელიფსოიდის ფორმა, როგორც ეს სამართლიანად დაადგინა ნიუტონმა.

როგორც ფიქრობენ, დედამიწის ქერქის შექმნის პროცესში, მრავალი მილიონი წლის მანძილზე, სხვადასხვა მიზეზების გამო მოხდა მასების არათანაბარი განლაგება დედამიწის ქერქში სიმკვრივეების მიხედვით, რის გამოც დედამიწამ დაკარგა ელიფსოიდის ფორმა და მიიღო არამათემატიკური ზედაპირის მქონე სხეულის ფორმა, რომელსაც გეოიდი (ნახ. 3) უწოდეს.

ამრიგად, ცნობილი თუ უცნობი მიზეზების გამო დედამიწის ზედაპირს აქვს არამათემატიკური ზედაპირის ფორმა, რომელიც დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორაა განლაგებული დედამიწის ქერქში მასები, ე. ი. დამოკიდებულია დედამიწის ქერქის გეოლოგიურ სტრუქტურაზე, რაც ჯერ კიდევ კარგად არაა შესწავლილი. ამიტომ გეოიდის ფორმის შესწავლა წარმოადგენს რთულ ამოცანას.

არამათემატიკური ზედაპირით სარგებლობა მეცნიერებაში დაკავშირებულია დიდ სიძნელეებთან. ამიტომ საჭირო გახდა გეოიდის შეცვლა ისეთი მათემატიკური ზედაპირით, რომელიც კარგად უთავსდება გეოიდს. ასეთია ელიფსოიდის ზედაპირი, მაგრამ რა ფორმისა (შეკუმშულობის) და სიდიდის ელიფსოიდით უნდა იქნეს შეცვლილი გეოიდი? აქ, პირველ ყოვლისა, საჭიროა თვით გეოიდის შესწავლა და შემდეგ მისი შეცვლა სათანადო ფორმისა და ზომის ელიფსოიდით.

რადგან გეოიდი ჯერაც არ არის კარგად შესწავლილი, შეიძლება ვიმსჯელოთ მხოლოდ რეგიონულ ელიფსოიდზე, ე. ი. ისეთ ელიფსოიდზე, რომელიც კარგად შეუთავსდება გეოიდის ამა თუ იმ ნაწილს და არა მთელ გეოიდს, რომლის შეცვლა ერთი ელიფსოიდით წარმოადგენს გეოდეზიის მომავალ ამოცანას.

ამით აიხსნება ის, რომ სხვადასხვა ქვეყანაში სხვადასხვა ელიფსოიდი მიღებული. ყოველი დიდი ქვეყანა ცდილობს შეარჩიოს ისეთი ელიფსოიდი, რომელიც კარგად შეუთავსდება გეოიდს ამ ქვეყნის ფარგლებში.

XIX საუკუნეში რუსეთში მიღებული იყო ფინელი მეცნიერის ვალბეკის ელიფსოიდი, რომელიც შემდეგ შეცვალეს გერმანელი მეცნიერის ბესელის ელიფსოიდით. ბესელის ელიფსოიდი ვერ აკმაყოფილებდა სოციალისტური მშენებლობის გაზრდილ მოთხოვნებს სიზუსტის მხრივ და ამის გამო სსრ კავშირში დაიწყო ახალი ელიფსოიდის ძიება.

ამ ძიებისას მხედველობაში იყო მიღებული ასტრონომიულ-გეოდეზიური სამუშაოები (გრადუსული გაზომვები), ჩატარებული საბჭოთა კავშირსა და უცხოეთში, აგრეთვე სსრკ-ში წარმოებული გრავიმეტრიული აგეგმვები, რის შედეგად დადგენილ იქნა ახალი ელიფსოიდი, რომელიც კარგად უთავსდება გეოიდს სსრ კავშირის ფარგლებში. ამ ელიფსოიდის დადგენასთან დაკავშირებით შეადგინეს და ამოხსნეს ხუთსამდე გრადუსული გაზომვის განტოლება.

ამ დიდ სამუშაოს ჩელმძღვანელობდა საბჭოთა მეცნიერი ფეო დო ს ნ ი კ ო ლ ო ზ ი ს ძ ე კ რ ა ს ო ვ ს კ ი და თვით ელიფსოიდსაც კრაილესკის ელიფსოიდი უწოდეს.

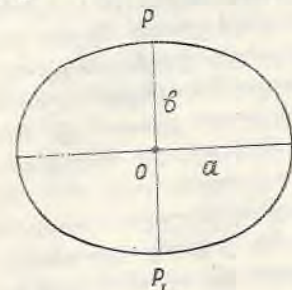
ამ ელიფსოიდის (ნახ. 1) ზომებია: დიდი ღერძის ნახევარი $a = 6378,245$ კმ, მცირე ღერძის ნახევარი $b = 6356,863$ კმ და შეკუმშვა

ა, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით $a = \frac{a-b}{a}$, რაც კრასოვს-

კის ელიფსოიდისათვის მიღებულია 1:298,3.
სსრ კავშირის მთავრობის დადგენილებით კრასოვსკის ელიფსოიდი
1946 წლიდან მიღებულია როგორც საბჭოთა კავშირის რეფერენც
ელიფსოიდი და იგი საფუძვლად უდევს სსრკ-ში შესრულებულ ყოველ-

გვარ ასტრონომიულ-გეოდეზიურ
ტოპოგრაფიულ და კარტოგრაფიულ
სამუშაოებს.

როგორც აღნიშნეთ, გეოდეზი-
ის უახლოეს ამოცანას წარმოადგენს
განსაზღვრა ისეთი ფორმისა და სი-
დიდის ელიფსოიდისა, რომელიც
კარგად შეუთავსდება მთელ დონე-
ბრივ ზედაპირს (გეოიდს) და არა
მის ნაწილს, როგორც კრასოვსკისა
და სხვა ქვეყნებში მიღებული ელიფ-
სოიდებია. ამ რთული ამოცანის



ნახ. 1.

გადასაწყვეტად საჭიროა დედამიწის ქერქის გეოლოგიური სტრუქტუ-
რისა და იმის შესწავლა, თუ როგორაა მასები მათი სიმკვრივების მი-
ხედვით განლაგებული დედამიწის ქერქში. ამისათვის საჭიროა მთელი
დედამიწის ზედაპირზე (ხმელეთსა თუ ოკეანეებზე) ჩატარდეს გრავი-
მეტრიული აგეგმვა, რაც სიმძიმის ძალის ანომალიების ($\Delta g = g - \gamma$)
განსაზღვრის შესაძლებლობას მოგვცემს.

საბჭოთა მეცნიერმა მ. მოლოდენსკიმ შეიმუშავა ახალი თეორია,
რომლის საფუძველზე შეიძლება გეოიდის შესწავლა დედამიწის ქერქის
გეოლოგიური სტრუქტურის შესწავლის გარეშე.

გეოიდის შესწავლის შემდეგ კი შეარჩევენ ისეთ ელიფსოიდს,
რომელიც კარგად შეუთავსდება აღნიშნულ გეოიდს.
მოლოდენსკის თეორიამ ჩვენში და უცხოეთში მაღალი შეფასება
მიიღო.

§ 8. დედამიწის ფორმის დადგენა ხელოვნური თანამგზავრების გამოყენებით

საბჭოთა კავშირსა და ამერიკის შეერთებულ შტატებში წარმატე-
ბით მიმდინარეობს დედამიწის (გეოიდის) ფორმის შესწავლის ცდები
ხელოვნური თანამგზავრების გამოყენებით.

ხელოვნური თანამგზავრის მოძრაობა დედამიწის გარშემო წარმო-
ებს ორბიტაზე, რომელსაც ძირითადად ელიფსის სახე აქვს.

თანამგზავრის მოძრაობაზე გავლენას ახდენს დედამიწის მიზიდუ-
ლობის ძალა (გრავიტაციული ველი), მთვარისა და მზის მიზიდულო-
ბის ძალები, ატმოსფერო და კოსმოსის სხვადასხვა ფაქტორი.

ამ ფაქტორებიდან მთავარია დედამიწის მიზიდულობის ძალა, რად-
განაც მანძილი დედამიწიდან თანამგზავრამდე უმნიშვნელოა იმ მან-
ძილთან შედარებით, რომელიც თანამგზავრიდან მზემდე და მთვარე-
მდეა. ატმოსფეროს გავლენის შესამცირებლად საჭიროა თანამგზავრის
ფრენის სიმაღლის გადიდება, მაგრამ ამ დროს საგრძნობლად იზრდება
მთვარისა და მზის მიზიდულობის გავლენა. გეოდეზიური მიზნებისათვის
საუკეთესო სიმაღლედ ითვლება 1000—1200 კმ.

გეოდეზიური თანამგზავრის აშეგზავმე გაიანგარიშებენ იმ ორბიტის
ფორმასა და ზომას, რომელზედაც უნდა იმოძრაოს თანამგზავრმა დე-
დამიწის გარშემო.

ორბიტის განსაზღვრისას გულისხმობენ, რომ დედამიწას აქვს ფორ-
მა იმ ელიფსოიდისა, რომელიც მიღებულია ამ ქვეყანაში. ჩვენში ორ-
ბიტა განისაზღვრება კრასოვსკის ელიფსოიდისათვის. გარდა ამისა,
გულისხმობენ, რომ ელიფსოიდში მასები განლაგებულია კონცენტრულ
ფენებად სიმკვრივეების მიხედვით.

აღნიშნული პირობები რომ ყოფილიყო დაცული, ე. ი. დედამიწას
ელიფსოიდის ფორმა რომ ჰქონოდა და მასში მასები განლაგებული
ყოფილიყო სიმკვრივეების მიხედვით კონცენტრულ ფენებად, მაშინ
ხელოვნური თანამგზავრი იმოძრაებდა გაიანგარიშებულ ორბიტაზე.
სიხამდვილეში ეს პირობები არ არის დაცული. ამიტომ დედამიწის
ხელოვნური თანამგზავრის ფაქტიური ორბიტა განსხვავებულია გაიან-
გარიშებული ორბიტისაგან.

დედამიწის სისქეში მასები არათანაბრადაა განლაგებული, ე. ი.
დედამიწის ზედაპირის სხვადასხვა ადგილას ჩამარხულია სხვადასხვა
სიმკვრივის მქონე მასები. ამის გამო მოძრაობის სხვადასხვა მომენტში
(დედამიწის ზედაპირის სხვადასხვა ადგილას) თანამგზავრი განიცდის
სხვადასხვა სიდიდის მიზიდულობას და იწყებს რხევას, ე. ი. თანამგზავ-
რი მოექცევა გაიანგარიშებული ორბიტის ხან ერთ და ხან მეორე მხარეზე.

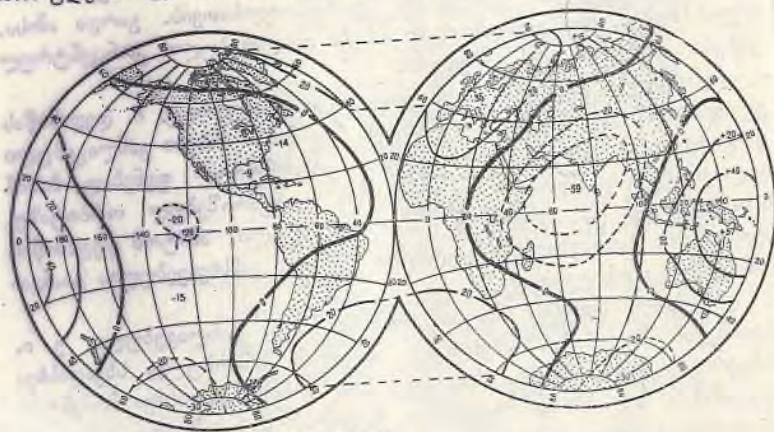
თანამგზავრში მოთავსებულია სპეციალური აპარატურა, რომელიც
იძლევა ფაქტიური ორბიტის პარამეტრს. აგრეთვე ფრენის სხვადასხვა
მომენტისათვის დაკვირვებებით არკვევენ თანამგზავრის კოორდინატებს.

ფაქტიური და გაიანგარიშებით მიღებული ორბიტების შედარებით
არკვევენ ფაქტიური ორბიტის გადახრას გაიანგარიშებული ორბიტიდან
ფრენის სხვადასხვა მომენტისათვის, რომელიც შეესაბამება დედამიწის
გარკვეულ წერტილებს.

აღნიშნული გადახრები მაჩვენებელია გეოიდის გადახრისა იმ ელიფსოიდიდან, რომლისთვისაც იყო გაანგარიშებული ორბიტა. მაშასადამე, ამ გადახრების მიხედვით შეიძლება გეოიდის პროფილის შედგენა ფრენის მიმართულებით. ფრენის სხვადასხვა მიმართულებით შედგენილი პროფილების საშუალებით შეიძლება გეოიდის კარგად შესწავლა. გეოიდის ფორმის შესწავლის შემდეგ შეიძლება შეირჩეს ისეთი ელიფსოიდი, რომელიც კარგად უთავსდება მთელ გეოიდს.

ქურნალ „Земля и Вселенная“-ში მოყვანილია რუკა (ნახ. 2), რომელზედაც გამოსახული იზოხაზები (ამერიკელი მეცნიერის კაულის მონაცემების მიხედვით) გვიჩვენებს გეოიდის ზედაპირის გადახრას (დაშორებას) იმ ელიფსოიდიდან, რომლისთვისაც გაანგარიშებული იყო ხელოვნური თანამგზავრის ორბიტა.

მსხვილი ხაზებით რუკაზე ნაჩვენებია ის იზოხაზები, სადაც გეოიდის დაშორება ელიფსოიდიდან ნულის ტოლია, ე. ი. ამ ხაზების მიმართულებით გეოიდი უთავსდება ელიფსოიდს.



ნახ. 2.

წვრილი იზოხაზები გვიჩვენებს დადებით სიმაღლეებს მეტრებით (+20; +40; +60) და ამ იზოხაზების მიმართულებით გეოიდის ზედაპირი ამოზნექილია ელიფსოიდის ზედაპირთან შედარებით. წვეტიანი იზოხაზები გვიჩვენებს უარყოფით სიმაღლეებს (-20; -40; -60), ე. ი. ამ იზოხაზების მიმართულებით გეოიდის ზედაპირი ჩაზნექილია. ამ რუკიდან ჩანს, რომ ავსტრალიის ჩრდილოეთით გეოიდი ამოზნექილია 57 მეტრით. სამხრეთ პოლუსთან გეოიდი ჩაზნექილია 30 მეტრით.

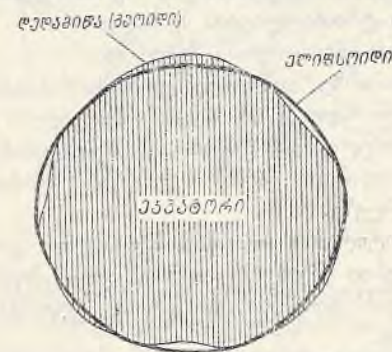
ხელოვნური თანამგზავრების მონაცემების მიხედვით აგრეთვე

გამოირკვა, რომ დედამიწას ახასიათებს ასიმეტრია ეკვატორის მიმართ. ე. ი. მანძილები ეკვატორიდან პოლუსებამდე არაა ურთიერთტოლი. ჩრდილო პოლუსი უფრო დაშორებულია ეკვატორიდან (30 მ), ვიდრე სამხრეთი პოლუსი (ნახ. 3).

ეს დაშორება (30 მ) უმნიშვნელოა დედამიწის ზომასთან შედარებით, მაგრამ საინტერესოა იმით, რომ ასიმეტრიის გამოწვევი მიზეზი, როგორც ფიქრობენ, არის დედამიწის სიღრმეში მასების დაძაბულობა.

ხელოვნური თანამგზავრების მეშვეობით დადსტურდა აგრეთვე გეოდეზისტების მოსაზრება, რომ ეკვატორს ახასიათებს უმნიშვნელო შეკუმშულობა.

მე-3 ნახ.-ზე მოყვანილია გეოიდისა და ელიფსოიდის ჭრილი მერიდიანული მიმართულებით. ამ ნახაზზე არაა დაცული მასშტაბი, რად-



ნახ. 3.

განაც გეოიდის გადახრები უმნიშვნელოა და რუკის მასშტაბით ვერ გამოისახება. ამის გამო მე-3 ნახაზზე მკვეთრად და გადიდებულადაა გამოვლინებული დედამიწის ასიმეტრია.

§ 4. გეოდეზიური მანძილის ზომების ცდები საერთო კოორდინატთა სისტემაში მთელი დედამიწისათვის (გეოდეზიისათვის)

ყოველგვარ მნიშვნელოვან გეოდეზიურ სამუშაოებს საფუძვლად აქვს გეოდეზიური ქსელების პუნქტები, რომლების კოორდინატები წინასწარ უნდა იყოს განსაზღვრული.

როგორც § 2-ში განვიხილეთ, სხვადასხვა ქვეყნებში გეოიდის ნაცვლად მიღებულია სხვადასხვა სიდიდისა და ფორმის ელიფსოიდი. ამის გამო გეოდეზიურ ქსელებს საფუძვლად სხვადასხვა ელიფსოიდი აქვს. ამიტომ ამ ქსელებს შორის არაა დამყარებული ზუსტი მათემატიკური კავშირი (საბჭოთა კავშირში გეოდეზიურ ქსელებს საფუძვლად უდევს კრასოვსკის ელიფსოიდი).

2 გრ. ხუნჯო



ეს გარემოება მეტად აფერხებს ისეთი საერთაშორისო ხასიათის კვლევების ჩატარებას, როგორიცაა კონტინენტების მოძრაობის (დრეიფის) შესწავლა და მისი გამოვლინება, გლობალური მანძილებისა და მათი მიმართულებების განსაზღვრა და სხვა.

მთელი დედამიწისათვის, ე. ი. გეოიდისათვის გეოგრაფიული კოორდინატების (განედებისა და გრძედების) განსაზღვრა ასტრონომიული მეთოდით შეიძლება. ეს მეთოდი კოორდინატების განსაზღვრაში იძლევა ცდომილებას 0,5 სეკუნდამდე, რაც სიგრძის ერთეულებში რომ გადავიყვანოთ, აღწევს 28—30 მეტრს და მიუღებელია ზუსტ სამუშაოებზე.

საბჭოთა კავშირისა და ამერიკის შეერთებულ შტატებში უკვე ჩატარებულია ცდები, რომელიც მიმართულია გეოდეზიური ქსელების შექმნაზე მთელი ჩვენი პლანეტისათვის, საერთო კოორდინატთა სისტემაში, კოსმოსური ტრიანგულაციის მეთოდით.

ამ მეთოდის არსი მდგომარეობს შემდეგში:

დედამიწის ზედაპირზე დანიშნავენ ერთიმეორისაგან დიდი მანძილებით დაშორებული ისეთ $A, B, C, D, \dots$ წერტილებს (ნახ. 4), რომლებიდანაც ერთდროულად გამოჩნდება ხელოვნური თანამგზავრი, რომელიც მოძრაობს დედამიწის გარშემო წინასწარ შერჩეულ ორბიტაზე და გარკვეულ სიმაღლეზე.

მინიშნულ წერტილებზე ათავსებენ სპეციალურ ფოტოაპარატებს, რომელთა საშუალებით შეიძლება თანამგზავრის მოძრაობისას მისი ფოტოგრაფირება ვარსკვლავიანი ცის ფონზე. ფოტოგრაფირება წარმოებს ავტომატურად.

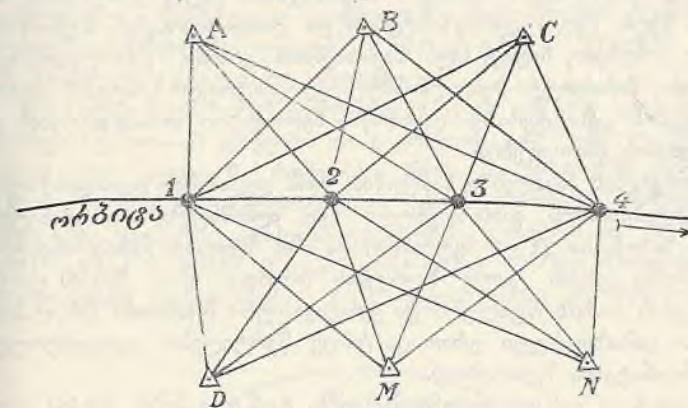
თანამგზავრის მოძრაობისას, გარკვეულ მომენტებში, მაგალითად, ყოველ სამ-ხუთ წამში (თანამგზავრის სიჩქარის მიხედვით), ავტომატურად ინიტება თანამგზავრში მოთავსებული ძლიერი ნათურა (აფეთქების მაგვარად).

გამოჩნდება თუ არა ორბიტაზე თანამგზავრი, $A, B, C, D, \dots$ წერტილებზე (სადგურებზე) მყოფი დამკვირვებლები აპარატების ჭოგრებს დაუმიზნებენ მას და ჭოგრას გააყოლებენ ორბიტას. ამავე დროს ჩართავენ ფოტოაპარატებს, რის შედეგად ავტომატურად იწარმოებს თანამგზავრის ფოტოგრაფირება ნათურის ანთების 1, 2, 3... მომენტებში (ნახ. 4). ფოტოგრაფირება იწარმოებს ცის ვარსკვლავიან ფონზე.

ნათურის ყოველი ანთებისას რადიოლოკაციის მეთოდით (ლაზერების გამოყენებით) იზომება მანძილები $A, B, C, D, \dots$ წერტილებიდან ორბიტაზე თანამგზავრის 1, 2, 3... მდებარეობამდე.

ამის შემდეგ ყოველ $A, B, C, D, \dots$ წერტილიდან მიიღება ფოტოსურათები, სადაც 1, 2, 3... ნათურებთან ერთად გამოსახული იქნება ცის ფონზე გაფანტული ვარსკვლავები.

ასტრონომიულ კატალოგებში მოყვანილია ვარსკვლავების კოორდინატები—მიხრილობა და პირდაპირი აღვლენა. ეს კოორდინატები დაკავშირებულია სამყაროს ეკვატორთან და გაზაფხულის ბუნიობის წერტილის მერიდიანთან.



ნახ. 4.

მიღებული ფოტოსურათების საშუალებით შეიძლება ყოველი 1, 2, 3... ნათურისათვის მისი პირდაპირი აღვლენისა და მიხრილობის განსაზღვრა ფოტოგრაფირების მომენტებისათვის. აგრეთვე განისაზღვრება მიმართულება ყოველი $A, B, C, D, \dots$ წერტილიდან (სადგურიდან) ყოველ 1, 2, 3... ნათურისაკენ.

ამგვარად მიღებული მონაცემების დამუშავებით (კოსმოსური ტრიანგულაციის მეთოდით) საბოლოოდ განისაზღვრება დედამიწის ზედაპირზე ე. ი. გეოიდზე (და არა ელიფსოიდზე) დანიშნულ $A, B, C, D, \dots$ წერტილების (სადგურების) კოორდინატები ერთ სისტემაში მთელი პლანეტისათვის.

ამ სისტემის საწყის O წერტილად მიღებულია დედამიწის სიმძიმის ცენტრი, რომელიც მდებარეობს ეკვატორის სიბრტყეზე. ამავე სიბრტყეზე მდებარეობენ ურთიერთპერპენდიკულარული X და Y ღერძები. X ღერძი მიმართულია იმ წერტილისაკენ, სადაც გრინვიჩის მერიდიანი კვეთს ეკვატორს. Z ღერძად აღებულია დედამიწის ბრუნვის ღერძი, კოორდინატთა ასეთ სისტემას გეოცენტრული სისტემა ეწოდება.

ეს არის კოორდინატთა საერთო სისტემა მთელი დედამიწისათვის (გეოიდისათვის) და არა რომელიმე ელიფსოიდისათვის.

ამგვარად, კოსმოსური ტრიანგულაციის მეშვეობით მიიღება სხვადასხვა კონტინენტებზე და კუნძულებზე მდებარე წერტილების კოორდინატები საერთო კოორდინატთა სისტემაში და ამით იქმნება ზუსტი მათემატიკური კავშირი ამ წერტილებს შორის.

აქვე უნდა ითქვას შემდეგი: საფრანგეთის ქალაქ გრენობლში 1975 წელს შედგა გეოდეზისტებისა და გეოფიზიკოსების საერთაშორისო კონგრესი, სადაც, სხვა საკითხებთან ერთად, განხილული იყო საკითხი, მიმართული ზემოაღნიშნული გეოცენტრული სისტემის კოორდინატების განსაზღვრაზე—დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების და ლაზერების გამოყენებით.

კონგრესის მასალებში ნათქვამია, რომ დედამიწის (გეოიდის) რიგი წერტილებისათვის განსაზღვრული იყო აღნიშნული კოორდინატები დიდი სიზუსტით (1—2 მეტრამდე) და ამის შედეგად გამოვლინებული დედამიწის ქერქის ცალკე ბლოკების დრეიფი, ე. ი. ქერქის ცალკე ბლოკების პორიზონტალური და ვერტიკალური მოძრაობა (სხვადასხვა დროს განსაზღვრული ერთი და იმავე წერტილების გეოცენტრული კოორდინატების შედარებით).

აქედან ის დასკვნა გამომდინარეობს, რომ დედამიწის ქერქის ცალკე ბლოკების დრეიფის გამო, ამ ბლოკების წერტილების გეოცენტრული კოორდინატებიც განიცდიან მერყეობას (ცვალებადობას).

როგორც ფიქრობენ, აღნიშნული ცვალებადობა გამოწვეულია იმით, რომ მთელი დედამიწის (გეოიდის) მასის ცენტრი, რომელიც მიღებულია გეოცენტრული კოორდინატთა (X, Y, Z) სისტემის სათავედ, განიცდის ცვალებადობას დროის კვალობაზე. ამით შეიძლება აიხსნას ის, რომ სიმძიმის ძალის აჩქარება დედამიწის სხვადასხვა წერტილში უმეტეს შემთხვევაში ცვალებადობს, ე. ი. დედამიწის სხვადასხვა ადგილას ცვალებადობს გრავიტაციული ველი.

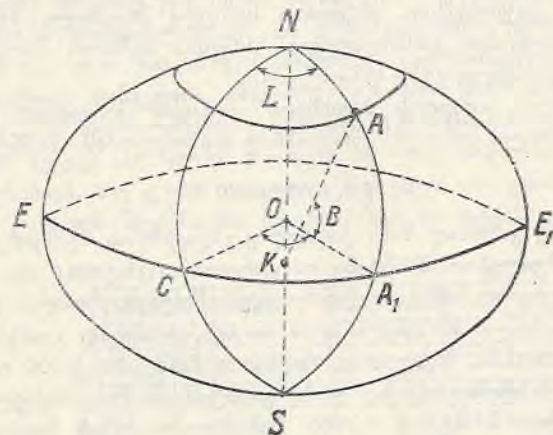
ყოველივე ამის გამო საჭირო ხდება გეოცენტრულ კოორდინატებში დროდადრო შესწორებების შეტანა დროის კვალობაზე. ამისათვის საჭიროა დამატებით კვლევების ჩატარება, რაც მოითხოვს გარკვეულ დროს.

კონგრესმა მიიღო აღნიშნული კვლევითი მუშაობის ორი სხვადასხვა მეთოდი. ერთი, წარმოდგენილი საბჭოთა კავშირის გეოდეზისტების მიერ და მეორე—ფინეთის გეოდეზისტების მიერ.

კონგრესზე გამოთქმული იყო აზრი და რწმენა, რომ ახლო მომავალში დადებითად იქნება გადაწყვეტილი ეს საკითხი და გეოცენტრული კოორდინატებით შეიქმნება ზუსტი მათემატიკური კავშირი მთელ დედამიწაზე (გეოიდზე) მდებარე წერტილებს შორის, რაც საჭიროა გლობალური მასშტაბის სხვადასხვა სახის ამოცანების გადაწყვეტად.

ბოლსეებში გამავალი სიბრტყეები ელიფსოიდის ზედაპირზე წარმოქმნიან მრუდებს — ელიფსებს (მაგალითად, NAS ; ნახ. 5), რომლებსაც მერიდიანები ეწოდება. NS ბრუნვითი ღერძისადმი პერპენდიკულარული სიბრტყეები ელიფსოიდის (სფეროიდის) ზედაპირზე წარმოქმნიან წრეხაზებს, რომლებსაც პარალელები ეწოდება. უდიდეს პარალელს ეკვატორი ეწოდება.

წერტილის მდებარეობა ელიფსოიდზე განისაზღვრება გეოდეზიური კოორდინატებით— B განედითა და L გრძელით. A წერტილის (ნახ. 5) განედი არის კუთხე B , რომელსაც ქმნის ამ წერტილში გამავალი AK ნორმალი EE_1 ეკვატორის სიბრტყესთან. (ნორმალი ეწოდება იმ სწორ ხაზს, რომელიც პერპენდიკულარულია ელიფსოიდის მხები ხაზისა). განედი იცვლება 0° -დან (ეკვატორზე) 90° -მდე (პოლუსებზე) ჩრდილოეთით და სამხრეთით. A წერტილის გრძელი კი არის ორწახ-



ნახ. 5.

ნაგოვანი კუთხე L , რომელსაც ადგენს A წერტილში გამავალი მერიდიანული სიბრტყე საწყის NCS მერიდიანის სიბრტყესთან.

საწყის მერიდიანად მიღებულია გრინვიჩის მერიდიანი. გრძელი იცვლება 0° -დან 180° -მდე, როგორც აღმოსავლეთით, ისე—დასავლეთით. აღნიშნულ B და L კოორდინატებს გეოდეზიური კოორდინატები ეწოდება. გარდა ამ კოორდინატებისა, არსებობს აგრეთვე ასტრონომიული კოორდინატები— φ განედი და λ გრძელი.

ასტრონომიული კოორდინატების განსაზღვრისას AK ნორმალის

ნაცვლად უნდა წარმოვიდგინოთ შევსებული ხაზი, ე. ი. სიმძიმის მიმართულება. შევსების მიმართულება საერთოდ არ ემთხვევა ნორმალს და ამის გამო ასტრონომიული და გეოდეზიური კოორდინატები ერთმანეთისაგან განსხვავდება, თუმცა ეს განსხვავება მეტად უმნიშვნელოა. ასტრონომიული კოორდინატები მიიღება ასტრონომიული დაკვირვებით (მნათობების საშუალებით), ხოლო გეოდეზიური კოორდინატები—გამოთვლით (გეოდეზიური გაზომვების საფუძველზე). კოორდინატების აღნიშნულ ორ სისტემას აგრეთვე გეოგრაფიული კოორდინატები ეწოდება.

გარდა გეოგრაფიული კოორდინატებისა, საჭიროა ვიცოდეთ წერტილების სიმაღლეები. წერტილის სიმაღლეს ოკეანის (ზღვის) დონიდან ეწოდება წერტილის აბსოლუტური სიმაღლე.

საბჭოთა კავშირში საწყის, ნულოვან სიმაღლედ მიღებულია ბალტიის ზღვის საშუალო დონე, რომელიც დანიშნულია კრონშტადტის ნავსადგურის ნაპირზე. აღნიშნული საშუალო დონე მიღებულია მრავალი წლის დაკვირვებით. ამ დონის სიმაღლე მიღებულია ნულად და მასზე დაყრდნობით განსაზღვრულია საბჭოთა კავშირის მარკებისა და რეპერების აბსოლუტური სიმაღლეები.

წერტილის სიმაღლეს პირობითი დონიდან პირობითი სიმაღლე ეწოდება, ხოლო სიმაღლის რიცხობრივ მნიშვნელობას—ნიშნული.

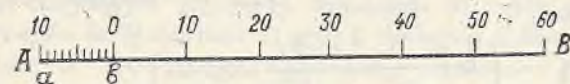
§ 6. მასშტაბები

ადგილზე გაზომილ ხაზს ქალაქზე გადატანისას შეამცირებენ მასშტაბის საშუალებით. მასშტაბი ორგვარია: რიცხვითი და ხაზოვანი. რიცხვითი მასშტაბი წარმოადგენს წილადს, რომლის მრიცხველია ერთი, ხოლო მნიშვნელი არის რიცხვი, რომელიც გვიჩვენებს შემცირების ხარისხს. მაგალითად, რიცხვითი მასშტაბი 1:500 იმას ნიშნავს, რომ ხაზის სიგრძე ქალაქზე გადატანისას შემცირებულია 500-ჯერ. რიცხვითი მასშტაბის 1:2000 შემთხვევაში ხაზის სიგრძე უნდა შემცირდეს 2000-ჯერ და ა. შ.

რიცხვითი მასშტაბი შეგიძლია განვმარტოთ ასეც: ყოველ სანტიმეტრს ქალაქზე შეესაბამება N სმ ადგილზე, სადაც N არის რიცხვითი მასშტაბის მნიშვნელი. მაგალითად, მასშტაბის 1:5000 შემთხვევაში ყოველ სანტიმეტრს ქალაქზე შეესაბამება 5000 სმ ან 50 მეტრი ადგილზე. მასშტაბის 1:1000 შემთხვევაში ყოველ სანტიმეტრს ქალაქზე შეესაბამება 1000 სანტიმეტრი ან 10 მეტრი ადგილზე და ა. შ.

რიცხვითი მასშტაბი რომ გამოვსახოთ გრაფიკულად, მივიღებთ ხაზოვან მასშტაბს. ხაზოვანი მასშტაბი ორი სახისაა: მარტივი და განივი.

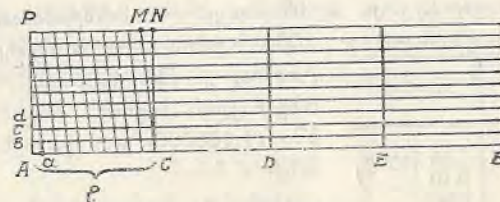
მარტივი ხაზოვანი მასშტაბი. ამ მასშტაბის ასაგებად სწორ ხაზზე გადავზომავთ სანტიმეტრებს (ნახ. 6), გაუქვევებთ წარწერებს რიცხვითი მასშტაბის მიხედვით და მივიღებთ გრაფიკს. მაგალითად, რიცხვითი მასშტაბის 1:1000 შემთხვევაში გრაფიკზე იქნება წარწერები, როგორც ეს ნაჩვენებია მე-6 ნახაზზე. მცირე სიდიდის მისაღებად გრაფი-



ნახ. 6.

კის ფუძე ab დაყოფილია ათ ნაწილად (მილიმეტრებად) და თითოეული ნაწილი, ე. ი. მილიმეტრი მოცემული მასშტაბის (1:1000) შემთხვევაში ტოლია 1 მეტრისა.

განივი მასშტაბი. განივი მასშტაბის ფუძედ მიღებულია 2 სმ. ამ მასშტაბის ასაგებად AB სწორ ხაზზე (ნახ. 7) გადავზომავთ ორ-ორ სანტიმეტრს, მიღებულ A, C, D, E წერტილებში გაატარებენ მართობებს და ერთ მათგანზე (განაპირაზე) გადავზომავთ 2—2,5 მმ-იან 10 თანატოლ მონაკვეთს. ამგვარად, განაპირა მართობეზე მიღებული $b, c, d, \dots, p$ წერტილებიდან გაატარებენ AB ხაზის პარალელურ ხაზებს და ამის შემდეგ AC ფუძეს დაყოფენ 10 ტოლ ნაწილად (ორ-ორ მილიმეტრებად). თუ ფუძის პირველ a წერტილს და განაპირა მართობის p წერტილს შევეერთებთ სწორი ხაზით და ფუძის ყველა წერტი-



ნახ. 7.

ლიდან გავატარებთ ap ხაზის პარალელურ ხაზებს, მივიღებთ გრაფიკს, რომელსაც განივი მასშტაბი ეწოდება. ამ გრაფიკის უმცირესი ნაწილი, როგორც ნახაზიდან ჩანს, არის kr მონაკვეთი, რომელიც ტოლია:

$$kr = \frac{l}{m \cdot n}, \quad (1)$$

სადაც l არის მასშტაბის ფუძე (2 სანტიმეტრი), m არის ფუძის და-

ნაყოფთა რიცხვი ($m=10$), ხოლო n —მართობის დანაყოფთა რიცხვი ($n=10$).

(1) ფორმულის გამოყენა ადვილად შეიძლება CMN და Ckr სამკუთხედების მსგავსობიდან. როგორც მე-7 ნახაზიდან ჩანს, $oo'=2kr$, $ec'=3kr$ და ასე მატულობს დანარჩენი მონაკვეთები CMN სამკუთხედში. ვინაიდან $l=2$ სმ, $m=n=10$, ამიტომ kr მონაკვეთი ტოლია 0,2 მილიმეტრისა

$$\left(kr = \frac{l}{m \cdot n} = \frac{20}{10 \cdot 10} = 0,2 \text{ მმ} \right).$$

მასშტაბის სიზუსტე. მრავალი ცდით დადასტურებულია შემდეგი: თუ ქაღალდზე დანიშნულ ორ წერტილის შორის მანძილი 0,1 მილიმეტრზე ნაკლებია და ეს წერტილები დაშორებულია ნორმალური თვლიდან 25 სანტიმეტრით, მაშინ ორი წერტილის ნაცვლად თვალს მოეჩვენება ერთი წერტილი, ე. ი. 0,1 მილიმეტრზე ნაკლებ სიდიდეს თვალი ვერ შეამჩნევს. ამის მიხედვით მასშტაბის სიზუსტე p ეწოდება იმ სიგრძეს ადგილზე, რომელიც მოცემული რიცხვითი მასშტაბის მიხედვით შეესაბამება 0,1 მილიმეტრს ქაღალდზე, ან სხვანაირად, მასშტაბის სიზუსტე არის ის სიგრძე ადგილზე, რომელიც შეესაბამება გრაფიკის (ნახ. 7) უმცირესი kr ნაწილის ნახევარს, ე. ი. 0,1 მმ. მაგალითად, 1:100000 მასშტაბისათვის სიზუსტე p იქნება:

$$p = \frac{kr}{2} = \frac{l}{2 \cdot m \cdot n} = \frac{2000}{2 \cdot 10 \cdot 10} = 10 \text{ მეტრს}$$

(მასშტაბის ფუძე l , ე. ი. 2 სმ მოცემული მასშტაბისათვის ტოლია 2000 მეტრისა). თუ სიზუსტე 10 მეტრის ტოლია, ეს იმას ნიშნავს, რომ 10 მეტრზე ნაკლებ სიგრძეს მოცემულ მასშტაბში (1:100000) ვერ გადავზომავთ გეგმაზე.

მასშტაბი	სიზუსტე
1:500	0,05 მეტრი
1:1000	0,10 "
1:2000	0,20 "
1:5000	0,50 "
1:10000	1,00 "
1:25000	2,50 "
1:50000	5,00 "
1:100000	10,00 "

სხვა მასშტაბის სიზუსტე. იმისდა მიხედვით, თუ რა სიზუსტით არის საჭირო გეგმის შედგენა, შეიძლება სათანადო მასშტაბის შერჩევა. მაგალითად, თუ საჭიროა, რომ გეგმაზე გამოისახოს ყოველი საგანი ზომით 20 სანტიმეტრამდე, მაშინ, როგორც პირველი ცხრილიდან ჩანს, მასშტაბი უნდა ავიღოთ 1:2000.

მასშტაბებიდან უფრო მსხვილ მასშტაბად ითვლება ის, რომლის მნიშვნელო ნაკლებია. მაგალითად, 1:1000 და 1:5000 მასშტაბებიდან უფრო მსხვილია, ანუ უფრო ზუსტია, მასშტაბი 1:1000.

მასშტაბით სარგებლობა. განვიხილოთ მასშტაბის წარწერებს აძლევს რიცხვითი მასშტაბის მიხედვით. მაგალითად, თუ რიცხვითი მასშტაბი 1:5000 (1 სანტიმეტრი ქაღალდზე შეესაბამება 50 მეტრს ადგილზე), მაშინ ხაზოვანი მასშტაბის (ნახ. 8) ფუძე l , რომელიც 2 სმ-ის ტოლია, შეესაბამება 100 მეტრს, ხოლო ფუძის ყოველი დანაყოფი ტოლი იქნება 10 მეტრისა. ამის მიხედვითაა წარწერილი მე-8 ნახაზზე მოყვანილი განივი მასშტაბი. ამ მასშტაბის სიზუსტე, როგორც პირველი ცხრილიდან ჩანს, ტოლია 0,5 მეტრისა. ვთქვათ, ამ მასშტაბით (1:5000) უნდა გამოვსახოთ 247 მეტრის სიგრძის ხაზი. ამისათვის ფარგლის წვეროებს დავაყენებთ გრაფიკის a და b წერტილებში (ნახ. 8).



ნახ. 8.

ცხადია, რომ ab მონაკვეთი მოცემული მასშტაბით (1:5000) გამოისახავს 247 მეტრს.

თუ გვინდა გავიგოთ გეგმაზე დანიშნულ ორ წერტილის შორის მანძილი მეტრებით, ამ მანძილს ავიღებთ გეგმიდან ფარგლით და გრაფიკზე (ხაზოვან მასშტაბზე) გადატანით გამოვარკვევთ მის სიგრძეს.

თ ა ვ ი II

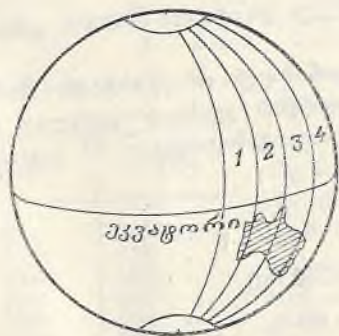
რუკები და გეგმები

§ 7. რუკა და გეგმა

ლედამიწის მთლიანი ზედაპირის ან მისი დიდი ნაწილის ზუსტად და მსგავსად გამოსახვა სიბრტყეზე (ვგულისხმობთ ქაღალდზე) შეუძლებელია, ვინაიდან ლედამიწის ზედაპირი, როგორც სფერული ზედაპირი, არ იშლება სიბრტყეზე. ვაშლის დროს მივიღებთ სფერული ზედაპირის გავლევებს და ამის გამო ადგილი ექნება მოწაზულობებისა და ფართობების დამახინჯებებს. ეს რომ გასაგები და თვალსაჩინო იყოს, ამისათვის ავიღოთ გლობუსი, რომლის

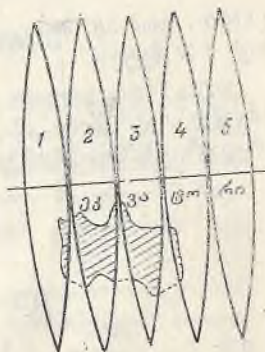
ზედაპირი მერიდიანების საშუალებით დაყოფილია ზონებად (ნახ. 9) და დაეუშვათ, რომ ამ გლობუსზე გამოსახული რომელიმე მატერიკი, მაგალითად ავსტრალია, მოთავსებულია 1, 2, 3, 4 ზონებში. თუ გლობუსის ზედაპირს გავჭრით მერიდიანების მიმართულებით და შემდეგ გავშლით სიბრტყეზე, მაშინ ცალკე ზონები გამოსახება სიბრტყეზე (ქალაღმწე) ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია მე-10 ნახაზზე. ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ ზონები ერთიმეორეს ეხება ეკვატორზე, ხოლო ეკვატორის ჩრდილოეთით და სამხრეთით ადგილი აქვს გარღვევებს და ამის გამო ზონებს შორის შეუღებელი ადგილი რჩება. ამის შედეგად ავსტრალიის მოხაზულობა გაწყვეტილი იქნება. იმ მიზნით, რომ მივიღოთ ამ ქვეყნის მთლიანი მოხაზულობა, უნდა შევეერთოთ ხაზებით გაწყვეტილი ადგილები (ნახაზზე ნაჩვენებია წყვეტილი ხაზებით). ამ შემთხვევაში, თუცა მივიღებთ ავსტრალიის მთლიან მოხაზულობას ქალაღმწე (სიბრტყეზე), მაგრამ ეს მოხაზულობა არ იქნება სავსებით მსგავსი ავსტრალიის ნამდვილი მოხაზულობისა, ე. ი. ადგილი ექნება როგორც მოხაზულობის ისე ფართობის დამახინჯებას.

ამრიგად, როგორც მოყვანილი მაგალითიდან ჩანს, დედამიწის ზედაპირის ზუსტი და მსგავსი გამოსახულების მიღება სიბრტყეზე შეუძლებელია. ასეთი რამ მხოლოდ გლობუსზე ხერხდება; მაგრამ გლობუსზე



ნახ. 9.

სით სარგებლობა პრაქტიკის უმრავლეს შემთხვევაში უხერხულია და ზოგჯერ შეუძლებელიც. ამიტომ იძულებული ვართ დაგვამოყდოთ დედამიწის ზედაპირის დამახინჯებული გამოსახულებით, მაგრამ ამასთან ერთად ვცდილობთ, რომ დამახინჯება იყოს მინიმალური და, რაც



ნახ. 10.

მთავარია, უნდა გვეჩვენოს საშუალება დამახინჯებული სიდიდეების მიხედვით განვსაზღვროთ აღნიშნული ზომების ნამდვილი სიდიდე.

ამ ამოცანების გადასაწყვეტად მიმართავენ მათემატიკურ მეთოდს, ეგრეთ წოდებულ კარტოგრაფიულ პროექციების მეთოდს.

თუ დედამიწის ზედაპირზე (ან გლობუსზე) წარმოვიღებთ მერიდიანებსა და პარალელებს, მივიღებთ გეოგრაფიულ ბადეს. კარტოგრაფიული პროექციების მეთოდი გულისხმობს აღნიშნული ბადის გამოსახვას სიბრტყეზე შემცირებული სახით. ქალაღმწე მიღებულ ასეთ ბადეს კარტოგრაფიული ბადე ეწოდება.

კარტოგრაფიული ბადის საფუძველზე (ბადის შევსებით) გამოისახება ცალკე მატერიკები, ოკეანეები, ზღვები, მდინარეები და სხვ. ასეთ გამოსახულებას რუკა ეწოდება. მაშასადამე, რუკა არის დედამიწის მთლიანი ზედაპირის ან მისი დიდი ნაწილის შემცირებული გამოსახულება კარტოგრაფიული ბადის საფუძველზე.

ვინაიდან კარტოგრაფიული ბადე მიიღება სფერული ზედაპირის გაშლით, ამიტომ ისიც და თვით რუკაც დამახინჯებული იქნება, რუკას სხვადასხვა ადგილას და სხვადასხვა მიმართულებით სხვადასხვა მასშტაბი ექნება, ე. ი. რუკის მასშტაბი იქნება ცვალებადი. ცვალებად მასშტაბს რუკის კერძო მასშტაბი ეწოდება (რუკის ერთ ან რამდენიმე მიმართულებაზე (ეკვატორზე, პარალელზე, მერიდიანზე და სხვ.) ჩვეულებრივ შენარჩუნებულია მასშტაბი იმ გლობუსისა, რომლის გაშლით მიღებული იყო კარტოგრაფიული ბადე, ე. ი. ასეთ მიმართულებებზე არავითარ დამახინჯებას არ ექნება ადგილი. აღნიშნულ მასშტაბს რუკის მთავარი მასშტაბი ეწოდება.

რუკის კერძო c და მთავარი η მასშტაბების შეფარდებას მასშტაბის მოდული m ეწოდება:

$$m = \frac{c}{\eta}.$$

მოღული m გვიჩვენებს დამახინჯების სიდიდეს. მაგალითად, თუ რუკის რომელიმე ადგილას m მოდული უდრის ორს ($m=2$), რუკის ამ ადგილას ხაზის სიგრძე, სინამდვილისთან შედარებით, ორჯერ არის დამახინჯებული (გადიდებული).

ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 10) ეკვატორის ჩრდილოეთით და სამხრეთით დამახინჯება თანდათან მატულობს და მოდულიც იზრდება. თვით ეკვატორზე, როგორც ნახაზიდან ჩანს, დამახინჯება არა აქვს ადგილი და მასშტაბის მოდული ტოლია ერთისა ($m=1$).

რუკის შედგენისას შეარჩივენ ისეთ პროექციას, რომ რუკის დანიშნულების მიხედვით მერიდიანის, პარალელის, ეკვატორის ან სხვა

მიმართულებით დამახინჯებას არ ჰქონდეს ადგილი, ე. ი. მოდული m უდრიდეს ერთს.

მერიდიანის მიმართულებით მასშტაბის მოდული ინიშნება m ასოთი, პარალელის მიმართულებით — n ასოთი, ხოლო ნებისმიერი მიმართულებით — k ასოთი.

უნდა ითქვას, რომ რუკაზე წარწერილი მასშტაბი წარმოადგენს რუკის მთავარ მასშტაბს, ე. ი. მასშტაბს იმ გლობუსისა, რომლის გაშლითაა მიღებული რუკა. სასურველია, რომ გარდა მთავარი მასშტაბისა, რუკის ჩარჩოს გარეთ წარწერილი იყოს კერძო მასშტაბები რუკის სხვადასხვა განედებზე. ამით გაადვილდებოდა რუკით სარგებლობა.

თუ დედამიწის ზედაპირი, რომლის გამოსახვაა საჭირო, შეიცავს მცირე ფართობს (300—400 კმ²), მაშინ შეიძლება მხედველობაში არ მივიღოთ დედამიწის სფერული სახე, ე. ი. შეიძლება სფერული ზედაპირი შევცვალოთ სიბრტყით. ამ შემთხვევაში დამახინჯება უპნიშვნელოა და ამგვარ გამოსახულებას გეგმა ეწოდება.

ამრიგად გეგმა არის დედამიწის მცირე ზედაპირის გამოსახულება, სადაც მხედველობაში არაა მიღებული დედამიწის სფერული სახე.

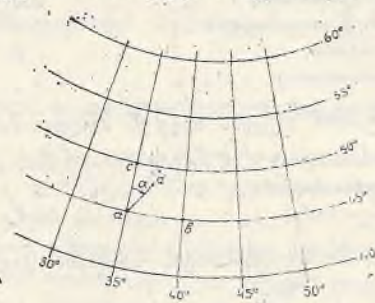
გეგმას ახასიათებს მუდმივი მასშტაბი, ე. ი. გეგმის ყოველ წერტილში ერთი და იგივე მასშტაბია. გეგმაზე დაწერილებით გამოსახება ადგილისა და რელიეფის ყოველი დეტალი. ამიტომ გეგმას აღგენენ მსხვილ მასშტაბში, როგორიცაა 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000 (იხ. § 13).

§ 8. რუკის კერძო მასშტაბების განსაზღვრა

ყოველ გეოგრაფიულ რუკაზე დატანილ მერიდიანებსა და პარალელებზე (კარტოგრაფიულ ბადეზე) წარწერილია გრადუსები, რომლებიც გეოგრაფიკულ მერიდიანების დაშორებას (გრადუსებში) გრინვიჩიდან (გრძედები) და პარალელების დაშორებას ეკვატორიდან (განედები). ამ წარწერების მიხედვით კრასოვსკის ცხრილების გამოყენებით ადვილად განისაზღვრება კერძო მასშტაბი რუკის ნებისმიერ წერტილში. ამ ცხრილებში კრასოვსკის ელიფსოიდისათვის მოყვანილია მერიდიანების და პარალელების სიგრძეები (კილომეტრებში), რომლებიც შეესაბამება ერთ გრადუსს (იხ. დამატება, ცხრილი I).

ეთქვას, ამ ცხრილების გამოყენებით საჭიროა განესაზღვროთ კერძო მასშტაბი რუკის a წერტილში გამავალ ab პარალელის (ნახ. 11) მიმართულებით. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ab პარალელის განედია 45 გრადუსი. ამ განედის მიხედვით I ცხრილში ვპოულობთ, რომ ერთი გრადუსის სიგრძე ამ პარალელზე შეესაბამება 78,85 კილომეტრს დედამიწის ელიფსოიდზე (კრასოვსკის ელიფსოიდზე). ჩვენს შემთხვევა-

ში (ნახ. 11) მერიდიანები და პარალელები გატარებულია ყოველ 5 გრადუსზე (ბადის სიხშირე). მაშასადამე ab პარალელის სიგრძე იქნება $78,85 \cdot 5 = 394,25$ კილომეტრი. იმავე ab ხაზის სიგრძეს გავზომავთ ფარგლით და გავიგებთ ამ სიგრძეს სანტიმეტრებში, მაგალითად, უდრის 7,5 სანტიმეტრს. შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ერთი სანტიმეტრი რუკაზე ab პარალელის მიმართულებით შეესაბამება 52,53 კილომეტრს



ნახ. 11.

($394,25:7,5 = 52,53$ კმ) ანუ 5253000 სანტიმეტრს დედამიწის ზედაპირზე. მაშასადამე, კერძო მასშტაბი C_1 რუკის a წერტილში (პარალელის მიმართულებით) ყოფილა $1:5253000$.

ამავე წესით გავიგებთ C_2 კერძო მასშტაბს ac მერიდიანის მიმართულებით.

კერძო მასშტაბი C_0 რუკაზე დანიშნულ ad ხაზისა, რომელიც მერიდიანთან ქმნის α აზიმუტს (ნახ. 11); განისაზღვრება ფორმულით:

$$C_0 = \sqrt{C_1^2 \cos^2 \alpha + C_2^2 \sin^2 \alpha}.$$

ვინაიდან რუკის მთავარი მასშტაბი η ცნობილია (წარწერილია რუკაზე), ადვილად განისაზღვრება მასშტაბების მოდულები m და n იმავე a წერტილისათვის ფორმულებით:

$$m = \frac{C_2}{\eta} \text{ და } n = \frac{C_1}{\eta}.$$

ad ხაზის მიმართულებით მოდული k მიიღება ფორმულით:

$$k = \frac{C_0}{\eta}.$$

§ 9. სხვადასხვა ხაზის რუკები

მასშტაბის გავლენა რუკაზე ან გეგმაზე დიდია. მასშტაბით განისაზღვრება რუკის ან გეგმის სისრულე, მისი შინაარსი და სიზუსტე.

1619,1

მასშტაბის მიხედვით არსებობს სამი კატეგორიის რუკა: მსხვილ-მასშტაბიანი, საშუალომასშტაბიანი და წვრილმასშტაბიანი.

მსხვილმასშტაბიან რუკებს ეკუთვნის ის რუკები, რომლებიც შედგენილია შემდეგ მასშტაბებში:

1:10000 (ათათასიანი)	1 სმ რუკაზე შეესაბამება 100 მ ადგილზე
1:25000 (ოცდახუთათასიანი)	1 " " 250 " "
1:50000 (ორმოცდაათათასიანი)	1 " " 500 " "
1:100000 (ასათასიანი)	" " 1 კმ " "
1:200000 (ორასათასიანი)	" " " 2 " "

საშუალომასშტაბიან რუკებს ადგენენ შემდეგი მასშტაბებით:

1:300000 (სამასათასიანი)	1 სმ რუკაზე შეესაბამება 3 კმ ადგილზე
1:500000 (ხუთასათასიანი)	1 " " 5 " "
1:1000000 (მილიონიანი)	1 " " 10 " "

წვრილმასშტაბიანი რუკებისათვის საბჭოთა კავშირში მიღებულია შემდეგი მასშტაბები:

1:1500000 (მილიონხუთასათასიანი)	1 სმ რუკაზე შეესაბამება 15 კმ ადგილზე.
1:2500000 (ორმილიონხუთასათასიანი)	1 " " 25 " "
1:3000000 (სამმილიონიანი)	1 " " 30 " "
1:4000000 (ოთხმილიონიანი)	1 " " 40 " "
1:5000000 (ხუთმილიონიანი)	1 " " 50 " "
1:10000000 (ათმილიონიანი)	1 " " 100 " "
1:25000000 (ოცდახუთმილიონიანი)	1 " " 250 " "
1:50000000 (ორმოცდაათმილიონიანი)	1 " " 500 " "

შინაარსის მიხედვით არსებობს ორი სახის რუკა: ზოგადგეოგრაფიული და სპეციალური. ზოგადგეოგრაფიულ რუკებზე გამოისახება დედამიწის ფიზიკური ზედაპირი—ოკეანეები, ზღვები, მდინარეები, რელიეფი და სხვ., აგრეთვე სოციალ-ეკონომიური მანგვნებლები, როგორცაა დასახლებული ადგილები, გზები, სახელმწიფო საზღვრები, საზღვაო რეისები და სხვა.

სპეციალურ რუკებს ადგენენ ზოგადგეოგრაფიული რუკების საფუძველზე. ამ რუკებზე რომელიმე გეოგრაფიული ელემენტი ან მოვლენა, სხვა ელემენტებთან შედარებით, განსაკუთრებული სისრულით გამოისახება. მაგალითად, ჰიდროლოგიურ რუკებზე, სხვა ელემენტებთან შედარებით, მდინარეები და ტბები გამოისახება დიდი სისრულით და დეტალურად, საგზაო რუკებზე—გზები, გეოლოგიურ რუკებზე—ადგილების გეოლოგიური სტრუქტურა და ა. შ.

არსებობს შემდეგი სახის სპეციალური რუკები: ჰიდროლოგიური, გეოლოგიური, ენერგეტიკული, ეკონომიური, ისტორიული, გეობოტანიკური, საზღვაო-სანავიგაციო, ჰიფსომეტრიული და სხვა.

ზოგადგეოგრაფიული რუკები არის სამი სახისა: ტოპოგრაფიული, სამიმომხილვო-ტოპოგრაფიული და სამიმომხილვო-გეოგრაფიული.

ტოპოგრაფიულ რუკებს ეკუთვნის მსხვილმასშტაბიანი რუკები (1:10000; 1:25000; 1:50000; 1:100000 და 1:200000).

სამიმომხილვო-ტოპოგრაფიული რუკები ეკუთვნის საშუალომასშტაბიან რუკებს (1:300000; 1:500000 და 1:1000000). სამიმომხილვო-გეოგრაფიულ რუკებს ეკუთვნის ზემომოყვანილი წვრილმასშტაბიანი რუკები.

§ 10. ტოპოგრაფიული და სამიმომხილვო-ტოპოგრაფიული რუკები

ტოპოგრაფიულ რუკებზე დიდი სიზუსტით და სისრულით გამოისახება გეოგრაფიული ელემენტები (ჰიდროგრაფია, რელიეფი, დასახლებული ადგილები, გზები და სხვ.).

ეს რუკები ფართოდ გამოიყენება სახალხო მეურნეობასა და ქვეყნის თავდაცვის საქმეში. ტოპოგრაფიული რუკები დიდ მომსახურებას უწევს სოციალისტური მშენებლობის სხვადასხვა სფეროს, როგორც არის დასახლებული ადგილების კეთილმოწყობა, სხვადასხვა ნაგებობების დაგეგმარება, კვლევითი ექსპედიციების მასალების დამუშავება და სხვ.

მიუხედავად იმისა, რომ ტოპოგრაფიულ რუკებზე გამოსახება შედარებით დიდი ზედაპირები (განსაკუთრებით მილიონიან რუკებზე), მათზე დამახინჯებები უმნიშვნელოა, რასაც არც კი ღებულობენ მხედველობაში. მილიონიანი რუკების შესადგენად აღებულია მეცნიერულ-ლენინური მიერ წარმოდგენილი პოლიკონუსური პროექცია (ორკონუსზე), რომელიც იძლევა უმნიშვნელო დამახინჯებას ისეთი სიდიდის ზედაპირისათვის. რომელიც თავსდება მილიონიანი რუკის ტრაპეციაზე, ზომით 6 გრადუსი მერდიანებს შორის და 4 გრადუსი პარალელებს შორის.

უფრო მსხვილმასშტაბიანი (1:10000-დან 1:500000-მდე) ტოპოგრაფიული რუკებისათვის მიღებულია გაუს-კრიუგერის პროექცია, რომელიც სათანადო შესწორების შეტანის შემდეგ იძლევა ამ რუკების ტრაპეციებზე მოთავსებული ზედაპირების დაუმახინჯებელ გამოსახულებას.

ზემოხსენებულის მიხედვით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ტოპოგრაფიული რუკის ყოველ წერტილში ერთი და იგივე მასშტაბია, ე. ი. მასშტაბის მოდული უდრის ერთს. ამიტომ ასეთი რუკებით სარგებლობენ ისე, როგორც გვემბოთ.

რაც შეეხება წვრილმასშტაბიან გეოგრაფიულ რუკებს, ამ რუკებზე გამოსახება დედამიწის მთლიანი ზედაპირი (მსოფლიოს რუკები) ან

მისი დიდი ნაწილი (ცალკე კონტინენტები და დიდი ზედაპირები). ამიტომ ასეთ რუკებს სხვადასხვა სახისა და სიდიდის დამახინჯებები ახასიათებს. ამის გამო წერილმასშტაბიან გეოგრაფიულ რუკებზე სხვადასხვაგვარი გაზომვებისას საჭიროა განვსაზღვროთ კერძო მასშტაბი რუკის საჭირო ადგილისათვის.

§ 11. გეგმისა და რუკის პირობითი ნიშნები

ყოველი ადგილობრივი ობიექტი: მდინარე, ტბა, ტყე, ვენახი, გზა, ბაღი, ხიდი, ფაბრიკა და სხვა რუკაზე ან გეგმაზე აღინიშნება პირობითი ნიშნით. იმ მიზნით, რომ პირობითი ნიშანი წარმოდგენას გვაძ-

პირობითი ნიშნები			
	რკინიგზა და სადგური		ბოსტანი
	ხიდი რკინიგზაზე		სათიბი
	გზატახეილი		სათიბი ბუხარებით
	ყაშირი გზა		საბაღი
	ბილიკი		ჭაბი საბაღი
	ხის ლოპა		ჭაბი ბუხარით
	აპკორბაგებულის ხაზი		ჭაბი საბაღი
	ქარხანა და ფაბრიკა		ჭაბი ბუხარით
	მალარი		ჭაბი საბაღი
	სასაფლაო		ჭაბი ბუხარით
	წყარო		ჭაბი საბაღი
	სატრანსპორტო პუნქტი		ჭაბი ბუხარით
	ხილის ბაღი		ჭაბი საბაღი
	ვენახი		ჭაბი ბუხარით
	ჩაის პლანტაციები		ჭაბი საბაღი
	თამბაქოს კულტურები		ჭაბი ბუხარით

ნახ. 12.

ლევდეს გეგმაზე ან რუკაზე გამოსახულ ამა თუ იმ საგანზე, იგი გარეგნულად უნდა წაგავდეს იმ საგანს, რომელსაც გამოსახავს. მე-12 ნახ.-ზე მოყვანილია ზოგიერთი საგნის პირობითი ნიშნები.

პირობითი ნიშნები ორგვარია: მასშტაბგარეშე და კონტურული. თუ ადგილობრივი საგანი თავის სიმაღლის გამო ვერ გამოისახება მასშტაბით (ცალკე ბოძი, ჭა, წყარო და სხვ.), მაშინ ასეთ საგნებს გამოისახავენ მასშტაბის გარეშე სპეციალური ნიშნებით. თუ ადგილობრივი ობიექტს (ტბას, ტყეს, ვენახს და სხვ.) დიდი ფართობი უკავია, მაშინ მისი საზღვარი (კონტური) გამოსახული იქნება მასშტაბით და მთელ ფართობს შეავსებენ პირობითი ნიშნებით.

რუკაზე ადგილობრივი საგნები აღინიშნება სხვადასხვა ფერითაც. მაგალითად, მთები აღინიშნება მუქი და ბაცი ყავისფერით (სიმალღეების მიხედვით), ზღვები — ცისფერით, დაბლობები — მწვანე ფერით და სხვ.

§ 12. ტოპოგრაფიული რუკების ნომენკლატურა

როგორც აღვნიშნეთ, ტოპოგრაფიულ და სამომომილგო-ტოპოგრაფიულ რუკებს ადგენენ მსხვილი და საშუალო მასშტაბებით (1:10000-დან 1:1000000-მდე). ასეთი რუკების ცალკე ფურცლებზე გამოისახება შედარებით მცირე ტერიტორია, თუ წერილმასშტაბიანი გეოგრაფიული რუკის ერთ ფურცელზე შეიძლება მოთავსდეს მთელი მატერიკი, იმავე მატერიკის ტოპოგრაფიული რუკებისათვის საჭირო იქნება მრავალი ფურცელი. ასეთ შემთხვევაში, ადვილი რომ იყოს ამა თუ იმ ადგილის რუკის დასახელება საჭირო მასშტაბით, ტოპოგრაფიული რუკების ყოველ ფურცელს აქვს თავისი ნომერი, ანუ ლიტერი, რომელიც იწერება რუკის ჩარჩოს ზემოთ. ლიტერის დასახელებით ადვილად მოიძებნება ტოპოგრაფიული რუკის საჭირო ფურცელი სასურველი მასშტაბით.

ტოპოგრაფიული რუკების ასეთ დანომრვას, ანუ ნომერ კლასტურას საფუძვლად უდევს გეოგრაფიული ბადე, რომელსაც მივიღებთ, თუ მერიდიანებისა და პარალელების საშუალებით დედამიწის მთლიან ზედაპირს წარმოვიდგენთ უჯრედებად (სფერულ ტრაპეციებად) დაყოფილს. მერიდიანებს ღებულობენ ყოველ ექვს გრადუსზე, ხოლო პარალელებს — ყოველ ოთხ გრადუსზე (ნახ. 13).

მერიდიანებს შორის მოთავსებულ ზედაპირს კოლონა (ზონა) ეწოდება, ხოლო პარალელებს შორის მოთავსებულ ზედაპირს — სარტყელი.

როგორც კოლონები, ისე სარტყლები წარწერილია ნიშნებით — კოლონები არაბული ციფრებით (1, 2, 3...), ხოლო სარტყლები — ლათინური ანბანის ასომთავრულებით (A, B, C...).

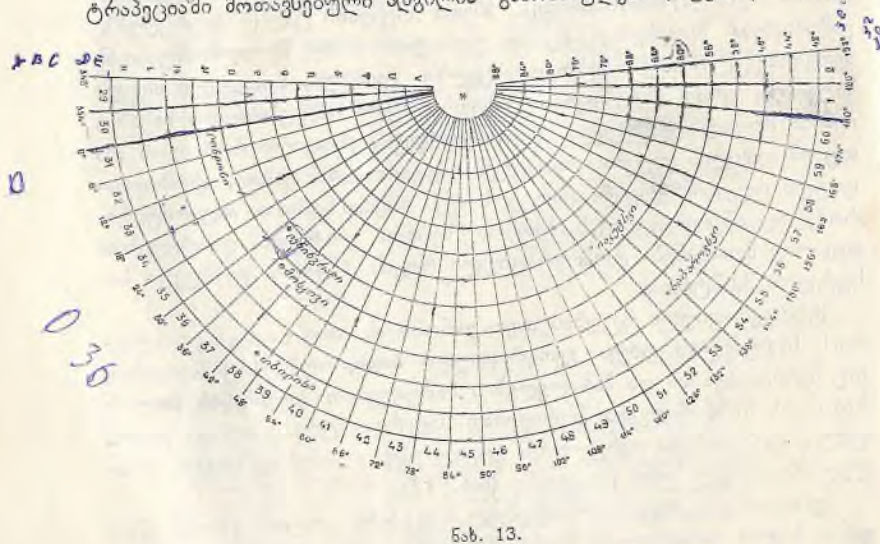
ვინაიდან მერიდიანები 6 გრადუსით არის ერთიმეორისაგან დაშორებული, კოლონების (ზონების) რიცხვი დედამიწის მთელ ზედაპირზე სამოცი იქნება ($360:6=60$).

საწყის—ნულოვან მერიდიანად მიღებულია გრინვიჩის მერიდიანი, საწყის კოლონად კი როგორც მე-13 ნახაზიდან ჩანს, მიღებულია გრინვიჩის მოპირდაპირე კოლონა, რომელიც შემოფარგლულია 180 და 186 გრადუსიანი მერიდიანებით. კოლონები აითვლება საწყისი (პირველი) კოლონიდან აღმოსავლეთით 60-მდე. მაშასადამე, გრინვიჩის კოლონის ნომერი იქნება 31. ეს კოლონა შემოფარგლულია 0 და 6 გრადუსიანი მერიდიანებით.

სარტყლები აითვლება ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროზე მდებარე სარტყლები წარწერილია $A, B, C, D...$ ასოებით, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროზე მდებარენი— $A_1, B_1, C_1, D_1...$ ასოებით.

შემოაღნიშნული მერიდიანებითა და პარალელებით შექმნილი ყოველი ცალკეული უჯრედი წარმოადგენს სფერულ ტრაპეციას, რომლის გრძედების სხვაობა უდრის 6 გრადუსს, ხოლო განედებისა— 4° .

თანხმად საერთაშორისო ნომენკლატურისა, აღნიშნულ თითოეულ ტრაპეციაში მოთავსებული ადგილის გამოსახულება (რუკა) წარმოად-



გენს საერთაშორისო რუკის ცალკე ფურცელს და მისი მასშტაბი მიღებულია 1:1000000 (1 სმ შეესაბამება 10 კმ-ს).

ცხადია, რომ ყოველი ასეთი ტრაპეციის ნომერი ან, როგორც უწოდებენ, ლიტერი შეიცავს ორ ნიშანს—ერთი ლათინურ ასომთავ-

რულებს— $A, B, C...$ (სარტყლების მიხედვით) და მეორე—არაბულ ციფრებს 1, 2, 3, 4... (კოლონების მიხედვით).

როგორც მე-13 ნახაზიდან ჩანს, იმ ტრაპეციის ლიტერი, რომელშიც მოთავსებულია თბილისი, იქნება $K-38$ (K -თი აღნიშნულია სარტყელი და 38-ით—კოლონა).

საქართველოს ტერიტორია მოთავსებულია ორ ტრაპეციაზე ($K-37$ და $K-38$).

საბჭოთა კავშირის ტერიტორია მოთავსებულია 140 ტრაპეციაზე. იმ მიზნით, რომ უფრო მსხვილი მასშტაბის რუკებსაც ჰქონდეს სათანადო ნომერი (ლიტერი), ატარებენ დამატებით მერიდიანებსა და პარალელებს, რომლებიც საერთაშორისო რუკის ცალკე ფურცლებს, ე. ი. ლიდ ტრაპეციებს ყოფს მცირე ტრაპეციებად.

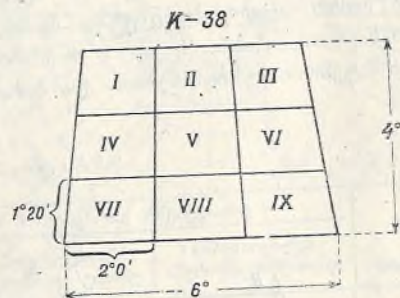
მე-2 ცხრილში მოყვანილია დამატებითი მერიდიანებისა და პარალელების ურთიერთდაშორება, ე. ი. მცირე ტრაპეციების ზომები და მასშტაბები, რომლებიც ამჟამად მიღებულია ცალკე ტრაპეციებისათვის. ამ ცხრილში მოყვანილი ტრაპეციების ზომები ისეა შერჩეული, რომ ყოველი მათგანი, აგებული ცხრილში მოყვანილი მასშტაბით, მოთავსდება ნორმალური ზომის საველე პლანშეტზე. მე-14, მე-15 და მე-16 ნახაზზე ნაჩვენებია საერთაშორისო რუკის ერთ-ერთი ფურცელი ($K-38$), დაყოფილი დამატებითი მერიდიანებითა და პარალელებით მცირე ტრაპეციებად.

ცხრილი 2

მასშტაბი	ტრაპეციების ზომები	
	მერიდიანების ურთიერთდაშორება	პარალელების ურთიერთდაშორება
1:500000	3°0'	2°0'
1:300000	2°0'	1°20'
1:200000	1°0'	0°40'
1:100000	0°30'	0°20'
1:50000	0°15'	0°10'
1:25000	0°7'30''	0°5'
1:10000	0°3'45''	0°2'30''

მე-14 ნახაზზე მილიონიანი რუკის ფურცელი $K-38$ დაყოფილია ოთხ მცირე A, B, B, F ტრაპეციად, ზომით 3° და 2° , და, როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, ყოველი მცირე A, B, B, F ტრაპეცია წარმოადგენს ხუთასათასიანი ტოპოგრაფიული რუკის ცალკე ფურცელს. ყოველი ასეთი ფურცლის ნომერი, ანუ ლიტერი შედგება სამი ნიშნისაგან. მაგალითად, B ტრაპეციის ნომერი იქნება: $K-38-B$. პირველი

ცხრა მცირე I, II, III, IV..., IX ტაპეციად, ზომით 2° და 1°20'. როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, ყოველი მცირე ტაპეცია წარმოადგენს



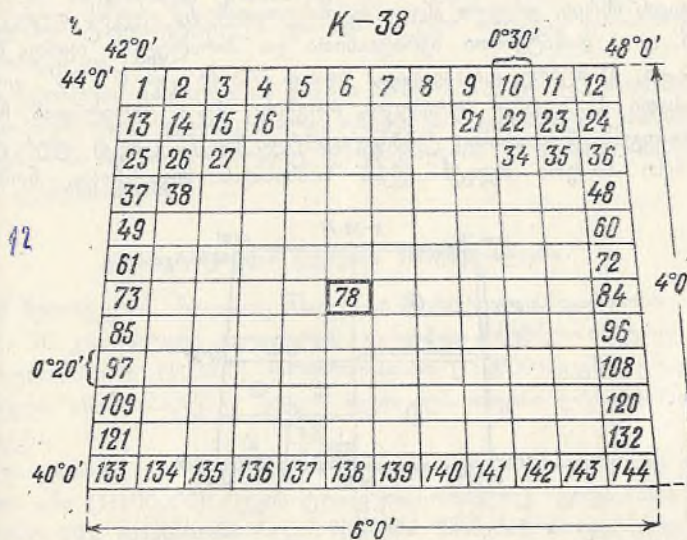
სამასათისიანი ტოპოგრაფიული რუკის ცალკე ფურცელს. ყოველი ასე-
თი ფურცლის ნომერი შეიცავს მილიონიანი რუკის ლიტერას, რომლის
წინ მიწერილია თვით ფურცლის ნომერი. მაგალითად, VII ფურცლის
ნომერი იქნება VII-K-38.

36

მე-17 ნახაზზე მილიონიანი რუკის ფურცელი K-38 მერიდიანებითა და პარალელებით დაყოფილია 144 მცირე (1, 2, 3, 4... 144)



ტრაპეციად, ზომით $0^{\circ}30'$ და $0^{\circ}20'$. როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, ყოველი ასეთი მცირე ტრაპეცია წარმოადგენს ასიათასიანი ტოპოგრა-

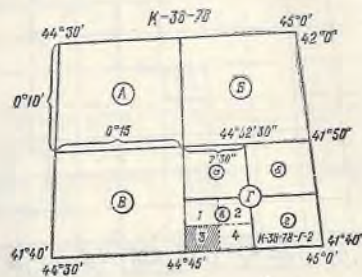


ფიული რუკის ცალკე ფურცელს. ყოველი ასეთი ფურცლის ნომერი შედგება სამი ნიშნისაგან, მაგალითად, K-38-78.

ასიათასიანი რუკის K-38-78 ფურცელზე გამოსახულია თბილისი. აღნიშნული ტრაპეცია K-38-78 ცალკეა ნაჩვენები მე-18 ნახაზზე. დამატებითი მერიდიანითა და პარალელით ეს ტრაპეცია დაყოფილია ოთხ მცირე—A, B, B, Γ ტრაპეციად, ზომით 0°15' და 0°10'. როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, ყოველი მცირე A, B, B, Γ ტრაპეცია წარმოადგენს ორმოცდაათასიანი ტოპოგრაფიული რუკის ცალკე ფურცელს, რომლის ნომერი (ლიტერი) შედგება ოთხი ნიშნისაგან. მაგალითად, A ფურცლის ლიტერი იქნება K-38-78 A. პირველი ორი ნიშანი ეკუთვნის მილიონიანი რუკის ფურცელს, მესამე ნიშანი—ასიათასიანი რუკის იმ ფურცელს, რომელშიც შედის A ტრაპეცია, ხოლო მეოთხე ნიშანი—თვით A ტრაპეციას.

ყოველი ამგვარი მცირე A, B, B, Γ ტრაპეცია დამატებითი მერიდიანითა და პარალელით, როგორც მე-18 ნახაზზეა ნაჩვენები, იყოფა ოთხ უფრო მცირე a, b, c, d ტრაპეციად, ზომით 0°7'30" და 0°5'. როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, ყოველი ასეთი a, b, c, d ტრაპეცია წარმოადგენს ოცდახუთათასიანი ტოპოგრაფიული რუკის ცალკე ფურცელს, რომლის ნომერი შედგება ხუთი ნიშნისაგან. მაგალითად, a ფურცლის ნომერი იქნება K-38-78-Γ-a.

თავის მხრივ, ყოველი ასეთი ოცდახუთათასიანი რუკის ფურცელი (a, b, c, d) დამატებითი მერიდიანითა და პარალელით იყოფა ოთხ (1, 2, 3, 4) მცირე ტრაპეციად, ზომით 0°3'45" და 0°2'30". ყოველი ასეთი 1, 2, 3, 4 ტრაპეცია, როგორც მე-2 ცხრილიდან ჩანს, წარმოადგენს ათიათასიანი ტოპოგრაფიული რუკის ცალკე ფურცელს და მისი ნომერი შედგება ექვსი ნიშნისაგან. მაგალითად, ნომერი



ნახ. 18.

K-38-78-Γ-a-3-ით აღინიშნება ათიათასიანი რუკის მე-3 ფურცელი, რომელიც დაშტრბიებულია.

ამრიგად, ტოპოგრაფიული რუკის ლიტერის (ნომრის) დასახელებით

დადგენილ იქნება როგორც ის ტერიტორია, რომელიც გამოსახულია ამ რუკაზე, ისე ამ რუკის მასშტაბი.

ეს არის რუკების ნომენკლატურის დანიშნულება და ღირსება.

§ 18. ტოპოგრაფიული გეგმები და მათი ნომენკლატურა

ტოპოგრაფიულ გეგმებს აღგენენ მსხვილ მასშტაბებში, როგორიცაა 1:5000; 1:2000; 1:1000 და 1:500. ასეთ გეგმებზე დიდი სისრულით და სიზუსტით გამოისახება ასაგეგმავი ობიექტები. მათ დიდი გამოყენება აქვს სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგში, განსაკუთრებით საინჟინრო საქმეში (საცხოვრებელი მასივების, ქარხნების, ფაბრიკების, არხების, კაშხლებისა და სხვა ნაგებობათა დაპროექტება, საამშენებლო ზედპირების მომზადება ანუ მოსწორება და სხვა), ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე სოფლის მეურნეობაში (ზედაპირების დახრილობების რუკების შედგენა, საწარმოო ფართობების მორწყვა და ჯაშრობა და სხვა). ეს საკითხები განხილულია ამ წიგნის XXIV, XXV და XXVI თავებში.

ტოპოგრაფიული გეგმების შესადგენად გამოიყენება სხვადასხვა სახის აგეგმვები, როგორიცაა კომბინირებული აგეგმვა ფოტო-გეგმების საფუძველზე, ტაქტომეტრიული და მენზურული აგეგმვა, ფართობების ნიველირება და სხვა.

ეს მეთოდები განხილულია წიგნის XVII, XVIII და XX თავებში.

ტოპოგრაფიულ გეგმებზე ცალკე ობიექტები გამოისახება სათანადო პირობითი ნიშნებით, რომლებიც შემუშავებულია სხვადასხვა მასშტაბიანი გეგმებისათვის.

ტოპოგრაფიული გეგმების ნომენკლატურა

იმ შემთხვევაში, როდესაც ასაგეგმავი ტერიტორიის ფართობი აღემატება 20 კვადრატულ კილომეტრს, თანახმად არსებული ინსტრუქციისა, ხუთათასიანი (1:5000) და ორათასიანი (1:2000) გეგმის ყოველი ფურცელი ინომრება, ე. ი. ყოველ ფურცელს თავისი ლიტერი (ნომერი) აქვს.

ხუთათასიანი (1:5000) გეგმის ნომენკლატურას საფუძველად აქვს ასიათასიანი (1:10000) რუკის ტრაპეცია, რომელიც იყოფა 25 ნაწილად (ნახ. 19). ასიათასიანი რუკის ლიტერი (ნომერი), როგორც ვიცით (იხ. § 12), შედგება სამი ნიშნისაგან, მაგალითად, K-38-78 (ნახ. 19). პირველი ორი ნიშანი (K-38) მიეკუთვნება მილიონიანი რუკის იმ ფურცელს, რომელშიც შედის ასიათასიანი რუკა, ხოლო მესამე ნიშანი (78) მიეკუთვნება თვით ასიათასიანი რუკის ტრაპეციას (ფურცელს).

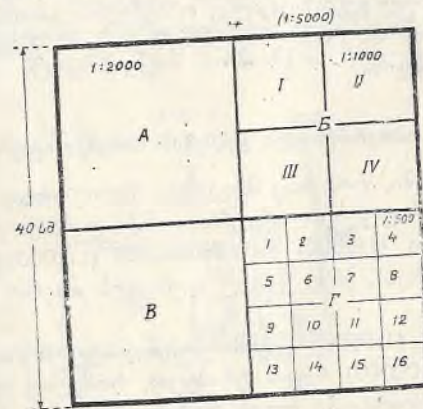
აქედან გამომდინარე, ხუთათასიანი (1:5000) ტოპოგრაფიული გეგმის ლიტერის ექნება ოთხი ნიშანი. მაგალითად, ხუთათასიანი რუკის 124 ფურცლის (შემოხაზულია მსხვილი ხაზებით) ლიტერი (ნომერი), რომელიც შედის ასიათასიან ტრაპეციაში (K-38-78), იქნება K-38-78-(124). (ხუთათასიანი ტრაპეციის ნომერი 124 ჩასმულია ფრჩხილებში).

K-38-78 (1:10000)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
49															51
52															54
55															57
58															60
61															63
64															66
67															69
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101
102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133
134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165
166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181
182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197
198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213
214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229
230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245
246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261

ნახ. 19.

ორათასიანი (1:2000) ტოპოგრაფიული გეგმის ნომენკლატურას საფუძვლად აქვს ხუთათასიანი (1:5000) გეგმის ტრაპეცია (ფურცელი),



ნახ. 21.

რომელიც დაყოფილია ცხრა ნაწილად (ა, ბ, გ, დ, ე, ჯ, ვ, ზ), როგორც მე-20 ნახაზზეა ნაჩვენები. მაშასადამე, ორათასიანი (1:2000)

გეგმის ფურცლის ლიტერის ექნება ხუთი ნიშანი. მაგალითად, მ ფურცლის ლიტერი იქნება K-38-78-(124)-მ. ხუთათასიანი ფურცელს (124) მიუწერენ ასო მ-ს

ქვემოთ მოთავსებულ მე-3 ცხრილში მოყვანილია ხუთათასიანი (1:5000) და ორათასიანი გეგმების ჩარჩოების ზომები მიწებებში და სეკუნდებში.

ცხრილი 3

ტოპოგრაფიული გეგმების მასშტაბები	მერიდიანების ურთიერთდამორეგება (გრძედები)	პარალელების ურთიერთდამორეგება (გრძედები)
1:5000	1'52",5	1'15",0
1:2000	35",5	25",0

ადგილის აგეგმვას მსხვილ მასშტაბებში აწარმოებენ სატრიანგულაციო ქსელის, პოლიგონომეტრიის ან ანალიზური პუნქტების საფუძველზე.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ასაგეგმავი ტერიტორიის ფართობი შედარებით მცირეა (20 კვ. კმ ნაკლები) და ტოპოგრაფიული გეგმის დაწესება ადგილობრივი ხასიათის საკითხების გადაწყვეტა, მაგალითად საკომუნიკაციო ფართობების განსაზღვრა, პასპორტიზაცია და სხვა, ხუთათასიანი და ორათასიანი გეგმების ნომენკლატურას არ უკავშირებენ საერთაშორისო ნომენკლატურას. ამ შემთხვევაში 1:5000, 1:2000, 1:1000 და 1:500-მასშტაბიან ტოპოგრაფიულ გეგმაზე დაიტანენ მართკუთხა (X და Y) კოორდინატთა 10 სანტიმეტრიან ბადეს. ხუთათასიანი გეგმისათვის ჩარჩოდ ღებულობენ 40 სანტიმეტრიან კვადრატს, ხოლო ორათასიანი (1:2000), ერთათასიანი (1:1000) და ხუთათასიანი (1:500) გეგმებისათვის ღებულობენ 50 სანტიმეტრიან კვადრატს.

აღნიშნული გეგმები ინომრება ასე: ხუთათასიანი (1:5000) გეგმის ცალკე ფურცლებს პირობით აძლევენ 1, 2, 3, 4, ... ნომრებს. ნახაზ 21-ზე ნაჩვენებია ხუთათასიანი გეგმა, რომლის ნომერია 4. ყოველი ასეთი ხუთათასიანი გეგმა იყოფა ოთხ ნაწილად (A, B, C, D) და ყოველი ასეთი ნაწილი წარმოადგენს ორათასიანი (1:2000) გეგმის ცალკე ფურცელს, რომლის ნომერი შედგება ორი ნიშნისაგან. მაგალითად ნახ. 21-ზე ნაჩვენები ორათასიანი B ფურცლის ლიტერი (ნომერი) იქნება 4-B. თავის მხრივ ყოველი ორათასიანი (1:2000) ფურცელი იყოფა ოთხ ნაწილად (I, II, III, IV). ნახ. 21-ზე ორათასიანი B ფურცელ

ლი დაყოფილია ოთხ ნაწილად და ყოველი ნაწილი (I, II, III, IV) წარმოადგენს ათასიანი (1:1000) გეგმის ცალკე ფურცელს. მისი ნომერი შედგება სამი ნიშნისაგან. მაგალითად, IV ფურცლის ნომერი იქნება 4-B-IV.

ხუთასიანი (1:500) გეგმის ნომრის მისაღებად ორათასიანი (1:2000) გეგმის ყოველი ფურცელი (A, B, B, I') იყოფა 16 ნაწილად (1, 2, 3, 4... 16). ნახ. 21-ზე ორათასიანი (1:2000) გეგმის ფურცელი I' დაყოფილია 16 ნაწილად და ყოველი ნაწილი (1, 2, 3... 16) წარმოადგენს ხუთასიანი (1:500) გეგმის ცალკე ფურცელს. ასეთი ფურცლის ლიტერი (ნომერი) შედგება სამი ნიშნისაგან. მაგალითად, მე-8 ფურცლის ნომერი იქნება 4-I'-8. პირველი ნიშანი (4) ეკუთვნის ხუთასიან (1:2000) გეგმას, მეორე ნიშანი (I') ეკუთვნის ორათასიან (1:2000) გეგმას, რომელიც შედის ხუთასიან გეგმის მე-4 ფურცელში, ხოლო მესამე ნიშანი (8) ეკუთვნის თვით ხუთასიანი (1:500) გეგმის იმ ფურცელს, რომელიც შედის ორათასიანი გეგმის I' ფურცელში.

ზემომოყვანილი ნომენკლატურა პირობითია. თუ საჭიროა ადგილის ცალკე ნაკვეთების გეგმის შედგენა, საჭირო არაა ასეთ გეგმას ჰქონდეს რაიმე ნომერი. იწერება გეგმის მასშტაბი და თუ რა გეოდეზიური ინსტრუმენტითაა წარმოდგენილი აგებმვა.

ქვემოთ მოთავსებულ მე-4 ცხრილში მოყვანილია სხვადასხვა მასშტაბიანი ტოპოგრაფიული გეგმების ჩარჩოების (კვადრატების) ზომები მეტრებში (ადგილზე) და ის ფართობები, რომლებიც შეესაბამება ადგილზე აღნიშნულ კვადრატებს. თუ ამ კვადრატებს თავისი მასშტაბის მიხედვით ავაგებთ სავსე პლანშეტზე, მაშინ კვადრატების გვერდი ხუთასიანი (1:5000) გეგმებისათვის იქნება 40 სანტიმეტრი, ხოლო დანართასიანი (1:2000; 1:1000 და 1:500) გეგმებისათვის 50 სანტიმეტრი. ჩენი (1:2000; 1:1000 და 1:500) გეგმებისათვის 50 სანტიმეტრი. ამრიგად, კვადრატების ზომები ისეა შერჩეული, რომ ყოველი კვადრატი (ჩარჩო), აგებული თავის მასშტაბში, თავსდება ნორმალური ზომის სავსე პლანშეტზე.

ცხრილი 4

გეგმების მასშტაბი	ჩარჩოს (კვადრატის) გვერდები ადგილზე	ფართობები ადგილზე
1:5000	2000 მეტრი	4 კვ. კმ
1:2000	1000 "	100 ჰა
1:1000	500 "	25 "
1:500	250 "	6,25 "

გაუს-კრიუგერის პროექცია და ზონალური მართკუთხა კოორდინატები

§ 14. ზონალური მიზონილება

წერტილების მდებარეობა დედამიწის ელიფსოიდზე განისაზღვრება გეოგრაფიული კოორდინატებით—განედებითა და გრძედებით (იხ. § 5).

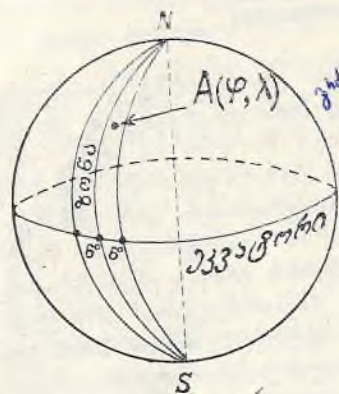
გეოგრაფიული კოორდინატების დიდი ღირსება ის არის, რომ ამ კოორდინატებით იქმნება მათემატიკური კავშირი დედამიწის ზედაპირზე მდებარე წერტილებს შორის. მაგრამ გეოგრაფიული კოორდინატებით სარგებლობა უხერხულია. ჯერ ერთი, ამ კოორდინატებით წერტილებს შორის მანძილები გამოისახება კუთხის ერთეულებით (გრადუსებით) და არა მეტრებით. გარდა ამისა, სხვადასხვაგვარი გამოთვლების წარმოება სფერული კოორდინატების საფუძველზე მეტად შრომატევადია. ყოველივე ეს აძლეობს გეოგრაფიული კოორდინატების გამოყენებას სხვადასხვაგვარ ტოპოგრაფიულ სამუშაოზე და საინჟინრო საქმეში. საჭირო შეიქნა გეოგრაფიულ კოორდინატებთან ერთად ყოფილიყო ისეთი მართკუთხა ბრტყელი კოორდინატები, რომლებიც, როგორც გეოგრაფიული კოორდინატები, შექმნიდა საერთო კოორდინატთა სისტემას მთელი ელიფსოიდისათვის და, ამავე დროს, მათი განსაზღვრა და გამოყენება არ იქნებოდა ძნელი.

1825—30 წლებში გერმანელმა მეცნიერმა გაუსმა წარმოადგინა კონფორმული ცილინდრული პროექცია, ხოლო 1912 წელს გერმანელმა გეოდეზისტმა კრიუგერმა დაამუშავა გაუსის პროექცია შედარებით მცირე ზედაპირებისათვის. აღნიშნული პროექციის საფუძველზე შეიძლება გეოგრაფიული კოორდინატების შეცვლა მართკუთხა ბრტყელი კოორდინატებით. კრიუგერმა წარმოადგინა ფორმულები გეოდეზიური კოორდინატების გადასაყვანად მართკუთხა ბრტყელ კოორდინატებში. ამის გამო აღნიშნულ კოორდინატებს გაუს-კრიუგერის კოორდინატები ეწოდება.

ტრანსფორმაციის პუნქტებისათვის, გარდა გეოდეზიური კოორდინატებისა, 1928 წლიდან სსრკ-ში მიღებულია გაუს-კრიუგერის კოორდინატები. გაუს-კრიუგერის კოორდინატები, ისე როგორც გეოგრაფიული კოორდინატები, ერთმანეთთან აკავშირებს დედამიწის ელიფსოიდის სხვადასხვა წერტილებს და ამით იქმნება კოორდინატთა საერთო სისტემა, რომელთა გამოთვლა ადვილია სიგრძეებისა და აზიმუტების მიხედვით.

§ 15. გაუს-კრიუგერის პროექციისა და კოორდინატების არსი

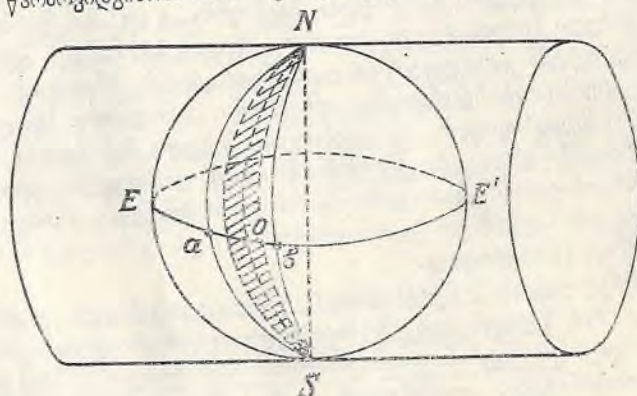
გაუს-კრიუგერის პროექციის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: დედამიწის სფეროზე წარმოვიდგინოთ მერიდიანები, რომლებიც ერთი-მეორისაგან დაშორებულია 6 გრადუსით (ნახ. 22). ამ მერიდიანებით შემოფარგლულ ზედაპირებს ზო-



ნახ. 22.

ნები ეწოდება. ექვსგრადუსიანი ზონების რიცხვი დედამიწის მთელ ზედაპირზე იქნება სამოცი. გაუს-კრიუგერის მეთოდი გულისხმობს ცალკე ზონის გამოსახვას ჯერ ცილინდრზე და შემდეგ, ცილინდრის გაშლით, — სიბრტყეზე. გამარტივების მიზნით დედამიწის სფერო შევცვალოთ გლობუსით და წარმოვიდგინოთ ცილინდრი, რომელიც მხები გლობუსზე დანიშნული ზონის შუა NOS მერიდიანისა (ნახ. 23). ამ მერიდიანს ღერძითი მერიდიანი ეწოდება. ნახაზე ზონა დაშტრახულია და მისი ღერძითი და კილური მერიდიანები ნაჩვენებია წყვეტილი ხაზებით.

იმ მიზნით, რომ აღნიშნული ზონა გადავიტანოთ ცილინდრის ზედაპირზე, წარმოვიდგინოთ ორი მერიდიანული სიბრტყე, რომლებიც შე-



ნახ. 23.

იცავს ზონის კილურ მერიდიანებს. ამ სიბრტყეებს ზონის მდებარეობა წაჩნაგა კუთხე ტოლი იქნება 6 გრადუსისა. აღნიშნული მერიდი-

ნული სიბრტყეები გადაკვეთს ცილინდრის ზედაპირს და ამ ზედაპირზე მივიღებთ NaS და NbS მრუდებს. ამ მრუდებით შემოფარგლული ზედაპირი იქნება ზონის გამოსახულება (ანუ ზონის პროექცია) ცილინდრის ზედაპირზე. ახლა, თუ ცილინდრის ზედაპირს გავშლით სიბრტყეზე, მაშინ ღერძითი (მხები) მერიდიანი NOS და EE' ეკვატორი (ნახ. 23) გამოსახება სიბრტყეზე როგორც ურთიერთმართობული ns და ee' ხაზები (ნახ. 24), ხოლო NaS და NbS ხაზები (ნახ. 23) გამოსახება როგორც $naos$ და $nbos$ მრუდები (ნახ. 24). ამ მრუდებით შემოხაზული ზედაპირი უკვე ზონის გამოსახულება იქნება სიბრტყეზე — გაუს-კრიუგერის პროექციით.

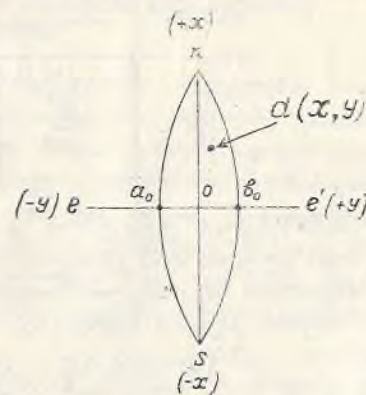
ამავე წესით გამოსახება ყოველი ზონა, ე. ი. ყოველი ზონისათვის უნდა ავიღოთ ამ ზონის ღერძითი მერიდიანის მხები ცილინდრი და მისი გაშლით მივიღებთ ზონის გამოსახულებას სიბრტყეზე (ქალაქზე).

ყოველ ზონაში ღერძით (საშუალო) ns მერიდიანს (ნახ. 24) დებულობენ X ღერძად და მის პერპენდიკულარულ ao ეკვატორს — Y ღერძად. კოორდინატთა სათავე იქნება ამ ღერძების გადაკვეთის O წერტილში. სათავეს ზემოთ, ე. ი. ეკვატორის ჩრდილოეთით, x -ები დადებითია, ხოლო სამხრეთით — უარყოფითი. სათავეს მარჯვნივ, ე. ი. ღერძითი მერიდიანის აღმოსავლეთით Y -ები დადებითია, ხოლო დასავლეთით — უარყოფითი.

თუ სფერული ზონის ზედაპირზე ავიღებთ ნებისმიერ A წერტილს (ნახ. 22), რომლის გეოგრაფიული კოორდინატებია განედი φ და გრძედი λ , მაშინ ამ ზონის გაშლის შემდეგ სიბრტყეზე მივიღებთ a წერტილს (ნახ. 24), რომელიც შეესაბამება სფერული ზონის A წერტილს და რომლის კოორდინატები სიბრტყეზე იქნება უკვე X და Y , დაკავშირებული ღერძით მერიდიანთან (X ღერძთან) და ეკვატორთან (Y ღერძთან). აქედან აშკარაა, რომ ზონის ფარგლებში შეიძლება გეოგრაფიული φ და λ კოორდინატების შეცვლა მართკუთხა ბრტყელი X და Y კოორდინატებით.

ის დამახინჯება, რომელიც ამგვარი შეცვლითაა გამოწვეული, უმნიშვნელოა.

როგორც ზემოთაა ნათქვამი, მეცნიერმა კრიუგერმა 1912 წელს



ნახ. 24.

წარმოადგინა ფორმულები გეოგრაფიული φ და λ კოორდინატების გადასაცემად მართკუთხა ბრტყელი X და Y კოორდინატებში. არსებობს ცხრილები, რომლებს გამოყენებით შეიძლება ზონის ფარგლებში გეოგრაფიული კოორდინატების გადაყვანა გაუს-კრიუგერის ზონალურ მართკუთხა კოორდინატებში.

გაუს-კრიუგერის სისტემაში საწყის (პირველ) ზონად მიღებულია გრინვიჩის ზონა, ე. ი. ის ზონა, რომელიც შემოფარგლულია 0 და 6-გრადუსიანი მერიდიანებით.

რაც შეეხება ტოპოგრაფიული რუკების ნომენკლატურას (იხ. § 12), იქ პირველი ნომერი მიეკუთვნება გრინვიჩის მოპირდაპირე ზონას (კოლონას), გრინვიჩის კოლონის ნომერი კი იქნება ოცდათერთმეტი.

მე-5 ცხრილში მოყვანილია ნომრები იმ ზონებისა (თავიანთი კი-დური და მხები მერიდიანებით), რომლებიც შეიცავს ამიერკავკასიის ტერიტორიას.

ცხრილი 5

ზონების ნომრები	მერიდიანები		
	დასავლეთი	ღერძითი (მხები)	აღმოსავლეთი
37	36°	39°	42°
38	42°	45°	48°
39	48°	51°	54°

საქართველოს ტერიტორია მოთავსებულია 37 და 38 ზონებში და შემოფარგლულია მე-5 ცხრილში მოყვანილი მერიდიანებით. გრინვიჩის მერიდიანიდან საქართველოს ზონებია 7 და 8.

საბჭოთა კავშირი მდებარეობს ეკვატორის ჩრდილოეთით. ამიტომ საბჭოთა კავშირისათვის X -ები დადებითია. იმ მიზნით, რომ Y -ებიც დადებითი იყოს, კოორდინატთა სათავის 0 წერტილის (ნახ. 24) ორდინატა Y -ს აძლევენ მნიშვნელობას არა ნულისა, არამედ $+500$ კილომეტრისა. ამის მიხედვით, თუ რომელიმე წერტილი დაშორებულია ზონის ღერძითი მერიდიანის დასავლეთით, ვთქვათ 140 კილომეტრით, ე. ი. ამ წერტილის $Y = -140$ კმ, მაშინ ამ წერტილის Y ასე იქნება ჩაწერილი კატალოგში: $Y = 500 - 140 = 360$ კმ.

თუკი წერტილი დაშორებულია ღერძითი მერიდიანიდან აღმოსავლეთით 140 კმ, ე. ი. $Y = +140$ კმ, მაშინ ამ წერტილის Y იქნება:

$$Y = 500 \text{ კმ} + 140 = 640 \text{ კმ.}$$

გარდა ამისა, რომ გავიგოთ, თუ რომელ ზონაში მდებარეობს

წერტილი, ამ წერტილის Y -ს წინ მიუწერენ იმ ზონის ნომერს, რომელშიც მდებარეობს წერტილი. მაგალითად, თუ წერტილი მდებარეობს მე-8 ზონაში (გრინვიჩიდან) და მისი ორდინატა Y უდრის მინუს $145,358$ კილომეტრს, ე. ი. წერტილი მდებარეობს ზონის ღერძითი მერიდიანის დასავლეთით, მაშინ ამ წერტილის ორდინატა Y ასე იქნება კატალოგში ჩაწერილი:

$$Y = 8354,642 \text{ კმ.}$$

პირველი რიცხვი 8 ნიშნავს ზონის ნომერს გრინვიჩიდან. დანარჩენი რიცხვი $354,642$ წარმოადგენს თვით Y -ის სიდიდეს ღერძით მერიდიანიდან ($500,000$ კმ) დაკავშირებით ($-145,358 + 500,000 = 354,642$ კმ).

თუ წერტილი მდებარეობს მე-9 ზონაში და მისი $Y = +145,358$ კმ (მდებარეობს ღერძითი მერიდიანის აღმოსავლეთით), მაშინ ამ წერტილის ორდინატა ასე იქნება ჩაწერილი:

$$Y = 9645,358 \text{ კმ.}$$

§ 16. ღამახინჯვა, რომელიც ახასიათებს გაუს-კრიუგერის პროექციას

როგორც § 7-ში ითქვა, კარტოგრაფიული პროექციების საფუძველზე რუკების შესადგენად, პირველ ყოვლისა, ქალაქზე გამოსახვენ მერიდიანებისა და პარალელების ბადეს (კარტოგრაფიულ ბადეს) და ამ ბადის შევსებით (დასახლებული ადგილებით, მდინარეებით, ზღვებით და სხვა ელემენტებით) მიიღებენ რუკას. ის დამახინჯება, რომლითაც ხასიათდება კარტოგრაფიული პროექცია, საესებით მიეკუთვნება მერიდიანებისა და პარალელების ბადეს და თვით რუკას. დამახინჯების შედეგად რუკის სხვადასხვა ადგილას სხვადასხვა მასშტაბი იქნება.

მართლაც, ავიღოთ გლობუსი გარკვეულ მასშტაბში. როგორც ვიცით, გლობუსის ყოველ ადგილას ერთი და იგივე მასშტაბია. თუ ამ გლობუსს გავშლით სიბრტყეზე (იხ. § 7), მაშინ გლობუსზე დატანილი მერიდიანებისა და პარალელების ბადე გლობუსის გაშლის დროს დამახინჯდება. ამის შედეგად აღნიშნული ბადის სხვადასხვა ადგილას (ან, რაც იგივეა, რუკის სხვადასხვა ადგილას) სხვადასხვა მასშტაბი იქნება.

გლობუსის მასშტაბი იმ რუკისათვის, რომელიც მიიღება ამ გლობუსის გაშლით, როგორც უკვე ვთქვით, წარმოადგენს რუკის მთავარ (ძირითად) მასშტაბს. რუკის სხვადასხვა ადგილას აღებული მასშტაბი კი წარმოადგენს რუკის კერძო მასშტაბს. კერძო და მთავარი მასშტაბების ფარდობას, მასშტაბის მოდული ეწოდება, ე. ი. მოდული

$$m = \frac{C}{\eta},$$

სადაც C არის რუკის კერძო მასშტაბი და η მთავარი მასშტაბი. მოდული გამოსახავს დამახინჯების სიდიდეს.

გამოვარკვევით, თუ რა დამახინჯება ახასიათებს გაუს-კრიუგერის პროექციას, ე. ი. რას უდრის მასშტაბი ამ პროექციის სხვადასხვა აღმოს.

გაუს-კრიუგერის პროექციის აგების მეთოდიდან (ცილინდრის გაშლით, § 15) ჩანს, რომ ზონის ღერძითი (მხები) NOS მერიდიანის (ნახ. 23) სიგრძე სფეროზე (გლობუსზე) ტოლია მისი შესაბამისი nS სიგრძისა (ნახ. 24) სიბრტყეზე (ცილინდრის გაშლის შემდეგ), ე. ი. ღერძითი მერიდიანის მიმართულებით აღვილი არ აქვს არავითარ დამახინჯებას, მთავარი მასშტაბი ტოლია კერძო მასშტაბისა და, მაშასადამე, მასშტაბის მოდული m უდრის ერთს ($m=1$).

ღერძითი მერიდიანის აღმოსავლეთით და დასავლეთით მოდული ერთზე მეტია. მართლაც, როგორც 23-ე ნახაზიდან ჩანს, ზონის გამოსახლება, მიღებული ცილინდრზე (შემოხაზულია NaS და NbS ხაზებით), უფრო განიერია, ვიდრე—გლობუსზე (ნახაზზე დაშტრიხულია), დასავლეთით ხაზის სიგრძე სიბრტყეზე (ქალაქზე) უფრო დიდია, ვიდრე მისი შესაბამისი სიგრძე გლობუსის სფეროზე. მაშასადამე, ამ პროექციაში მასშტაბის მოდული m ერთზე მეტია. ეს მასშტაბი განისაზღვრება ფორმულით

$$m = 1 + \frac{Y^2}{2R^2}, \quad (1)$$

სადაც R არის დედამიწის საშუალო რადიუსი (კრასოვსკის ელიფსოიდისათვის $R=6371$ კმ) და Y —აღვილის დაშორება ზონის საშუალო (ღერძითი) მერიდიანიდან. ამ ფორმულიდან ჩანს, რომ მაქსიმალური მოდული m , ე. ი. მაქსიმალური დამახინჯება იქნება ზონის კიდეში a_0 და b_0 წერტილებში (ნახ. 24), რომელთა Y დაშორება მაქსიმალურია. თუ ხაზს ავიღებთ ექვსგრადუსიანი ზონის ნაპირზე, რომელიც საქართველოს საშუალო განედისათვის (42°) დაახლოებით დაშორებულია (ღერძითი მერიდიანიდან) 250 კილომეტრით სფეროზე, მაშინ აღნიშნული დამახინჯება დაახლოებით ხაზის სიგრძის $1/1300$ -ის ტოლი იქნება. ეს დამახინჯება საგრძნობია და საჭიროა მისი მხედველობაში მიღება (1) ფორმულის მიხედვით.

მსხვილმასშტაბიანი რუკებისათვის მიღებულია 3 გრადუსიანი ზონები. ასეთი ზონის კიდე მერიდიანზე დამახინჯება იმავე განედზე (42°)

დაახლოებით ტოლია ხაზის სიგრძის $1/3600$ -ისა. ეს დამახინჯება უკვე უმნიშვნელოა. საერთოდ დამახინჯება მხედველობაში მიიღება იმ შემთხვევაში, როდესაც ხაზის დაშორება ღერძითი მერიდიანიდან აღემატება 140—160 კილომეტრს. ეს, ცხადია, დამოკიდებულია აგრეთვე იმ მოთხოვნებზე, რომელსაც სიზუსტის მხრივ უყენებენ ამა თუ იმ გეოდეზიურ სამუშაოებს.

თუ აღვიღებთ გაზომილი ხაზის სიგრძეს აღნიშნავთ S ასოთი და მის შესაბამის სიგრძეს სიბრტყეზე (ზონის გავლის შემდეგ)— S_0 ასოთი, მაშინ S_0 გამოითვლება ფორმულით:

$$S_0 = S + S \frac{Y^2}{2R^2}. \quad (2)$$

ე. ი. ქალაქზე მოცემულ მასშტაბში უნდა გადავზომოთ S_0 სიგრძე და არა S .

მე-2 ფორმულაში შემავალი Y არის ხაზის დაშორება ღერძითი მერიდიანიდან. არსებულ ცხრილებში მოყვანილია შესწორება $S \frac{Y^2}{2R^2}$

მეტრებით Y და S -ის მიხედვით: ასეთი შესწორებები ჩვეულებრივ შეაქვთ ტრიანგულაციის ქსელის ბაზისებში.

§ 17. ტოპოგრაფიული რუკების ტრაპეციების აგება გაუს-კრიუგერის პროექციაში

სხვადასხვა მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკის ჩარჩო, როგორც ვიცით (§ 12), წარმოადგენს ტრაპეციას, შემოფარგლულს მერიდიანებითა და პარალელებით. ამის გამო ცნობილია ყოველი ტრაპეციის წვეროების გეოგრაფიული კოორდინატების განედები და გრძედები. სათანადო ფორმულებისა და ცხრილების გამოყენებით, როგორც უკვე ვთქვით, შეიძლება ტრაპეციის წვეროების გეოგრაფიული კოორდინატების გადაყვანა გაუს-კრიუგერის ბრტყელ X და Y კოორდინატებში. ამ კოორდინატების მიხედვით კი შეიძლება ტრაპეციის აგება ქალაქზე.

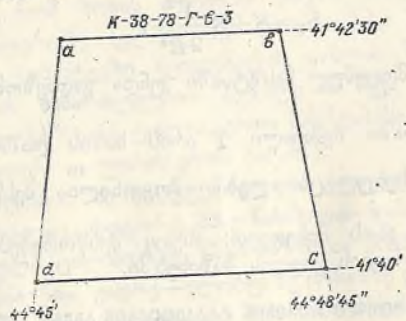
ვთქვათ, საჭიროა ავაგოთ ქალაქზე ათათასიანი ტოპოგრაფიული რუკის ($K-38-78-I-B-3$) ტრაპეცია (ნახ. 25), რომლის a , b , c , d წვეროების გაუს-კრიუგერის X და Y კოორდინატები მოყვანილია მე-6 ცხრილში.

ცხრილი 6

ტრაპეციის წვეროები	კოორდინატები (მეტრებით)	
	x	y
a	4618784,0	489597,7
b	4618778,8	494798,9
c	4614156,7	494795,5
d	4614151,0	489591,0

სანამ ავაგებდეთ $abcd$ ტრაპეციას, საჭიროა § 96-ში განხილული მეთოდით (დრობიშევის სახაზავით ან შტანგენ ფარგლით) წინასწარ ავაგოთ ქალაქზე nme კვადრატის (ნახ. 26), რომლის გვერდი მაგალითად, 50 სმ. შემდეგ კვადრატს დავყოფთ დეციმეტრების უჯრედებად და მივიღებთ ბადეს, რომელსაც კილომეტრული ბადე ეწოდება. ბადეს გამოვიყენებთ როგორც საკოორდინატო ბადეს, რისთვისაც მას ვუკეთებთ სათანადო წარწერებს მე-6 ცხრილში მოყვანილი $abcd$ წვეროების X და Y კოორდინატების მიხედვით.

ჩვენს შემთხვევაში nme კვადრატის (ნახ. 26) დაყოფილია ათ-

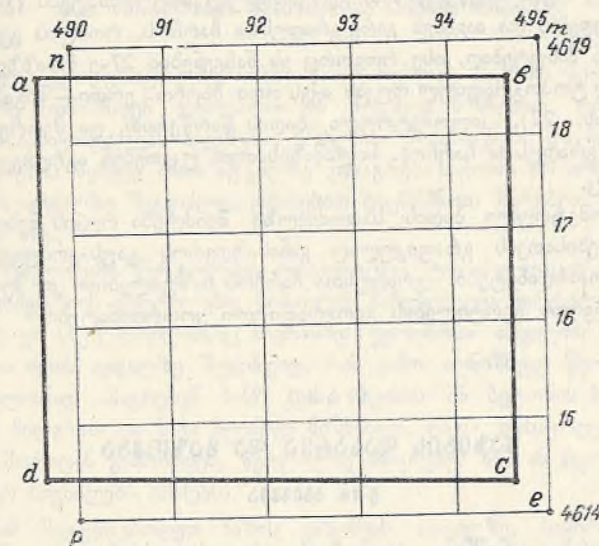


ნახ. 25.

სანტიმეტრიან უჯრედებად და 1:10000 მასშტაბის შემთხვევაში ყოველი უჯრედის გვერდი ტოლი იქნება ერთი კილომეტრისა. ამის მიხედვითაა წარწერილი nme კვადრატის პორიზონტალური ხაზები (4614, 4615, ... 4619) და ვერტიკალური ხაზები (490, 491, ... 495). ეს წარწერები გვიჩვენებს პორიზონტალური ხაზების დაშორებას (კილომეტრობით) ეკვატორიდან და ვერტიკალური ხაზების დაშორებას—ზონის საშუალო მერიდიანიდან. სწორედ ამის გამო ეწოდება ბადეს კილომეტრული.

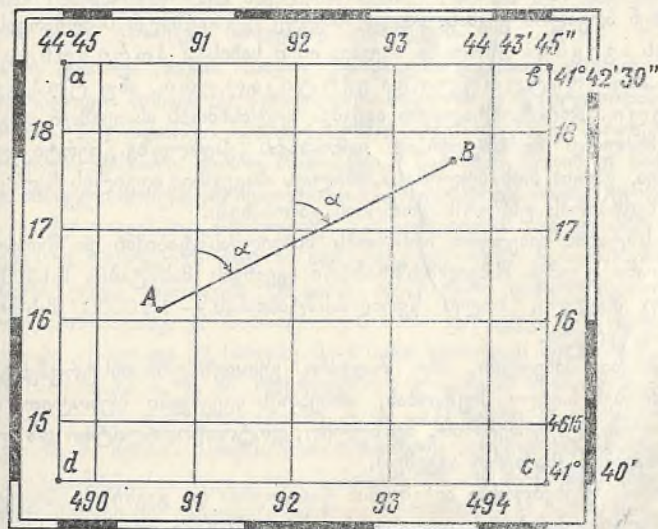
ასეთი ბადის (ნახ. 26) საფუძველზე უკვე შეგვიძლია დავალაგოთ ტრაპეციის $abcd$ წვეროები მათი კოორდინატების მიხედვით. მაგალითად, b წვერო, რომლის კოორდინატებია: $X=4618,778$ კმ და $Y=494,799$ კმ, მოთავსდება ზედა მარჯვენა უჯრედში: c წვერო—ქვედა მარჯვენა უჯრედში; d წვერო—ქვედა მარცხენა უჯრედის გარეთ და a წვერო—ზედა მარცხენა უჯრედის გარეთ. აღნიშნული წვეროების შეერთებით მიიღება $abcd$ ტრაპეციის გამოსახულება გაუს-კრიუგერის პროექციით.

გეოდეზიისა და კარტოგრაფიის მეთოდებით (კარტოგრაფიული ბადის შევსებით) ამ ტრაპეციაში გამოსახება ადგილის რუკა. ტრაპე-



ნახ. 26.

K-38-78-Γ-6-3



ნახ. 27.

ციის წვეროებს მიუწერენ მათ გეოგრაფიულ კოორდინატებს (განედებს და გრძედებს) და ააგებენ გარე გრადუსთა ჩარჩოს, რომლის გვერდებს დაყოფენ მინუტებად, ისე როგორც ეს ნაჩვენებია 27-ე ნახაზზე.

ყოველ ტოპოგრაფიულ რუკას აქვს თრი ჩარჩო. ერთი—შიგა ჩარჩო *abcd* (ნახ. 27), კილომეტრული ბადის წარწერით, და მეორე—გარე ჩარჩო (გრადუსთა ჩარჩო). სილამაზისათვის უკეთებენ აგრეთვე მესამე ჩარჩოსაც.

კილომეტრული ბადის საფუძველზე შეიძლება რუკის ნებისმიერი წერტილებისათვის გრაფიკულად განისაზღვროს გაუს-კრიუგერის X და Y კოორდინატები. გრადუსთა ჩარჩოს საშუალებით კი შეიძლება განისაზღვროს წერტილების გეოგრაფიული კოორდინატები.

თ ა ბ ი V

ხაზების დასარგვა და გაზომვა

§ 18. აზგვმვა

როგორც აღვნიშნეთ, გეოდეზიის ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაა დედამიწის ზედაპირის შემცირებულად გამოსახვა ქალაღზე. ამ ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით სათანადო ინსტრუმენტებით ველზე აწარმოებენ გეოდეზიურ გაზომვებს და მიღებული მასალების მიხედვით აღგენენ აღგილის გეგმას. ამგვარ საველე გეოდეზიურ სამუშაოებს აღგილის აგეგმვა ეწოდება. აგეგმვა ორი სახისაა: პორიზონტალური, ანუ კონტურული და ვერტიკალური, ანუ ტოპოგრაფიული. პორიზონტალური აგეგმვა გულისხმობს ასაგეგმავი აღგილეების მხოლოდ მოხაზულობის გამოსახვას ქალაღზე. ვერტიკალური აგეგმვა, გარდა მოხაზულობისა, იხილავს ასაგეგმავი აღგილის რელიეფის, ანუ ზედაპირის უსწორმასწორობის გამოსახვას.

მასშტაბის მიხედვით არსებობს მსხვილმასშტაბიანი და წვრილმასშტაბიანი აგეგმვა. მსხვილმასშტაბიანი აგეგმვის მასშტაბია 1:10000 და უფრო მსხვილი, ხოლო წვრილმასშტაბიანის — 1:10000 მასშტაბზე უფრო წვრილი.

იმისდა მიხედვით, თუ რაგვარი გეოდეზიური ინსტრუმენტებით აწარმოებენ საველე მუშაობას, არსებობს აგეგმვები ბუსოლით, თეოდოლიტით, ტაქსიმეტრით, მენზულით, ფოტოთეოდოლიტით და თვითმფრინავიდან (საჰაერო აგეგმვა).

სანამ შევეხებოდეთ აგეგმვების წარმოებას და გეგმების შედგენას, განვიხილოთ მარტივი გეოდეზიური ხელაწყობები და სხვადასხვა გაზომვები (ხაზების, კუთხეების, აზიმუტების და სხვ.).

§ 19. წერტილების დანიშვნა და ხაზების დასარგვა

საველე გეოდეზიური მუშაობის ჩასატარებლად საჭირო წერტილებს ადგილზე დანიშნავენ დროებითი ან მუდმივი ნიშნებით. დროებითი ნიშნები აკმაყოფილებს აგეგმვის დროებით მოთხოვნებს და მუშაობის დამთავრების შემდეგ მათი ადგილზე დამაგრება საჭირო არ არის. წერტილები ადგილზე შეგვიძლია დროებით დავნიშნოთ სარებით, პალოებით და სხვ.

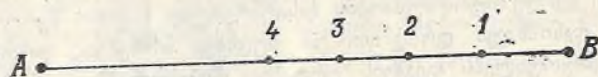
მნიშვნელოვანი წერტილები, როგორცაა, ტრიანგულაციის ან პოლიგონომეტრიის წერტილები, სიმაღლის მაჩვენებელი წერტილები (რეპერები) და სხვ., რომლებსაც საერთოდ ეყრდნობა აღგილის აგეგმვა, საჭიროა იყოს ადგილზე მუდმივად, რის გამო აღნიშნულ წერტილებს საფუძვლიანად ამაგრებენ ხის, ქვის, რკინის ან ბეტონის ბოძებით, რკინის მილებით და სხვა მუდმივი ნიშნებით. რათა დასაყრდენი წერტილი შორიდან გამოჩნდეს, წერტილზე ამაგრებენ ხის ან რკინის სპეციალურ სიგნალებს (ანძებს).

სანამ შევედგებოდეთ ხაზის გაზომვას ადგილზე, საჭიროა (თუ ხაზი 100—150 მეტრზე გრძელია) ხაზის დასარგვა, ე. ი. ხაზის მიმართულებაზე დამატებითი წერტილების დანიშვნა სარებით. ხაზის დასარგვა ხდება როგორც თვალთ, ისე გეოდეზიური ინსტრუმენტებით. ხაზის დასარგვა ინსტრუმენტებით განხილულია § 140-ში. აქ განვიხილავთ თვალთ ხაზის დასარგვის რამდენიმე შემთხვევას.

ხაზის დასარგვა ხაზის ბოლო წერტილში დგომით. ვთქვათ, რომ *A* წერტილიდან მოჩანს *B* წერტილი და საჭიროა *A* წერტილიდან *AB* ხაზის (ნახ. 28) დასარგვა. ამისათვის მომუშავე დგება *A* სარის უკან და უყურებს *B* სარს. მეორე მომუშავე *B* სარიდან მოდის *A* სარისაკენ და პირველი მომუშავის მითითებით ამაგრებს სარებს ისეთ 1-ელ, მე-2, მე-3, ... წერტილებში, რომლებიც აკმაყოფილებს შემდეგ პირობას: როდესაც *A* წერტილში მდგომი მომუშავე უყურებს *B* სარს, პირველი სარი უნდა ფარავდეს *B* სარს, მე-2 სარი ფარავდეს პირველ სარს და, მაშასადამე, *B* სარსაც; მე-3 სარი ფარავდეს მე-2 სარს და, მაშასადამე, 1-ელ და *B* სარებს; მე-4 სარი ფარავდეს მე-3, მე-2, 1-ელ და *B* სარებს და ა. შ. ამ შემთხვევაში 1-ლი, მე-2, მე-3, მე-4, ... სარები იქნება *AB* დამზერის სხივზე, ე. ი. *AB* ხაზზე. ვაკე ადგილებზე პირველ, მე-2, მე-3... სარებს შორის მანძილს აიღებენ 50—80 მეტრამდე, უსწორმასწორო ზედაპირის შემთხვევაში—30—50 მეტრამდე.

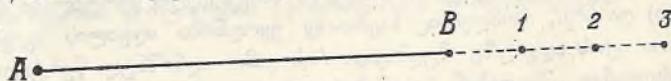
არის შემთხვევა, როდესაც საჭიროა ადგილზე *AB* ხაზის (ნახ. 29) გაგრძელება. ამისათვის სარით მომუშავე დგება ისეთ 1-ელ წერტილ-

ში, რომ, როდესაც 1-ლი წერტილიდან უყურებს B სარს, ამ B სარმა უნდა დაფაროს A სარი. შემდეგ სარით მომუშავე გადადის ისეთ



ნახ. 28.

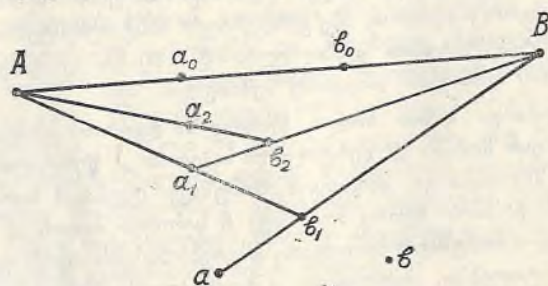
მე-2 წერტილში, რომ, როდესაც მე-2 წერტილიდან უყურებს 1-ელ სარს, ამ სარმა დაფაროს B სარი და, მაშასადამე, A სარიც. ამავე



ნახ. 29.

წესით AB ხაზის გაგრძელებაზე პოულობენ მე-3, მე-4, მე-5, ... წერტილებს.

ხაზის დასარვა მის ბოლო წერტილებს შორის დგომით. ვთქვათ, ხაზის ბოლოებზე დამაგრებულია A და B სარები (ნახ. 30) და საჭი-



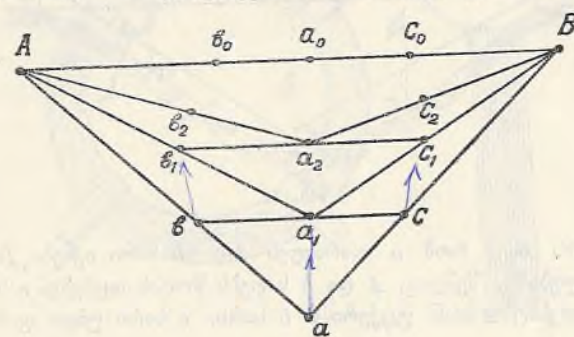
ნახ. 30.

როა ამ A და B წერტილებს შორის დგომით AB ხაზის დასარვა. ამისათვის ხაზის გარეთ ვიწმინათ a და b ორ წერტილს, საიდანაც მოჩანს A და B წერტილები.

ამ სამუშაოს ასრულებს ორი კაცი — ერთი ღებდა a -ზე და მეორე b -ზე. a -ზე მდგომი უცქერს B სარს და b -ზე მდგომს აყენებს ისეთ b_1 წერტილში, რომ b_1 სარმა დაფაროს B სარი. შემდეგ b_1 წერტილზე მდგომი კაცი უცქერს A სარს და a -ზე მდგომ კაცს გადააყენებს ისეთ a_1 წერტილზე, რომ a_1 სარმა დაფაროს A სარი, შემდეგ, a_1

წერტილზე მდგომი კაცის მითითებით b_1 სარი გადაადგილდება b_2 წერტილზე და ა. შ. ამრიგად, თანდათან ვუახლოვდებით AB ხაზს და ბოლოს მივიღებთ ისეთ a_0 და b_0 წერტილებს, რომ, როდესაც a_0 -დან ვუცქერით B -ს, b_0 სარი ფარავს B სარს და იმავე დროს, როდესაც b_0 -ზე მდგომი კაცი უცქერს A სარს, a_0 ფარავს A სარს. ამ შემთხვევაში ცხადია, რომ a_0 და b_0 სარები იქნება AB მიმართულებაზე.

ხაზის დასარვა, როდესაც წერტილებს შორის მაღლობია (გორა, ქედი და სხვ.). ვთქვათ, A წერტილიდან არ მოჩანს B წერტილი (ნახ. 31), რადგან ამ წერტილებს შორის მდებარეობს ამაღლებული

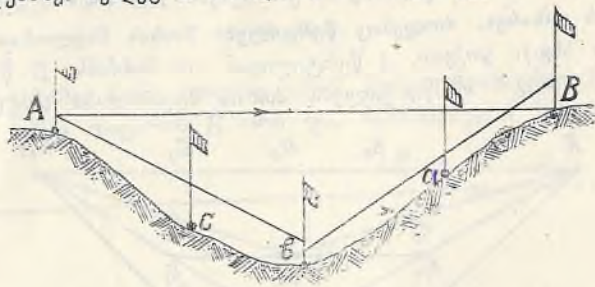


ნახ. 31.

ადგილი. ასეთ შემთხვევაში AB მიმართულების დასარვას აწარმოებს არანაკლები სამი კაცისა. ერთი მათგანი ღებდა მაღლობის a წერტილზე, საიდანაც მოჩანს A და B წერტილები და მისი მითითებით მუშები სარებით ღებნიან b და c წერტილებზე, რომლებიც მდებარეობს aA და aB მიმართულებებზე. შემდეგ მუშების მითითებით პირველი კაცი გადადის a_1 წერტილზე, რომელიც მდებარეობს bc მიმართულებაზე. a_1 წერტილიდან მომუშავე აყენებს მუშებს b_1 და c_1 წერტილებზე (a_1A და a_1B მიმართულებებზე) და თვითონ მუშების მითითებით გადადის a_2 წერტილზე $b_1 c_1$ მიმართულებაზე და ა. შ., სანამ არ მივიღებთ b_0 , a_0 და c_0 წერტილებს, რომლებიც იქნება AB მიმართულებაზე იმ შემთხვევაში, თუ ერთდროულად დაცულია შემდეგი სამი პირობა:

1. b_0 უნდა იყოს a_0A მიმართულებაზე,
2. c_0 უნდა იყოს a_0B მიმართულებაზე და
3. a_0 უნდა იყოს $b_0 c_0$ მიმართულებაზე.

ხაზის დასარგვა, როდესაც წერტილებს შორის მდებარეობს ხევი (ხრამი). ვთქვათ, A და B წერტილებს შორის მდებარეობს ხევი (ნახ. 32) და საჭიროა AB მიმართულების დასარგვა. ამისათვის A წერტილიდან B წერტილისაკენ ცქერით აყენებენ a სარს, ისე, რომ a სარმა დაფაროს B სარის ძირი. ცხადია, რომ a სარი მოთავსდება AB მიმართულებაზე. შემდეგ B სარიდან a სარისაკენ ცქერით ხევში აყენებენ b სარს ისე, რომ a ფარავდეს b -ს. b სარი იქნება BA ხაზის მიმართულებაზე. შემდეგ, A და b სარებს შორის აყენებენ c სარს ისე, რომ, როდესაც A -დან უცქერიან b სარს, c სარი უნდა ფარავდეს b სარს.

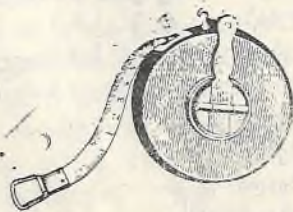


ნახ. 32.

ამრიგად, ხევში მივიღებთ c , b და a წერტილებს, რომლებიც მდებარეობენ A და B წერტილებზე გამავალ შვეულ სიბრტყეზე, ე. ი. — AB მიმართულებაზე.

§ 20. საზომი ხელსაწყოები და ხაზების გაზომვა

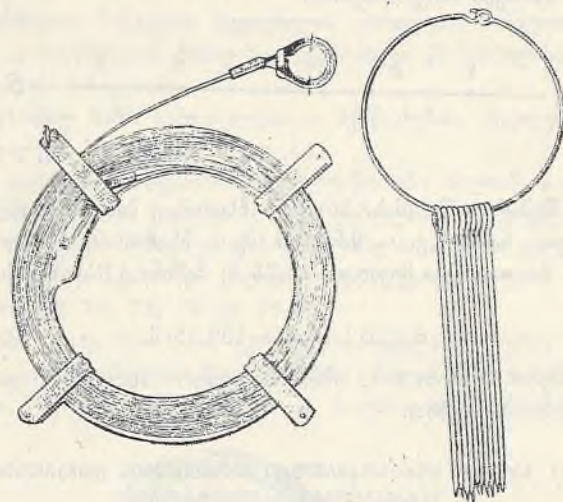
აღვილზე ხაზებს ზომავენ საზომი ხელსაწყოებით, როგორიცაა ხვეული (ნახ. 33), ფოლადის ბაფთა (ნახ. 34), მავთულები, სხვადასხვა სახის მანძილზომები (იხ. თავი IX) და სხვ. ჩვეულებრივ, ფოლადის ბაფთის სიგრძე უდრის 20 მეტრს და იგი დაყოფილია მეტრებად და დეციმეტრებად. გაზომვის დროს საჭიროა აგრეთვე რკინის ჩხირები (ნახ. 35). არსებობს აგრეთვე ბაფთები სიგრძით 24, 30, 50 და 100 მ. ხვეულის სიგრძეა 5, 10 და 20 მეტრი.



ნახ. 33.

დროგამოშვებით მიმართავენ საზომ ხელსაწყოთა კომპარირებას, ე. ი. გაიგებენ საზომი ხელსაწყოს

ზომას ნორმალურ საზომთან შედარებით. საზომ ეტალონად სსრკ-ში მიღებულია პლატინა-ირიდიუმის მეტრი, რომელიც ინახება ლენინგრადში, მენდელეევის სახელობის მეტროლოგიის ინსტიტუტში.



ნახ. 34.

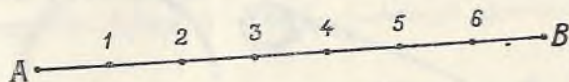
ყოველ რესპუბლიკაში არის სათანადო დაწესებულება (მეტროლოგიის ინსტიტუტი), სადაც ამოწმებენ საზომ ხელსაწყოებს და აპარატებს.

AB ხაზის (ნახ. 36) გაზომვის აღვილზე აწარმოებს ორი კაცი. ისინი გაშლიან ბაფთას და ერთი მათგანი დგება A წერტილზე, სადაც ამაგრებს ბაფთის ერთ ბოლოს. წინა მუშა კი ბაფთის მეორე ბოლოში უყრის ჩხირს, გაჭიმავს ბაფთას და უკანა კაცის მითითებით (დასარგის წესით) ამაგრებს ჩხირს ისეთ 1-ელ წერტილში, რომელიც მდებარეობს AB მიმართულებაზე. შემდეგ, უკანა კაცი გადადის 1-ელ წერტილზე, სადაც დამაგრებულია ჩხირი, რომლის საშუალებით ამაგრებს ბაფთის უკანა ბოლოს. ამ წერტილიდან, დასარგის წესით, ბაფთის წინა ბოლოს აყენებს მე-2 წერტილში, სადაც წინა მუშა ამაგრებს ჩხირს და მიდის წინ. უკანა კაცი კი ამოიღებს 1-ელ ჩხირს და გადადის მე-2 წერტილზე, საიდანაც იმავე წესით აყენებს მუშას მე-3 წერტილზე (AB მიმართულებაზე) და ა. შ.



ნახ. 35.

უკანა კაცი თან აგროვებს ჩხირებს და მათი რაოდენობა, გამრავლებული ბაფთის სიგრძეზე (20 მეტრი) გამოსახავს ხაზის სიგრძეს A წერტილიდან უკანასკნელ ჩხირამდე. ხაზის სიგრძის ნაშთი (20 მეტრზე ნაკლები) იზომება იმავე ბაფთით.



ნახ. 36.

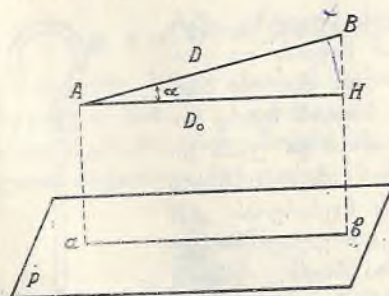
ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 36) მე-6 ჩხირამდე ბაფთა მოთავსდა ექვსჯერ. ვთქვათ, ნაშთი, ე. ი. მანძილი მე-6 ჩხირიდან B წერტილამდე გავზომეთ ბაფთით და მივიღეთ 18,75 მ; მაშინ AB ხაზის სიგრძე იქნება:

$$6 \times 20 + 18,75 = 138,75 \text{ მ.}$$

შემოწმების მიზნით ხაზი იზომება ორჯერ—პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით.

§ 21. ხაზების ჰორიზონტალური პროექციების (გაგვიშვების) განსაზღვრა. ეკლიმეტრები

თუ ადგილზე მდებარე AB ხაზი ჰორიზონტის მიმართ დახრილია α კუთხით (ნახ. 37), მაშინ გვემის შესადგენად საჭიროა გამოვთვალოთ ამ ხაზის ab პროექცია ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე. სწორკუთხეიანი ABH სამკუთხედიდან კუთხე AH ან მისი ტოლი ab პროექცია (გვერდი) უდრის:



ნახ. 37.

$ab = AH = AB \cdot \cos \alpha$.

გაზომილი AB ხაზი ალენიშნოთ D ასოთი და მისი ჰორიზონტალური პროექცია D_0 ასოთი, მაშინ:

$$D_0 = D \cdot \cos \alpha. \quad (1)$$

ჩვეულებრივ გამოთვლიან სხვაობას გაზომილი ხაზის სიგრძესა (D) და მის ჰორიზონტალურ (D_0) პროექციას შორის. ეს სხვაობა, ანუ შესწორება ხაზის დახრილობის გამო, ალენიშნოთ x ასოთი, ე. ი.

$$x = D - D_0$$

თუ აქ ჩავსვამთ 1-ლი ფორმულიდან D_0 -ს მნიშვნელობას, მივიღებთ

$$x = D - D \cos \alpha = D(1 - \cos \alpha) = 2D \sin^2 \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$

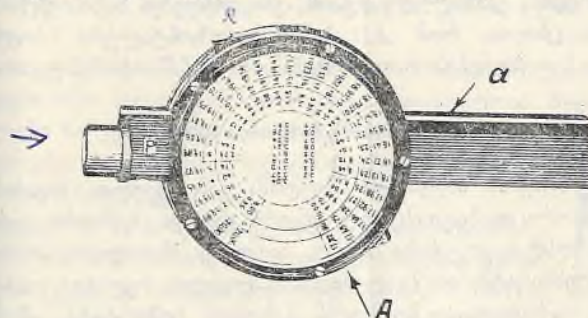
ამ ფორმულის მიხედვით შედგენილია ცხრილები, რომლითაც სარგებლობენ x შესწორების მისაღებად (გაზომილი D მანძილისა და დახრის α კუთხის მიხედვით).

თუ გაზომილ ხაზს გამოვაკლებთ x შესწორებას, მივიღებთ ხაზის ჰორიზონტალურ პროექციას.

მცირე დახრის კუთხეებისათვის x შესწორება ძალიან პატარაა და 2 გრადუსამდე დახრის კუთხეს არც კი ღებულობენ მხედველობაში.

(2) ფორმულაში შემაჯალი დახრის კუთხე α იზომება ეკლიმეტრით. ამ კუთხის ზუსტი გაზომვა (თეოდოლიტის ვერტიკალური წრედით) განხილულია §§ 72, 73, 74 და 75-ში.

არსებობს სხვადასხვა სახის ეკლიმეტრი. ყველაზე უფრო მოხერხებული და გავრცელებულია 38-ე ნახაზზე მოყვანილი ბრანდირის ეკლიმეტრი. იგი შედგება სამხერი a მილისაგან, რომლის გვერდით

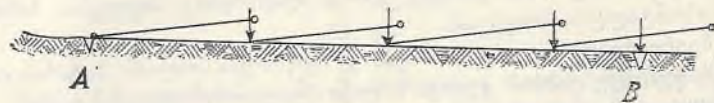


ნახ. 38.

დამაგრებულია A მრგვალი კოლოფი. კოლოფში მოთავსებულია გრადუსებად დაყოფილი წრედი. როდესაც a მილში ცქერით მილს მივმართავთ ადგილის წერტილისაკენ, წრედზე ჩამოკიდებული სიმძიმის საშუალებით წრედის დიამეტრი, რომელიც წარწერილია ნულებით (ნულოვანი დიამეტრი), დადგება ჰორიზონტალურად. თუ ამ დროს გრადუსიდან წრედზე ავიღებთ ანათვალს (წრედის ნულიდან ინდექსამდე, ე. ი. მილში მოთავსებულ თარაზულ ძაფამდე), მაშინ ეს ანათვალი გამოსახავს ხაზის დახრის კუთხეს გრადუსებით. ცხადია, სამხერ მილს ისე მიმართავენ წერტილზე დაყენებული სარისაკენ, რომ მილში მოთავსებული თარაზული ძაფი კვეთდეს სარს იმ სიმაღლეზე, რა სიმაღლეზეც გვიკა-

ვია ხელში ეკლიმეტრი. ამ შემთხვევაში დამზერის სხივი ადგილის ხაზის პარალელური იქნება და, მაშასადამე, ანათვალის წრედზე გამოსახავს ხაზის დახრის კუთხეს.

დახრილი AB ხაზის (ნახ. 39) ჰორიზონტალური პროექცია შეიძლება მიღებულ იქნეს აგრეთვე უშუალო გაზომვით (საფეხურებით). ამისათვის ბაფთის უკანა ბოლოს ამაგრებენ საწყის A წერტილში და ბაფ-



ნახ. 39.

თას გაჭიმავენ ჰორიზონტალურად. შემდეგ დასარგის წესით ბაფთის წინა ბოლოს დააყენებენ AB მიმართულებაზე, შეეულის საშუალებით ამ ბოლოს გადმოიტანენ მიწის ზედაპირზე და დანიშნავენ რკინის ჩხირით. ამ ჩხირიდან, განხილული წესით, გააგრძელებენ ხაზის გაზომვას საფეხურებით. ცხადია, რომ AB ხაზის ჰორიზონტალური პროექცია ტოლი იქნება საფეხურების რაოდენობისა, ხაზის ნაშთის მიმატებით.

§ 22. ბაფთით ხაზების გაზომვის სიზუსტე

ხაზების გაზომვაში მიღებული შეცდომა გამოწვეულია სხვადასხვა მიზეზით, როგორცაა ბაფთის არაერთნაირი გაჭიმვა მუშაობის დროს, ჩხირების არაზუსტად დაყენება ხაზზე, ბაფთაზე ანათვლების არაზუსტად აღება, ტემპერატურის ცვალებადობა, ადგილის რელიეფი და სხვა. ყოველივე ეს უარყოფითად მოქმედებს გაზომვის სიზუსტეზე. იმ მიზეზით, რომ სიზუსტის მხრივ შევაფასოთ ესა თუ ის განაზომი, მიღებულია ეგრეთ წოდებული ფარდობითი შეცდომა K , რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$K = \frac{\Delta}{L},$$

სადაც Δ არის ორ განაზომს შორის სხვაობა, ხოლო L — ხაზის სიგრძე. ფარდობითი შეცდომას აძლევენ ისეთი წილადის სახეს, რომლის მრიცხველი ტოლია ერთისა.

მაგალითი. ვთქვათ, ხაზი გაზომილია ორჯერ და მიღებულია შედეგები: 124,83 მ და 124,75 მ. ამ შემთხვევაში ფარდობითი შეცდომა იქნება:

$$K = \frac{\Delta}{L} = \frac{0,08}{124,8} = \frac{1}{1560}.$$

მრავალი ცდით დადასტურებულია, რომ ბაფთით მიღებული ფარდობითი შეცდომა ხელშემწყობი ადგილებისათვის (ვაკე, გაშლილი ადგილი, მაგარი ნიადაგით) არ აღემატება 1:2000-ს, ხოლო არახელშემწყობი ადგილებისათვის (მთავორიანი ადგილი, ქაობი, ტყე და სხვ.) — 1:1000-ს.

თ ა ზ ი V

მართი კუთხეების ასაზომი ხელსაწყოები

§ 23. ორსარკიანი ეკერი

აგეგმვის დროს, როგორც შემდეგ ვნახავთ, არის შემთხვევა, როდესაც საჭიროა ურთიერთ მართობი ხაზების გატარება ადგილზე. ხელსაწყოს, რომლის საშუალებით ატარებენ მართობ ხაზებს, ეწოდება ეკერი. არსებობს სხვადასხვა სახის ეკერი: ცილინდრული, კონუსური, პრიზმული და სარკიანი. ამ პარაგრაფში განხილულია ორსარკიანი ეკერი.

როგორც თვით სახელი გვიჩვენებს, ორსარკიანი ეკერი (ნახ. 40) შედგება ორი სარკისაგან, რომლებიც მოთავსებულია ბუდეში. ბუდის კედლები სარკეების ქვემოთ (ან ზემოთ) ამოჭრილია. ბუდეს აქვს ტარი, რომელზედაც მიმაგრებულია შეეულის ჩამოსაკიდებელი კავი.

გავეცნოთ ორსარკიანი ეკერის თეორიას. წარმოვიდგინოთ, რომ ორსარკიანი ეკერის I სარკის a წერტილში ეცემა A სარიდან მომავალი სხივი (ნახ. 41). a წერტილიდან სხივი აირეკლება და დაეცემა II სარკის d წერტილში. სხივი ამ უკანასკნელიდანაც აირეკლება და Aa სხივს C წერტილში გადაკვეთს γ კუთხით. გამოვარკვეოთ, თუ რა დამოკიდებულება არსებობს γ და α კუთხეებს შორის. α არის სარკეებს შორის მოთავსებული კუთხე.

ფიზიკიდან ვიცით, რომ დაცემის კუთხე უდრის არეკვლის კუთხეს, ე. ი, $\alpha = \alpha_1$ -ს და $\beta = \beta_1$ -ს. Cda სამკუთხედიდან γ კუთხე, როგორც გარეგანი კუთხე

$$\gamma = 2\alpha + 2\beta = 2(\alpha + \beta). \quad (1)$$

bda სამკუთხედიდან შეგვიძლია დავწეროთ, რომ

$$\alpha = 180^\circ - (90^\circ - \alpha) - (90^\circ - \beta) = 180^\circ - 90^\circ + \alpha - 90^\circ + \beta = \alpha + \beta \quad (2)$$

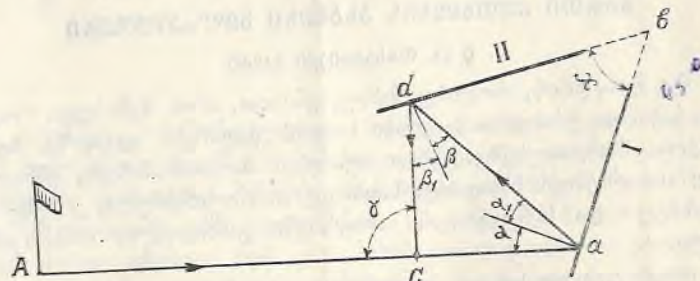


ნახ. 40.

(1) და (2) ტოლობების შედარებიდან ჩანს, რომ γ კუთხე ორჯერ მეტია, ვიდრე x კუთხე, ე. ი.

$$\gamma = 2x.$$

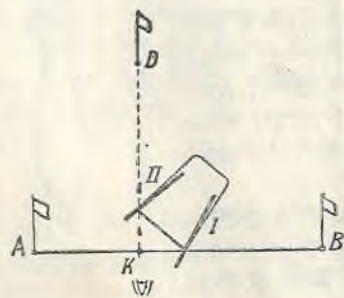
აქედან გამომდინარეობს ასეთი დასკვნა: თუ I და II სარკეებს მოათავსებთ ისე, რომ მათ შორის კუთხე x ტოლი იქნება 45° -ისა, მაშინ γ კუთხე ტოლი იქნება 90° -ისა, ე. ი. dC მიმართულება პერპენდიკულარული იქნება Ab ხაზისა. ამ პრინციპით სარგებლობენ ურთიერთმართობი ხაზების გასატარებლად ადგილზე.



ნახ. 41.

ორსარკიანი ეკერის საშუალებით შეიძლება გადაწყვეტოთ შემდეგი ამოცანები:

ამოცანა 1. ადგილზე მოცემულ AB ხაზზე მდებარე K წერტილიდან AB ხაზის მართობად უნდა გავატაროთ KD ხაზი (ნახ. 42). ამისათვის ეკერით ვღებთ K წერტილზე ისე, რომ ეკერის ტარზე მიმაგრებული შვეული გაუბრუნდებიდეს K წერტილს (ნახ. 43).



ნახ. 42.

შემდეგ ეკერის ერთ-ერთ სარკეს მიგმართავთ A ან B სარისაკენ. ჩვენს შემთხვევაში I სარკე მიმართულია A სარისაკენ (ნახ. 42). A სარიდან მომავალი სხივი დაეცემა I სარკეს, აირეკლება, დაეცემა II სარკეს, საიდანაც მეორეჯერ აირეკლება, გადაკვეთს AB ხაზის მიმართულებას 90° -იანი კუთხით და დამკვირვებელი II სარკეში დაინახავს A სარის გამოსახულებას. შემდეგ ამ გამოსახულების გასწვრივ ადგილზე

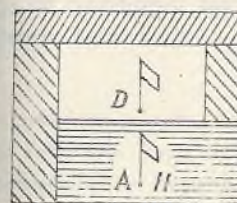
დავყენებთ მუშას D სარით ისე, რომ A სარის გამოსახულება II სარკეში დაემთხვეს ადგილზე დაყენებულ D სარს (ნახ. 44). ამ შემთხვევაში, ცხადია, DK ხაზი იქნება AB ხაზის მართობი (ნახ. 42).

თუ სარკეებს შორის მოთავსებული x კუთხე არ უდრის 45° -ს, იარაღი არ იქნება სწორი და ადგილზე ვერ გავატარებთ ურთიერთმართობ ხაზებს. მაშასადამე, საჭიროა შევამოწმოთ, უდრის თუ არა სარკეებს შორის მოთავსებული x კუთხე 45° -ს. თუ არ უდრის, — ეკერი უნდა შევასწოროთ ისე, რომ კუთხე x უდრიდეს 45° -ს.

იარაღის შესამოწმებლად AB ხაზზე ადებული K წერტილიდან ორსარკიანი ეკერით (ცნობილი ხერხით) აღვმართავთ მართობ KD ხაზს (ნახ. 45). თუ ეკერი სწორია (ე. ი. $x = 45^\circ$), ადგილზე უნდა მივიღოთ ერთი და იგივე წერტილი D , იმისაგან დამოუკიდებლად, A სარისკენ არის მიმართული ეკერი (I მდგომარეობა), თუ B — სარისაკენ (II მდგომარეობა). თუ I და II მდგომარეობაში დაყენებულმა ეკერმა სხვადასხვა წერტილი მოგვცა, მაგალითად D_1 და D_2 (ნახ. 46), ეს იმის მაჩვენებელია, რომ x კუთხე არ უდრის 45° -ს, ე. ი. ეკერი არ არის სწორი, რის გამოც ხაზები D_1K და D_2K არ იქნება AB ხაზის მართობი. ცხადია, თუ D_1D_2 მანძილს ვავყოფთ შუაზე, მაშინ D_3K ხაზი მართობი იქნება AB ხაზისა. მაშასადამე, ეკერის შესასწორებლად, სარკეებს შორის



ნახ. 43.



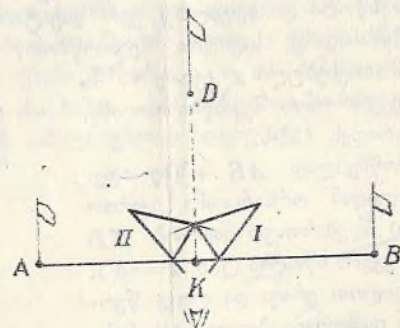
ნახ. 44.

მოთავსებულ x კუთხეს შევცვლით ეკერის შემასწორებელი ხრახნებით ისე, რომ მივიღოთ ერთი და იგივე D_3 წერტილი, იმისაგან დამოუკიდებლად, ეკერი მიმართულია A თუ B სარისაკენ. ამ შემთხვევაში x კუთხე ტოლი იქნება 45° -სა და ეკერიც შესწორდება.

ამოცანა 2. ადგილზე მოცემული D წერტილიდან საჭიროა ორსარკიანი ეკერით დაფუშვით მართობი AB ხაზზე (ნახ. 47), ე. ი. AB ხაზზე უნდა ვიპოვოთ D წერტილიდან დაშვებული მართობის ფუძე.

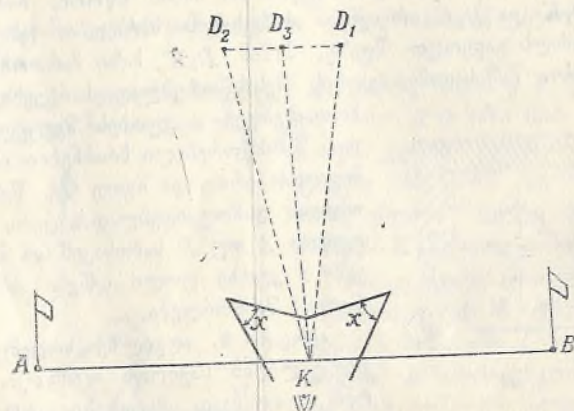
ამ ამოცანას გადავწყვეტთ ასე: დასარგის წესით ვღებთ AB ხაზის K წერტილზე და ეკერით ვამოწმებთ, წარმოადგენს თუ არა K დგომის წერტილი D წერტილიდან დაშვებული მართობი ხაზის ფუძეს.

ამისათვის ეკერის სარკეს მიემართავთ ან A ან B სარისაკენ (ჩვენს შემთხვევაში პირველი სარკე მიმართულია A სარისაკენ). თუ A სარის გამოსახულება მეორე სარკეში დაემატება D სარს, ეს იმის ნიშანია,



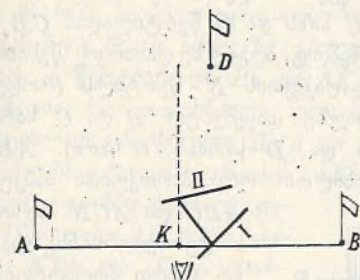
ნახ. 45.

რომ K დგომის წერტილი წარმოადგენს D წერტილიდან დაშვებული მართობი ხაზის ფუძეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ფუძის საპოვნელად ვიცვლით ადგილს (ჩვენს შემთხვევაში გადავდივართ მარჯვნივ) ისე,



ნახ. 46.

რომ სარის გამოსახულებამ II სარკეში დაფაროს D სარი. ამემაღ ნმარებაშია აგრეთვე ეკერი (ნახ. 48), რომელიც წარმოადგენს სამწახნაგოვანი შუშის პრიზმას, რომლის ორი წახნაგი ურთიერთპერპენდიკულარულია.



ნახ. 47.



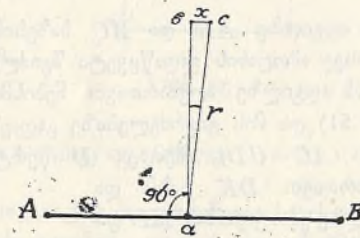
ნახ. 48.

§ 24. ორსარკიანი ეკერის სიზუსტე

ცდებით გამორკვეულია, რომ ეკერი მართობი ხაზების მიმართულებაში გვაძლევს შეცდომას დაახლოებით 7',5-მდე, ამის მიხედვით შეგვიძლია გამოვიანგარიშოთ მართობი ხაზის c ბოლო წერტილის x გადახრა მისი ნამდვილი b მდებარეობიდან (ნახ. 49). abc სამკუთხედიდან ცხადია, რომ x შეცდომა უდრის:

$$x = ab \cdot \operatorname{tg} r,$$

სადაც r არის შეცდომის კუთხე, რომელიც აღწევს 7',5-ს. ვინაიდან r კუთხე მეტად მცირეა, ამ ფორმულას შეიძლება მივცეთ ასეთი სახე:



ნახ. 49.

$$x = ab \cdot r \operatorname{tg} 1'. \quad (1)$$

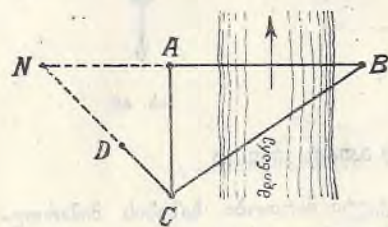
ამ ფორმულით გამოვიანგარიშებთ x შეცდომას მართობი ხაზის სიგრძის მიხედვით. მაგალითად, თუ მართობი ხაზი უდრის 44 მეტრს, გამოანგარიშებით მივიღებთ, რომ $x=0,1$ მ; თუ მართობის სიგრძე უდრის 6 მეტრს, მაშინ $x=0,01$ მ. ამის მიხედვით, ზუსტი მუშაობის დროს (მაგალითად, ქალაქების აგეგმვისას) ეკერით ატარებენ მართობ ხაზებს არა უგრძეს 6 მეტრისა.

§ 25. ამოცანების ამოხსნა გაფთხისა და ეკერის საშუალებით

ამოცანა 1. მოცემულ A და B წერტილებს შორის მდებარეობს მდინარე (ნახ. 50). საჭიროა გავიგოთ AB მანძილი.

5 გრ. ხუნჯუა

ამისათვის A წერტილიდან ეკერით აღმართავთ AB ხაზის მიმართ ნებისმიერი ზომის მართობ AC ხაზს და C წერტილიდან CB მიმართულების მართობ CD ხაზს. შემდეგ, ადგილზე დასარგის წესით ვბოულობთ CD და AB ხაზების გადაკვეთის N წერტილს (როდესაც ამ წერტილიდან ვუცქერით ადგილზე დაყენებულ B და C სარებს, A სარმა უნდა დაფაროს B სარი და D სარმა — C სარი). AB ხაზის სიგრძის გამოსარკვევად განვიხილოთ ორი მართკუთხა სამკუთხედი:



ნახ. 50.

ABC და ACN . აღნიშნული სამკუთხედების მსგავსების გამო ვწერთ პროპორციას:

$$AB : AC = AC : AN,$$

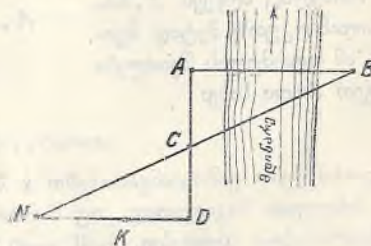
საიდანაც

$$AB = \frac{AC^2}{AN}. \quad (1)$$

მაშასადამე, AB ხაზის სიგრძის მისაღებად, როგორც (1) ფორმულიდან ჩანს, საჭი-

როა ადგილზე AN და AC ხაზების გაზომვა.

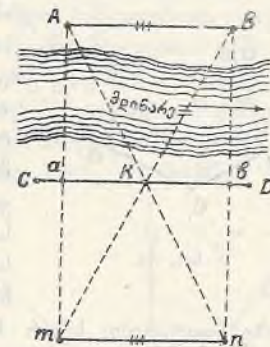
ამავე ამოცანის გადაწყვეტა შეიძლება შემდეგი ხერხით: A წერტილიდან ადგილზე აღმართავთ ნებისმიერი ზომის მართობ AC ხაზს (ნახ. 51) და მის გაგრძელებაზე გადავზომავეთ AC -ს ტოლ CD მონაკვეთს ($AC = CD$). შემდეგ D წერტილიდან DA ხაზის მართობად აღმართავთ DK ხაზს და ადგილზე ვბოულობთ KD და CB ხაზების გადაკვეთის N წერტილს. ვინაიდან ორი სწორკუთხა სამკუთხედი: ABC და CDN თანატოლია, მანძილები AB და ND ტოლი იქნება. მაშასადამე, AB მანძილის ნაცვლად შეგვიძლია ადგილზე ბაფთით გავზომოთ მისი ტოლი ND მანძილი.



ნახ. 51

ამოცანა 2. საჭიროა მიუვალი AB მანძილის განსაზღვრა მდინარის მეორე ნაპირიდან (ნახ. 52). ამისათვის ადგილზე შევარჩევთ CD ხაზს, დაახლოებით AB ხაზის პარალელურად. შემდეგ CD ხაზზე ეკერით ვბოულობთ A და B წერტილებიდან დაშვებული მართობების a და b

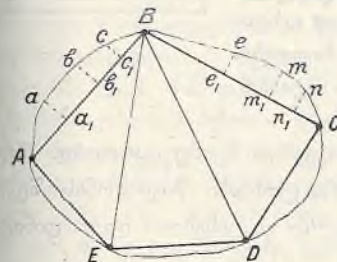
ფუძეებს. ab ხაზს ბაფთით ვყოფთ შუაზე და მივიღებთ K წერტილს. შემდეგ დასარგის წესით ადგილზე ვბოულობთ Aa და BK ხაზების გადაკვეთის m წერტილს და Bb და AK ხაზების გადაკვეთის n წერტილს. ცხადია, რომ mn მანძილი უდრის AB ხაზის სიგრძეს. ამის დასამტკიცებლად განვიხილოთ KaA და Kbn სწორკუთხა სამკუთხედები, რომლებიც ტოლია, ვინაიდან $aK = Kb$ და $\angle aKA = \angle bKn$ (როგორც ჯვარედინად მდებარე კუთხეები). მაშასადამე, $AK = Kn$. ამავე წესით KBb და Kma სწორკუთხოვანი სამკუთხედების ტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ $KB = Km$. ახლა განვიხილოთ KAB და Kmn სამკუთხედები. აღნიშნული სამკუთხედები ტოლია, ვინაიდან $KA = Kn$; $KB = Km$ და $\angle mKn = \angle AKB$. მაშასადამე, $mn = AB$, რის დამტკიცებაც იყო საჭირო. ამგვარად, AB ხაზის ნაცვლად შეგვიძლია გავზომოთ მისი ტოლი mn მანძილი.



ნახ. 52.

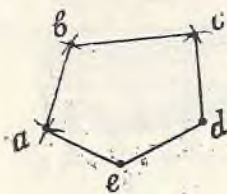
§ 26. ადგილის აკრძალვა ვაჰარითა და ბაფთით

ეკერით და ბაფთით აგეგმვა, როგორც დამოუკიდებელი სახის აგეგმვა, იშვიათად გამოიყენება. ამგვარ აგეგმვას უმთავრესად აწარმოებენ დასაყრდნობი პოლიგონის საფუძველზე (იხ. § 79). იმ შემთხვევაში კი, როდესაც არ არის საჭირო დიდი სიზუსტე, შეიძლება მცირე ფართობის აგეგმვა ეკერით და ბაფთით. ასეთ დროს აგეგმვის მიზნით ფართობის მოხაზულობაზე დანიშნავენ A, B, C, D, E წერტილებს (ნახ. 53), რომელთა შეერთებით წარმოიქმნება პოლიგონი. ამ პოლიგონის გვერდებს და აგრეთვე BE და BD დიაგონალებს ზომავენ ბაფთით. თვით ფართობის მოხაზულობას პოლიგონის გვერდებთან დაკავ-



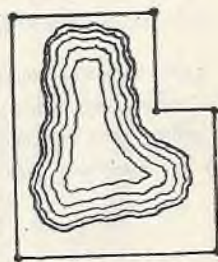
ნახ. 53.

შირებით აგეგმავენ ეკერით და ბაფთით. ამისათვის მოხაზულობის მახასიათებელ $a, b, c, e, m...$ წერტილებიდან ორსაჩიანი ეკერით დაუშვებენ მართობებს პოლიგონის გვერდებზე და ბაფთით ზომავენ $Aa_1, Ab_1... Be_1, Bm_1...$ აბსცისებს და $a_1a, b_1b... ee_1, mm_1...$ ორდინატებს (პერპენდიკულარებს). აბსცისების გაზომვას აწარმოებენ პოლიგონის გვერდების გაზომვასთან ერთად, ორდინატების გაზომვა კი უფრო მთხერხებულია ხვეულით. აგეგმვის დროს აღგენენ ეგრეთ წოდებულ აბრისს, ე. ი. პოლიგონის სქემატურ ნახაზს, რომელზედაც წერენ პოლიგონის გვერდებისა და დიაგონალების სიგრძეებს, აგრეთვე აბსცისსა და ორდინატებს მეტრებით. ზემოთყვანილი განაზომები საკმარისია, რომ მოცემული მასშტაბით მივიღოთ ადგილის გეგმა. პირველ ყოვლისა, ქალაქზე ააგებენ პოლიგონს და მის საფუძველზე გამოსახავენ ფართობის მოხაზულობას. პოლიგონის ასაგებად ქა-



ნახ. 54.

ლალზე გაგატარებთ სწორ ხაზს, რომელზეც მოცემული მასშტაბით გადავზომავთ პოლიგონის ED გვერდს (ნახ. 53) და მიღებული e და d წერტილებიდან (ნახ. 54) გადაკვეთის წესით ვპოულობთ b წერტილს. ამისათვის e და d წერტილებიდან ფარგლით შემოვხაზავთ რკალებს, რომელთა რადიუსები მოცემული მასშტაბით ტოლია EB და DB დიაგონალებისა (ნახ. 53). აღნიშნული რკალების გადაკვეთაში მივიღებთ b წერტილს, რომელიც შეესაბამება პოლიგონის B წვეროს. ამავე გადაკვეთის მეთოდით მივიღებთ პოლიგონის a და c წვეროებს. პოლიგონის აგების შემდეგ მის გვერდებზე მასშტაბით გადავზომავთ აბრისში მოყვანილ აბსცისებს და ორდინატებს. ამის შედეგად ქალაქზე მივიღებთ ადგილის მოხაზულობას მოცემული მასშტაბით, ე. ი. მივიღებთ ადგილის გეგმას.



ნახ. 55.

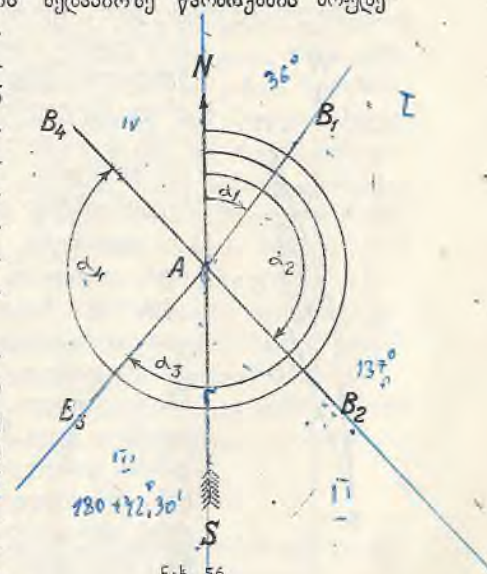
ეკერითა და ბაფთით შეიძლება ასაგეგმავი მცირე ფართობის (მაგალითად, პატარა ტბის) გარშემო მართკუთხიანი პოლიგონის შექმნა (ნახ. 55) და ამ პოლიგონის საფუძველზე აბსცისებითა და ორდინატებით ტბის მოხაზულობის აგეგმვა.

მიმართულების ორიენტირება ანუ გაზნება

§ 27. გეოგრაფიული მიმართულება და აზიმუტი

აგეგმვის დროს საჭიროა გამოვარკვეოთ ადგილის მდებარეობა ქვეყნის მხარეების მიმართ. იმ მოქმედებას, რომლის საშუალებითაც ადგილზე არკვევენ მოცემული ხაზის მიმართულებას ქვეყნის მხარეებთან დაკავშირებით, ეწოდება ხაზის ორიენტირება, ანუ გაზნება. ორიენტირების მიზნით ხაზის მიმართულებას უკავშირებენ მერიდიანებს. წარმოვიდგინოთ დედამიწის ჩრდილოეთსა და სამხრეთ პოლუსებს შორის გამავალი სიბრტყეები, რომლებიც დედამიწის ზედაპირზე წარმოქმნის მრუდე ხაზებს (ელიფსებს). მათ გეოგრაფიულ, ანუ ნამდვილი მერიდიანები ეწოდება. ვინაიდან დედამიწის ზედაპირის მცირე ნაწილს განვიხილავთ როგორც სიბრტყეს, მერიდიანები შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც სწორი ხაზები, რომელთა ბოლოები მიმართულია ჩრდილოეთ (N) და სამხრეთ (S) პოლუსებისაკენ.

ხაზის მიმართულებას გეოგრაფიულ მერიდიანს შემდეგი წესით უკავშირებენ. ვთქვათ, ადგილზე მოცემულია AB_1 ხაზი (ნახ. 56) და საჭიროა ქვეყნის მხარეებთან მისი მიმართულების განსაზღვრა. ამისათვის წარმოვიდგინოთ A წერტილში გამავალი გეოგრაფიული მერიდიანი NS. მას და მოცემულ AB_1 ხაზს ერთიმეორესთან აკავშირებს α_1 კუთხე, რომელსაც AB_1 ხაზის გეოგრაფიული აზიმუტი ეწოდება. ჩვენ აქ α_1 კუთხის პროექციას ვგულისხმობთ ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე. თუ გვაქვს მოცემული AB_2 ხაზი, მისი აზიმუტი იქნება α_2 . AB_3 -ს აზიმუტი იქნება α_3 და AB_4 -ის კი α_4 . ამრიგად, გეოგრაფიული აზიმუტი არის მერიდიანსა და მოცემულ ხაზს შორის მოთავსებული კუთხის ჰორიზონტალური პროექცია. ეს კუთხე აითვლება მერიდიანის ჩრდილოეთ (N) ბოლო-



ნახ. 56.

დან საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, ე. ი. ჩრდილოეთიდან აღმოსავლეთ-სამხრეთ-დასავლეთით და ისევ ჩრდილოეთისაკენ. მაშასადამე, აზიმუტი იცვლება 0° -დან 360° -მდე.

§ 28. მაგნიტური მერიდიანი, ისრის მიხრის კუთხე, ისრის დახრის კუთხე და მაგნიტური აზიმუტი

ჩამოკიდებული მაგნიტური ისარი იღებს მაგნიტური მერიდიანის მიმართულებას. მაგნიტური მერიდიანი არ ემთხვევა გეოგრაფიულ მერიდიანს და მათ შორის მდებარე δ კუთხეს (ნახ. 57) ისრის მიხრის კუთხე ეწოდება.

არსებობს აღმოსავლეთისა და დასავლეთის მიხრის კუთხე. პირველ შემთხვევაში ისრის ჩრდილო ბოლო გეოგრაფიული მერიდიანიდან გადახრება როგორც აღმოსავლეთით, ისე დასავლეთით. აღმოსავლეთით, მეორე შემთხვევაში — დასავლეთით. მიხრის კუთხის სიდიდე ცვალებადია და დამოკიდებულია წერტილის გეოგრაფიულ მდებარეობაზე. ერთსა და იმავე წერტილშიც კი მიხრის კუთხე მუდმივი არ არის, ე. ი. ისარი განიცდის რხევას. არსებობს ისრის მიხრის კუთხის საშუალო ცვალებადობა: დღელამური, საუკუნეობრივი და შემთხვევითი.



ნახ. 57.

დღელამური ცვალებადობა იმაში გამოიხატება, რომ დღე-ღამის განმავლობაში მაგნიტური ისარი გადაიხრება როგორც აღმოსავლეთით, ისე დასავლეთით. აღმოსავლეთით მაქსიმალური გადახრა ისარს ემჩნევა დაახლოებით დღის 8 საათზე. შემდეგ ისრის ჩრდილო ბოლო მობრუნდება დასავლეთით და დაახლოებით დღის 2 საათზე მიაღწევს მაქსიმალურ გადახრას დასავლეთით, რის შემდეგაც ისევ მობრუნდება აღმოსავლეთით და ასე განაგრძობს რხევას დღე-ღამის განმავლობაში. ისრის კიდურ (აღმოსავლეთის და დასავლეთის) მდებარეობებს შორის კუთხე საერთოდ უმნიშვნელოა და არ აღწევს 15 მიწუტს. მიხრის კუთხე ზაფხულში მეტია, ვიდრე ზამთარში. საუკუნეების განმავლობაში (პერიოდი აღემატება 300 წელს) მაგნიტური ისარი გეოგრაფიული მერიდიანის მიმართ გადაიხრება როგორც აღმოსავლეთით, ისე დასავლეთით. ცვალებადობის კუთხე (კიდურ მდებარეობებს შორის) აღწევს 22° -ს. წლის განმავლობაში ისრის ცვალებადობა სსრ კავშირში დაახლოებით შეადგენს 3—7 მიწუტს.

მაგნიტური ისრის შემთხვევითი ცვალებადობა დამოკიდებულია სხვადასხვა მოვლენაზე, როგორცაა ჩრდილოეთის ციალი, მიწისძვრა, ლაქების გაჩენა მზეზე და სხვ. გაიგლის თუ არა ცვალებადობის გამომწვევი მიზეზი, ისრის რხევა შეწყდება და იგი ისევ უბრუნდება ძველ მიმართულებას. რკინის ბუდობები მოქმედებს ისარზე. კუროსის რაიონში, სადაც შემჩნეულია მაგნიტური ანომალია, ისრის მიმართულება მეტად ცვალებადია. ეს იმის მაჩვენებელია, რომ ამ რაიონში ჩამარხულია რკინის დიდი ბუდობები. ამჟამად მიმდინარეობს მათი დამუშავება. ამგვარ აღვლილებში მაგნიტური ისრით მუშაობა შეუძლებელია.

გარდა მიხრილობისა, ისარს ახასიათებს აგრეთვე დახრილობა, რაც მდგომარეობს შემდეგში: თუ დამაგნიტებამდე ისარს თავისუფლად ჩამოვკიდებთ ძაფზე და ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში დავაყენებთ, მაშინ დამაგნიტების შემდეგ ისარი გამოვა აღნიშნული მდგომარეობიდან და მისი ჩრდილო ბოლო დაბლა დაიწევს, თუ ვიმყოფებით ეკვატორის ჩრდილოეთით; თუკი ვიმყოფებით ეკვატორის სამხრეთით, ისრის სამხრეთი ბოლო დაიწევს დაბლა; ეკვატორზე ისარი არ გამოვა ჰორიზონტალური მდგომარეობიდან, ხოლო პოლუსებზე იგი მიიღებს შვეულ მიმართულებას. ეს მოვლენა მუშაობაზე გავლენას არ ახდენს, ვინაიდან შეგვიძლია ისრის აწეულ ბოლოს დაეკრათ რაიმე სიმძიმე, რომელიც არ იმოქმედებს მაგნიტზე, და ამით წონასწორობაში მოვიყვანოთ ისარს.

მაგნიტურ მერიდიანსა და მოცემულ ხაზს შორის მოთავსებული კუთხის ჰორიზონტალურ პროექციას ხაზის მაგნიტური აზიმუტი ეწოდება. მაგნიტური აზიმუტი, ისე როგორც გეოგრაფიული აზიმუტი, ათვლება ისრის ჩრდილოეთ ბოლოდან ხაზამდე, საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით და იცვლება ნულიდან 360° -მდე.

თუ ცნობილია ხაზის მაგნიტური აზიმუტი α და ისრის მიხრის კუთხე δ , ადვილად შეგვიძლია გამოვთვალოთ გეოგრაფიული აზიმუტი α_0 შემდეგი ფორმულით:

$$\alpha_0 = \alpha \pm \delta.$$

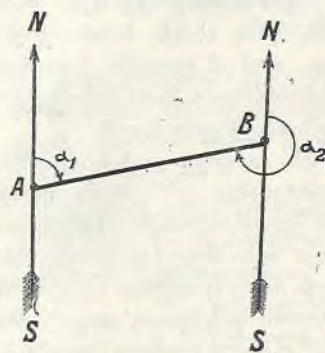
ამ ფორმულაში ნიშანი დადებითია, თუ მიხრილობა δ აღმოსავლეთითაა, ხოლო — უარყოფითი, თუ მიხრილობა დასავლეთითაა. ისრის მიხრის განსაზღვრა განხილულია § 28 და 77-ში.

§ 29. პირდაპირი და შებრუნებული აზიმუტები

AB ხაზის აზიმუტის გაზომვა შეგვიძლია როგორც A წერტილიდან, ისე B წერტილიდან (ნახ. 58). პირველ შემთხვევაში მივიღებთ AB ხაზის α_1 აზიმუტს, ე. ი. A წერტილიდან B წერტილისაკენ მიმართულ AB ხაზის აზიმუტს. მეორე შემთხვევაში მივიღებთ BA ხა-

ზის აზიმუტს, ე. ი. α_2 -ს. ერთ მათგანს (სულ ერთია, რომელს) ეწოდება პირდაპირი, მეორეს შებრუნებული აზიმუტი.

თუ A და B წერტილებს შორის მანძილი მცირეა, მაშინ ამ წერტილებში გამავალი მერიდიანები შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ურთიერთპარალელური ხაზები. ამ შემთხვევაში სხვაობა პირდაპირსა და შებრუნებულ აზიმუტებს შორის ტოლი იქნება 180° -ის, ე. ი. პირდაპირი აზიმუტი უდრის შებრუნებულ აზიმუტს $+ ან -180^\circ$.



ნახ. 58.

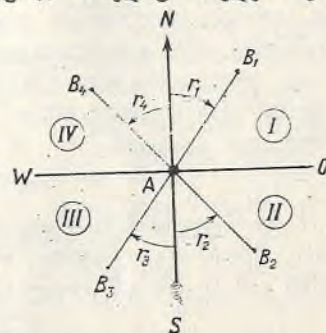
მერიდიანთან აკავშირებს ნახაზზე ნაჩვენები r_1, r_2, r_3, r_4 კუთხეები, რომლებსაც რუმბები ეწოდება.

რუმბი არის NS მერიდიანსა და მოცემულ ხაზს შორის მდებარე კუთხე (მისი ჰორიზონტალური პროექცია), რომელიც აითვლება მერიდიანის როგორც ჩრდილო, ისე სამხრეთ ბოლოდან (უახლოესი ბოლოდან) საზამდე.

თუ AB_1 და AB_4 ხაზები მდებარეობენ I და IV მეოთხედებში, მაშინ ამ ხაზებისათვის მერიდიანის ჩრდილოეთ (N) ბოლო იქნება უახლოესი და, მაშასადამე, ამ ხაზების რუმბები r_1 და r_4 აითვლება მერიდიანის ჩრდილოეთ (N) ბოლოდან. თუკი ხაზები AB_2 და AB_3 მდებარეობენ II და III მეოთხედებში, მაშინ მათი რუმბები r_2 და r_3 აითვლება მერიდიანის უახლოეს სამხრეთ (S) ბოლოდან. მაშასადამე, რუმბი იცვლება 0° -დან 90° -მდე. იმისდა მიხედვით, თუ რომელ მეოთხედში ხაზი, რუმბს ექნება შემდეგი სახელწოდება:

§ 30. რუმბები

NS მერიდიანის პერპენდიკულარულად წარმოვიდგინოთ OW ხაზი (მიმართულება აღმოსავლეთ-დასავლეთით) (ნახ. 59). მაშინ სიბრტყე დაიყოფა ოთხ მეოთხედად, როგორც ნახაზზეა ნაჩვენები. გარდა აზიმუტებისა, ხაზის მიმართულებას



ნახ. 59.

I მეოთხედში AB_1 ხაზის რუმბის (r_1) სახელწოდება იქნება ჩრდილო-აღმოსავლეთი — NO ;

II მეოთხედში AB_2 ხაზის რუმბის (r_2) სახელწოდება იქნება სამხრეთ-აღმოსავლეთი — SO ;

III მეოთხედში AB_3 ხაზის რუმბის (r_3) სახელწოდება იქნება სამხრეთ-დასავლეთი — SW ;

IV მეოთხედში AB_4 ხაზის რუმბის (r_4) სახელწოდება იქნება ჩრდილო-დასავლეთი — NW .

რუმბი, როგორც აზიმუტი, ორგვარია: გეოგრაფიული და მაგნიტური. თუ ხაზის მიმართულებას დავუკავშირებთ გეოგრაფიულ მერიდიანს, მივიღებთ გეოგრაფიულ რუმბს. თუ მას დავუკავშირებთ მაგნიტურ მერიდიანს, მივიღებთ მაგნიტურ რუმბს.

§ 31. დამოკიდებულება რუმბებსა და აზიმუტებს შორის

მე-60 ნახ-ზე მეოთხედების მიხედვით ნაჩვენებია ხაზების აზიმუტები და რუმბები. ნახაზიდან ჩანს, რომ რუმბებსა (r) და აზიმუტებს (α) შორის მეოთხედების მიხედვით არსებობს ასეთი დამოკიდებულება:

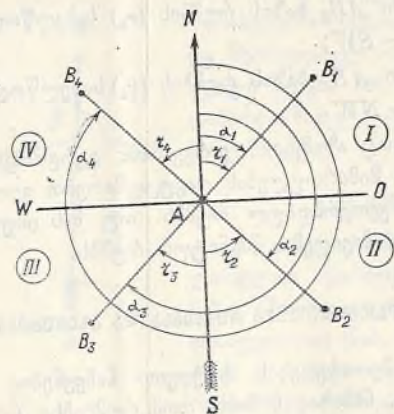
I	მეოთხედში	AB_1	ხაზის რუმბი არის	NO (ჩრდ.-აღმ.)	(1)
				და $r_1 = \alpha_1$	
II	"	AB_2	" " "	SO (სამხრ.-აღმ.)	
				და $r_2 = 180^\circ - \alpha_2$	
III	"	AB_3	" " "	SW (სამხრ.-დას.)	(1)
				და $r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$	
IV	"	AB_4	" " "	NW (ჩრდ.-დას.)	(1)
				და $r_4 = 360^\circ - \alpha_4$	

აღნიშნული დამოკიდებულებების მიხედვით შეგვიძლია გამოვთვალოთ ხაზის რუმბი, თუ მოცემულია იმავე ხაზის აზიმუტი და პირიქით, შეგვიძლია გამოვთვალოთ აზიმუტი, თუ მოცემულია რუმბი.

მაგალითი 1. ხაზის აზიმუტი უდრის $126^\circ 42'$. რას უდრის რუმბი? აზიმუტი $126^\circ 42'$ გვიჩვენებს, რომ ხაზი მდებარეობს II მეოთხედში. მაშასადამე, (1) ფორმულის მიხედვით ვწერთ: რუმბის სახელწოდება იქნება SO და მისი სიდიდე

$$r = 180^\circ - \alpha = 180^\circ - 126^\circ 42' = 53^\circ 18'.$$

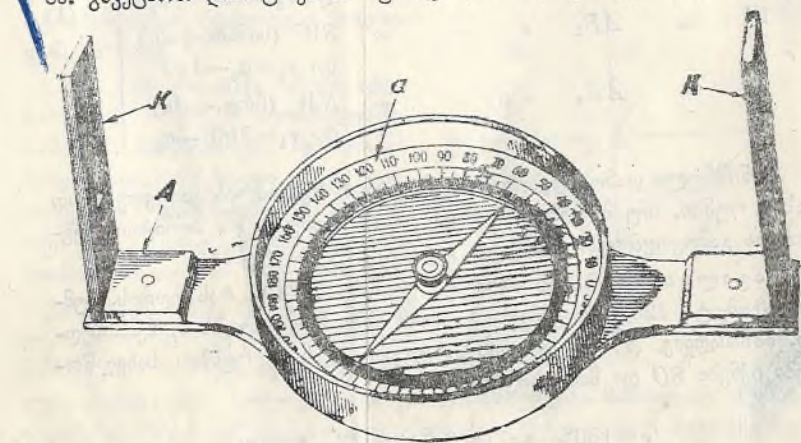
მაგალითი 2. ხაზის რუმბი არის $NW:37^{\circ}15'$; რას უდრის აზიმუტი? რუმბის სახელწოდება NW გვიჩვენებს იმას, რომ ხაზი მდებარეობს IV მეოთხედში. მაშასადამე, (1) ფორმულის მიხედვით ვწერთ: აზიმუტი $\alpha = 360^{\circ} - 37^{\circ}15' = 322^{\circ}45'$.



ნახ. 60.

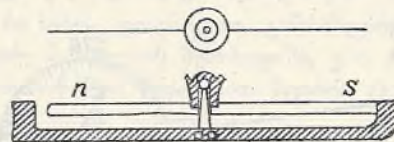
§ 82. ბუსოლი

ხაზების მაგნიტურ აზიმუტებსა და რუმბებს ადგილზე ზომავენ გეოდეზიური ხელსაწყოთი, რომელსაც ბუსოლი (ყიბლანი) ეწოდება. გავეცნოთ დიოპტრებიან ბუსოლს (ნახ. 61). ეს ხელსაწყო შედგება



ნახ. 61.

სპილენძის (ა) კოლოფისაგან, რომელშიც მოთავსებულია გრადუსებად დაყოფილი წრედი. მის ცენტრში (კოლოფის ფსკერზე) ამართულია წვეტანა, რომელზეც წამოცმულია მაგნიტური ისარი, იმ მიზნით, რომ ისარი თავისუფლად ბრუნავდეს, მის შუაგულში მოთავსებულია სპილენძის ქული, რომელშიც ჩაკირულია მაგარი ქვა (ნახ. 62). კოლოფი



ნახ. 62.

(ა) მიღებულია A შიშაზე (ნახ. 61), რომლის ბოლოებზე მოთავსებულია დიოპტრები (K). შიშას უწოდებენ ალიდადს და იგი მასთან მიმაგრებული მილაკით ეცმება შტატივის თავს.

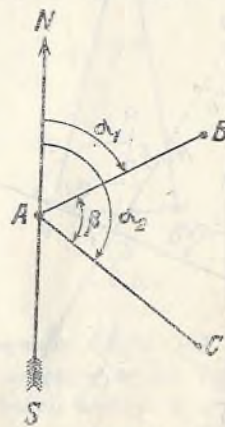
§ 83. ხაზებს შორის მდებარე კუთხის განსაზღვრა აზიმუტების მიხედვით და თვით აზიმუტების (ან რუმბების) გაზომვა ბუსოლით

თუ ცნობილია AB და AC ხაზების აზიმუტები α_1 და α_2 (ნახ. 63), მაშინ, როგორც ნახაზიდან ჩანს, ამ ხაზებს შორის მდებარე β კუთხე მიიღება როგორც α_2 და α_1 აზიმუტების სხვაობა, ე. ი.

$$\beta = \alpha_2 - \alpha_1.$$

ასლა ვნახოთ, თუ როგორ იზომება ხაზების აზიმუტები ან რუმბები ბუსოლის საშუალებით.

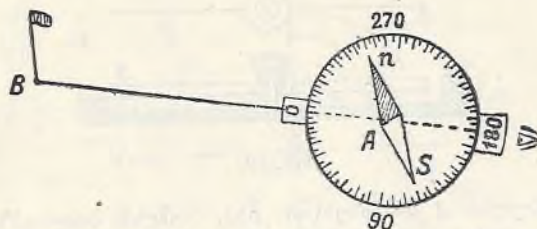
ვთქვათ, საჭიროა AB ხაზის (ნახ. 64) აზიმუტის გაზომვა. ამისათვის ბუსოლით ვდგებით A წერტილზე, წრედს დაახლოებით მოვიყვანთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში და დავცენტრავთ ინსტრუმენტს, ე. ი. მას ისე ვაყენებთ, რომ ბუსოლის წრედის ცენტრი და A წერტილი მდებარეობდეს ერთ შვეულ ხაზზე. დაცენტრას აწარმოებენ შტატივის ხრახნზე ჩამოკიდებული შვეულით ან თვალდათვალ. შემდეგ მაგნიტურ ისარს ავუსვებთ და ალიდადს ტრიალითა და დიოპტრში ცქერით ბუსოლის წრედის ნულოვან დიამეტრს (ნულისა და 180° -ის შემაერთებელ ხაზს)



ნახ. 63.

მიემართავეთ B წერტილისაკენ. თუ ახლა ისრის ჩრდილო ბოლოს პირდაპირ გრადუსიან სკალაზე ავიღებთ ანათვალს, ცხადია, რომ ეს ანათვალს გამოსახავს AB ხაზის აზიმუტს.

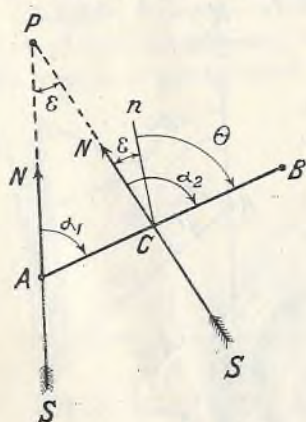
აზიმუტის (ან რუმბის) გაზომვის სიზუსტე ბუნდოვან დაახლოებით 15'-ის ტოლია.



65b, 64.

§ 84. მერიდიანების შეახლოება

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მერიდიანები არ არის ურთიერთპარალელური, რადგანაც ისინი გადაიკვეთება პოლუსებში. მაშასადამე, AB ხაზის აზიმუტი α_1 , აღებული A წერტილში (ნახ. 65), არ უდრის იმავე



Tab. 65.

ხაზის α_2 აზიმუტს, აღებული C წერტილში (გველის სმობით, რომ AC მანძილი დიდია). α_2 და α_1 აზიმუტებს შორის სხვაობას ეწოდება მერიდიანების შეახლოება. თუ C წერტილში წარმოვიდგენთ Cn ხაზს, რომელიც პარალელურია AN მერიდიანისა, მაშინ, როგორც ნახაზიდან ჩანს, კუთხე ϵ იქნება მერიდიანების შეახლოება, რადგანაც ϵ უდრის აზიმუტების სხვაობას:

$$\varepsilon = \alpha_2 - \alpha_1.$$

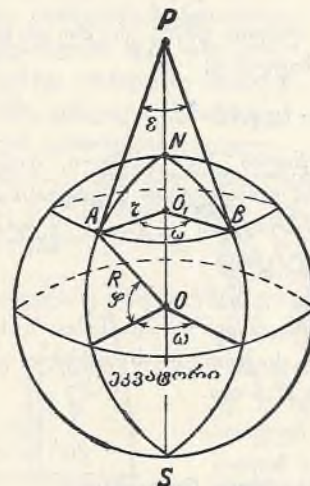
იმავე 65-ე ნახაზიდან ჩანს, რომ
მერიდიანების შეახლოება ε უდრის
 APC კუთხეს, რომელსაც ქმნის A

და C წერტილებში გამავალი მერიდიანები. ამის გამო მერიდიანების შეახლოების მისაღებად სფეროზე ავიღებთ A და B წერტილებს (ნახ. 66), რომლებიც მდებარეობს ერთსა და იმავე პარალელზე, ე. ი. ამ

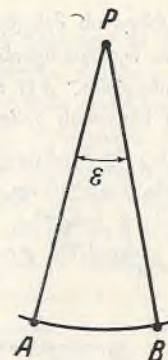
წერტილებს ახასიათებს ერთი და იმავე სიდიდის ფ განედი. A და B წერტილებში წარმოვიდგინოთ AP და BP ხაზები, გატარებული A და B წერტილებში გამავალი მერიდიანების მხეზად. AP და BP ხაზები გადაიკვეთება P წერტილში, რომელიც მდებარეობს დედაშიწის ღერძის გავრძელებაზე და, როგორც უკვე ვთქვით, ამ ხაზებს შორის მდებარე APB კუთხე ტოლი იქნება მერიდიანების შეახლოებისა.

ენახოთ, თუ რა სახის ფორმულით განისაზღვრება მერიდიანების შეახლოება ε მცირე მანძილების შემთხვევაში, ე. ი. როდესაც A და B წერტილებს შორის მანძილი შედარებით მცირეა (10—20 კილომეტრამდე).

ამისათვის წარმოვიდგინოთ, რომ PA მგები ბრუნავს დედაშიწის
ღერძის გარშემო ისე, რომ A წერტილი გადაინაცვლებს პარალელზე
 B წერტილამდე. ამ შემთხვე-
ვაში PA ხაზი შემოწერს კო-
ნუსურ ზედაპირს. თუ ამ ზე-
დაპირს გავშლით სიბრტყეზე,



Feb. 66.



5a b. 67.

მივღებთ სექტორს (ნახ. 67), რომლის რადიუსი იქნება PA მგები, ხოლო ცენტრალური APB კუთხე შეგვიძლია გაფუტოლოთ შეახლოება ε -ს, რადგანაც A და B წერტილებს შორის მანძილი მცირეა. ამ ცენტრალურ ε კუთხეს შეესაბამება AB რკალი, რომელიც განისაზღვრება AP რადიუსის მიხედვით შემდეგი ფორმულით:

$$AB = \frac{2\pi AP \epsilon'}{360 \cdot 60} = \frac{2 \cdot 3,14 AP \cdot \epsilon'}{360 \cdot 60} = \frac{AP \cdot \epsilon'}{3438} \quad (1)$$

ამ ფორმულაში ε კუთხე გამოსახულია მინუტებით. მართკუთხა OAP სამკუთხედიდან (ნახ. 66) კათეტი

$$AP = OA \cdot \operatorname{ctg} \varphi = \frac{R}{\operatorname{tg} \varphi},$$

სადაც R არის სფეროს რადიუსი და φ არის A წერტილის განედი. თუ ჩავსვამთ AP -ს მნიშვნელობას (1-ელ ფორმულაში) მივიღებთ:

$$AB = \frac{R \cdot \varepsilon'}{\operatorname{tg} \varphi \cdot 3438'}$$

აქედან კუთხე

$$\varepsilon' = \frac{AB}{R} \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot 3438' \quad (2)$$

დედამიწის საშუალო რადიუსი R ტოლია 6371 კმ. თუ ამ მნიშვნელობას ჩავსვამთ (2) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$\varepsilon' = 0,540 \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot AB \quad (3)$$

ამ ფორმულის მიხედვით შედგენილია მე-7 ცხრილი, რომელშიც მოყვანილია მერიდიანების შეახლოება ε მინუტებით φ განედისა და AB რკალის მიხედვით. AB რკალი წარმოადგენს A და B წერტილების გრძედების სხვაობას გამოსახულს მეტრებით.

როგორც მე-7 ცხრილიდან ჩანს, თუ წერტილების გრძედების სხვაობა უდრის, მაგალითად, 5000 მეტრს, მაშინ მერიდიანების შეახლოება ε რომელიმე φ განედზე, მაგალითად, საქართველოს საშუალო განედზე (ე. ი. 42 გრადუსზე) ტოლი იქნება 2',4-ისა.

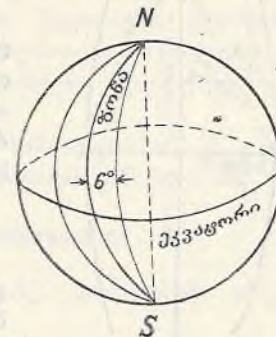
ცხრილი 7

მერიდიანების შეახლოების ცხრილი (მინუტებით)

გრძედების სხვაობა AB	განედი	40°	42°	45°	50°	60°
1000 მეტრი		0',45	0',49	0',54	0',64	0',83
2000 "		0',90	0',97	1',08	1',28	1',86
3000 "		1',3	1',5	1',61	1',92	2',8
4000 "		1',7	1',9	2',16	2',58	3',7
5000 "		2',2	2',4	2',7	3',2	4',6
7000 "		3',1	3',4	3',8	4',5	6',5
10000 "		4',5	4',9	5',4	6',4	9',3
20000 "		9',0	9',7	10',8	12',8	18',6
30000 "		13',6	14',6	16',1	19',2	27',9

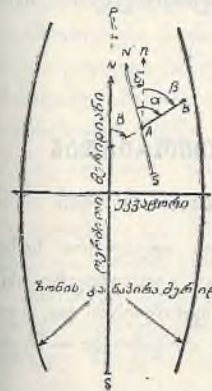
§ 85. დირექციული კუთხე

როგორც უკვე ვნახეთ (§ 15), ექვსი გრადუსით ერთიმეორისაგან დაშორებული მერიდიანებით დედამიწის სფეროს ზედაპირი დაყოფილია ცალკე ზონებად (ნახ. 68), რომელთა რიცხვია სამოცი. საწყის, პირველ ზონად მიღებულია გრინვიჩის ზონა. საქართველოს ტერიტორია მდებარეობს მე-7 და მე-8 ზონებში. თანახმად გაუს-კრიუგერის კოორდინატთა სისტემისა (იხ. თავი III). ყოველ ზონაში საწყის მერიდიანად მიღებულია ზონის საშუალო მერიდიანი, რომელსაც დერძითი მერიდიანი ეწოდება.



ნახ. 68.

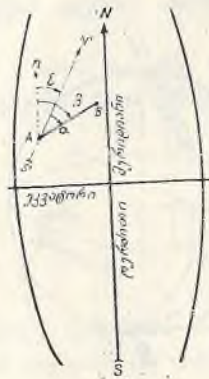
ვთქვათ, რომელიმე ზონის ფარგლებში მდებარეობს AB ხაზი (ნახ. 69). სხვადასხვა გრძედებზე მდებარე წერტილებში გამავალი მერიდიანები არ არიან ურთიერთპარალელულები, რადგანაც იკვეთებიან პოლუსებში. თუ A წერტილში წარმოვიდგენთ $N'S'$ მერიდიანს, მაშინ AB ხაზის აზიმუტი იქნება α კუთხე (ნახ. 69). შეგვიძლია იმავე AB ხაზის მიმართულება დავუკავშიროთ ზონის ღერძით NS მერიდიანს β კუთხით, რომელიც მოთავსებულია NS მერიდიანსა და AB ხაზის გაგრძელებას შორის. ამ β კუთხეს დირექციული კუთხე ეწოდება, როგორც აზიმუტი, იგი აითვლება NS მერიდიანის ჩრდილო ბოლოდან ხაზამდე, საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით 0°-დან 360°-მდე.



ნახ. 69.

თუ A წერტილში წარმოვიდგენთ ღერძითი NS მერიდიანის პარალელურ An ხაზს (ნახ. 69), მაშინ, როგორც ნახაზიდან ჩანს, nAB კუთხე ტოლი იქნება დირექციული β კუთხისა. მაშასადამე, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ დირექციული კუთხე β იგივე აზიმუტია, ხოლო აითვლება ღერძითი NS მერიდიანის პარალელური An ხაზის ჩრდილო ბოლოდან საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით 0°-დან 360°-მდე. როგორც წინა პარაგრაფში განვიხილეთ,

NS და $N'S'$ მერიდიანების გადაკვეთის P წერტილთან (ნახ. 69) მდებარე ε კუთხე არის მერიდიანების შეახლოება და AB ხაზს ღირეკიული კუთხე β უდრის იმავე ხაზის α აზიმუტს გამოკლებული მერიდიანების შეახლოება ε , ე. ი.



ნახ. 70.

$$\beta = \alpha - \varepsilon.$$

ეს მაშინ, როდესაც AB ხაზი მდებარეობს ღერძითი NS მერიდიანის მარჯვნივ, ე. ი. აღმოსავლეთით. თუკი AB ხაზი მდებარეობს ღერძითი NS მერიდიანის მარცხნივ, ე. ი. დასავლეთით (ნახ. 70), მაშინ

$$\beta = \alpha + \varepsilon.$$

როგორც ვიცით (იხ. § 17), ტოპოგრაფიულ რუკებზე დატანილია კილომეტრული ბადე (ნახ. 27). ამ ბადის ვერტიკალური ხაზები (x -ბი) პარალელურია ზონის ღერძითი მერიდიანისა. მაშასადამე, ტოპოგრაფიულ რუკაზე დანიშნული AB

ხაზის (ნახ. 27) ღირეკიული კუთხე იქნება α , რომელიც მდებარეობს ვერტიკალურ ხაზებსა და AB ხაზს შორის.

საბჭოთა კავშირში ღირეკიული კუთხეები მიღებულია 1928 წლიდან, მას შემდეგ, რაც ჩვენში გამოიყენება გაუს-კრეიუგერის მართკუთხა კოორდინატები.

თ ა ზ ი VII

ზოგადი ცნება ცდომილებათა თეორიიდან

§ 86. მიზანი, რომელსაც ისახავს ცდომილებათა თეორია

კუთხის, მანძილის ან რაიმე სიდიდის გაზომვა იდეალური სიზუსტით შეუძლებელია, ვინაიდან, ერთი მხრივ, თვით გეოდეზიური ინსტრუმენტები იძლევა შეცდომებს მათი სიზუსტის ფარგლებში და, მეორე მხრივ, არასრულყოფილია ადამიანის გრძნობათა ორგანოები — მხედველობა, სმენა.

გარდა ამისა, განაზომების სიზუსტეზე გავლენას ახდენს სხვადასხვა ფაქტორი, როგორიცაა: ტემპერატურისა და წნევის ცვალებადობა, რეფრაქცია, ნიადაგი, რელიეფი და სხვ.

მხოლოდ ამით შეიძლება აიხსნას ის გარემოება, რომ, რამდენჯერაც და რა გულმოდგინებითაც არ უნდა გაიზომოს რაიმე სიდიდე,

მაგალითად, მანძილი ან კუთხე, გაზომვის ცალკეული შედეგები მაინც არ იქნება ერთმანეთის ტოლი და მათ შორის სხვაობას ყოველთვის ექნება ადგილი.

ამრიგად, საძიებელი სიდიდის ნამდვილი ზომა ჩვენთვის საერთოდ უცნობი რჩება, ვინაიდან ადგილი აქვს შეცდომებს. ცდომილებათა თეორიის მიზანია საძიებელი სიდიდის უაღრესი მნიშვნელობის განსაზღვრა, ე. ი. ისეთი მნიშვნელობისა, რომელიც ყველაზე უფრო კარგად უახლოვდება ნამდვილ სიდიდეს

გარდა ამისა ცდომილებათა თეორია საშუალებას იძლევა გავიგოთ, თუ რა სიზუსტეა დაცული ამა თუ იმ სიდიდის განსაზღვრაში.

§ 87. ცდომილებათა კლასიფიკაცია

თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ტლანქ ცდომილებებს, არსებობს ცდომილებათა ორი სახე:

1. სისტემატური ცდომილებები და
2. აუცილებელი (აუცდენელი), ანუ, როგორც მათ უწოდებენ, შემთხვევითი ცდომილებები.

სისტემატური ცდომილებები. აღნიშნული ცდომილებები ძირითადად გამოწვეულია გეოდეზიური ინსტრუმენტების გარკვეული ნაკლოვანებით და მათ მუდმივი ხასიათი აქვთ. ეს ცდომილებები შეიძლება ცვალებადი ხასიათისაც იყოს, მაგრამ, რაც მთავარია, ცვალებადობის კანონზომიერება ჩვენთვის ცნობილია და უმრავლეს შემთხვევაში შეგვიძლია გავიგოთ სისტემატური ცდომილების სიდიდე და მისი ნიშანი. მაშასადამე, ამგვარი ცდომილება შეგვიძლია მხედველობაში მივიღოთ და განაზომში შესწორების სახით შევიტანოთ.

მაგალითი. ვთქვათ, ბაფთის სიგრძე მის ნორმალურ სიდიდეზე (20 მ) მეტი ან ნაკლებია x -ით. ამგვარი ბაფთა ყოველ გადაზომვაში $\pm x$ ცდომილებას მოგვცემს. თუ საძიებელ მანძილზე ბაფთა n -ჯერ მოთავსდა, მთელი ცდომილება $n \cdot x$ -ის ტოლი იქნება.

აღნიშნულ შემთხვევაში შეგვიძლია ბაფთა შევადაროთ ნორმალურ ბაფთას, ამით გავიგოთ ცდომილება თავისი ნიშნით და ეს ცდომილება მიღებულ შედეგში შესწორების სახით შევიტანოთ.

აუცილებელი, ანუ შემთხვევითი ცდომილებები სულ სხვა ბუნებისაა და შინაარსისაა. ის გამოწვეულია ადამიანის გრძნობათა ორგანოების არასრულყოფილებით, ტემპერატურისა და წნევის ცვალებადობით, რეფრაქციით, რელიეფით, იარაღის იდეალური სიზუსტით შემოწმების შეუძლებლობით და სხვა, რომელთა განსაზღვრა ძნელია და, ზოგიერთ შემთხვევაში, შეუძლებელიც. ამის შედეგად, რაგინდ ზუსტი იარაღით

არ უნდა გავზომოთ რაიმე სიდიდე, ცალკე განაზომები მაინც განსხვავებული იქნება ერთიმეორისაგან და, რაც მთავარია, არ გვეცოდინება ცდომილების არც სიდიდე და არც ნიშანი, რადგანაც უცნობია თვით საბიბელი სიდიდე.

ამ ფაქტორებით გამოწვეული ცდომილებები წარმოადგენს აუცილებელ, ანუ შემთხვევით ცდომილებებს.

§ 88. აუცილებელი ცდომილებების თვისებები

ცდებით დადასტურდა და ალბათობის თეორიაც ამტკიცებს, რომ აუცილებელ, ანუ შემთხვევით ცდომილებებს საფუძვლად აქვს შემდეგი დებულებანი:

1. რომელიმე სიდიდის მრავალჯერ გაზომვის პროცესში ერთნაირი შესაძლებლობითა და ალბათობით წარმოგვიდგება როგორც დადებითი აუცილებელი ცდომილებები, ისე მათი ტოლი (აბსოლუტური სიდიდით) უარყოფითი ცდომილებები.

2. განაზომთა რიგებში მცირე ცდომილებები უფრო ხშირია, ვიდრე დიდი.

3. აუცილებელ ცდომილებებს აქვს გარკვეული ზღვარი, რომელსაც ისინი არ გადასცილდება. თუ რომელიმე სიდიდის განაზომთა რიგში აღმოჩნდა ხსენებულ ზღვარზე მეტი სიდიდის ცდომილება, ის უკვე არ იქნება აუცილებელი ცდომილება, არამედ იგი ტლანჭი ცდომილებაა, რომელიც უმთავრესად მომუშავეს უყურადღებობით არის გამოწვეული. ტლანჭი ცდომილების პოვნა ადვილია ცალკე განაზომების შედარებით. ცხადია, ამგვარ ცდომილებას გამორიცხვენ განაზომთა რიგიდან, ე. ი. მას არ ღებულობენ მხედველობაში.

პირველი დებულებიდან გამომდინარეობს აუცილებელი ცდომილებების შემდეგი თვისება: თუ რომელიმე სიდიდის განაზომთა რიცხვი თანდათან იზრდება, მაშინ აუცილებელი ცდომილებების საშუალო არითმეტიკული თანდათან მიისწრაფვის ნულისაკენ, ე. ი. შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_n}{n} \rightarrow 0 \quad \text{ანუ} \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\Sigma \Delta}{n} \rightarrow 0. \quad (1)$$

§ 89. განაზომთა საშუალო არითმეტიკული და მისი საშუალო კვადრატული ცდომილება

სიდიდის ნამდვილი მნიშვნელობა, რომელიც საერთოდ უცნობია, აღვნიშნოთ x -ით.

ვთქვათ, x სიდიდე n -ჯერ არის გაზომილი და მიღებულია მისი შემდეგი მნიშვნელობები: $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$.

შეგვიძლია დავწეროთ, რომ თითოეული განაზომისათვის აუცილებელი შეცდომა Δ უდრის:

$$x - a_1 = \Delta_1$$

$$x - a_2 = \Delta_2$$

$$x - a_3 = \Delta_3$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$x - a_n = \Delta_n$$

მარჯვენა და მარცხენა ნაწილების შეჯამებით მივიღებთ:

$$nx - (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n) = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_n$$

აქედან:

$$x = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n} + \frac{\Sigma \Delta}{n}.$$

თუ განაზომთა რიცხვი $n \rightarrow \infty$, მაშინ (1) ფორმულის თანახმად $\frac{\Sigma \Delta}{n} = 0$ და მივიღებთ:

$$x = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n} = a_0.$$

ფორმულიდან ჩანს, რომ საშუალო არითმეტიკული a_0 უდრის ნამდვილ x სიდიდეს, როცა განაზომთა n რიცხვი უსასრულობისაკენ მიისწრაფვის. სინამდვილეში კი განაზომთა n რიცხვი უსასრულობას არ უდრის, არამედ წარმოადგენს გარკვეულ სასრულო რიცხვს, რომელიც გეოდეზიურ პრაქტიკაში 10-ს იშვიათად აღემატება.

ამის გამო საშუალო არითმეტიკული a_0 არ იქნება თავისუფალი ცდომილებისაგან ე. ი. არ გაუტოლდება ნამდვილ x სიდიდეს; ხოლო საშუალო არითმეტიკული, სიზუსტის მხრივ, გაცილებით უფრო მაღლა დგას, ვიდრე ყოველი ცალკე განაზომი, და საერთოდ საშუალო არითმეტიკული ნამდვილი სიდიდის უაღრესად მნიშვნელოვან წარმოდგენს.

საშუალო არითმეტიკულის ცდომილება M განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$M = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n(n-1)}}. \quad (2)$$

მას, თავის მხრივ, საშუალო კვადრატული ცდომილება ეწოდება. მე-2 ფორმულაში შემავალი წევრი n არის ცალკე განაზომების რაოდენობა, ხოლო v წარმოადგენს ცალკე განაზომების გადახრებს საშუალო არითმეტიკულიდან.

მაგალითები

მაგალითი 1. AB მანძილი ბაფთითაა გაზომილი 5-ჯერ და მე-8 ცხრილში მოყვანილია ცალკე განაზომების მნიშვნელობები

ცხრილი 8

№	ცალკე განაზომები (მეტრებით)	გადახრები v	v^2
1	468,25	-0,15	0,0225
2	468,20	-0,10	0,0100
3	467,90	+0,20	0,0400
4	467,85	+0,25	0,0625
5	468,30	-0,20	0,0400
$a_0=468,10$		$\Sigma v=0$	$\Sigma v^2=0,1850$

ცალკე განაზომთა საშუალო არითმეტიკული $a_0=468,10$ მ. მე-3 სვეტში მოყვანილია ცალკე განაზომთა გადახრა საშუალო არითმეტიკულიდან. თუ გამოთვლაში არაა დაშვებული შეცდომა, მათი ჯამი (Σv) უნდა უდრიდეს ნულს.

მე-4 სვეტში მოყვანილია v^2 და მათი ჯამი $\Sigma v^2=0,1850$, საშუალო არითმეტიკულის ცდომილება, თანახმად (2) ფორმულისა:

$$M = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{0,1850}{20}} = \pm 0,10 \text{ მ.}$$

ამ საშუალო კვადრატულ ცდომილებას მიუწერენ AB მანძილს შემდეგი სახით:

$$AB = 468,10 \pm 0,10 \text{ მ.}$$

ეს არის აბსოლუტური ცდომილება, ფარდობითი ცდომილება მიიღება ფორმულით:

$$K = \frac{M}{D},$$

სადაც D არის გაზომილი სიდიდე (468,10). ჩვენს შემთხვევაში

$$K = \frac{0,10}{468,10} = \frac{1}{4681}.$$

მაგალითი 2. კუთხე თოღოლიტით გაზომილია 6-ჯერ და ცალკე განაზომები მოყვანილია მე-9 ცხრილში.

ცხრილი 9

№	ცალკე განაზომები	გადახრები v	v^2
1	54°16'40''	-20''	400
2	54°16'10''	+10''	100
3	54°16'10''	+10''	100
4	54°16'25''	-5''	25
5	54°16'30''	-10''	100
6	54°16'05''	+15''	225
$a_0=54°16'20''$		$\Sigma v=0$	$\Sigma v^2=950$

საშუალო არითმეტიკულის საშუალო კვადრატული ცდომილება იქნება:

$$M = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{950}{6 \times 5}} = 5'',6.$$

ამრიგად, α კუთხე

$$\alpha = 54°16'20'' \pm 5'',6.$$

§ 40. ზღვრული (მაქსიმალური) და ალბათი ცდომილება

ვთქვათ, კუთხე ან სიგრძე ერთი და იმავე ხელსაწყოთი ერთსა და იმავე პირობებში გაზომილი იყო მრავალჯერ, მაგალითად, 1000-ჯერ. ამ განაზომების საშუალო კვადრატული შეცდომა M განისაზღვრება: (2) ფორმულით (იხ. წინა პარაგრაფი):

$$M = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n(n-1)}},$$

სადაც n არის განაზომთა რიცხვი (1000) და v ცალკე ($a_1, a_2, a_3 \dots a_{1000}$) განაზომების გადახრები საშუალო a_0 არითმეტიკულიდან ან, რაც იგივეა, ცალკე განაზომების ცდომილებანი საშუალო არითმეტიკულთან შედარებით.

თუ ამ v გადახრებს თავიანთი აბსოლუტური სიდიდეების მიხედვით ცალკე რიგად დავლაგებთ, შევამჩნევთ, რომ ათას ცდომილებაში მხოლოდ სამი აღმოჩნდება გასამკვეცებულ საშუალო ცდომილებაზე ($3M$) მეტი, დანარჩენი კი, ე. ი. 997 ცდომილება საშუალო ($3M$) ცდომილებაზე ნაკლები იქნება.

საშუალო კვადრატული ცდომილების ეს თვისება დადასტურებულია მრავალი ცდით.

გასამკვეცებული საშუალო ცდომილებას ზღვრული, ანუ მაქსიმალური ცდომილება ეწოდება.

პრაქტიკაში უფრო მიღებულია ეგრეთ წოდებული ალბათი ცდომილება E . ეს ის ცდომილებაა, რომელზედაც მეტი ან ნაკლები ცდომილება ერთნაირი შესაძლებლობით (ალბათობით) აღმოჩნდება ცალკე განაზომებში.

თუ, მაგალითად, ცალკე განაზომების რიცხვი უდრის 1000-ს, მაშინ დიდი შესაძლებლობით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მიღებული ცდომილების ნახევარი იქნება ნაკლები, ვიდრე E ცდომილება, ნახევარი კი E -ზე მეტი.

ცდებით დადასტურებულია, რომ ალბათი E ცდომილება ტოლია საშუალო კვადრატული M ცდომილების ორი მესამედისა, ე. ი.

$$E = \frac{2}{3} M = 0,666 M.$$

გეოდეზიურ ინსტრუქციებში ხშირად მითითებულია, რომ ამა თუ იმ სიდიდის განაზომის ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს ალბათი ცდომილებას.

თ ა 3 0 VIII

გეოდეზიური ინსტრუმენტების ნაწილები

თითქმის ყოველ გეოდეზიურ ინსტრუმენტზე მოთავსებულია თარაზო და სამზერი ჯოგრი. ყოველ კუთხსაზომ ინსტრუმენტს აქვს გრადუსების ნაწილების ასათვლელი მოწყობილობა, როგორიცაა ვერნიერი და მიკროსკოპი. იმ ინსტრუმენტებში, რომლებითაც აწარმოებენ ადგილის აგეგმვას, მოთავსებულია მანძილმზომები.

§ 41. თარაზო

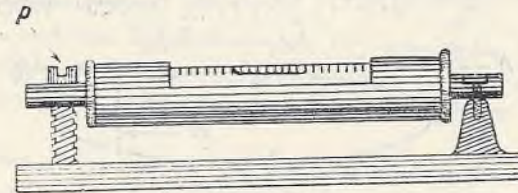
ადგილის აგეგმვის დროს საჭიროა გეოდეზიური ინსტრუმენტის სათანადო ღერძების მოყვანა ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ მდგომარეობაში. ამ მოქმედებას აწარმოებენ ხელსაწყოთი, რომელსაც თარაზო ეწოდება (ნახ. 71).

თარაზო ორგვარია: ცილინდრული და მრგვალი.

ცილინდრული თარაზო წარმოადგენს ბუდეში მოთავსებულ მინის მილს (ნახ. ბი 71, 72, 73), რომელშიც ჩასმულია სითხე (ჩვეულებრივ, გოგირდის ეთერი). მილის შიგა ზედაპირს აძლევენ ბრუნვითი ზედაპირის სახეს, ე. ი. სახეს ისეთი ზედაპირისა, რომელიც წარმოიქმნება რკალის ბრუნვით თავისი ქორდის გარშემო.

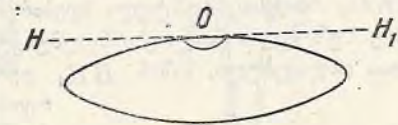
თარაზოს მილი მთლიანად არ ივსება სითხით. მასში რჩება უჰაერო სივრცე O (ნახ. 72), რომელსაც ბუშტულა ეწოდება. ბუშტულის

მისაღებად სითხით სავსე მილს ათბობენ 50° -მდე (აბაზანაში) და როგორც კი სითხე გაფართოების გამო მილიდან იწყებს გადმოღვრას, მილს გადავლესავენ. სითხე გაცივების შემდეგ შეიკუმშება და მილში დარჩება უჰაერო სივრცე — ბუშტულა.

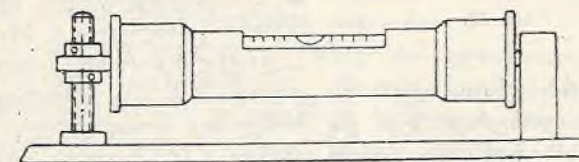


ნახ. 71.

ბუშტულის სიგრძე განიცდის ცვალებადობას ტემპერატურის მიხედვით. მაგალითად, დაბალი ტემპერატურის დროს სითხის შეკუმშვის გამო ბუშტულა გაგრძელდება და, შესაძლოა, მისი ბოლოები არც კი გამოჩნდეს ბუდეში. მაღალი ტემპერატურის დროს კი, პირიქით, სითხის გაფართოების გამო შესაძლოა ბუშტულა სრულებით გაქრეს. ყოველივე ეს ცუდ გავლენას ახდენს თარაზოს სიზუსტეზე. იმ ინსტრუმენტებში, სადაც თარაზო ასრულებს მნიშვნელოვან როლს (მაგ., ნიველირებში), თარაზოს ერთ-ერთ ბოლოში თხელი მინის a ტიხრით გამოყოფილია ცალკე კამერა A (ნახ. 74), რომელიც უერთდება თარაზოს დანარჩენ ნაწილს a ტიხრში გაკეთებული ხერელით. თუ თარა-



ნახ. 72



ნახ. 73.

ზოს დავაყენებთ ისე, რომ მისი კამერა მოექცეს ზემოთ, მაშინ ბუშტულის ნაწილი გადავა ზედა კამერაში და შემცირდება მისი სიგრძე. პირიქით, თუ თარაზოს დავაყენებთ ისე, რომ კამერა ქვემოთ მოექცეს, მაშინ უჰაერო სივრცე კამერიდან გადავა ბუშტულაში და გააღივებს

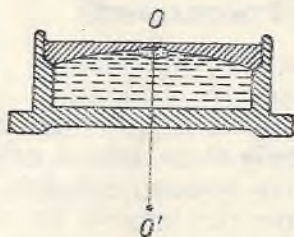
მას. ამრიგად, კამერიანი თარაზოს ღირსება იმაშია რომ კამერის საშუალებით შეგვიძლია ბუშტულის სიგრძის რეგულირება.

ვთქვათ, რომ თარაზოს მილი მოთავსებულია ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანილ სიბრტყეზე. ამ შემთხვევაში ბუშტულის შუაგული დაიკავებს სფერული ზედაპირის უმაღლეს წერტილს, რო-



ნახ. 74.

მელსაც თარაზოს ნულპუნქტი ეწოდება. იმ სწორ HH_1 ხაზს (ნახ. 72), რომელიც გადის ნულპუნქტში და მხებია თარაზოს შიგა სფერული ზედაპირისა, ეწოდება ცილინდრული თარაზოს ღერძი, როდესაც ბუშტულა მდებარეობს ნულპუნქტზე, ე. ი. როდესაც ბუშტულის ბოლოები ნულპუნქტის ორივე მხარეზე სიმეტრიულადაა დალაგებული, მაშინ HH_1 ღერძი ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში იქნება. ამ გარემოებით,



ნახ. 75.

როგორც შემდეგ ვნახავთ, სარგებლობენ გეოდეზიური ინსტრუმენტების ღერძების ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ მდგომარეობაში მოსაყვანად, ოღონდ საჭიროა, რომ თარაზოს ღერძი გეოდეზიური ინსტრუმენტის ღერძის პარალელური ან პერპენდიკულარული იყოს. ეს საკითხი განხილულია § 66-ში.

მრგვალი თარაზო წარმოადგენს ლითონის (სპილენძის, ალუმინის) კოლოფს (ნახ. 75), რომელსაც სფერული მინის სახურავი აქვს და რომელშიც მოთავსებულია სითხე. სფერული სახურავის O ცენტრში გამავალ OO' რადიუსს ეწოდებენ თარაზოს ღერძს. ეს ღერძი იქნება შვეულად, როდესაც თარაზოს ბუშტულა დადგება ზედაპირის შუაგულში.

§ 42. თარაზოს მგრძნობიარეობა

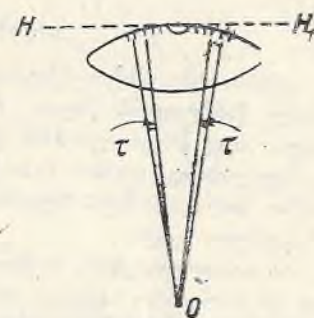
თარაზოს ზედაპირზე, მისი ნულპუნქტის ორივე მხარეზე დანიშნულია სკალა ორმილიმეტრიანი დანაყოფებით (ნახ. 71 და 76). იმ ცენტრალურ τ კუთხეს, რომელიც შეესაბამება თარაზოს ერთ დანაყოფს, ეწოდება თარაზოს ერთი დანაყოფის საფასური. საფასური მაჩვენებელია თარაზოს მგრძნობიარეობის, ანუ სიზუსტისა. რაც უფრო მცირეა საფასური τ , მით უფრო მგრძნობიარე, ანუ უფრო ზუსტია თარაზო. საფასური τ დამოკიდებულია თარაზოს სფერული ზედაპირის რადიუსზე.

რაც უფრო დიდია რადიუსი R , მით უფრო ნაკლებია საფასური τ და, მაშასადამე, მით უფრო მგრძნობიარეა თარაზო (ნახ. 76). საერთოდ, თარაზოს მგრძნობიარეობა

უნდა გვესმოდეს როგორც ბუშტულის გადაადგილების დიდი ან პატარა უნარიანობა. ორ თარაზოში უფრო მგრძნობიარედ ითვლება ის, რომლის ბუშტულა უფრო მეტად გადაადგილდება ერთი და იმავე დახრილობის შემთხვევაში.

იმისდა მიხედვით, თუ რომელი გეოდეზიური ინსტრუმენტისთვისაა დანიშნული თარაზო, იხმარება მეტად მგრძნობიარე და ნაკლებად მგრძნობიარე თარაზო. მაგალითად, ნიველირებაში იხმარება მეტად მგრძნობიარე თარაზო 1—2 სეკუნდამდე საფასურით. ასეთი თარაზოს ზედაპირის R აღწევს 200 მ-ს. თეოდოლიტებში იხმარება ნაკლებად მგრძნობიარე თარაზო 2—5 მინუტამდე საფასურით.

თარაზოს საფასური ადვილად განისაზღვრება ხელსაწყოთი, რომელსაც გამოძიდელი („ეგზამენატორი“) ეწოდება. თარაზოს მოთავსებენ ამ ხელსაწყოს შიშვსაზე და დანიშნავენ ბუშტულის ბოლოებს — ზედაპირის სკალაზე ანათვლის ალებით. შემდეგ, თარაზოს ერთ-ერთ ბოლოს მაღლა აწევენ (ან დაბლა დაწევენ) h სიმაღლეზე, რომლის საღიდე (მილიმეტრებით) ზუსტად განისაზღვრება ელევაციური ხრახხით. ბუშტულა გადაინაცვლებს და სკალაზე ხელახლა ანათვლის ალებით ადვილად გაფიგებთ, თუ რამდენი დანაყოფით გადაადგილდა ბუშტულის ბოლოები. ვთქვათ, რომ ბუშტულის ბოლოები გადაადგილდა n დანაყოფით. თუ გამოძიდელის სახაზავის სიგრძეს (ბრუნვის ღერძიდან ელევაციური ხრახხამდე) აღვნიშნავთ a -თი, მაშინ h -ის და a -ს



ნახ. 76.

შეფარდება $\left(\frac{h}{a}\right)$ გამოსახავს იმ კუთხის ტანგენსს, რომელიც შეესაბამება თარაზოს ზედაპირის n დანაყოფს. თარაზოს τ საფასურის ტანგენსი ($\operatorname{tg} \tau$), ე. ი. ტანგენსი იმ კუთხისა, რომელიც შეესაბამება თარაზოს ერთ დანაყოფს, მიიღება ფორმულით:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{h}{a \cdot n}.$$

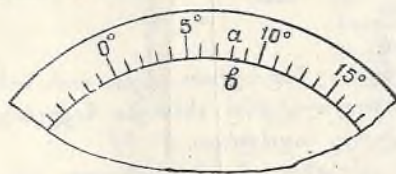
ტანგენსის მიხედვით კი გავიგებთ თვით საფასურ τ -ს (სეკუნდებით). თარაზოს საფასურის განსაზღვრა აგრეთვე აღვიღალ შეიძლება იმ მეთოდით, რომელიც გულისხმობს ლარტყის დაყენებას ნიველირის წინ.

§ 48. შერეობა

კუთხსაზომი ინსტრუმენტის, მაგალითად, თეოდოლიტის ერთ-ერთ ნაწილს წარმოადგენს წრედი, რომელზედაც დატანილია გრადუსული სკალა. ასეთ წრედს ლიმბი ეწოდება.

ჩვეულებრივ, ლიმბის ნაპირზე ჩაყოლებულია ვერცხლის თხელი და ვიწრო ზოლი, რომლის ზედაპირზე სპეციალური მანქანით დაიტანება გრადუსული სკალა.

იმ თეოდოლიტებში, რომლებიც გამოიყენება ადგილების ასაგეგმვად და საინჟინრო საქმეში, ინიშნება ნახევარგრადუსიანი და ოცმინუტიანი სკალა. სკალა წარწერილია საათის ისრის მიმართულებით 0° -დან 360° -მდე ყოველ 10° -ზე.



ნახ. 77.

ვთქვათ, რომ ლიმბი დაყოფილია გრადუსებად და საჭიროა გავიგოთ, თუ რამდენ გრადუსს უდრის რკალი 0° -დან b წერტილამდე (ნახ. 77).

აღნიშნული 0° -ის რკალი

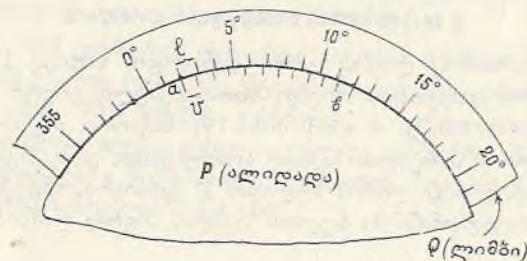
უდრის 8 გრადუსს მიმატებული მცირე ნაწილი ab .

იმ მიზნით, რომ ეს მცირე ab სიდიდე ზუსტად შევადგასოთ (მაგალითად, მინუტებათ), იხმარება სპეციალური ხელსაწყო, რომელსაც ვერნიერი, ანუ ნონიუსი ეწოდება.

გავცნოთ ვერნიერის.

გრადუსებად დაყოფილი Q წრედის ზემოთ, ე. ი. ლიმბის ზემოთ, მოთავსებულია მეორე P წრედი (ნახ. 78), რომელსაც ალიდალა ეწოდება.

Q ლიმბზე ავიღოთ ab რკალი, რომელიც შეიცავს რამდენიმე დანაყოფს, მაგალითად 10-ს, და დავყოთ ის P ალიდალაზე 11 ნაწილად. ამრიგად, ერთი და იგივე ab რკალი შეიცავს ლიმბის 10 და ალიდალას 11 დანაყოფს. ამ წესით დაყოფილ ალიდალას ნაწილს ვერნიერი ეწოდება. ზოგადად რომ ვიმსჯელოთ, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ერთი და იმავე ab რკალის დანაყოფთა რიცხვი ერთით ნაკლებია ლიმბზე, ვიდრე—ალიდალაზე, ე. ი. თუ ab რკალი ალიდალაზე შეიცავს n დანაყოფს, მაშინ იგივე რკალი ლიმბზე შეიცავს $n-1$ დანაყოფს. ლიმბის ერთი დანაყოფის სიდიდე აღვნიშნოთ l ასოთი და ალიდა-



ნახ. 78.

დასი— v ასოთი (ნახ. 78). $l-v$ სხვაობა წარმოადგენს ვერნიერის სიზუსტეს, რადგანაც რკალის (კუთხის) გაზომვის სიზუსტე უდრის ამ სხვაობას. ეს სიზუსტე აღვნიშნოთ t ასოთი, ე. ი. $l-v=t$ და გამოვარკვეოთ მისი მნიშვნელობა.

ცხადია, რომ ლიმბის ერთი დანაყოფი $l = \frac{ab}{n-1}$ (ვინაიდან ab რკალი შეიცავს ლიმბის $n-1$ დანაყოფს). აგრეთვე, ვერნიერის ერთი დანაყოფი $v = \frac{ab}{n}$ (რადგანაც იგივე ab რკალი შეიცავს ვერნიერის n დანაყოფს).

თუ l და v -ს მნიშვნელობებს ჩავსვამთ სიზუსტის ტოლობაში, მივიღებთ:

$$\begin{aligned} t &= l - v = \frac{ab}{n-1} - \frac{ab}{n} = \frac{n \cdot ab - ab(n-1)}{(n-1) \cdot n} = \\ &= \frac{n \cdot ab - n \cdot ab + ab}{(n-1) \cdot n} = \frac{ab}{(n-1) \cdot n}. \end{aligned}$$

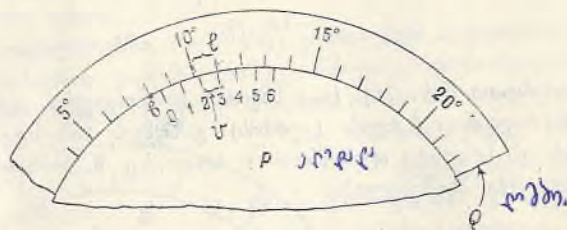
აბ-ს ნაცვლად ჩავსვათ მისი ტოლი სიდიდე $ab=l(n-1)$, მაშინ მივიღებთ:

$$t = \frac{nb}{(n-1)n} = \frac{l(n-1)}{(n-1)n} = \frac{l}{n},$$

ე. ი. ვერნიერის სიზუსტე t უდრის ლიშბის ერთი დანაყოფის l სიდიდეს გაყოფილს ვერნიერის დანაყოფთა n რიცხვზე. მაგალითად, თუ $l=0^{\circ}30'$ და $n=30$ -ს, მაშინ სიზუსტე $t = \frac{0^{\circ}30'}{30} = 0^{\circ}1'$, ე. ი. ამგვარი ვერნიერით რკალი (კუთხე) გაიზომება ერთი მინუტის სიზუსტით,

§ 44. ანათვლის აღმზის წესი ვერნიერაზე

ვთქვათ, რომ Q ლიშბის ერთი დანაყოფის სიდიდე l უდრის 1° და ვერნიერის დანაყოფთა რიცხვი, მოთავსებული კიდურ შტრიხებს შორის, უდრის 6-ს, ე. ი. $n=6$ (ნახ. 79). საჭიროა ამგვარი ვერნიერით გავიგოთ $0^{\circ}0$ რკალის სიდიდე გრადუსებით, ე. ი. რკალის სიგრძე, მოთავსებული Q ლიშბის ნულიდან P ვერნიერის ინდექსამდე, რომელიც საერთოდ ინიშნება ნულით. რკალის სიგრძე ლიშბის ნულიდან



ნახ. 79.

ვერნიერის ნულამდე უდრის 8° -ს მიმატებული bo მცირე ნაწილი, რომლის გამოსარკვევად მივმართოთ ვერნიერს. ჩვენს შემთხვევაში ვერნიერის სიზუსტე $t = \frac{l}{n} = \frac{1^{\circ}}{6} = 10'$, ე. ი. რკალის გაზომვის სიზუსტე უდრის 10 მინუტს.

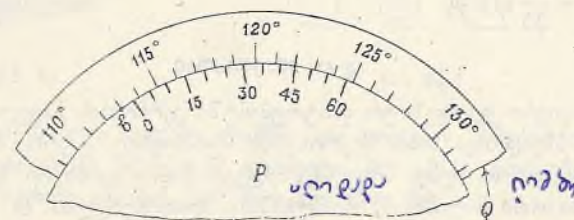
ვინაიდან (ნახ. 79) მე-3 შტრიხი (ვერნიერის ნულიდან) შეთავსებულია ლიშბის ერთ-ერთ შტრიხთან, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ვერნიერის მე-2 შტრიხი 10° -დან დაშორებულია ერთი სიზუსტით ($l-v=t$); 1-ლი შტრიხი 9° -დან დაშორებულია ორი სიზუსტით ($2l-2v=2(l-v)=2t$); საწყისი 0 შტრიხი კი დაშორებულია 8° -დან ($3l-3v=3(l-v)=3t$), ე. ი.

რკალის მცირე ნაწილი bo უდრის 3 სიზუსტეს. ჩვენს შემთხვევაში $bo=3t=3 \cdot 10'=30'$.

მაშასადამე, გამოსარკვევი რკალი $0^{\circ}0=8^{\circ}+30'=8^{\circ}30'$.

ვერნიერის მე-4 შტრიხი შეთავსებულია რომ ყოფილიყო ლიშბის ერთ-ერთ შტრიხთან, მაშინ მცირე bo რკალი ტოლი იქნებოდა 4 სიზუსტისა ($4t$); მე-5 შტრიხი რომ ყოფილიყო შეთავსებული, მაშინ bo ტოლი იქნებოდა 5-სი და ა. შ. ამრიგად, ლიშბის დანაყოფის მცირე ნაწილის გასაგებად ვარკვევთ, თუ ვერნიერის რომელი შტრიხი (ვერნიერის ნულიდან) ემთხვევა ლიშბის შტრიხს და ვერნიერის შეთავსებული შტრიხის ნომერს ვამრავლებთ t სიზუსტეზე.

ცხადია, რომ ვერნიერის ერთ-ერთი შტრიხი უსათუოდ შეთავსებული იქნება ლიშბის რომელიმე შტრიხთან, რადგანაც ერთი და იგივე ab რკალი (ნახ. 78) შეიცავს ვერნიერის n დანაყოფს და ლიშბის $n-1$ -ს. ანათვლის აღმზის გასაადვილებლად ვერნიერაზე წარწერილია რიცხვები, რომლებიც წარმოადგენს ვერნიერის შტრიხის ნომრისა და მისი სიზუსტის ნამრავლებს (ნახ. 80).



ნახ. 80.

ჩვენს შემთხვევაში ვერნიერის შტრიხი, რომელსაც აქვს წარწერა 45, შეთავსებულია ლიშბის ერთ-ერთ შტრიხთან. მაშასადამე, ლიშბის დანაყოფის მცირე ნაწილი bo უდრის 45 მინუტს. მართლაც, ვერნიერის დანაყოფთა რიცხვი $n=12$ -ს და ლიშბის ერთი დანაყოფის სიდიდე $l=1^{\circ}$. მაშასადამე, სიზუსტე $t = \frac{l}{n} = \frac{60'}{12} = 5'$ (ნახ. 80), ვერნიერის მე-9 შტრიხი შეთავსებულია ლიშბის ერთ-ერთ შტრიხთან. მაშასადამე, ლიშბის დანაყოფის მცირე bo ნაწილი ტოლი იქნება 9 სიზუსტისა, ანუ $bo=9 \cdot t=9 \cdot 5'=0^{\circ}45'$. მთელი ანათვლი (ლიშბის ნულიდან ვერნიერის ნულამდე) ჩვენს შემთხვევაში იქნება $113^{\circ}+bo=113^{\circ}45'$.

ამოცანები ვერნიერზე

ამოცანა 1. ლიმიტი დაყოფილია გრადუსებად ($l=1^\circ$ -ს) და ვერნიერის დანაყოფთა რიცხვი $n=30$ -ს. რას უდრის ვერნიერის სიზუსტე?

თანხმად ფორმულისა, სიზუსტე $t = \frac{l}{n} = \frac{60'}{30} = 2'$, ე. ი. ამგვარი ვერნიერით შეგვიძლია ავიღოთ ანათვალი $2'$ -ის სიზუსტით.

ამოცანა 2. ლიმიტის ერთი დანაყოფი უდრის ნახევარ გრადუსს ($l=0^\circ 30'$). საჭიროა ავაგოთ ისეთი ვერნიერი, რომლის სიზუსტე ტოლი იქნება, მაგალითად, ერთი მინუტისა ($t=1'$).

სიზუსტის ფორმულიდან $t = \frac{l}{n}$ მივიღებთ, რომ ვერნიერის დანაყოფთა რიცხვი $n = \frac{l}{t} = \frac{30'}{1'} = 30$, ე. ი. თუ ლიმიტის ნაწილს, რომელიც შეიცავს 29 დანაყოფს, ანუ $29 \cdot 0^\circ 30' = 14^\circ 30'$, დავყოფთ ალიდადაზე 30 ნაწილად ($n=30$), მივიღებთ ვერნიერს, რომლის სიზუსტე ტოლი იქნება ერთი მინუტისა (საძიებელი სიზუსტე). მართლაც, $t = \frac{l}{n} = \frac{30'}{30} = 1'$ -ს.

§ 45. მიკროსკოპი

ზოგიერთ გეოდეზიურ ინსტრუმენტში ვერნიერის ნაცვლად მოწყობილია სხედასხვა სახის მიკროსკოპი, რომლებიც უფრო მოხერხებულია და უფრო ზუსტ შედეგსაც იძლევა, ვიდრე ვერნიერი. მიკროსკოპი შედგება ორი მილისაგან, რომლებშიც მოთავსებულია O ობიექტივი და O_1 ოკულარი (ნახ. 81 და 82).

სფერული და ქრომატული აბერაციის მოსაპოვებლად ობიექტივს და ოკულარს, ჩვეულებრივ, ადგენენ ორ-ორი ლინზისაგან.

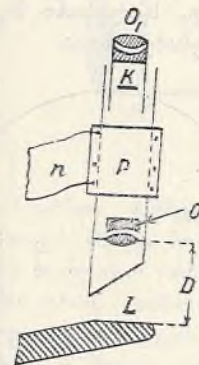
იმავე ნახაზებიდან ჩანს, რომ ობიექტივის მილს გარშემორტყმული აქვს ცილინდრისმაგვარი P სალტე, რომელიც n ბერკეტის საშუალებით მიდრეკილია ალიდადას დგარზე. მაშასადამე, ალიდადას ბრუნვასთან ერთად მიკროსკოპიც ბრუნავს იარაღის „შველელ“ ღერძის გარშემო.

ობიექტივი O ლიმიტის ზედაპირიდან დაშორებულია D მანძილით, რომელიც მეტია F -ზე და ნაკლებია $2F$ -ზე ($F < D < 2F$), სადაც F არის ობიექტივის საფოკუსო მანძილი. ამ შემთხვევაში, როგორც ცნობილია ოპტიკიდან, ლიმიტის დანაყოფის გამოსახულება მიკროსკოპში გადიდებული და შებრუნებული სახით მიიღება.

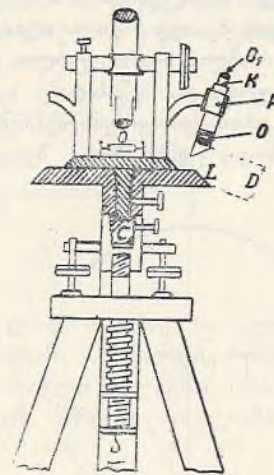
ახლა თუ O_1 ოკულარს (მისი მილის მოძრაობით) დავაყენებთ ისე, რომ ობიექტივის მიერ მიღებული გამოსახულება მოთავსდეს ოკულარ-

სა და მის ფოკუსს შორის, მაშინ ოკულარი ხელმეორედ გააღიძვრებს აღნიშნულ გამოსახულებას და საბოლოოდ მიკროსკოპში დავინახავთ ლიმიტის დანაყოფებს, რომლებიც მრავალჯერ იქნება გადიდებული.

გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში იხმარება მიკროსკოპები, რომელთა გამაღიძვლებლობა ტოლია 20—30-ისა. ოკულარის მილის იმ ადგილას, სა-

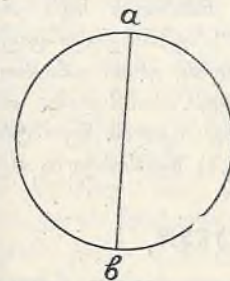


ნახ. 81.



ნახ. 82.

დაც ობიექტივის მიერ მიიღება ლიმიტის დანაყოფების გამოსახულება, მოთავსებულია მინის თხელი K ფირფიტა (ნახ. 81), რომელზედაც დატანილია შტრიხი ab (ნახ. 83) ან სკალა (ნახ. 84).



ნახ. 83.

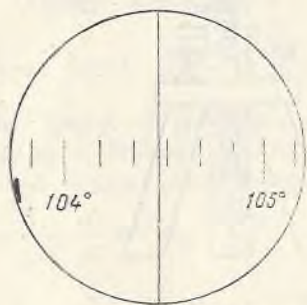


ნახ. 84.

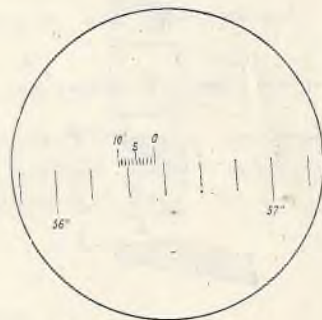
პირველი სახის მიკროსკოპს ეწოდება შტრიხებიანი მიკროსკოპი, ხოლო მეორეს — სკალეებიანი.

მიკროსკოპში ცქერის დროს ლიმიტის დანაყოფები და K ფირფიტა-

ტის შტრიხი-ან სკალა მოგვეჩვენება ერთ სიბრტყეში და ანათვალს ვლებულობთ ლიშბის ნულიდან ფირფიტის ab შტრიხამდე ან სკალის ნულამდე. შტრიხი-ან მიკროსკოპში ლიშბის ერთი დანაყოფის ნაწილს შევადგებთ თვალდათვალ. სკალეზიან მიკროსკოპში კი ლიშბის ერთი დანაყოფის მეთოდ ნაწილს თვით სკალა იძლევა ზუსტად, ვინაიდან სკალა, რომლის სიგრძე ტოლია ლიშბის ერთი დანაყოფისა, შეიცავს ათ დანაყოფს და, მაშასადამე, სკალის ერთი დანაყოფი ტოლი იქნება ლიშბის ერთი დანაყოფის მეთოდისა, ამრიგად, სკალეზიანი მიკროსკოპი იძლევა უფრო ზუსტ შედეგს, ვიდრე შტრიხეზიანი.



ნახ. 85.



ნახ. 86.

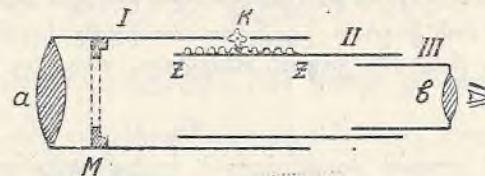
ვთქვათ, რომ ლიშბის ერთი დანაყოფის სიდიდე უდრის ათ მინუტს და საჭიროა ანათვალის აღება შტრიხეზიანი (ნახ. 85) და სკალეზიანი (ნახ. 86) მიკროსკოპით. როგორც 85-ე ნახაზიდან ჩანს, ანათვალის იქნება შტრიხეზიან მიკროსკოპზე ($104^{\circ}27'$). უკანასკნელი ციფრი ($7'$) შეფასებულია თვალთ. მიკროსკოპის სკალის ერთი დანაყოფი ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 86) უდრის ერთ მინუტს. მაშასადამე, ანათვალის სკალეზიან მიკროსკოპზე (ლიშბის ნულიდან სკალის ნულშტრიხამდე) იქნება $56^{\circ}27',4$. უკანასკნელი რიცხვი ($0',4$) შეფასებულია თვალთ.

სამუშაო ნაწილი

§ 46. ჰოგრი და საგნის გამოსახულების მიღება ჰოგრით. ძაფთა ზადე

გეოდეზიური ინსტრუმენტის ერთ-ერთი მთავარი ნაწილი, რომლითაც აწარმოებენ დამზერას, არის ჰოგრი. ასეთ ინსტრუმენტებს ეკუთვნის თეოდოლიტი, ნიველირი, კიპრეგელი და სხვ. გეოდეზიური ინსტრუმენტებისათვის საერთოდ მიღებულია ასტრონომიული ჰოგრი,

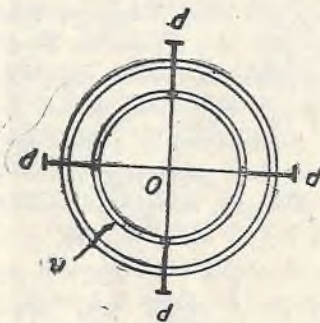
რომელიც იძლევა საგნის შეზღუდულ გამოსახულებას. ჰოგრის მთავარი ნაწილია ობიექტივის I მილი (ნახ. 87), რომლის ერთ ბოლოში მოთავსებულია თმზრევი ამოზნექილი ლინზა — a ობიექტივი, ხოლო მეორე ბოლოში შედის II მილი, რომელსაც ოკულარის მილი ეწოდება. ოკულარის მილის მოძრაობა, ე. ი. მისი შეწევა ან გამოწევა ობიექტივის მილიდან, ხორციელდება დაკბილული ვიწრო ფირფიტით



ნახ. 87.

და K ზრახნით, რომელსაც კრემალიერი ეწოდება. ოკულარის მილში, თავის მხრივ, მოთავსებულია პატარა III მილაკი, რომელშიც მაგრდება ოკულარი (თვალისაკენ მიმართული b ლინზა). ობიექტივი დამზერის დროს მიიმართება საგნისაკენ. როგორც ოკულარი, ისე ობიექტივი წარმოადგენს რთულ ლინზებს, ე. ი. შედგება ცალკეული ლინზებისაგან.

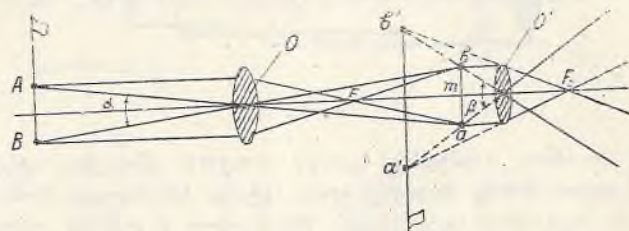
იმ მიზნით, რომ გაწარმოთ საგნისაკენ დამზერა, ოკულარის მილში მოთავსებულია ეგრეთ წოდებული ძაფთა ზადე, რომელიც შედგება n რგოლისაგან (ნახ. 88), რომელშიც მოთავსებულია თხელი მინა. ამ მინაზე დატანილია პარიზონტალური და ვერტიკალური შტრიხები (ხაზები). შტრიხების გადაკვეთის O წერტილს ჰოგრის დამზერის წერტილი, ანუ ძაფთა



ნახ. 88.

ზადის გადაკვეთის წერტილი ეწოდება. Oa წარმოადგენს ხაზს, რომელიც აერთებს ზადის O წერტილს და ობიექტივის a ცენტრს (ნახ. 87), ჰოგრის დამზერის ღერძი ეწოდება. ამ ღერძის მდებარეობის ოდნავ შეცვლა შეიძლება n (ნახ. 88) რგოლის გადაადგილებით (შემასწორებელი P ზრახნებით), რაც საჭიროა გეოდეზიური ინსტრუმენტების შესწორებისას. მუშაობის დროს ჰოგრს მიმართავენ საჭირო წერტილისაკენ ისე, რომ ძაფების გადაკვეთის წერტილი ჰოგრში ცქერის

დროს უნდა ფარავდეს მოცემულ წერტილს. ამ შემთხვევაში ჭოგრის დამზერის ღერძი მიიმართება მოცემული წერტილისაკენ. გარდა დამზერის ღერძისა, ჭოგრში არსებობს ოპტიკური და გეომეტრიული ღერძები. ოპტიკური ღერძი წარმოადგენს სწორ ხაზს, რომელიც აერთებს ობიექტივისა და ოკულარის ოპტიკურ ცენტრებს, ხოლო გეომეტრიული ღერძი არის ჭოგრის მილის სიმეტრიის ღერძი. კარგად ცენტრირებულ ჭოგრში ოპტიკური და გეომეტრიული ღერძები შეთავსებულია. დავუშვათ, რომ ჭოგრით ვუცქერით რომელიმე საგანს, მაგალითად, AB სარს (ნახ. 89). ჭოგრის ობიექტივი, როგორც ცნობილია,



ნახ. 89.

მოგვეცემს სარის ნამდვილ, შებრუნებულ და შემცირებულ ab გამოსახულებას. თუ ოკულარის მილს შეწევით ან გამოწევით (კრემალიერით) დავაყენებთ ისე, რომ ობიექტივით მიღებული ab გამოსახულება მოთავსდეს ოკულარსა და მის მთავარ ფოკუსს შორის, მაშინ ოკულარში დავინახავთ $a'b'$ გამოსახულებას, რომელიც ab გამოსახულებასთან შედარებით გადიდებული, პირდაპირი და წარმოსახვითი იქნება.

ამრიგად, ობიექტივის დანიშნულებაა AB საგნის ab გამოსახულების მიღება თვით ჭოგრში, ე. ი. ობიექტივი გვიახლოებს საგანს, თუმცა ამცირებს მას. ოკულარი კი ასრულებს ლუპის როლს, ე. ი. ობიექტივით მიღებულ შემცირებულ ab გამოსახულებას ადიდებს და საბოლოოდ ჭოგრში ვხედავთ საგნის გადიდებულ $a'b'$ გამოსახულებას.

ყოველ ჭოგრს ახასიათებს შემდეგი მაჩვენებლები: გამადიდებლობა, მხედველობის არე და გამოსახულების სიკაშკაშე.

§ 47. ჭოგრის გამადიდებლობა, მხედველობის არე და გამოსახულების სიკაშკაშე

გამადიდებლობა. გამოვარკვიოთ, თუ რამდენჯერ ადიდებს საგანს ჭოგრი. წარმოვიდგინოთ, რომ ადამიანის თვალი მოთავსებულია ობიექტივის O ოპტიკურ ცენტრში (ნახ. 89). თვალი ხედავს AB სარს α

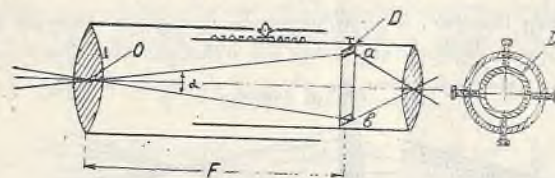
კუთხით. ამ კუთხეს ეწოდება შეუიარაღებელი თვალის მხედველობის კუთხე. იმავე AB სარის $a'b'$ გამოსახულებას ადამიანის თვალი ჭოგრში ცქერისას (თვალი მოთავსებულია ოკულართან) დაინახავს β კუთხით, რომელსაც ეწოდება ჭოგრის მხედველობის კუთხე. აღნიშნული კუთხეების შეფარდება წარმოადგენს ჭოგრის გამადიდებლობას, ე. ი. ჭოგრის გამადიდებლობა

$$v = \frac{\beta}{\alpha}. \quad (1)$$

შეიძლება იმის დამტკიცება, რომ ჭოგრის გამადიდებლობა $v = \frac{F_1}{F_2}$,

სადაც F_1 არის ობიექტივის საფოკუსო მანძილი, ხოლო F_2 — ოკულარის საფოკუსო მანძილი (ნაგულისხმევია მთავარი საფოკუსო მანძილები). ამ ფორმულიდან ჩანს, რომ ჭოგრის გამადიდებლობა მით უფრო მეტია, რაც უფრო დიდია ობიექტივის საფოკუსო F_1 მანძილი და ნაკლებია ოკულარის საფოკუსო F_2 მანძილი. ამ მოსაზრებით ობიექტივისათვის უფრო მცირედ ამოზნექილ მინას იყენებენ, ვიდრე ოკულარისათვის, ვინაიდან მცირედ ამოზნექილი ლინზის საფოკუსო მანძილი უფრო მეტია, ვიდრე მეტად ამოზნექილი ლინზისა. პრაქტიკულად ჭოგრის გამადიდებლობის გაგება ხდება ასე: დაახლოებით 10 მეტრის მანძილზე ვაყენებთ ლარტყას, ვუცქერით მას ერთდროულად ჭოგრით და შეუიარაღებელი თვალით და ვარკვევთ, თუ ლარტყის რამდენი დანაყოფი, ალებული შეუიარაღებელი თვალით, შეესაბამება ჭოგრით გადიდებულ ერთ დანაყოფს. მათი შეფარდება მოგვეცემს ჭოგრის გამადიდებლობას. საერთოდ, გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში ხშირობენ ჭოგრებს 15—40-მდე გამადიდებლობით.

მხედველობის არე. სივრცეს, რომელიც ჩანს ჭოგრში, ეწოდება მხედველობის არე (ველი). ჭოგრის ოკულარის მილში მოთავსე-



ნახ. 90.

ბულია D რგოლი (დიაფრაგმა, ნახ. 90), ძაფთა ბადით. მხედველობის არე დამოკიდებულია დიაფრაგმის ab დიამეტრზე და ხასიათდება ობიექტივიდან მომავალ oa და ob განაპირა სხივებს შორის მოთავსებული α კუთხით.

ოპტიკიდან ცნობილია, რომ

$$\alpha = \frac{K}{v}, \quad (2)$$

ე. ი. მხედველობის არე, რომელიც ხასიათდება α კუთხით, უკუპროპორციულია ჭოგრის გამადიდებლობისა, ე. ი. რაც უფრო მეტია ჭოგრის v გამადიდებლობა, მით უფრო ნაკლებია მისი მხედველობის არე. გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში α კუთხე მერყეობს $1/2-2^\circ$ -ის ფარგლებში.

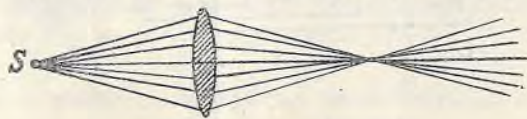
გამოსახულების სიკაშკაშე. გამოსახულების სიკაშკაშე დამოკიდებულია ოკულარიდან თვალისაკენ მომავალი სხივების რაოდენობაზე. რაც უფრო მეტი სხივი ეცემა თვალს, მით უფრო კაშკაშად (ნათლად) ეხედავთ საგანს ჭოგრში. როდესაც ოკულარის დიამეტრი უდრის თვალის გუგის დიამეტრს, ამბობენ, რომ გამოსახულების სიკაშკაშე უდრის ერთს ($I=1$). ოპტიკიდან ცნობილია, რომ საგნის გამოსახულების სიკაშკაშე I განისაზღვრება ფორმულით:

$$I = 0,85 \frac{d^2}{D^2 v^2}, \quad (3)$$

სადაც d არის ობიექტივის დიამეტრი, D — თვალის გუგის დიამეტრი და v — ჭოგრის გამადიდებლობა. მე-3 ფორმულიდან ჩანს, რომ გამოსახულების სიკაშკაშე პროპორციულია ობიექტივის დიამეტრის კვადრატისა და უკუპროპორციულია ჭოგრის გამადიდებლობის კვადრატისა. ეს იმას ნიშნავს, რომ ცუდად განათებული საგნების დამზერა უკეთესია ვაწარმოთ ისეთი ჭოგრით, რომელსაც აქვს დიდი ობიექტივი და მცირე გამადიდებლობა.

§ 48. სფერული აბერაცია

რომელიმე მნათობ S წერტილიდან მომავალი სხივები (ნახ. 91) ლინზაში გავლის შემდეგ საერთოდ არ იკრიბება ერთ წერტილში, რის გამო ლინზა გვაძლევს ერთი და იმავე წერტილის მრავალ გამოსახუ-



ნახ. 91.

ლებას, ე. ი. წერტილის გამოსახულება არ იქნება მკვეთრი, და თუ საგანს ვუტყუროთ, მისი გამოსახულებაც ბუნდოვანი იქნება.

ჭოგრის

ამ მოვლენას ლინზის სფერული აბერაცია ეწოდება. ამგვარი მოვლენის მიზეზი ის არის, რომ ლინზის განაპირას უფრო მეტი გარდატეხის კოეფიციენტი აქვს, ვიდრე ცენტრალურს. ამის გამო წერტილის გამოსახულებას უფრო ახლო იძლევა განაპირა სხივები, ვიდრე — ცენტრალური და საბოლოოდ ლინზა გვაძლევს წერტილის მრავალ გამოსახულებას, ე. ი. წერტილის ბუნდოვან გამოსახულებას. მაშასადამე, აბერაციის მოსასპობად საჭიროა ლინზას მოვაშოროთ საგნიდან მომავალი განაპირა სხივები. ამ მოსაზრებით ჭოგრის ობიექტივის მილში ათავსებენ M რგოლს (ნახ. 87), რომელიც იკავებს განაპირა სხივებს.

§ 49. პრემატული აბერაცია

საგნიდან მომავალი სხივები, როგორც ფიზიკიდან ვიცით, ლინზაში გავლის დროს იშლება სპექტრის ფერებად, რის გამოც ლინზა იძლევა საგნის ფერად (სპექტრის ფერებში) გამოსახულებას. ამ მოვლენას ეწოდება ქრომატული აბერაცია, რომელსაც იმით სპობენ, რომ ორმხრივ ამოზნექილი ობიექტივის a ლინზის გვერდით ათავსებენ ჩაზნექილ K ლინზას (ნახ. 92), რომელიც კრებს a ლინზით სპექტრის ფერებში დაშლილ სხივებს და საბოლოოდ მივიღებთ საგნის გამოსახულებას თავის ფერში. საერთოდ, შეიძლება ისე შევარჩიოთ ლინზებს შორის მანძილი, მათი ზედაპირის სიმრუდე და გარდატეხის კუთხე (a ლინზისათვის ღებულობენ წმინდა მინას — კრონ-გლას და K ლინზისათვის მინას ჟრევენ ტყვიის ზეჟანგს — ფლინგლას), რომ მოვსპოთ როგორც ქრომატული, ისე სფერული აბერაცია. ამგვარ რთულ ლინზას აქრომატულ-აპლანეტური ლინზა ეწოდება. მას უმთავრესად გამოიყენებენ ობიექტივებისათვის.



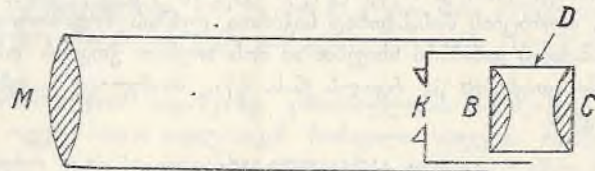
ნახ. 92.

§ 50. რთული ოკულარები

ოკულარის დანიშნულებაა ობიექტივით მიღებული შემცირებული გამოსახულების გადიდება. როგორც წესი, ოკულარი შედგება ცალმხრივ ამოზნექილი ორი ლინზისაგან.

იმისდა მიხედვით, თუ როგორაა დალაგებული ცალკე ლინზები და სად მდებარეობს ძაფთა ბადე, არსებობს სხვადასხვა სახის რთული ოკულარი, როგორიცაა: რამსდენის, გიუგენსისა და კელნერის.

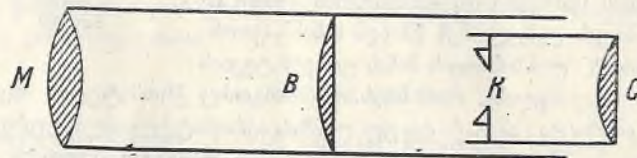
რამსდენის ოკულარი წარმოადგენს პატარა D მილას, რომლის ბოლოებში მოთავსებულია ცალმხრივ ამოზნექილი B და C ლინზები (ნახ. 93), რომლებიც თავიანთი ამოზნექილობით ერთმეორისაკენაა მიმართული. K ძაფთა ბადე მდებარეობს ოკულარის გარეთ (ოკულარსა და ობიექტივს შორის).



ნახ. 93.

გიუგენსის ოკულარში (ნახ. 94) ცალმხრივ ამოზნექილი B და C ლინზები თავიანთი ამოზნექილობით M ობიექტივისაკენაა მიმართული. ძაფთა ბადე მდებარეობს აღნიშნულ B და C ლინზებს შორის. გიუგენსის სისტემაში წინა B ლინზა და M ობიექტივი შეადგენს ერთ სისტემას, რის გამოც ამ სისტემის საფოკუსო მანძილი შემცირდება და, მაშასადამე, შემცირდება საგნის გამაღიებლობა v , რაც ცხადია ცნობილი ფორმულიდან:

$$v = \frac{F_1}{F_2}$$



ნახ. 94.

(თუ შემცირდა ობიექტივის საფოკუსო მანძილი F_1 , შემცირდება გამაღიებლობაც). მეორე მხრივ კი გადიდება მხედველობის არე α , რომელიც უკუპროპორციულია გამაღიებლობისა, ე. ი.

$$\alpha = \frac{K}{v}$$

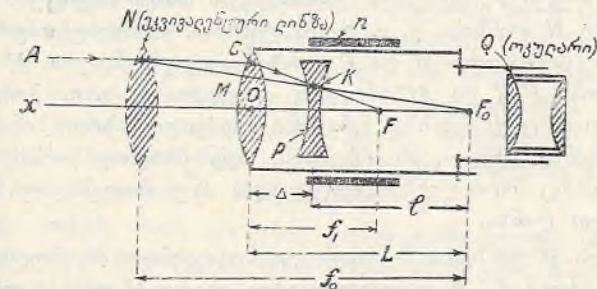
(თუ შემცირდა v , გადიდება წილადი $\frac{K}{v}$, ე. ი. მხედველობის არე α).

ზემოაღნიშნულის მიხედვით გიუგენსის ოკულარი საუკეთესო იქნებოდა იმ ინსტრუმენტებისათვის, რომლებშიც დებულობენ მიმართულებას დაშორებულ საგნებზე, რადგანაც დიდი მანძილების შემთხვევაში წერტილების მონახვა იმ ჭოგრით, რომელსაც მცირე მხედველობის არე აქვს, მეტად ძნელია. მაგრამ გიუგენსის ოკულარს ახასიათებს საგრძნობი სფერული აბერაცია და, გარდა ამისა, მისი დაყენება თვალზე უხერხულია. ამიტომ უფრო გამოიყენება რამსდენის ოკულარები. გიუგენსის ოკულარებს იყენებენ იმ ჭოგრში, რომლის დანიშნულებაცაა შორ მანძილზე მდებარე წერტილების სწრაფად პოვნა.

ამჟამად დიდი გამოყენება აქვს კელნერის ოკულარს, რომელიც რამსდენის სისტემისაგან განსხვავდება იმით, რომ ოკულარის ის ლინზა, რომელიც თვალისკენაა მიმართული, შედგება ორი ლინზისაგან და ამით ისპობა სფერული აბერაცია. ამის შედეგად საგნის გამოსახულება მკვეთრი და ნათელი მიიღება.

§ 51. ჭოგრი შიგა ფოკუსირებით

ამჟამად ძირითადად გამოიყენება ჭოგრი შიგა ფოკუსირებით. ასეთი ჭოგრი ჩვეულებრივი ჭოგრისაგან განსხვავდება იმით, რომ M ობიექტივსა და მის F ფოკუსს შორის მოთავსებულია ორმხრივ ჩაზნექილი ლინზა P (ნახ. 95), რომლის გადაადგილება (ჭოგრის ღერძის მიმართულებით) ხორციელდება ჭოგრზე გარშემორტყმული სპეციალუ-



ნახ. 95.

რი n რგოლის ბრუნვით. P ლინზის ასეთი გადაადგილებით მოახდენენ ჭოგრის ფოკუსირებას, ე. ი. მას დააყენებენ ისე, რომ საგნის გამოსახულება იყოს მკვეთრი და ნათელი. ასეთი ჭოგრის სიგრძე, ჩვეულებრივ ჭოგრთან შედარებით, მეტად მცირეა, ხოლო ჭოგრის გამაღიებლობა, მიუხედავად მისი სიმოკლისა, სრულებით არ მცირდება.

როგორც ვიცით (იხ. § 47), ჭოგრის გამადიდებლობა გამოისახება ფორმულით:

$$v = \frac{f_1}{f_2}.$$

სადაც f_1 არის ობიექტივის საფოკუსო მანძილი, ხოლო f_2 ოკულარის საფოკუსო მანძილი. ამ ფორმულიდან ჩანს, რომ დიდი გამადიდებლობის მისაღებად ობიექტივი უნდა იყოს გრძელფოკუსიანი, ე. ი. მისი ზედაპირის სიმრუდის რადიუსი იყოს დიდი. ამ შემთხვევაში ჭოგრი გამოვა უფრო გრძელი, ვიდრე ობიექტივის საფოკუსო f_1 მანძილი.

იმ მიზნით, რომ შემცირდეს ჭოგრის სიგრძე და ამავე დროს გამადიდებლობა უცვლელი დარჩეს, აიღებენ მოკლეფოკუსიან M ობიექტივს და ამ ობიექტივსა და მის F' ფოკუსს შორის ათავსებენ ორმხრივ ჩაზნექილ P ლინზას (ნახ. 95), რომლის მოძრაობა (შიგ ჭოგრში), როგორც ვთქვით, წარმოებს სპეციალური n რგოლის ბრუნვით.

ახლა დავუშვათ, რომ აღნიშნულ M ობიექტივს ეცემა AC სხივი, რომელიც პარალელურია ჭოგრის ოპტიკური x ღერძისა. ეს სხივი ობიექტივში გავლის შემდეგ მიიღებს მიმართულებას ობიექტივის F' ფოკუსისაკენ, ხოლო სანამ გაივლიდეს F' ფოკუსში, დაეცემა ორმხრივ ჩაზნექილ P ლინზას K წერტილში, შეიცვლის თავის მიმართულებას (გადაიხრება ზევით) და ოპტიკურ x ღერძს გადაკვეთს არა F' წერტილში, არამედ უფრო შორს, F_0 წერტილში.

აღნიშნული F_0 წერტილი წარმოადგენს მთავარ ფოკუსს ეკვივალენტური N ლინზისა, ე. ი. ისეთი ლინზისა, რომელიც თავისი მოქმედებით ცვლის ორ— M და P ლინზას. ეკვივალენტური N ლინზა მდებარეობს F_0K და AC სხივების გადაკვეთაში, ე. ი. ჭოგრის გაბრეთ, როგორც ეს ნახაზზეა ნაჩვენები წვეტილი ხაზით. სინამდვილეში N ლინზა, ცხადია, არ არსებობს, ჩვენ მხოლოდ წარმოვიდგინეთ იგი როგორც ორი ლინზის შემცვლელი, ანუ მათი ბადალი (ეკვივალენტური) ლინზა.

M და P ლინზების შეერთებული მოქმედებით მიღებული საფოკუსო მანძილი f_0 რამდენიმეჯერ მეტია, ვიდრე M ობიექტივის საფოკუსო f_1 მანძილი და, რაც მთავარია, ფოკუსი F_0 თითქმის იქ მოთავსდება, სადაც მდებარეობს ობიექტივის ფოკუსი F . მაშასადამე, ჭოგრის სიგრძე, რომელიც დამოკიდებულია F_0 ფოკუსის მდებარეობაზე, ანუ მანძილზე M ობიექტივიდან F_0 ფოკუსამდე, იქნება მოკლე. ამავე დროს ჭოგრის გამადიდებლობაც გადიდება, ვინაიდან $f_0 > f_1$. ასეთი კარგი თვისებით ხასიათდება შიგაფოკუსირებაანი ჭოგრი. გარდა ამისა, ამგვარ ჭოგრში ოკულარი მჭიდროდაა დაკავშირებული

ბული ობიექტივის მილთან და ძაფთა ბადე არ გადაადგილდება. მაშასადამე, ჭოგრის დამზერის ღერძი ურყევი იქნება. ფოკუსირება კი, როგორც ვთქვით, ხორციელდება დამატებითი P ლინზის გადაადგილებით, და რადგანაც ჭოგრი დახურულია, ადვილი არ ექნება შიგა ლინზების დამტვერიანებას.

§ 52. ჭოგრის გაწყობა და ძაფთა ბადის პარალაქსი

მუშაობის დაწყებამდე საჭიროა ჭოგრის გაწყობა, ე. ი. მისი დაყენება თვალზე, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ ჭოგრს მიემართავთ რომელიმე თეთრი საგნისკენ და რამდენის ოკულარში D მილას (ნახ. 93) ისე გადავადგილებთ ოკულარის მილში (შეწევით ან გამოწევით), რომ ჭოგრში ცქერის დროს ძაფთა ბადე გამოჩნდეს მკვეთრად და ნათლად.

გიუგენსის ოკულარში კი, ნაცვლად ოკულარის მილასისა, გადავადგილებთ თვით K ძაფთა ბადეს (ნახ. 94). ამისათვის მოვუშვებთ ძაფთა ბადის შემასწორებელ ხრახნებს, რომლებიც გადის მილში გაკეთებულ მოგრძო (ოვალსებრ) ნახვრეტებში და ამ ნახვრეტების ფარგლებში გადავადგილებთ ძაფთა ბადეს; ასეთი გადაადგილება მეტად უხერხულია და სწორედ ეს არის გიუგენსის ოკულარის ნაკლი.

თვალზე ჭოგრის დაყენების შემდეგ შეგვიძლია მიმართულება ავიღოთ მოცემულ წერტილზე. ამისათვის ჭოგრს მიემართავთ წერტილისაკენ და კრემალიერის საშუალებით ოკულარის მილს გადავადგილებთ ობიექტივის მილში (შეწევით ან გამოწევით), სანამ ჭოგრში საგნის გამოსახულება მკვეთრი და ნათელი არ იქნება. ამ მოქმედებას ეწოდება ჭოგრის დაყენება სიგანეზე. შიგაფოკუსირებიანი ჭოგრში, ნაცვლად კრემალიერისა, როგორც ვიცით, მოწყობილია n რგოლი (ნახ. 95), რომლის ბრუნვით გადავადგილებთ დამატებით P ლინზას, რათა საგანი მკვეთრად და ნათლად გამოჩნდეს.

უნდა ითქვას, რომ, როდესაც საგნის გამოსახულება (მიღებული ობიექტივით) არ მდებარეობს ძაფთა ბადის სიბრტყეში, მაშინ ჭოგრში ცქერის დროს თვალის გადაადგილებისას (ზევით და ქვევით), ძაფთა ბადე მოგვეჩვენება მოძრაოდ (ქვევით და ზევით) და თვით საგნის გამოსახულება არ იქნება მკვეთრი და ნათელი. ამ მოვლენას ძაფთა ბადის პარალაქსი ეწოდება.

პარალაქსს სპობენ იმით, რომ კრემალიერის საშუალებით ოკულარის მილს შეწევნ ან გამოწვენ ობიექტივის მილიდან, სანამ საგნის გამოსახულება არ მოგვეჩვენება მკვეთრად და ნათლად, თვით ძაფთა ბადე კი—უძრავად.

ამრიგად, თუ ჭოგრი საგანზე კარგადაა დაყენებული, ე. ი. თუ საგნის გამოსახულება მკვეთრი და ნათელია, მაშინ არც პარალაქსს ექნება ადგილი.

შეგაფოკუსირებიან ჭოგრში, როგორც ვთქვით, n რგოლის (ნახ. 95) საშუალებით გადაადგილებით ორმხრივ ჩაზნექილ P ლინზას ისე, რომ პარალაქსი მოისპოს, ე. ი. გამოსახულება მივიღოთ მკვეთრი და ნათელი.

§ 53. ჭოგრის შემოფარება და მისი სიზუსტე

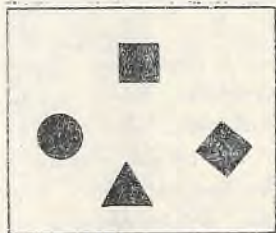
სამზერი ჭოგრი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

1. ჭოგრით მიღებული გამოსახულება არ უნდა იყოს დამახინჯებული, ე. ი. უნდა იყოს საგნის მსგავსი და ნათელი.

2. ოკულარს უნდა ჰქონდეს მღოვრე სვლა.

პირველ პირობას ვამოწმებთ ასე:

თეთრ ქაღალდზე შავი ტუშით დანახაზეთ გეომეტრიულ ფიგურებს, როგორცაა: კვადრატები, სამკუთხედები და წრეხაზები (ნახ. 96). შემდეგ ამ ქაღალდს დავამაგრებთ პლანშეტზე, რომელიც ინსტრუმენტიდან დაშორებულია დაახლოებით 50 მეტრის მანძილზე. თუ



ნახ. 96.

ჭოგრით ცქერისას აღნიშნული ფიგურები არ დამახინჯდება, ე. ი. ოდნავ არ შეიცვლება, და მათ ნაპირებზე არ შეიმჩნევა ფერების გადასვლა (ნაცრისფერზე ან ცისარტყელას ფერებზე), მაშინ ჭოგრი (მისი ლინზები) კარგი ხარისხის ყოფილა.

მეორე პირობას უყენებენ მხოლოდ იმ ჭოგრებს, რომლებშიც ოკულარი გადაადგილდება კრემალე

ლიერის საშუალებით. შემოწმების მიზნით ჭოგრს მივმართავთ რომელიმე წერტილისაკენ და ოკულარის შეწვევითა და გამოწვევით ვარკვევთ, აცდა თუ არა ძაფების გადაკვეთის წერტილი აღებულ წერტილს. თუ აცდა, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ ოკულარს არ ჰქონია მღოვრე სვლა და საჭიროა ამ ნაკლის სახელოსნოში გამოსწორება.

ორი ცალ-ცალკე მდებარე წერტილი შეუიარაღებელი თვალით მოგვეჩვენება როგორც ერთი წერტილი, თუ მხედველობის კუთხე, ე. ი. ის კუთხე, რომელიც შექმნილია თვალიდან წერტილებისაკენ მიმავალი სხივებით, არ აღემატება ერთ მინუტს, ანუ 60 სეკუნდს. ამის გამო მიღებულია, რომ ნორმალური თვალით დამზერის სიზუსტე დაახლო-

ებით ტოლია $60''$ -ისა. ეს ისე უნდა გვესმოდეს, რომ შეუიარაღებელი თვალი მიმართულების აღებაში იძლევა შეცდომას ერთ მინუტამდე.

ჭოგრს ახასიათებს გაცილებით უფრო მეტი სიზუსტე, რაც დამოკიდებულია მის გამაღიებლობაზე და განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\gamma = \frac{60''}{u},$$

სადაც მრიცხველი წარმოადგენს თვალით დამზერის სიზუსტეს, ხოლო u — ჭოგრის გამაღიებლობას. მაგალითად, თუ ჭოგრის გამაღიებლობა $u = 20$, მაშინ ჭოგრით დამზერის სიზუსტე

$$\gamma = \frac{60''}{20} = 3''.$$

სიზუსტე $3''$ იმას ნიშნავს, რომ ამ ჭოგრით მიმართულების აღება შეიძლება 3 სეკუნდის სიზუსტით.

თ ა ზ ი IX

მანძილმზომები

მანძილმზომი წარმოადგენს ხელსაწყოს, რომლის საშუალებით განისაზღვრება ორ წერტილს შორის მანძილი.

მანძილმზომის პრინციპი დამყარებულია ტოლფერდა სამკუთხედის სიმაღლის განსაზღვრაზე, მახვილი კუთხისა და მოკლე გვერდის (ბაზისი) მიხედვით. ერთი ძათვანი (კუთხე ან ბაზისი) მუდმივია. ამის მიხედვით არსებობს მუდმივეკუთხიანი და მუდმივბაზისიანი მანძილმზომები. გარდა ამისა, არსებობს ოპტიკური მანძილმზომები და შექმანძილმზომები.

§ 54. მუდმივკუთხიანი მანძილმზომი

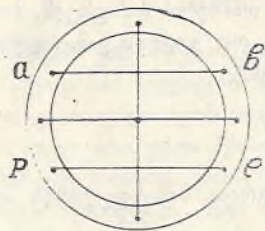
ასეთი მანძილმზომი მოთავსებულია ჭოგრში და წარმოადგენს უკვე განხილულ ძაფთა ბადეს ორი დამატებითი თარაზული ab და pe ხაზებით (ნახ. 97). განვიხილოთ ამ მანძილმზომის თეორია.

ვთქვათ, რომ ვაკე ადგილზე მოცემულია ორი A და B წერტილი და საჭიროა მათ შორის D მანძილის განსაზღვრა (ნახ. 98). ამისათვის A წერტილზე ვაყენებთ ინსტრუმენტს, რომელსაც აქვს ჭოგრი მანძილმზომით, ხოლო B -ზე — ლარტყას.

მანძილმზომის a და p ხაზებიდან წარმოვიდგინოთ ჭოგრის დამზერის oo_1 დერძის პარალელური ac და pd სხივები. აღნიშნული სხი-

ვები, როგორც ვიცით, ობიექტივში გავლის შემდეგ გაივლის მთავარ f ფოკუსში, სადაც შექმნის მუდმივ α კუთხეს, და შემდეგ გადაკვეთს ლარტყას N და P წერტილებში, ე. ი. ჭოგრში მზერის დროს მანძილმზომის თარაზული a და p ხაზები მოგვეჩვენება ლარტყის N და P ადგილებში.

მანძილმზომის a და p ძაფებს შორის მანძილი აღენიშნოთ ρ ასოთი, ხოლო მისი შესაბამისი მანძილი ლარტყაზე— l -ით. აგრეთვე, ობიექტივის საფოკუსო მანძილი აღენიშნოთ F ასოთი და მანძილი ობიექტივიდან ინსტრუმენტის ცენტრამდე δ ასოთი.



ნახ. 97.

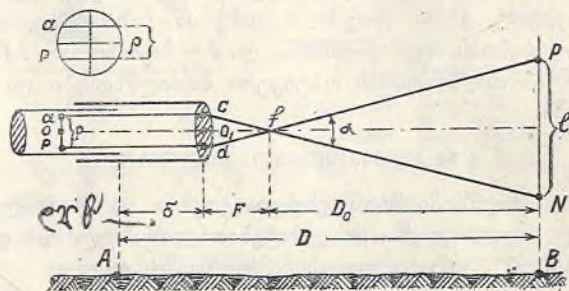
რადგანაც ინსტრუმენტი დაცენტრირია, ე. ი. ინსტრუმენტის ცენტრი და A წერტილი მდებარეობს ერთ შეველ ხაზზე, აღნიშნული δ მანძილი უდრის მანძილს ობიექტივიდან A წერტილში გამავალ შეველამდე.

როგორც 98-ე ნახაზიდან ჩანს, A და B წერტილებს შორის მანძილი

$$D = D_0 + F + \delta, \quad (1)$$

სადაც D_0 არის მანძილი ობიექტივის f ფოკუსიდან B ლარტყამდე, ამ მანძილის მისაღებად განვიხილოთ ორი სამკუთხედი fPN და fed . მათი მსგავსების გამო ვწერთ:

$$D_0 : F = l : \rho$$



ნახ. 98.

(ed -ს ნაცვლად აღებულია მისი ტოლი სიდიდე ρ), აქედან:

$$D_0 = \frac{F \cdot l}{\rho}. \quad (2)$$

ვინაიდან ჭოგრისათვის F და ρ მუდმივია, მათი ფარდობაც $\left(\frac{F}{\rho}\right)$

მუდმივი რიცხვი იქნება. აღენიშნოთ ეს $\left(\frac{F}{\rho}\right)$ ფარდობა k ასოთი.

მაშინ (2) ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$D_0 = kl. \quad (3)$$

a და p ხაზებს შორის ρ მანძილს ისე შეარჩევნ, რომ $\frac{F}{\rho}$ ფარდობა, ანუ k უდრიდეს 100.

მანძილმზომის ლარტყა, ჩვეულებრივ, დაყოფილია სანტიმეტრებად (ნახ. 99).

ლარტყის ერთი დანაყოფის სიდიდე აღენიშნოთ m ასოთი და დავეშვათ, რომ P და N ხაზებს შორის ლარტყაზე მოთავსდა n ასეთი დანაყოფი, მაშინ $l = m \cdot n$. თუ l -ის მნიშვნელობას ჩავსვამთ (3) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$D_0 = k \cdot m \cdot n. \quad (4)$$

km ნამრავლი აღენიშნოთ c ასოთი, მაშინ:

$$D_0 = cn.$$

ნამრავლ km , ანუ c -ს მანძილმზომის კოეფიციენტი ეწოდება.

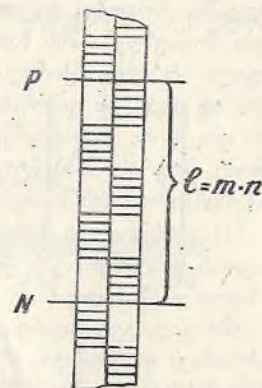
ახლა თუ D_0 -ის მნიშვნელობას ჩავსვამთ (1) ფორმულაში, მივიღებთ, რომ A და B წერტილებს შორის საძიებელი მანძილი

$$D = cn + F + \delta.$$

$F + \delta$ აღენიშნოთ q ასოთი, მაშინ მივიღებთ:

$$D = cn + q, \quad (5)$$

ე. ი. ორ წერტილს შორის D მანძილის მისაღებად საჭიროა ჭოგრში ცქერით ლარტყაზე ავიღოთ n ანათვალი, ე. ი. გავიგოთ, თუ ლარტყის რამდენი დანაყოფია მოთავსებული მანძილმზომის ძაფებს შორის. ეს n ანათვალი უნდა გავამრავლოთ c კოეფიციენტზე და cn ნამრავლს მივუმატოთ q სიდიდე, რომელიც შეგვიძლია ავიღოთ ჭოგრის 1,5 სიგრძის ტოლი. ცხადია, მანძილი D მიიღება ზომის იმ ერთეულებით, რა ერთეულებითაც არის გამოსახული c კოეფიციენტი.



ნახ. 99.

მეშაობის გასამართლებლად სასურველია, რომ კოეფიციენტი უდ-
რიდეს ერთს ($c=1$). ამ შემთხვევაში D მანძილი უდრის ლარტყაზე
აღებული n ანათვალს მეტრებით, მიმატებული q ; მაგალითად, თუ c
ტოლია 1 მეტრისა და ლარტყაზე ანათვალს n უდრის 125-ს, მაშინ
მანძილი

$$D = cn + q = 125 \text{ മറ്റുകൾ} + q.$$

ამრიგად, D მანძილის მისაღებად საჭიროა წინასწარ გიცოდეთ e და q მუდმივების მნიშვნელობა.

§ 55. მანქილმომომის ე მუდმივისა და ე კომუნიციონის განსაზმვა

მუდმივი რიცხვი q . როგორც წინა §-ში ვნახეთ, მანძილშემოშლის მუდმივი რიცხვი უდრის:

$$q = F + \delta, \quad (1)$$

სადაც F არის ობიექტივის საფოკუსო მანძილი. მისი სიდიდის მისაღებად ჭოგრის მივმართავთ ძლიერ დაშორებული საენისაკენ; ამ შემთხვევაში, როგორც ვიცით, ობიექტით მიღებული საენის გამოსახულება მოთავსდება მის მთავარ ფოკუსში. ვინაიდან დამზერის დროს აღვილი არ უნდა ჰქონდეს პარალაქსი, ამიტომ ძაფთა ბადეც მოთავსდება იქ, სადაცაა გამოსახულება, ე. ი. მოთავსდება ობიექტივის მთავარ ფოკუსში. მაშასადამე, მანძილი (გაზომილი მილიმეტრიათი საზღვრით) ჭოგრის ობიექტივიდან ძაფთა ბადემდე, რომლის ზრახვები მოჰანს, გამოსახავს საძიებელ საფოკუსო F მანძილს.

(1) ფორმულაში შემავალი წევრი $\bar{z}$ წარმოადგენს მანძილს ობიექტივიდან ინსტრუმენტის ცენტრამდე. ამ მანძილსაც მილიმეტრიანი საზომით გაზომავთ (ნახ. 98).

ამრიგად, გვეტოლინება F და h წვერების მნიშვნელობა. მათი ჯამი გამოსახავს q მუდმივის მნიშვნელობას. საერთოდ ობიექტის F საფოკუსო მანძილი დაახლოებით ტოლია ჭოგრის მთელი სიგრძისა, ხოლო წვერი h — მისი ნახევრისა. ამიტომ მანძილმზომის მუდმივი q შეგვიძლია ავიღოთ ჭოგრის 1,5 სიგრძის ტოლი.

საერთოდ, q მუდმივი არ აღმატება 0,3—0,5 მეტრს და თუ მასშტაბის სიზუსტე არ მოითხოვს, შეგვიძლია იგი არც მივიღოთ მხედველობაში. თუ კოვრში მოწყობილია შიგა ფოკუსირება, მაშინ q უმნიშვნელოა და მას არ ღებულობენ მხედველობაში.

მანძილშომის c კოეფიციენტის განსაზღვრა. მანძილშომის ფორმულიდან ($D=cn+q$) ვწერთ:

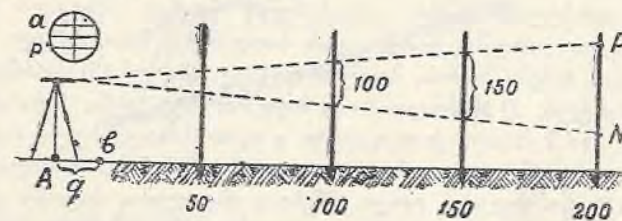
$$c = \frac{D-q}{n} \quad (2)$$

იმ მიზნით, რომ ამ ფორმულის მიხედვით გავიგოთ c -ს მნიშვნელობა, ადგილის A წერტილიდან (ნახ. 100) წინასწარ გადავზომავთ მუდმივ q სიდიდეს (პოგრის 1,5 სიგრძეს) და მიღებული x წერტილიდან შემოწმებული ბაფთით გადავზომავთ გარკვეულ მანძილს, მაგალითად, 100 მეტრს, და ამ წერტილში შევეუღალ დავაყენებთ ლარტყას.

შემდეგ ინსტრუმენტი ვლდებათ A წერტილზე, ჭოგრის მიმართავეთ ლარტყისაკენ და ვარკვეთ, თუ ლარტყის რამდენი დანაკრფია მოთავსებული მანძილმზომის ძაფებს შორის, ე. ი. ლარტყაზე ვლდებულობთ ანათვალს. ვთქვათ, რომ ეს n ანათვალი ტოლია ასისა ($n=100$). ამ შემთხვევაში კოეფიციენტი c იქნება ერთი. მართლაც, თუ (2) ფორმულაში ჩავსვათ D -ს და n -ის მნიშვნელობას (D უდრის 100 მ+ q და $n=100$), მივიღებთ:

$$c = \frac{100 + q - q}{100} = 1 \text{ მეტრი.}$$

საერთოდ, კოფეციენტი განისაზღვრება სხვადასხვა მანძილებისათვის (50, 100, 150 მ) და მის საბოლოო მნიშვნელობას ღებულობენ საშუალო არითმეტიკულის ტოლს.



656. 100.

თუ *ე* კოეფიციენტი მივიღეთ ერთზე ნაკლები ან მეტი, ე. ი. მივიღეთ წილადი, ეს გართულებს მუშაობას, ვინაიდან მანძილებს მისაღებად საჭირო იქნება ყოველი *n* ანათვლის გამრავლება წილად კოეფიციენტზე. ამ შემთხვევაში შეგიძლია წინასწარ შევადგინოთ შესწორებათა ცხრილი სხვადასხვა მანძილის კვალობაზე (10-დან 100-მდე) და ლარტყაზე აღებულ ანათვლებში შევტანოთ სათანადო შესწორება. წილადი კოეფიციენტის შემთხვევაში უფრო მოხერხებულია ლარტყის დანაყოფები შევარჩიოთ ისე, რომ *ე* კოეფიციენტი გაუტოლდეს ერთს. ამისათვის ვიქცევით ასე.

სწორ აღვილზე ბაფთით გადაწომავეთ 100 მ +*q* მანძილს (შივანთ-
კუხებიანი ჭოვრის შემთხვევაში *q* უდრის ნულს). ხაზის ერთ ბოლოზე
ვლგეზით ინსტრუმენტით, რომელშიც მანძილზომია მოთავსებული რა

მეორე ბოლოზე შევუღალე ვაყენებთ სუფთა ლარტყას. ჭოგრას მივმართავთ ლარტყისაკენ და ჩვენი მითითებით თანაშემწე სუფთა ლარტყაზე დანიშნავს ისეთ ორ წერტილს, რომლებსაც ფარავს მანძილშომის განაპირა ზაზები. შემდეგ ამ წერტილებს შორის მანძილს ზუსტად დავყოფთ ას თანატოლ ნაწილად. ასეთივე ნაწილებს დავნიშნავთ მთელ ლარტყაზე. ასეთი ლარტყისათვის c კოეფიციენტი უკვე ტოლი იქნება ერთისა. იშვიათია, მაგრამ მაინც არსებობს ისეთი ინსტრუმენტები, რომლებშიც მანძილშომის ძაფები მოძრავია. ამ შემთხვევაში კოეფიციენტი რომ გადაეტოვოთ ერთს, მანძილშომის ძაფებს ისე გადაადგილებთ, რომ, როდესაც ლარტყა დაყენებულია 100 მ მანძილზე, ძაფებს შორის n ანათვალი უდრიდეს ასს ($n=100$). აქაც c კოეფიციენტი ტოლი იქნება ერთისა.

აქვე უნდა აღინიშნოს შემდეგი: c კოეფიციენტს შეიძლება მივცეთ მნიშვნელობა როგორც ერთისა ($c=1$), ისე ასისა ($c=100$). პირველ შემთხვევაში მხედველობაში გვაქვს წინა პარაგრაფში მოყვანილი (5) ფორმულა ($D=cn+q$), ხოლო მეორე შემთხვევაში ფორმულა ($D=kl+q$).

(5) ფორმულაში n არის განყენებული რიცხვი (ანათვალა ლარტყაზე, ე. ი. ლარტყის დანაყოფების რაოდენობა, მოთავსებული მანძილშომის ხაზებს შორის, მაგალითად 124). ამიტომ (5) ფორმულით განსაზღვრული D მანძილი რომ მივიღოთ მეტრებში, საჭიროა ამ ფორმულაში შემავალი კოეფიციენტი c იყოს სახელდებული რიცხვი. თუ c ტოლი იქნება ერთი მეტრის ($c=1$ მ), მაშინ D მანძილი, თანახმად (5) ფორმულისა, ტოლი იქნება n ანათვლისა, ოღონდ გამოსახული მეტრებში. ამას დავმატება ფორმულაში შემავალი მუდმივი სიდიდე q ე. ი. 1,5 ჭოგრის სიგრძისა.

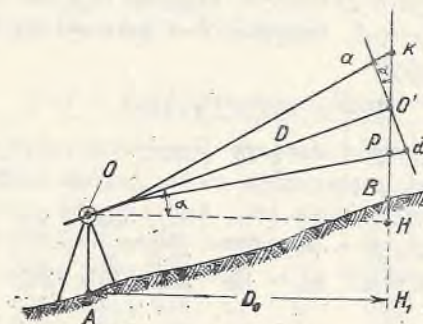
რაც შეეხება ფორმულას ($D = kl + g$), აქ l არის სახელდებულის რიცხვი და გამოისახება სანტიმეტრებში (ლარტყის ის სიგრძე სანტიმეტრებში, რომელიც მოთავსებულია მანძილშომის ხაზებს შორის). ამიტომ ამ ფორმულით რომ მივიღოთ D მანძილი მეტრებში, საჭიროა ამ ფორმულაში შემავალი კოეფიციენტი c იყოს განყენებული რიცხვი და უდრიდეს ასს ($c = 100$).

§ 56. დახრილი ხაზის კორიკონტალური პროექციის განსაზღვრა
მანძილგომიტ

მანძილზომის ფორმულა: $D=cn+q$ (იხ. § 54, მე-5 ფორ.) გამოყენილია იმ შემთხვევისათვის, როდესაც ჭოგრის დამზერის ღერძი პერპენდიკულარულია B წერტილზე დაყენებული ლარტყისა (ნახ. 98).

იმ შემთხვევაში, როდესაც გასაზომი ხაზი დახრილია, ე. ი. მდებარეობს ფერდობზე, აღნიშნული პირობა არ იქნება დაცული, ე. ი. ჭოგრის დამზერის ღერძი აქ იქნება პერპენდიკულარული B წერტილზე შეველად დაყენებული ლარტყისა (ნახ. 101). მაშასადამე, OO' ანუ D მანძილის მისაღებად (5) ფორმულა ისე უნდა შეცვალოთ, რომ მასში შემავალი n ანათვალის შესაბამებოდეს იმ შემთხვევას, როდესაც ლარტყა პერპენდიკულარულია OO' დამზერის ღერძისა.

ნე სიგრძე შეიცავს მანძილშომის ძაფებს შორის მოთავსებული ლარტყის დანაყოფთა რიცხვს, ე. ი. ის არის ფაქტიური ანათვალის შევეულად დაყენებულ ლარტყაზე (ნახ. 101). ეს ანათვალის აღწენიშნოთ



Feb. 101.

იმავე ძაფებს შორის წარმოდგენილი ad ანათელი, როდესაც ლარ-ტყა ჰოვარის დამზერის OO' ღერძის პერპენდიკულარულია (წარმოდ-გენით), აღენიშნოთ μ ასოთი. შეგვიძლია დავუშვათ, რომ $O'ak$ და $O'pd$ სამკუთხედები მართკუთხაა. ამ შემთხვევაში გწერთ:

$$O'_{\alpha} = O'_{\beta} \cdot \cos \alpha$$

$$O'd = O'p \cdot \cos \alpha.$$

თუ ამ ტოლობებს შევაჯამებთ, მივიღებთ:

$$O'a + O'd = (O'k + O'p) \cos \alpha,$$

၁၆၅

$$n = n' \cos \alpha$$

(1)

(ვინაიდან $O'a + O'd = n$ და $O'k + O'p = n'$).

(1) ფორმულაში შემავალი α კუთხე ტოლია დამზერის OO' ღერის დახრის კუთხისა (როგორც ურთიერთპერპენდიკულარულ გვერდებზე).

ბიანი კუთხეები $kp \perp OH$ და $ad \perp OO'$). α კუთხე იზომება ინსტრუმენტის ვერტიკალური წრედით, (5) ფორმულაში ჩავსვით n -ის მნიშვნელობა (1) ფორმულიდან. მივიღებთ, რომ OO' ანუ D მანძილი (ნახ. 101)

$$D = cn + q = cn' \cos \alpha + q. \quad (2)$$

ჩვენი მიზანია მანძილმზომით განვსაზღვროთ არა დახრილი D ხაზის სიგრძე, არამედ მისი ჰორიზონტალური პროექცია OH ანუ D_0 მანძილი.

$OO'H$ მართკუთხა სამკუთხედიდან კათეტი OH ან მისი ტოლი მანძილი

$$D_0 = OH = D \cdot \cos \alpha.$$

თუ ამ ფორმულაში D მანძილის ნაცვლად ჩავსვამთ მის მნიშვნელობას (2) ფორმულიდან, მივიღებთ, რომ დახრილი AB ხაზის ჰორიზონტალური პროექცია

$$D_0 = cn' \cos^2 \alpha + q \cdot \cos \alpha, \quad (3)$$

სადაც n' არის ფაქტიური ანათვალის შევეულად დაყენებულ ლარტყაზე, c მანძილმზომის კოეფიციენტი და q ჰოგრის დანჯერის ღერძის დახრის კუთხე. სავალდებულო არაა, რომ α კუთხე უდრიდეს AB ხაზის დახრის კუთხეს, ე. ი. შეგვიძლია ჰოგრი მივმართოთ ლარტყის ნებისმიერი წერტილისაკენ და ამ შემთხვევისათვის ავიღოთ n' ანათვალის და α კუთხე.

წვერი $q \cos \alpha$ მცირეა და, ჩთუ აგვემვის მასშტაბი არ მოითხოვს, მას მხედველობაში არ ღებულობენ.

თუ დახრის კუთხე $\alpha = 0^\circ$, მაშინ (3) ფორმულა მიიღებს ცნობილ სახეს:

$$D = cn + q,$$

ე. ი. მივიღეთ ის შემთხვევა, როდესაც ხაზი მდებარეობს ვაკე ადგილზე. მუშაობის გასაადვილებლად ვსარგებლობთ (3) ფორმულის მიხედვით შედგენილი სპეციალური ცხრილით.

ავიღოთ მაგალითი:

ლარტყაზე ანათვალის $n = 185$ და ხაზის დახრის კუთხე $\alpha = 12^\circ 0'$. რას უდრის ხაზის ჰორიზონტალური პროექცია?

არსებულ ცხრილში ვპოულობთ:

თუ ანათვალის $n = 100$ და კუთხე $\alpha = 12^\circ 0'$, მაშინ ჰორიზონტალური პროექცია უდრის 95,68 მ,

თუ n ანათვალის უდრის 80 და კუთხე $\alpha = 12^\circ 0'$, მაშინ ჰორიზონტალური პროექცია უდრის 76,54 მ,

თუ n ანათვალის უდრის 5 და კუთხე $\alpha = 12^\circ 0'$, მაშინ ჰორიზონტალური პროექცია უდრის 4,78 მ.

მოყვანილი ცალკე წვერების შეჯამებით მივიღებთ, რომ ჰორიზონტალური პროექცია უდრის 177,0 მ.

(3) ფორმულას შეგვიძლია აგრეთვე მივცეთ ასეთი სახე:

$$D_0 = cn \cos^2 \alpha = cn(1 - \sin^2 \alpha) = cn - cn \sin^2 \alpha.$$

თუ c კოეფიციენტი უდრის ერთს, მაშინ:

$$D = n - n \sin^2 \alpha.$$

ამ ფორმულაში შემავალი $n \sin^2 \alpha$ წვერი წარმოადგენს მანძილის შესწორებას ხაზის დახრილობის გამო. $n \sin^2 \alpha$ წვერისათვის შედგენილია სპეციალური მე-10 ცხრილი. ამ ცხრილში n და α -ს მიხედვით ვპოულობთ შესაბამის $n \sin^2 \alpha$ შესწორებას.

ც ხ რ ი ლ ი 10

$n \sin^2 \alpha$ შესწორების ცხრილი (მეტრებით)

$\alpha^\circ \backslash n$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
3°	0,03	0,06	0,08	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
4°	0,05	0,10	0,15	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
5°	0,08	0,15	0,23	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
6°	0,11	0,22	0,33	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0
7°	0,15	0,30	0,45	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3
8°	0,19	0,39	0,58	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7
9°	0,24	0,49	0,73	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2
10°	0,30	0,60	0,90	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
11°	0,36	0,73	1,09	1,5	1,8	2,2	2,5	2,9	3,0
12°	0,43	0,86	1,30	1,7	2,2	2,6	3,0	3,5	3,9
13°	0,51	1,01	1,52	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,6
14°	0,59	1,17	1,76	2,4	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3
15°	0,67	1,37	2,01	2,7	3,3	4,0	4,7	5,4	6,0

მაგალითად, თუ ლარტყაზე ანათვალის $n = 80$ და დახრის კუთხე $\alpha = 14^\circ$, მაშინ, როგორც მე-10 ცხრილიდან ჩანს, $n \sin^2 \alpha$ შესწორება უდრის 4,7 მეტრს. მაშასადამე, საძიებელი მანძილი

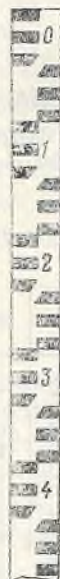
$$D = n - n \sin^2 \alpha = 80 - 4,7 = 75,3 \text{ მეტრს.}$$

§ 57. მანძილმზომის ლარტყები

ლარტყებს, ჩვეულებრივ, აკეთებენ ფიჭვის ან ნაძვის მასალისაგან, ვინაიდან ამ მასალას ახასიათებს სიმსუბუქე და მცირე სიდიდის გაფართოების კოეფიციენტი. მასალას წინასწარ ხარშავენ ზეთში და ღებავენ თეთრი საღებავით. შემდეგ ლარტყაზე ზუსტად ნიშნავენ დანაყოფებს

და უკეთებენ სათანადო წარწერებს ყოველ დეციმეტრზე (ნახ. 102). მოსაზღვრე დანაყოფები იღებება თეთრად და შავად ან თეთრად და წითლად. ლარტყის ყოველი დანაყოფი, ჩვეულებრივ, უდრის ერთ ან ორ სანტიმეტრს.

ადილი რომ იყოს ლარტყაზე ანათვლების აღება, მასზე დაიტანენ დიდი ზომის დანაყოფებს, მაგალითად, ათ-ათ ან ოც-ოც სანტიმეტრ-რიან დანაყოფებს და შეღებავენ სხვადა-სხვა ფერში. შემდეგ ზოგიერთ დიდ და-ნაყოფს დაყოფენ სანტიმეტრებად.



ნახ. 102.



ნახ. 103.

წერილმასშტაბიანი აგეგმვისას სასურ-ველია, რომ ლარტყის ერთი დანაყოფი შეესაბამებოდეს აგეგმვის მასშტაბის სი-ზუსტეს. მაგალითად, თუ აგეგმვის მასშ-ტაბია 1:25000 (ერთ სანტიმეტრს შე-ესაბამება 250 მ), მაშინ ლარტყას და-ყოფთ ასე:

ინსტრუმენტიდან 250 მეტრის მან-ძილზე დაეყენებთ ლარტყას, ჭოგრის მი-ვმართავთ ლარტყისაკენ და ჩვენს მითი-თებით თანაშემწე სუფთა ლარტყაზე და-ნიშნავს ისეთ ორ წერტილს, რომლებსაც ფარავს მანძილმზომის ძაფები. შემდეგ ამ წერტილებს შორის მანძილს ზუსტად დავყოფთ ათ ტოლ ნაწილად. ყოველი დანაყოფი შეესაბამება 25 მეტრს. ასეთი-ვე დანაყოფები ინიშნება მთელ ლარტყა-ზე. შემდეგ ერთ ან რამდენიმე ასეთ მსხვილ დანაყოფს, თავის მხრივ, დავყოფთ

ათ ნაწილად (ნახ. 103). ამ შემთხვევაში ყოველი მცირე დანაყოფი ტოლი იქნება 2,5 მეტრისა და შეესაბამება მოცემული მასშტაბის (1:25000) სიზუსტეს ($p=0,1 \cdot 25000=2500$ მმ=2,5 მ, იხ. § 6).

ასეთ ლარტყაზე ანათვლის აღება ძალიან ადვილია.

§ 58. მანძილმზომის სიზუსტე და მაქსიმალური განმეორება, რომლის განსაზღვრა შეიძლება მანძილმზომით

მრავალი ცდით გამოჩვენებულია, რომ ის შეცდომა, რომელსაც იძლე-ვა მანძილმზომი, შეადგენს საძიებელი სიგრძის 1/300, ე. ი. მანძილ-მზომი 300 მეტრზე იძლევა შეცდომას 1 მეტრამდე, თუ ხაზის სიგრძე არ აღემატება 300 მეტრს.

ამაზე მეტი მანძილებისათვის ფარდობითი შეცდომა იქნება უფრო მეტი. ამის გამო მანძილმზომით საერთოდ იზომება სიგრძე 250—300 მეტრამდე. ყოველ კერძო შემთხვევაში მოცემული მასშტაბის მიხედვით წინასწარ უნდა განისაზღვროს ის მაქსიმალური მანძილი, რომლის გა-ზომვა დასაშვებია მანძილმზომით.

ვთქვათ, მაგალითად, აგეგმვის მასშტაბია 1/2000 და საჭიროა გა-ვიგოთ, თუ რა მანძილზე შეიძლება ლარტყის დაშორება ინსტრუმენ-ტიდან იმ პირობით, რომ მანძილმზომით მიღებული შეცდომა არ აღე-მატებოდეს მასშტაბის სიზუსტეს.

როგორც ვიცით, მასშტაბის სიზუსტე p უდრის ადგილის იმ სიგრ-ძეს, რომელიც შეესაბამება 0,1 მილიმეტრს გვეგზე. ჩვენს შემთხვევაში

$$p=2000 \cdot 0,1=200 \text{ მმ}=20 \text{ სანტიმეტრს.}$$

მაშასადამე, ლარტყის მაქსიმალური დაშორება x უნდა განისაზღვ-როს იმ პირობით, რომ x მანძილის გაზომვაში დაშვებული შეცდომა არ აღემატებოდეს 20 სანტიმეტრს. ეს იქნება სწორი მიდგომა, ვინაი-დან 20 სანტიმეტრზე ნაკლებ სიგრძეს მოცემულ მასშტაბში მაინც ვერ გადავზომავთ გვეგზე.

x მანძილის მისაღებად ვმსჯელობთ ასე:

300 მეტრზე მანძილმზომი იძლევა შეცდომას 1 მეტრამდე. თუ 1 მეტრის ნაცვლად შეცდომა ტოლი იქნება p სიდიდისა (მანძილმზო-მის სიზუსტე), მაშინ შესაბამისი მანძილი x მიიღება შემდეგი პრო-პორციიდან:

$$x:300=p:1$$

აქედან

$$x=p \cdot 300. \quad (1)$$

პრაქტიკის უმრავლეს შემთხვევაში p -ს ნაცვლად იღებენ მასშტა-ბის გაორკეცებულ სიზუსტეს, ე. ი. იმ სიდიდეს ადგილზე, რომელიც შეესაბამება გვეგის არა 0,1 მილიმეტრს, არამედ 0,2 მილიმეტრს. მასშტაბის გაორკეცებული სიზუსტე აღვნიშნოთ t ასოთი, მაშინ (1) ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$x=t \cdot 300. \quad (2)$$

თუ აგეგმვის მასშტაბი არის 1:2000, მაშინ ის მაქსიმალური მან-ძილი, რა მანძილზედაც შეიძლება ლარტყის დაშორება მანძილმზომი-დან, იქნება: $x=t \cdot 300=0,4 \cdot 300=120$ მეტრი (მასშტაბი 1:2000-ისა-თვის გაორკეცებული სიზუსტე t ტოლია 0,4 მეტრისა).

(2) ფორმულით განსაზღვრული მანძილები ეკუთვნის საკონტურო წერტილებს. რელიეფის წერტილებისათვის კი შეიძლება ლარტყის დაშორება სადგურიდან 1,5 x მანძილზე.

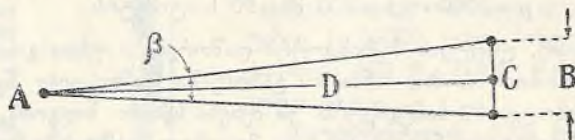
§ 59. ბელიცინის მანძილზომი

ეთქვათ, ტოლფერდა სამკუთხედში (ნახ. 104) ცნობილია მასვილი კუთხე β და მისი მოპირდაპირე მოკლე გვერდი B . მაშინ D მანძილი (სამკუთხედის სიმაღლე) მიიღება ფორმულით:

$$D = \frac{1/2 B}{\operatorname{tg} \beta/2} \quad (1)$$

β კუთხეს პარალელური კუთხე ეწოდება. თუ β კუთხე მცირეა, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{\beta''}{2} \cdot \operatorname{tg} 1'' = \frac{\beta''}{2} \sin 1'' = \frac{1/2 \beta''}{206265}$$

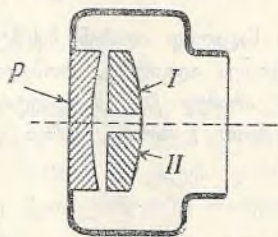


ნახ. 104.

მაშინ (1) ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$D = \frac{B \cdot 206265}{\beta''} \quad (2)$$

თუ ფორმულაში შემავალი წევრი B მუდმივია, მაშინ D მანძილის მისაღებად საკმარისია β კუთხის გაზომვა. ამ კუთხის გასაზომად საბ-

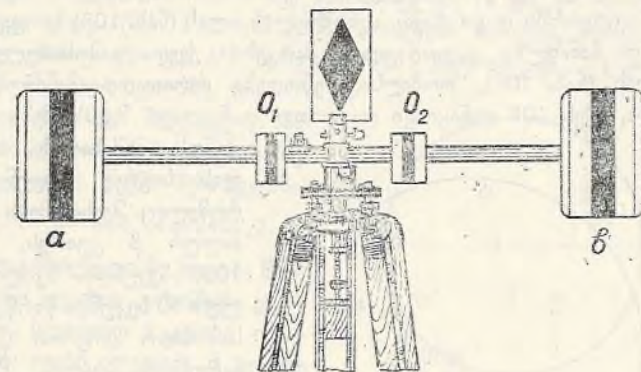


ნახ. 105.

ჭოთა კონსტრუქტორმა ბელიცინმა შექმნა ოპტიკური ხელსაწყო, რომელიც წარმოადგენს კოლოფში მოთავსებულ ორ (I და II) ლინზას (ნახ. 105). ლინზების წინ მოთავსებულია ბრტყელ-ჩაზნეპილი P ლინზა. ზედა I ლინზას საზომი ლინზა ეწოდება. სპეციალური ხრახნებით შეიძლება აღნიშნული I და II ლინზების გადაადგილება ჰორიზონტალური მიმართულებით (ჭოგ-

რის ოპტიკური ღერძის პერპენდიკულარულად). კოლოფი თავისი ლინზებით წამოეცმება თეოდოლიტ TT-50-ის ჭოგრის ობიექტივს. ბელიცინმა წარმოადგინა აგრეთვე დურალუმინისაგან გაკეთებული თარაზული ლარტყა (ნახ. 106), რომლის ბოლოებზე დამაგრებულ თხელ

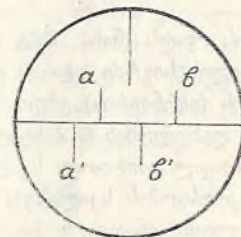
ფირფიტებზე დატანილია შავი a და b ზოლები (მარკები). აღნიშნული ლარტყა მაგრდება სპეციალურ შტატივზე (ნახ. 106), რომელიც მუშაობის დროს იდგმება AC ხაზის (ნახ. 104) ბოლო C წერტილში. a და b მარკების ცენტრებს შორის მანძილი შეესაბამება (2) ფორმულ-



ნახ. 106.

ლაში შემავალ მუდმივ B სიდიდეს. ეს მანძილი ბელიცინმა 1018 მმ-ის ტოლი აიღო.

თუ A წერტილში (ნახ. 104) დაეყენებთ თეოდოლიტს, რომლის ჭოგრეზე წამოცმულია ბელიცინის ხელსაწყო და ჭოგრის მიემართავთ C წერტილში დაყენებული ლარტყისაკენ (D ხაზის მართობად), მაშინ ჭოგრეში დავი-



ნახ. 107.

ნახავთ ყოველი მარკის ორ გამოსახულებას. ქვედა II ლინზა (ნახ. 105) მოგვცემს მარკების a და b გამოსახულებას (ნახ. 107), რომლებიც ზემოთ იქნება მოთავსებული, ხოლო ზედა I ლინზა მოგვცემს იმავე მარკების ქვედა a' და b' გამოსახულებას. თუ ახლა ზედა I ლინზის ხრახნით დავიწყებთ ამ I ლინზის გადაადგილებას, შევნიშნავთ, რომ მარკების ქვედა a' და b' გამოსახულებები გადაადგილდება ჰორიზონტალური მიმართულებით, ხოლო მარკების ზედა a და b გამოსახულებები დარჩება უძრავად. თუკი ქვედა II ლინზის ხრახნით გადავადგილებთ ამ II ლინზას, მაშინ, პირიქით, გადაადგილდება მარკების ზედა a და b გამოსახულებები. ქვედა a' და b' გამოსახულებანი დარჩება უძრავად.

საზომი I ლინზის გადაადგილება შეიძლება ფიქსირებულ იქნეს სპეციალურ სკალაზე, რომელიც მოთავსებულია I ლინზის ზემოთ და რომლის გამოსახულება სათანადო პრიზმის საშუალებით გადაეცემა ჭოგრის ზემოთ მოთავსებულ მიკროსკოპს. ამ მიკროსკოპის ოპულარული თეოდოლიტის ჭოგრის ოპულარის ზემოთაა მოთავსებული. მიკროსკოპის ოპულარში დაგინახავთ აღნიშნულ სკალას (ნახ. 108) და გავიგებთ, თუ რა მანძილზე გადაადგილდა მარკების ქვედა გამოსახულება. ამ სკალას (ნახ. 108), რომელსაც ეწოდება ძირითადი (მანძილმზომის) სკალა, აქვს 105 დანაყოფი და თითო დანაყოფი შეესაბამება 10 სეკუნდს. მაშასადამე, ამ სკალის სიგრძე (სეკუნდებით), რომელიც შეესაბამება მაქსიმალურ β კუთხეს, იქნება 1050 სეკუნდი. სკალის ყოველი 50 სეკუნდი წარწერილია სათანადო ციფრით (ნახაზზე ნაჩვენებია სკალის ნაწილი, რომელსაც აქვს წარწერა 750" და 800"). ძირითადი სკალის ერთი დანაყოფის მეთაფი ნაწილის ზუსტად შესაფასებლად, მიკროსკოპში მოთავსებულია სპეციალური სკალა, რომელიც ასრულებს ვერნიერის როლს (ნახ. 108). ამ სკალაზე სულ ათი დანაყოფია და მთელი სკალის სიგრძე უდრის ძირითადი სკალის ერთ დანაყოფს. ასეთი სკალის (ვერნიერის) ერთი დანაყოფი შეესაბამება ერთ სეკუნდს. ანათვალს კი ღებულობენ 0,2 სეკუნდის სიზუსტით. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 108) ანათვალის ძირითად სკალაზე იქნება 780 სეკუნდი, ხოლო ანათვალის მიკროსკოპის სკალაზე (ვერნიერაზე) იქნება 3,4 სეკუნდი. მაშასადამე, მთლიანი ანათვალის (ძირითადი სკალის ნულიდან მიკროსკოპის სკალის ნულამდე) იქნება 783,4 სეკუნდი.

შემოთავაზებულ (2) ფორმულაში შემავალი β კუთხის გაზომვის მიზნით თეოდოლიტს, რომელზედაც მოწყობილია ბელიცინის მანძილმზომი, აყენებენ A წერტილში (ნახ. 104), ხოლო C წერტილში AC ხაზის მართობად აყენებენ შტატივს თარაზული ლარტყით. ჭოგრის მიმართავე ლარტყისაკენ და ქვედა II ლინზის (ნახ. 105) ხრახნით ამ II ლინზას ისე გადაადგილებენ, რომ მარცხენა მარკის ზედა გამოსახულება a (ნახ. 109) დაახლოებით შეუთავსდეს მარჯვენა მარკის ქვედა



ნახ. 108.

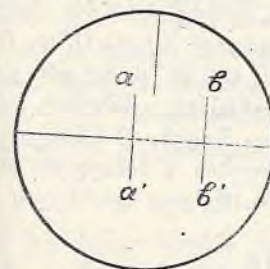
b' გამოსახულებას. ამ მარკებს ზუსტად შეუთავსებენ ერთმანეთს ზედა I ლინზის ხრახნით. ამის შემდეგ იცქირებიან მიკროსკოპში და სკალაზე (ნახ. 108) იღებენ ანათვალს, მაგალითად 658",4. იმავე ზედა I ლინზის ხრახნით ამ I ლინზას ისე გადაადგილებენ, რომ ლარტყის მარცხენა მარკის ორივე გამოსახულება (a და a') ერთიმეორეს შეუთავსდეს (ნახ. 110). ამ დროს ლარტყის მარჯვენა მარკის გამოსახულებანიც (b და b') ერთიმეორეს შეუთავსდებიან. ხელახლა აიღებენ ანათვალს სკალაზე. ეთქვამთ, მივიღეთ 898",6. მიღებული ანათვლების სხვაობა გამოსახავს საძიებელ β კუთხეს. ჩვენს შემთხვევაში $\beta = 898",6 - 658",4 = 240",2$.

შემოთავაზებული მოქმედება წარმოადგენს კუთხის გაზომვას ერთი ილეთით. საერთოდ β კუთხე იზომება სამი-ოთხი ილეთით. β კუთხის გაზომვის შემდეგ არსებული ცხრილებიდან პოულობენ საძიებელ D მანძილს.

ეს ცხრილები შედგენილია (2) ფორმულის $D = \frac{B \cdot 206265}{\beta''}$

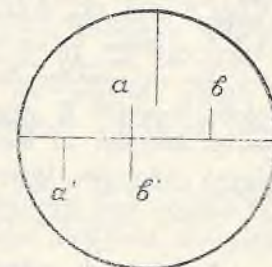
საფუძველზე. ამ ფორმულის მრიცხველი ($B \cdot 206265$) წარმოადგენს მუდმივ რიცხვს. მაშასადამე, მანძილის მისაღებად საკმარისია ვიცოდეთ β კუთხე. (2) ფორმულის მრიცხველს ($B \cdot 206265$) მანძილმზომის კოეფიციენტი ეწოდება და აღინიშნება K ასოთი. მაშინ (2) ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$D = \frac{K}{\beta''}$$



ნახ. 110.

უნდა ითქვას, რომ ბელიცინის მანძილმზომით მიღებული მანძილი შეესაბამება მანძილს ჭოგრის ობიექტივიდან (რომელზედაც წამოცმულია მანძილმზომი) ლარტყამდე. საძიებელი AC ანუ D მანძილის (ნახ. 104) მისაღებად შემოთავაზებული ფორმულით მიღებულ D მანძილს უნდა დაემატოს C სიდიდე, რომე-



ნახ. 109.

ლიც ბელიცინის მანძილმზომისათვის ტოლია 12 სანტიმეტრისა. ამ შემთხვევაში ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$D = \frac{K}{\beta''} + C. \quad (3)$$

K კოეფიციენტი განისაზღვრება არა B და 206265 რიცხვის უბრალო გამრავლებით, არამედ—პრაქტიკულად. ამისათვის სწორ ადგილზე დანიშნავენ ხაზს. შემოწმებული ბაფთით ამ ხაზზე საწყისი წერტილიდან გადაზომავენ სხვადასხვა მანძილს, მაგალითად 100, 200, 250, 300 მ... და ზემომოყვანილი წესით ყოველი ამ მანძილისათვის გაზომავენ β კუთხეს. თუ (3) ფორმულაში ჩავსვამთ შესაბამის D , β და C მნიშვნელობებს, მივიღებთ K კოეფიციენტის სხვადასხვა მნიშვნელობას. საბოლოოდ მიიღებენ ამ მნიშვნელობების საშუალო არითმეტიკულს. არსებული ცხრილებიც სხვადასხვა კოეფიციენტისათვისაა შედგენილი.

იმ მიზნით, რომ ბელიცინის მანძილმზომით მივიღოთ ხაზის ჰორიზონტალური პროექცია, საჭიროა თეოდოლიტის ვერტიკალური წრედით გაიზომოს ხაზის დახრის კუთხე α . ამ შემთხვევაში (როგორც ბაფთით გაზომვის დროს) გამოთვლიან შესწორებას (დახრილობის გამო) ცნობილი ფორმულით:

$$\Delta = 2D \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2}. \quad (\text{იხ. § 21})$$

ამ ფორმულის მიხედვით შედგენილია ცხრილები.

თუ ბელიცინის მანძილმზომით მიღებულ მანძილს გამოვაკლებთ Δ შესწორებას, მივიღებთ ხაზის ჰორიზონტალურ პროექციას.

მრავალი ცდით დადასტურებულია, რომ ბელიცინის მანძილმზომით ხაზები იზომება არანაკლები სიზუსტით, ვიდრე 1:1000. ბელიცინის ლარტყაზე (ნახ. 106) დამაგრებულია აგრეთვე პატარა O_1 და O_2 მარკები, რომელთა შორის მანძილი უდრის 400 მმ. ეს მარკები გამოიყენება მოკლე მანძილების (80-დან 200 მეტრამდე) გასაზომად.

გარდა იმ ცხრილებისა, რომლებითაც მიიღება D მანძილი, შედგენილია სპეციალური ცხრილები წერტილების h სიმაღლეთა სხვაობის მისაღებად. ასეთი ცხრილები შედგენილია შემდეგი ფორმულის საფუძველზე:

$$h = D \cdot \sin \alpha,$$

სადაც α არის დახრის კუთხე. მოყვანილ ფორმულაში შემავალი D მანძილი, როგორც (3) ფორმულიდან ჩანს, დამოკიდებულია პარალელურ β კუთხეზე. მაშასადამე, h სიმაღლეთა სხვაობა წარმოადგენს β და α არგუმენტების ფუნქციას. მართლაც, არსებული ცხრილებიდან h სიდიდე მიიღება β და α არგუმენტების მიხედვით.

§ 60. ოპტიკური მანძილმზომი

ამ უკანასკნელ ხანებში იყენებენ ოპტიკურ მანძილმზომებს.

ასეთი მანძილმზომის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ჭოგრის ობიექტივის წინ ათავსებენ მინის პრიზმას ისე, რომ ობიექტივის ზედაპირის ნახევარი (ან ნაკლები) დაფარული იყოს პრიზმით. ამ შემთხვევაში ჭოგრში მიიღება საგნის ორი გამოსახულება: ერთი — ძირითადი (უფრო მკრთალი), მიღებული ობიექტივის იმ ნაწილით, რომელიც არ არის დაფარული, და მეორე — მიღებული იმ სხივებით, რომლებიც წინასწარ გაივლის პრიზმაში და, მაშასადამე, იცვლის პირველად მიმართულებას. ამ სხივებით მიღებული გამოსახულება, ცხადია, არ იქნება შეთავსებული ძირითად გამოსახულებასთან და ჭოგრში ცქერის დროს მოგვეჩვენება ლარტყის ორი (ერთიმეორისაგან აცდენილი) გამოსახულება.

ოპტიკიდან ცნობილია, რომ, რაც მეტია მანძილი ლარტყამდე, მით უფრო მეტი იქნება აღნიშნულ გამოსახულებებს შორის x დაშორება.

ამგვარად, იარაღიდან ლარტყამდე D მანძილი პროპორციულია ლარტყის ორ გამოსახულებას შორის x დაშორებასა, ე. ი. D არის x -ის ფუნქცია [$D = f(x)$]. მაშასადამე, იარაღიდან ლარტყამდე მანძილის მისაღებად საჭიროა ვიცოდეთ გამოსახულებათა შორის x მანძილი. ეს x მანძილი ზუსტად იზომება სპეციალური მოწყობილობით, რომელიც ჭოგრშია მოთავსებული.

შეიძლება შედგენილი იქნეს ცხრილი, რომელშიც მოყვანილი იქნება D მანძილები x გადახრების მიხედვით.

ცდებით დადასტურებულია, რომ ოპტიკურ მანძილმზომებს ახასიათებს დიდი სიზუსტე მხოლოდ მცირე მანძილებისათვის; მაგალითად, თუ D მანძილი არ აღემატება 150 მეტრს, მაშინ ფარდობითი შეცდომა შეიძლება მიღებული იქნეს 1/5000-მდე.

ამის გამო განხილული მანძილმზომი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ქალაქების ასაგეგმავად, სახელდობრ, პოლიგონომეტრიაში.

§ 61. უკანასკნელი მანძილმზომი

ამ უკანასკნელ ხანებში ჩვენში და უცხოეთში წარმატებით გამოიყენება შექმნილმზომები, რომლებსაც ახასიათებს დიდი სიზუსტე.

ასეთი მანძილმზომებით მანძილები განისაზღვრება იმ დროის მიხედვით, რომლის განმავლობაში სინათლის სხივი ან რადიოტალღა გაივლის საძიებელ მანძილს.

A და B წერტილებს შორის D მანძილის გაზომვის მიზნით, A წერტილში აყენებენ შტატივზე დამაგრებულ შექმნილმზომს, რომ-

ლის კამერაში მოთავსებულია შუქის გადამცემი და მიმღები მოწყობილობა. B წერტილში კი აყენებენ სპეციალურ აპარატს, რომელშიც შუქმანძილმზომიდან გამოსული სხივი აირეკლება და ბრუნდება A წერტილში — მანძილმზომის კამერაში.

თუ სინათლის სხივის სიჩქარეს აღვნიშნავთ v ასოთი და დროს, შუქის გაგზავნის მომენტიდან არეკლილი შუქის მიღების მომენტამდე t ასოთი, მაშინ A და B წერტილებს შორის მანძილი D მიიღება ფორმულით:

$$D = \frac{v \cdot t}{2}.$$

სინამდვილეში t დრო არ იზომება სიძნელის გამო. აქ იყენებენ გარკვეული სიგრძის ტალღის სხივს და არკვევენ, თუ რამდენჯერ მოთავსდა $2D$ მანძილში აღნიშნული ტალღა.

თუ N ასოთი აღვნიშნავთ ტალღების რიცხვს $2D$ მანძილში და ტალღის სიგრძეს K ასოთი, მაშინ $2D$ მანძილი განისაზღვრება ფორმულით:

$$2D = N \cdot K + l,$$

სადაც l არის ნაშთი, რომელიც K სიდიდეზე ნაკლებია. ნაშთი l და აგრეთვე N რიცხვი განისაზღვრება სპეციალური მოწყობილობით.

მანძილმზომით მუშაობისას ზთავარია, რომ ტალღის სიგრძე K იყოს მუდმივი (უცვლელი). ამ მიზნით გამოიყენება აპარატი — მოდულატორი.

D მანძილის განსაზღვრის შემდეგ ცნობილი წესით გამოთვლიან ამ მანძილის ჰორიზონტალურ პროექციას ან მოახდენენ მის რედუცირებას ელიფსოიდის ზედაპირზე.

საბჭოთა კავშირში ამჟამად გამოყენებულია სამი სახის შუქმანძილმზომი.

1. დიდი შუქმანძილმზომი, რომლითაც იზომება მანძილები 25—30 კილომეტრამდე 1:350 000 სიზუსტით. ასეთი შუქმანძილმზომები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს I კლასის ტრიანგულაციაში.

2. საშუალო ზომის შუქმანძილმზომი, რომლითაც იზომება მანძილები 10—12 კილომეტრამდე სიზუსტით 1:50 000-დან 1:100 000-მდე.

3. პატარა, ანუ ტოპოგრაფიული შუქმანძილმზომი, რომლითაც იზომება მანძილები 2—3 კილომეტრამდე 1:4000-დან 1:10 000-მდე სიზუსტით. ასეთი მანძილმზომი შეიძლება წარმატებით იქნეს გამოყენებული დიდ მშენებლობებზე და აგრეთვე დაბალი კლასის ტრიანგულაციაში და პოლიგონომეტრიაში.

არსებობს აგრეთვე დიდი რადიომანძილმზომები, რომლითაც იზომება მანძილი 50 და უფრო მეტ კილომეტრამდე 1:400 000 სიზუსტით.

რადიომანძილმზომის ღირსება ის არის, რომ მუშაობისას არაა საჭირო, დგომის წერტილიდან მოჩანდეს ის წერტილი, სანამდეც იზომება მანძილი, შუქმანძილმზომისათვის კი ეს საუკლებულოა.

ამჟამად დიდი მანძილები მაღალი სიზუსტით იზომება ლაზერების საშუალებით.

თ ა ვ ი X

კუთხმზომი ინსტრუმენტები

გეოდეზიურ ინსტრუმენტებს, რომლებითაც იზომება ხაზებს შორის მდებარე კუთხე (ჰორიზონტალური პროექცია), კუთხმზომი ინსტრუმენტები ეწოდება. არსებობს სამი სახის კუთხმზომი ინსტრუმენტი

პირველ სახეს ეკუთვნის სხვადასხვაგვარი ეკერი—ინსტრუმენტი, რომლითაც ადვილზე ააგებენ მუდმივი სიდიდის კუთხეს (45° , 90° , 135°).

მეორე სახეს ეკუთვნის ისეთი ინსტრუმენტი, რომლითაც იზომება ნებისმიერი სიდიდის კუთხე. ასეთი ინსტრუმენტებია: თეოდოლიტი, პანტომეტრი, გონიომეტრი და ბუსოლი.

მესამე სახის ინსტრუმენტით კუთხე განისაზღვრება გრაფიკულად. ასეთ ინსტრუმენტებს ეკუთვნის სხვადასხვა სისტემის მენზურა კიპრეგელით.

გავეცნოთ მეორე სახის კუთხმზომ ინსტრუმენტებს და მათგან, პირველ რიგში, თეოდოლიტს.

§ 62. სხვადასხვა სახის თეოდოლიტები

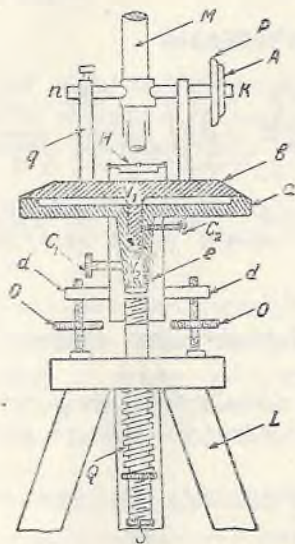
თეოდოლიტი, როგორც ვთქვით, კუთხმზომი გეოდეზიური ინსტრუმენტია. მისი ჭრილი ნაჩვენებია 111-ე ნახაზზე, ხოლო საერთო ხედი 113, 114, 115 და 117-ე ნახაზებზე.

თეოდოლიტის ნაწილებს მიეკუთვნება α ლიმიტი (ნახ. 111) და β ალიდადი.

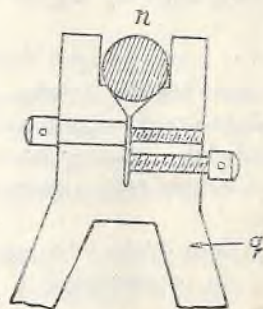
ლიმიტი წარმოადგენს ლითონის წრედს, რომლის გარეთა ნაპირზე დატანილია ვერცხლის თხელი და ვიწრო ზოლი. ამ ზოლის ზედაპირზე დაიტანება გრადუსული სკალა. იმ თეოდოლიტებში, რომლებშიც იხმარება ადგილების ასაგებმად და საინჟინრო საქმეში, მიღებულია ნახევარგრადუსიანი და ოცმინუთიანი სკალა. სკალა წარწერილია საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით 0° -დან 360° -მდე ყოველ ათ გრადუსზე.

დღსზე. ლიმბის ზემოთ მოთავსებულია მეორე წრედი—აღრდადა, რომელზედაც მოწყობილია ურთიერთმოპირდაპირე ვერნიერები (I და II), რომლებითაც, როგორც ვიცით, ღებულობენ ანათვალს—ლიმბის ნულიდან აღიდადას ნულამდე (იხ. § 44).

ალიდადას აქვს კონტური ღერძი x_1 , რომელიც თავსდება ლიშბის x_2 ღერძის (ნახ. 111) ღერძში. თავის მხრივ, ლიშბის კონტური x_2 ღერძი თავსდება ღვარის l მილში, რომელზედაც მიღებულია სამი d ბერკეტი. ამ ბერკეტების ბოლოებში მოწყობილია ამწევი o ხრახ-



606. 111.



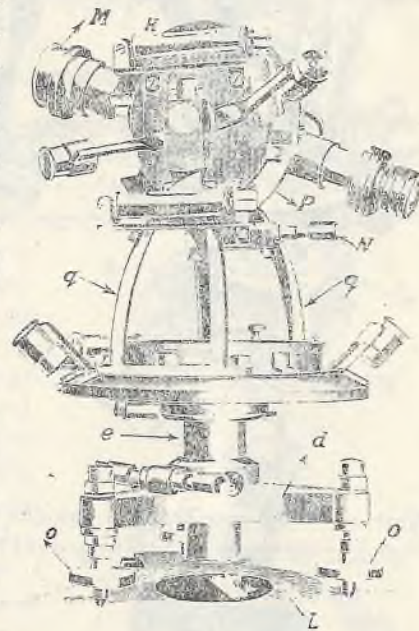
6ab, 112.

აღიდალაზე მოთაქსებულია ურთიერთპერპენდიკულარულად დალაგებული ორი თარაზო (ნახ. 111). ამწევი σ ხრანებით თარაზოების ბუშტულები მოჰყავთ ნულებენტში (შუაგულში), რითაც ლიმბის სიბრტყეს მოიცავან ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში.

ალიდალაზე მაგრდება აგრეთვე q დგარები (სვეტები), რომელთა ზედაბოლოებს აქვთ ჩანგლისებური ბუდეები (ნახ. 112), რომლებშიც თავსდება და თავისუფლად ბრუნავს თეთოფოტის ჰორიზონტალური nk ღერძი. ამ ღერძზე ხშულადაა მიმაგრებული ჭოგარი M (ნახ. 111) და გრადუსებად დაყოფილი ვერტიკალური წრედი P . ამის გამო nk ღერძთან ერთად ბრუნავს ჭოგარი და ვერტიკალური წრედი.

ვერტიკალური წრედით იზომება ხაზების დახრის კუთხე, ე. ი. კუთხე, მოთავსებული ჰორიზონტალურ ხაზსა და მოცემულ ხაზს შორის. ამ მიზნით *ჩს* ჰორიზონტალურ ღერძზე თავისუფლადაა წამოცმული ალიდადა *A* ორი ვერნიერით, რომლებითაც ღებულობენ ანათვალს ვერნიერის ნულიდან ვერტიკალური წრედის ნულამდე, ალიდაზე მოთავსებულია აგრეთვე თარაზო *H* (ნახ. 113 და 114), რომლის ბუშტულას მიკრომეტრული *N* ხრახნით დააყენებენ ნულპუნქტზე (შუაში) და ამით *A* ალიდადს ვერნიერების ნულებს აძლევენ გარკვეულ მდგომარეობას, რომელიც ვერტიკალური კუთხის გაზომვის დროს უცვლელი უნდა იყოს. ეს არის ვერტიკალური წრედის ალიდადაზე მოთავსებული *H* თარაზოს დანიშნულება. ვერტიკალური წრედის კონსტრუქცია და ამ წრედით ღახრის კუთხის განსაზღვრა განხილულია §§ 72—75.

ზემოვანხილულ თეოდო-
ლიტში (ნახ. 111) ლიმბი
და ალიდადა ერთიმეორისაგან
დამოუკიდებლად ბრუნავს v_1
და v_2 ლერძების ირგვლივ.
როგორც ლიმბს, ისე ალიდა-
დის აქვს დასამაგრებელი C_1
და C_2 ხრახნები. თუ მაგალი-
თად, მოვეუქვრთ ლიმბის C_1
ხრახნს და მოვეუქვებთ ალი-
დადის C_2 ხრახნს, მაშინ მარ-
ტო k ალიდადა იტრიალებს
 v_1 ლერძთან ერთად. თუკი
ლიმბის C_1 ხრახნსაც მოვეუქ-
ვებთ, მიშინ a ლიმბიც იტრი-
ალებს.

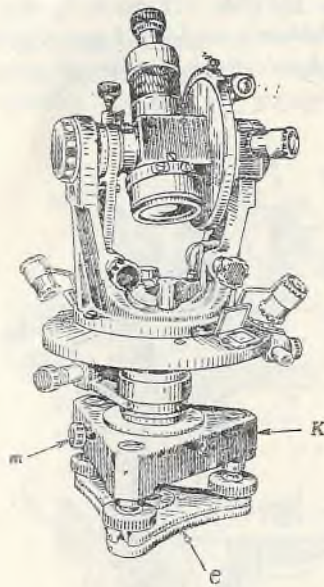


686. 113.

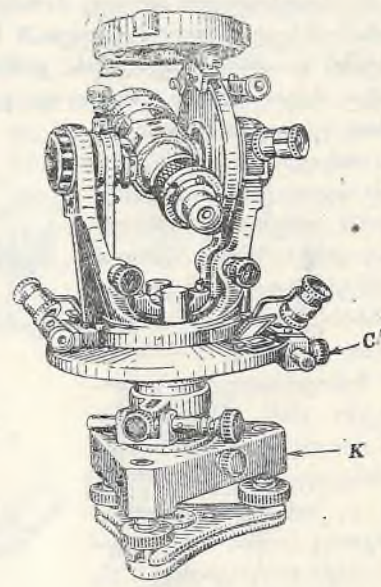
კუთხის გაზომვისას, ღიმბის და ალიდადას ჩაქეტვის შემდეგაც, საჭიროა მათი უმნიშვნელო ბრუნვა ჭოგრის ზუსტად დამოწმების მიზნით. ეს ხორციელდება ღიმბზე და ალიდადაზე მოწყობილი ზამბარიანი ხრახნებით (ნახ. 115). ამ ხრახნებს მიკროხრახნები ეწოდება. მიკროხრახნები მოწყობილია აგრეთვე ვერტიკალურ წრელზე

და მის ალიდადაზე, რომელზედაც დამაგრებულია თარაზო. ამ თარაზოს ბუშტულა მოჰყავთ ნულპუნქტში აღნიშნულ N მიკროხრახნით.

ამჟამად ჩვენი ქარხნები უშვებენ გაუმჯობესებული კონსტრუქციის თეოდოლიტს მაღალი ხარისხის ოპტიკით. თუ ძველი თეოდოლიტები

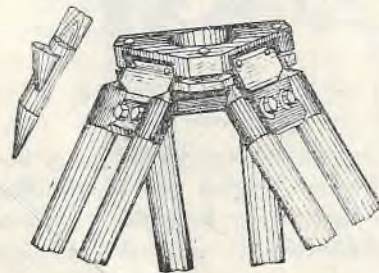


ნახ. 114.



ნახ. 115.

ამწვევი o ხრახნებით უშუალოდ იდგმება შტატივზე (ნახ. 113), გაუმჯობესებულ თეოდოლიტებში, როგორც 114, 115 და 117-ე ნახაზებიდან



ნახ. 116.

ჩანს, თეოდოლიტი თავისი შვეული ღერძით თავსდება სპეციალურ ქვედა K ღვარის ბუდეში და მაგრდება m ხრახნით. თვით K ღვარი ლითონის სპეციალური l ფირფიტებით იდგმება შტატივის (ნახ. 116) თავზე და მიემაგრება მას ხერხემლის ზრახნით. ასეთი კონსტრუქცია შეტად მდგრადს (ურყევს) ხდის თეოდოლიტს.

ლოლიტს. ზოგიერთ თეოდოლიტში ვერნიერების ნაცვლად მოწყობილია მიკროსკოპები, რაც აღვილებს ანათვალების აღებას და მეტ სიზუსტესაც იძლევა.

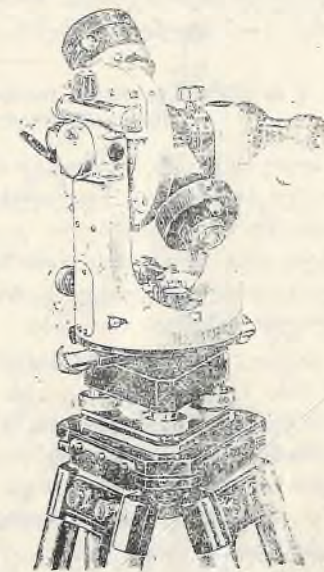
თეოდოლიტებში, როგორც წესი, მოთავსებულია ბუსოლი. რომლითაც იზომება აზიმუტები (იხ. § 76). თეოდოლიტებით, გარდა ჰორიზონტალური აგვეგმვისა, შეიძლება ტაქსომეტრიული აგვეგმვის წარმოებაც. ამიტომ ამგვარ თეოდოლიტებს წრიულ ტაქსომეტრებსაც უწოდებენ.

როგორც აღვნიშნეთ, მუშაობის დროს თეოდოლიტი იდგმება შტატივზე, რომელიც შედგება სამი ფეხისაგან (ნახ. 116). აღნიშნული ფეხები სახსრისებურადაა ქანჩებით მიმაგრებული შტატივის ლითონის თავზე.

§ 83. ოპტიკური თეოდოლიტი

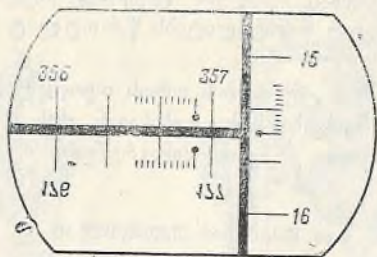
გარდა ზემოვანხილული თეოდოლიტებისა, ჩვენი ქარხნები ამზადებენ ოპტიკურ თეოდოლიტებს, რომლებსაც დიდი გამოყენება აქვთ ზუსტ გეოდეზიურ სამუშაოებზე. ერთ-ერთი სახე ასეთი თეოდოლიტისა მოყვანილია 117-ე ნახაზზე. თეოდოლიტის ლიმბი და ვერტიკალური წრედი წარმოადგენს მინის დისკოს, რომელზედაც დატანილია გრადუსული სკალა. სპეციალური სარკვევითა და პრიზმებით ხდება გრადუსული სკალის გაშუქება და მათი გამოსახულების გადაცემა მიკროსკოპში, რომელიც მოთავსებულია ჭოგრის გვერდით — თარაზულ ღერძზე.

მიკროსკოპში ცქერით დავინახავთ სკალის მეკეთრ გამოსახულებას (ნახ. 118). ამ ნახაზის მარცხენა მხარეზე მოყვანილია ლიმბის დანაყოფები, ხოლო მარჯვენაზე — ვერტიკალური წრედის დანაყოფები. როგორც ლიმბის, ისე ვერტიკალური წრედის ყოველი გრადუსი დანაყოფილია სამ ნაწილად, ე. ი. ოცოც მინუტად. ანათვლების ასაღებად იხმარება მიკროსკოპის სკალა, რომელიც შეიცავს ათ დანაყოფს; თვით სკალის სიგრძე ტოლია ლიმბის გრ. ხუნჯუა



ნახ. 117.

ბის ერთი დანაყოფისა. მაშასადამე, სკალის ერთი დანაყოფი შეესაბამება 2 მინუტს. ანათვალს იღებენ 0,2 მინუტის სიზუსტით. ჩვენს შემთხვევაში ლიშზე იქნება $356^{\circ}52',0$ ანათვალი და ვერტიკალურ წრედზე— $15^{\circ}30'$. იმავე ნახაზზე ნაჩვენები ლიშის შებრუნებული გამოსახულება (176° და 177°) შეესაბამება მეორე ვერნიერს.



ნახ. 118.

ზოგიერთ ოპტიკურ თეოდოლიტზე ანათვლების ასაღებად იყენებენ სპეციალურ მიკრომეტრებს, რომელთა საშუალებით ანათვლებს ღებულობენ 1—2 სეკუნდის სიზუსტით.

§ 64. კუთხის გაზომვის პრინციპი და ის პირობები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს თეოდოლიტი

ადგილის გეგმის შესადგენად საჭიროა ვიცოდეთ ჰორიზონტალური პროექციები როგორც წერტილებს შორის მანძილებისა, ისე მოცემულ ხაზებს შორის მოთავსებული კუთხეებისა. დახრილი ხაზების ჰორიზონტალური პროექციის განსაზღვრას უკვე გავეცანით (იხ. § 21). ახლა განვიხილოთ კუთხეების ჰორიზონტალური პროექციების თეოდოლიტით გაზომვის პრინციპი.

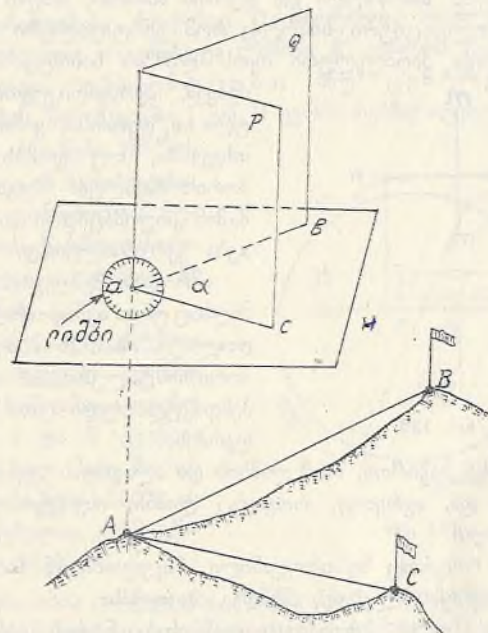
ვთქვათ, რომ ადგილზე მოცემულია ორი მიმართულება— AB და AC (ნახ. 119), რომლებსაც აქვს სხვადასხვა დახრილობა, ე. ი. A , B და C წერტილები მდებარეობს სხვადასხვა სიმაღლეზე. BAC კუთხის ჰორიზონტალური პროექციის მისაღებად წარმოვიდგინოთ სამი სიბრტყე: ორი ვერტიკალური P და Q , რომლებიც გადის A , B და A , C წერტილებში, და ერთი ჰორიზონტალური H სიბრტყე.

აღნიშნული ვერტიკალური Q და P სიბრტყეები გადაჰყვეთ ჰორიზონტალურ H სიბრტყეს და ამ უკანასკნელზე მივიღებთ ab და ac ხაზებს, ე. ი. AB და AC ხაზების ჰორიზონტალურ პროექციებს.

აღნიშნულ ab და ac ხაზებს შორის მოთავსებული α კუთხე წარმოადგენს ადგილზე მოცემული BAC კუთხის ჰორიზონტალურ პროექციას.

მაშასადამე, კუთხის ჰორიზონტალური პროექციის მისაღებად საჭიროა, რომ თეოდოლიტი იძლეოდეს როგორც ჰორიზონტალურ, ისე ვერტიკალურ სიბრტყეს.

ჰორიზონტალური H სიბრტყის როლს ასრულებს თეოდოლიტის ლიშის სიბრტყე, რომელიც შეგვიძლია მოვიყვანოთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში (თარაზოთი), ოღონდ ამისათვის საჭიროა, რომ ალი-



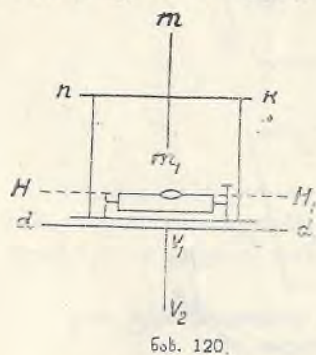
ნახ. 119.

დადაზე მიმაგრებული თარაზოს HH_1 ღერძი (ნახ. 120) პერპენდიკულარული იყოს თეოდოლიტის u_1u_2 შვეული ღერძისა, ე. ი. იმ ღერძისა, რომლის გარშემო ბრუნავს თეოდოლიტი. ეს არის ერთ-ერთი პირობა, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს თეოდოლიტი.

ვერტიკალური სიბრტყის როლს კი ასრულებს ის სიბრტყე, რომელსაც წარმოქმნის კოვრის დამზერის mm_1 ღერძი (ნახ. 120) თარაზოზე nk ღერძის გარშემო ბრუნვის დროს, ამ სიბრტყეს კოლიმატორი სიბრტყე ეწოდება.

ჰოგრის დამზერის ღერძმა რომ შემოწეროს სიბრტყე, საჭიროა აღნიშნული mm_1 ღერძი პერპენდიკულარული იყოს პორიზონტალური n ღერძისა. წინააღმდეგ შემთხვევაში დამზერის mm_1 ღერძი ჰოგრის ბრუნვის დროს შემოწერს არა სიბრტყეს, არამედ — კონუსურ ზედაპირს. მაშასადამე, შემდეგი პირობა, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს თეოდოლიტი, ისაა, რომ ჰოგრის დამზერის mm_1 ღერძი პერპენდიკულარული იყოს პორიზონტალური n ღერძისა.

ასეთი პირობის დაცვისას კოლიმაციური სიბრტყე პერპენდიკულარული იქნება თარაზული n ღერძის მიმართ, ხოლო ამავე დროს აღნიშნული კოლიმაციური სიბრტყე რომ ვერტიკალური იყოს, საჭიროა, n ღერძი პარალელური იყოს ლიშბის სიბრტყისა, ანუ, რაც



იგივეა, პერპენდიკულარული — შვეული v_{12} ღერძისა, ვინაიდან ამ შემთხვევაში, თუ ლიშბს მოვიყვანთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში, მაშინ კოლიმაციური სიბრტყე დადგება ვერტიკალურად.

ამრიგად, შემდეგი პირობა, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს თეოდოლიტი, ისაა, რომ თეოდოლიტის პორიზონტალური n ღერძი პერპენდიკულარული იყოს შვეული v_{12} ღერძისა.

გარდა ამისა საჭიროა, რომ ლიშბის და ალიდადას ცენტრები იყოს თანხვედნილი და, აგრეთვე, როგორც ლიშბი, ისე ვერნიერები სწორად დაყოფილი.

ამრიგად, როგორც ზემომოყვანილი მსჯელობიდან ჩანს, თეოდოლიტი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობას:

1. ალიდადა უნდა ბრუნავდეს ლიშბის ცენტრის გარშემო, ე. ი. ადგილი არ უნდა ჰქონდეს ალიდადას ექსცენტრობას;
2. თარაზოს HH_1 ღერძი (ნახ. 120) უნდა იყოს იარაღის შვეული v_{12} ღერძის პართობი;
3. ჰოგრის დამზერის mm_1 ღერძი უნდა იყოს თეოდოლიტის n პორიზონტალური ღერძის პერპენდიკულარული;
4. თეოდოლიტის n პორიზონტალური ღერძი უნდა იყოს ლიშბის სიბრტყის პარალელური ან, რაც იგივეა, შვეული v_{12} ღერძის პერპენდიკულარული;
5. როგორც ლიშბი, ისე ვერნიერები სწორად უნდა იყოს დაყოფილი.

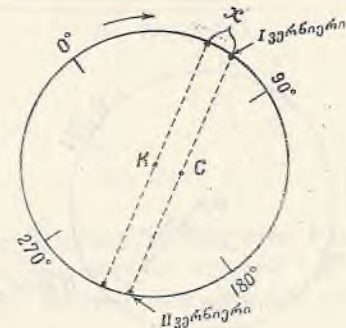
იმ მოქმედებას, რომლის მიხედვით არკვევენ დაცულია თუ არა ზემომოყვანილი პირობები, ინსტრუმენტის შემოწმება ეწოდება, ხოლო იმ მოქმედებას, რომლის მიზანია ინსტრუმენტის შესწორება ისე, რომ დაცული იყოს საჭირო პირობები, ინსტრუმენტის იუსტირება ეწოდება.

ქვემოთ განხილულია თეოდოლიტის შემოწმება და მისი იუსტირება.

§ 55. ალიდადას მსცენარობა

იმ მდგომარეობას, როდესაც C წერტილი, რომლის ირგვლივაც ბრუნავს ალიდადა, არ ემთხვევა ლიშბის K ცენტრს (ნახ. 121), ეწოდება ალიდადას ექსცენტრობა, ანუ ცენტრგარეგნობა. ექსცენტრობის შემთხვევაში I და II ვერნიერებზე აღებული ანათვლების სხვაობა არ იქნება 180° -ის ტოლი გარდა იმ შემთხვევისა, როდესაც ვერნიერების ნულებს შორის წარმოდგენილი I—II ხაზი გადის ლიშბის K ცენტრში (ნახ. 122).

მაშასადამე, ექსცენტრობის გამოსარკვევად ლიშბის სხვადასხვა ნაწილზე ავიღებთ ანათვლებს I და II ვერნიერებზე და, თუ მათ შორის სხვაობა არ იქნება 180° , ეს იმის მაჩვენებელია, რომ ექსცენტრობა არსებობს.



ნახ. 121.

შეიძლება იმის დამტკიცება, რომ x ექსცენტრობა უდრის ანათვალთა სხვაობის ნახევარს, ხოლო ანათვალს, აღებული II ვერნიერზე, წინასწარ უნდა გამოვაკლოთ (ან დავუმატოთ) 180° .

ასევე შეიძლება დავამტკიცოთ, რომ ვერნიერებზე აღებული ანათვლების საშუალო მნიშვნელობა განთავისუფლებულია ექსცენტრობისაგან.

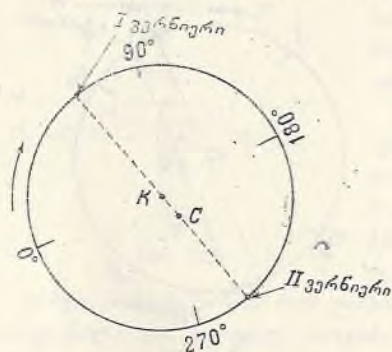
სწორედ ამიტომაც, რომ ალიდადაზე მოწყობილია ორი ურთიერთ-მოპირდაპირე ვერნიერები, რომლებიც წარწერილია I და II ან A და B ასოებით, ხოლო II ვერნიერზე აღებულ ანათვალს წინასწარ უნდა გამოვაკლოთ (ან დავუმატოთ) 180° .

მაგალითი. ვთქვათ, რომ I ვერნიერზე ანათვალ (ლიმბის ნულდან I ვერნიერის ნულამდე) უღრის $17^{\circ}38'$ და II ვერნიერზე — $197^{\circ}40'$ -ს, ამ შემთხვევაში სწორი ანათვალ იქნება:

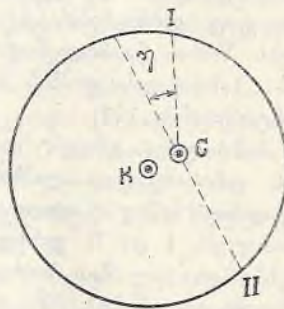
$$\frac{17^{\circ}38' + (197^{\circ}40' - 180^{\circ})}{2} = 17^{\circ}39'.$$

ექსცენტრობის სიდიდე, როგორც წესი, არ უნდა აღემატებოდეს ვერნიერის გაორკეცებულ სიზუსტეს.

ექსცენტრობის სიდიდე საერთოდ ცვალებადია და დანოკიდებულია ალიდადის მდებარეობაზე, ე. ი. თვით ანათვალზე. იგი მაქსიმუმს მიიღწევს მაშინ, როდესაც ვერნიერების შემაერთებული I—II ხაზი პერპენდიკულარულია OK ხაზის (ნახ. 121), ე. ი. თვით ექსცენტრობისა. ნულის ტოლი კი იქნება მაშინ, როდესაც აღნიშნული I—II ხაზი გალის ლიმბის K ცენტრში (ნახ. 122).



ნახ. 122.



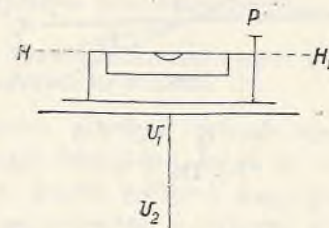
ნახ. 123.

საერთოდ ვგულისხმობთ, რომ ალიდადის ცენტრი C და ვერნიერების ნულები მდებარეობს ერთ სწორ I—II ხაზზე (ნახ. 121). თუ ეს პირობა არ არის დაცული (ნახ. 123), მაშინ I და II ვერნიერების საშუალო ანათვალში შევა შეცდომა, რომელიც ტოლია η კუთხის ნახევრისა, ხოლო ეს შეცდომა ჭოგრის ყოველი მიმართულებისათვის იქნება უცვლელი, ე. ი. მუდმივი, როგორც სიდიდით, ისე ნიშნით. ამის გამო ეს შეცდომა საძიებელი კუთხის სიდიდეზე ვერ იმოქმედებს, რადგანაც კუთხე მიიღება როგორც სხვაობა აღნიშნული ანათვლებისა, და თუ ეს ანათვლები შეიცავს ერთსა და იმავე სიდიდის შეცდომას, მაშინ მათი სხვაობა, ე. ი. საძიებელი კუთხე თავისუფალი იქნება შეცდომისაგან.

§ 66. ალიდადაზე მოთავსებული თარაზოს შემოწმება და იუსტირება

იმ მიზნით, რომ თარაზოს საშუალებით ლიმბი ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოვიყვანოთ, როგორც § 64-ში აღვნიშნეთ, საჭიროა ალიდადაზე (ან დგარზე) მიმაგრებული თარაზოს ღერძი HH_1 (ნახ. 124) პერპენდიკულარული იყოს თეოდოლიტის $u_1 u_2$ შვეული ღერძისა.

ამ პირობის შესამოწმებლად თარაზოს ვაყენებთ თეოდოლიტის ორი ამწევი ხრახნის პარალელურად და თარაზოს HH_1 ღერძი იმავე ამწევი ხრახნებით მოგვყავს ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში (ბუშტულას დაყენებით ნულპუნქტში). შემდეგ ალიდადს საშუალებით თარაზოს შემოვებრუნებთ 180° -ით. ამ შემთხვევაში, თუ პირობა დაცულია, ე. ი. HH_1 ღერძი პერპენდიკულარულია $u_1 u_2$ შვეული ღერძისა (ნახ. 124), შეტრიალების შემდეგაც HH_1 ღერძი დარჩება ჰორიზონტალურად და ბუშტულა ისევ ნულპუნქტში (შუაგულში) დადგება.

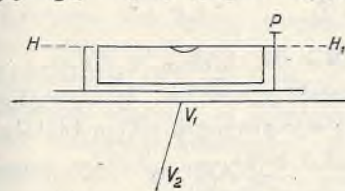


ნახ. 124.

თარაზოს შეტრიალება

180° -ით ხდება ასე: ალიდადს რომელიმე ვერნიერზე, მაგალითად I-ზე, ავიღებთ ანათვალს. შემდეგ, ალიდადს შევატრიალებთ ისე, რომ I ვერნიერზე ხელახლა აღებული ანათვალ პირველი ანათვალისაგან განსხვავდებოდეს 180° -ით.

ასლა დავუშვათ, რომ თარაზოს HH_1 ღერძი არ არის პერპენდიკულარული თეოდოლიტის შვეული $u_1 u_2$ ღერძისა და ვთქვათ, რომ



ნახ. 125.

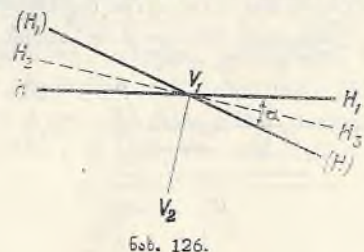
ამწევი ხრახნებით HH_1 ღერძი მოვიყვანეთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში (ნახ. 125 და 126).

ამ შემთხვევაში, ცხადია, რომ თეოდოლიტის $u_1 u_2$ ღერძს არ ექნება შვეული მიმართულება.

მაშასადამე, თუ თარაზოს შევატრიალებთ უძრავი $u_1 u_2$ ღერძის ირგვლივ 180° -ით, მაშინ მისი ღერძი მიიღებს დახრილ (H_1) (H) მიმართულებას (ნახ. 126); ამის გამო ბუშტულა გადაიხრება ნულპუნქტიდან და მიიღებს O' მდებარეობას (ნახ. 127).

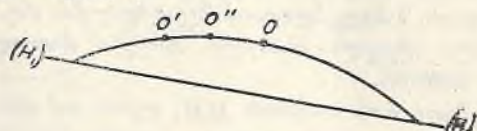
ცხადია, OO' რკალი შეესაბამება HH_1 და (H) (H_1) ღერძებს შორის მოთავსებულ α კუთხეს. აგრეთვე, ცხადია, რომ H_2H_3 ხაზი (წყვეტილი ხაზი), რომელიც α კუთხეს ყოფს შუაზე, ე. ი. H_2H_3 ბისექტრისა პერპენდიკულარულია s_1s_2 ღერძისა და ამ ბისექტრისას თარაზოს ზედაპირზე შეესაბამება საშუალო O'' წერტილი (ნახ. 127).

მაშასადამე, თარაზოს იუსტირების (შესწორების) მიზნით თარაზოს შემასწორებელი P ხრახნით (ნახ. 71 და 125) ბუშტულას გადავადგოვით O'' წერტილში (ნახ. 127), ე. ი. გადავადგილებთ მთელ OO''



ნახ. 126.

გადახრის ნახევარზე. ამით თარაზოს ღერძი მიიღებს H_2H_3 ბისექტრისის მიმართულებას (ნახ. 126), რომელიც პერპენდიკულარულია s_1s_2 ღერძისა და, ამგვარად, საჭირო პირობა ($HH_1 \perp s_1s_2$) დაცული იქნება. ამის შემდეგ თეოდოლიტის ამწვევი ხრახნით ბუშტულას აყენებენ ნულპუნქტში, ე. ი. O წერტილში. ამ შემთხვევაში H_2H_3 ღერძი (წყვეტილი ხაზი) შეუთავსდება თარაზულ HH_1 ხაზს, ე. ი. თარაზო ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში იქნება, ხოლო თეოდოლიტის ბრუნვის s_1s_2 ღერძი დადგება შვეულად.



ნახ. 127.

ამრიგად, როგორც ვხედავთ, იუსტირების მიზნით ბუშტულას გადაადგილებენ მთელი გადახრის ნახევარზე თარაზოს შემასწორებელი P ხრახნით, ხოლო მეორე ნახევარზე თეოდოლიტის ამწვევი ხრახნით.

ასე ამოწმებენ თარაზოს მანამ, სანამ ბუშტულა, ერთხელ დაყენებული ნულპუნქტში, არ დარჩება ურყევად შვეული s_1s_2 ღერძის ირგვლივ ტრიალის დროს. ალიდალაზე, ჩვეულებრივ, მიმაგრებულია ორი თარაზო, რომლებიც დალაგებულია ურთიერთპერპენდიკულარულად. ზემოგანხილული წესით ჯერ შეამოწმებენ ერთ თარაზოს და შემდეგ — მეორეს, ხოლო სანამ დაიწყებდნენ რომელიმე თარაზოს შემოწმებას, ორივე თარაზოს ბუშტულას წინასწარ დააყენებენ ნულპუნქტში თეოდოლი-

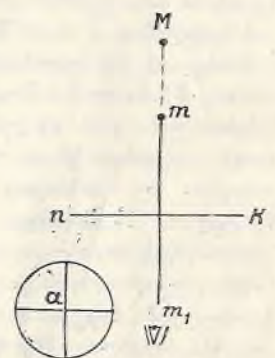
ტის ამწვევი ხრახნებით. ეს აადვილებს და აჩქარებს თარაზოს შემოწმებას და შესწორებას.

იმისათვის, რომ ლიმბი ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოვიყვანოთ, ალიდალას ერთ-ერთ თარაზოს დავაყენებთ რომელიმე ორი ამწვევი ხრახნის გასწვრივ. ამ შემთხვევაში ალიდალას მეორე თარაზო დადგება მესამე ამწვევი ხრახნის გასწვრივ. შემდეგ პირველ თარაზოს ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოვიყვანთ ორი ხრახნით (მათი ბრუნვით ან შიგნით ან გარეთ), ხოლო მეორე თარაზოს — მარტო მესამე ხრახნით. ამ შემთხვევაში ლიმბის სიბრტყე იქნება ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, რადგანაც აღნიშნული თარაზოებით ლიმბი ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანილია ორი მიმართულებით.

§ 67. პოპრის კოლიმაციური უმცდომის გავლენა კუთხის გაზომვაზე, მისი განსაზღვრა და მოსაოგა

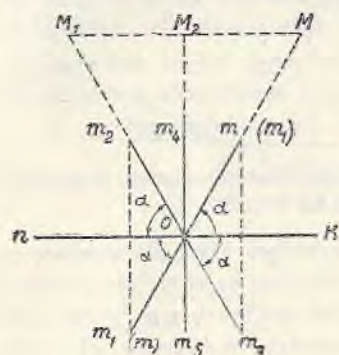
§ 64-ში განვიხილეთ კუთხის გაზომვის პრინციპი თეოდოლიტით და ვნახეთ, რომ სწორი შედეგის მისაღებად საჭიროა არ არსებობდეს კოლიმაციური შეცდომა, ე. ი. ჭოგრის დამზერის mm_1 ღერძი პერპენდიკულარული უნდა იყოს თეოდოლიტის თარაზული nk ღერძისა (ნახ. 120).

ამ პირობის შესამოწმებლად თეოდოლიტით დადგებით რომელიმე წერტილზე და ლიმბის სიბრტყეს თარაზოთი მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. შემდეგ ჭოგრში ცქერით მისი დამზერის mm_1 ღერძს ვაძლევთ მიმართულებას M დაშორებული წერტილისაკენ (ნახ. 128), ე. ი. ჭოგრში მზერის დროს ძაფთა ბადის გადაკვეთის a წერტილმა უნდა დაფაროს ადგილის M წერტილი. ამის შემდეგ ალიდალას და მასთან ერთად დამზერის mm_1 ღერძს შევატრიალებთ 180° -ით (ვერნიერებზე ანათვლების ალებით). ამ შემთხვევაში ჭოგრის ობიექტივი მიმართული იქნება თვალისაკენ და M წერტილის დასანახად საჭიროა იქნება ჭოგრის გადატანა ზენიტზე, ე. ი. მისი შეტრიალება nk ღერძის ირგვლივ ისე, რომ ობიექტივი ისევ M წერტილისაკენ იყოს მიმართული. თუ ამ მოქმედების შემდეგ ძაფთა გადაკვეთის a წერტილმა ისევ M წერტილი დაფარა, ცხადია, რომ დამზერის mm_1 ღერძი ყოფილა პერპენდიკულარული თეოდოლიტის



ნახ. 128.

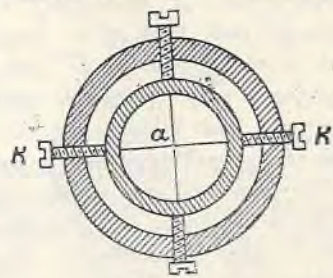
თარაზული nk ღერძისა. თუკი დამზერის mm_1 ღერძი nk ღერძის მიმართ პერპენდიკულარული არ არის, მაშინ ჭოგრის ზენიტზე გადატანის შემდეგ ძაფთა ბადის გადაკვეთის a წერტილი არ დაფარავს M წერტილს. მართლაც, ვთქვათ, რომ დამზერის mm_1 ღერძი nk ღერძის მიმართ არ არის პერპენდიკულარული (ნახ. 129). მათ შორის მოთავსებული კუთხე აღნიშნოთ α -ით. თუ ჭოგრის დამზერის mm_1 ღერძს მივცემთ მიმართულებას ადგილის M წერტილისაკენ და შემდეგ აღიდადს ბრუნვით ჭოგრას შევატრიალებთ 180° -ით (ვერნიერზე ანათვლების აღებით), დამზერის ღერძი მიიღებს იმავე mm_1 ღერძის მიმართულებას, ოღონდ თვალისაკენ უკვე მიმართული იქნება m ობიექტივი, საგნისაკენ კი m_1 ოკულარი. საგნის დასანახავად საჭირო იქნება ჭოგრი ზენიტზე



ნახ. 129.

გადავიტანოთ. ამ დროს დამზერის mm_1 ღერძი შემოწერს კონუსისებრ ზედაპირს (2α კუთხით კონუსის O წვეროში) და იგი მიიღებს m_2m_5 მიმართულებას, ე. ი. დამზერის ღერძი უკვე მიმართული იქნება ადგილის სხვა M_1 წერტილისაკენ. 129-ე ნახაზიდან ჩანს, რომ საშუალო OM_2 მიმართულება არის nk ღერძის მართობი (M_2 არის M და M_1 წერტილების შუა მანძილზე მდებარე წერტილი). მაშასადამე, ინსტრუმენტის შესწორების (იუსტირების) მიზნით საჭიროა, რომ ჭოგრის დამზერის ღერძს მივცეთ m_4m_5 მიმართულება (ადგილის M_2 წერტილისაკენ).

ამისათვის ჭოგრის ძაფთა ბადეს (ნახ. 130) თავისი შემასწორებელი გვერდითი K ხრახნებით გადავადგილებთ ისე, რომ ძაფების გადაკვეთის a წერტილმა დაფაროს M_2 წერტილი. ამ შემთხვევაში m_4m_5 ღერძი იქნება M_2 წერტილისაკენ მიმართული, ე. ი. nk ღერძის მართობი, რისი შესწორებაც იყო საჭირო.



ნახ. 130.

ვინაიდან საშუალო M_2 წერტილის ადგილზე ზუსტად ვერ დავნიშნავთ, ამიტომ მიმართავენ აღნიშნული შემოწმების უფრო ზუსტ და მოზერხებულ მეთოდს, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში: თეოდოლიტს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, ჭოგრის დამზერის ღერძს მივმართავთ ადგილის რომელიმე M წერტილისაკენ და ვერნიერებზე ავიღებთ საშუალო ანათვალს (ექსცენტრობის გავლენის მოსასპობად). ვთქვათ, ეს საშუალო ანათვალის უღრის $25^\circ 33'$. ამის შემდეგ ჭოგრას გადავიტანთ ზენიტზე და დამზერის ღერძს მართო აღიდადს ტრიალით (ლიმბი დამაგრებელია) ხელახლა მივმართავთ იმავე M წერტილისაკენ და ხელმეორედ ავიღებთ საშუალო ანათვალს (მაგალითად, $205^\circ 33'$). იმ შემთხვევაში, თუ მეორე და პირველი ანათვლები ტოლია (ცხადია, მეორე ანათვალს წინასწარ უნდა გამოვუკლოთ 180°), ეს იმის მაჩვენებელია, რომ ჭოგრის დამზერის ღერძი თეოდოლიტის ჰორიზონტალური nk ღერძის მიმართ მართობი ყოფილა. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ე. ი. თუ მივიღეთ, მაგალითად, ანათვალი $205^\circ 37'$, მაშინ აღნიშნული პირობა არ იქნება დაცული და ანათვალთა სხვაობა [ჩვენს შემთხვევაში $205^\circ 37' - (180^\circ + 25^\circ 33') = 0^\circ 4'$] გამოხატავს გაორკვეთულ კოლიმაციურ $2C$ შეცდომას. შესწორების მიზნით ვერნიერის ნულს (აღიდადს მიკროხრახნით) დავაყენებთ საშუალო ანათვალზე $\left[205^\circ - \frac{37+33}{2} = 205^\circ 35' \right]$. ამ შემთხვევაში ძაფების გადაკვეთის a წერტილი ადგილის M წერტილიდან გადაადგილდება მარჯვნივ ან მარცხნივ C კუთხით, ე. ი. $0^\circ 2'$ -ით. ამის შემდეგ ძაფთა ბადის შემასწორებელი ხრახნით ძაფთა ბადეს გადავადგილებთ ისე, რომ ძაფების გადაკვეთის წერტილი დაფარდეს ადგილის იმავე M წერტილს. ამ დროს ჭოგრის დამზერის ღერძი მიიღებს m_4m_5 მიმართულებას (ნახ. 129), რომელიც იარაღის ჰორიზონტალური nk ღერძისადმი პერპენდიკულარული იქნება და, მაშასადამე, კოლიმაციური შეცდომაც მოიშობა.

აღნიშნული შემოწმებიდან ის დასკვნა გამომდინარეობს, რომ კოლიმაციურ C შეცდომას მუშაობის სიზუსტეზე გავლენა არ ექნება იმ შემთხვევაში, თუ შეცდომით მიღებულ OM და OM_1 მიმართულებებს (ნახ. 129) შორის ავიღებთ OM_2 საშუალო მიმართულებას, რომელიც მართობია nk ღერძისა. ამის გამო კუთხე, ჩვეულებრივ, იზომება ორჯერ—მარჯვნივ და მარცხნივ წრედით, ე. ი. კუთხის ერთხელ გაზომვის შემდეგ ჭოგრას გადაიტანენ ზენიტზე და კუთხეს ხელმეორედ ზომივენ.

ამრიგად, თუ კუთხე იზომება ორჯერ (მარჯვნივ და მარცხნივ წრედით), მაშინ კოლიმაციური C ცდომილება გავლენას ვერ მოახდენს კუთხის გაზომვაზე, მხოლოდ საჭიროა, რომ კოლიმაციური C ცდომილება არ იყოს ცვალებადი, როგორც სიდიდით, ისე

ნიშნით. ყოველ შემთხვევაში, ცვლებადობა არ უნდა აღემატებოდეს ვერნიერის გაორკეცვულ სიზუსტეს. თუ სხვადასხვა წერტილებში განსაზღვრული კოლიმაციური ცდომილება განიცდის დიდ ცვლებადობას, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ თეოდოლიტი არაა წესრიგში და ის შესაკეთებელია.

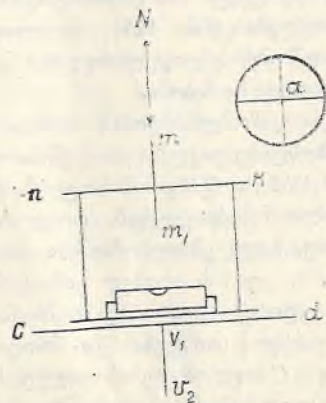
თუკი დახრის კუთხეს გავზომავთ მარტო ერთი წრედით (მარჯვენათი ან მარცხენათი), მაშინ კოლიმაციური ცდომილება C კუთხის გაზომვაზე მოახდენს გავლენას და მივიღებთ Y ცდომილებას, რომელიც განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$Y = C(\sec \beta_1 - \sec \beta_2), \quad (1)$$

სადაც C არის კოლიმაციური ცდომილება (მინუტებში ან სეკუნდებში), β_1 და β_2 კი საძიებელი კუთხის AB და AC გვერდების (ნახ. 119) დახრილობა. თუ $\beta_1 = \beta_2$, ე. ი. როდესაც საძიებელი კუთხის გვერდების დახრილობა ტოლებია, მაშინ, როგორც 1-ლი ფორმულიდან ჩანს, ცდომილება ტოლი იქნება ნულისა. მაშასადამე, ამ შემთხვევაში, თეორიულად რომ ვიმსჯელოთ, შეიძლება კუთხის გაზომვა ერთი წრედით მარჯვენათი ან მარცხენათი, მაგრამ პრაქტიკის უმრავლეს შემთხვევაში გვერდებს სხვადასხვა დახრილობა აქვთ და კუთხე ჩვეულებრივ იზომება ორჯერ — მარჯვენა და მარცხენა წრედით.

§ 88. თეოდოლიტის თარაზული ღერძის გერპენდიკულარული უზომოვნება გერპენდიკულარული ღერძის მიმართ

როგორც § 64-ში განვიხილეთ, საჭიროა, რომ თეოდოლიტის თარაზული nk ღერძი პერპენდიკულარული იყოს ბრუნვის ვერტიკალური v_1v_2 ღერძისა.

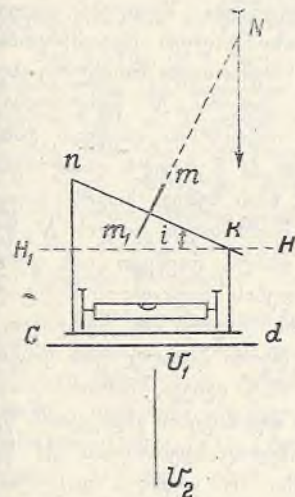


ნახ. 131.

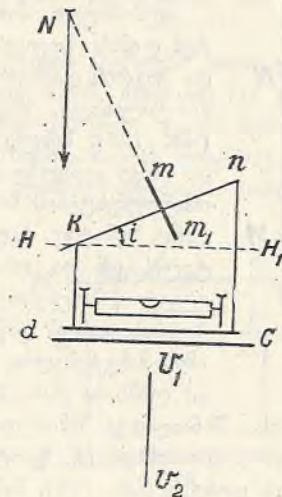
ვთქვათ, რომ პირობა დაცულია, ე. ი. nk ღერძი პერპენდიკულარულია v_1v_2 ღერძისა ან, რაც იგივეა, პარალელურია cd ლიშხისა (ნახ. 131). თუ ამ შემთხვევაში ლიშხის სიბრტყეს პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოვიყვანთ (თარაზითი), მაშინ ჭოგრის კოლიმაციური სიბრტყე იქნება შვეული, ვინაიდან დამზერის mm_1 ღერძი nk ღერძისადმი პერპენდიკულარულია (უკვე შემოწმებულია).

ამის გამო, თუ პირობა დაცულია, ე. ი. $nk \perp v_1v_2$ და ჭოგრის

დამზერის mm_1 ღერძს მივმართავთ ახლო ჩამოკიდებული შვეულის N წერტილისაკენ (ნახ. 131), შემდეგ ჭოგრს დაწვეთ დაბლა (nk ღერძის ირგვლივ ბრუნვით), მაშინ ძაფების გადაკვეთის a წერტილი ჩამო-



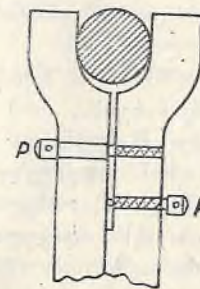
ნახ. 132.



ნახ. 133.

ჰყვება შვეულს (არ აცდება მას), ხოლო, თუ პირობა არ არის დაცული, ე. ი. თუ nk ღერძი არ არის პერპენდიკულარული v_1v_2 ღერძისა (ნახ. 132), მაშინ ძაფების გადაკვეთის a წერტილი (ნახ. 130) შვეულს არ ჩამოჰყვება, ე. ი. მიიღებს დახრილ Nm მიმართულებას. შესწორების მიზნით საჭიროა nk ღერძის (ნახ. 132) ერთ-ერთი ბოლოს აწევა ან დაწევა ისე, რომ nk ღერძი გახდეს v_1v_2 ღერძის პერპენდიკულარული.

ღერძის ბოლოებში (ლაგერებში) მოთავსებულია შემასწორებელი P ხრახნები (ნახ. 134). მათი საშუალებით შეგვიძლია nk ღერძის ერთ-ერთი ბოლო ავწიოთ ან დაწვიოთ. მაგალითად, ღერძის ბოლოს დასაწევად P ხრახნებით გავაფართოვებთ ღერძზე ზოლივით ამოჭრილ ნაწილს, რის გამოც ღერძის ბოლო დაიწვეს. თუკი საჭიროა მისი აწევა, მაშინ შევაიწვით ღერძს. მაშასადამე, თუ nk ღერძი არ არის პარალელური cd ლიშ-



ნახ. 134.

ბისა, მაშინ P ხრახნებით n ღერძის ბოლოს დაეყენებთ ისე, რომ ძაფების გადაკვეთის a წერტილი ჩამოჰყვეს შვეულს. ამ შემთხვევაში n ღერძი იქნება პარალელური ღერძისა, ანუ, რაც იგივეა, $v_1 v_2$ ღერძის პერპენდიკულარული.



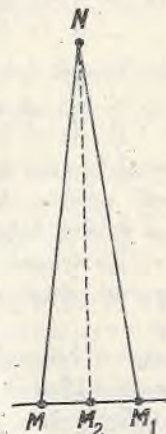
ნახ. 135.

აღნიშნული პირობის შემოწმება შეიძლება აგრეთვე ასე: ღერძს მოვიყვანოთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში და ჭოგრის დამზერის ღერძს მივმართავთ რომელიმე ახლო წერტილისაკენ, მაგალითად, კედლის N წერტილისაკენ (ნახ. 135). შემდეგ ჭოგრის ობიექტივს დაწვევთ დაბლა და იმავე კედელზე დაენიშნავთ M წერტილს დაახლოებით ინსტრუმენტების სიმაღლეზე; ამის შემდეგ ჭოგრს გადავიტანოთ ზენიტზე, ხელმეორედ მივმართავთ კედლის N წერტილისაკენ და ობიექტივს დაბლა დაწვევთ (n ღერძის ირგვლივ ბრუნვით). თუ ძაფების გადაკვეთის წერტილმა ჭოგრის დაბლა დაწვევის დროს დაფარა M წერტილი, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ n ღერძი პარალელური ყოფილა ამ ღერძისა (ნახ. 131) ან, რაც იგივეა, მართობი — $v_1 v_2$

ღერძისა. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ე. ი. თუ ძაფების გადაკვეთის წერტილმა დაფარა სხვა M_1 წერტილი, რომელიც მდებარეობს M წერტილის ღონეზე (ნახ. 136), მაშინ პირობა არ ყოფილა დაცული და შესწორების მიზნით დგარზე მოთავსებული P ხრახნებით n ღერძს ისე დაეყენებთ, რომ ძაფების გადაკვეთის a წერტილმა დაფაროს საშუალო M_2 წერტილი. ამ შემთხვევაში n ღერძი მიიღებს ღერძისადმი პარალელურ მიმართულებას, ვინაიდან $N M_2$ ხაზი ასრულებს შვეულის როლს.

აღნიშნული შემოწმებიდან ის დასკვნა გამოდინარეობს, რომ თუ კუთხეს გავზომავთ ორჯერ (მარჯვენა და მარცხენა წრედით), მაშინ გაზომვის სიზუსტეზე გავლენას არ მოახდენს ის შეცდომა, რომელიც გამოწვეულია n ღერძის არაპერპენდიკულარულობით შვეული $v_1 v_2$ ღერძისადმი (ნახ. 132).

თუკი კუთხეს გავზომავთ ერთი წრედით (მარჯვენათი ან მარცხენათი), მაშინ აღვნიშნავთ ექნება შეცდომას, რომელიც გამოწვეულია იმით, რომ n არაა $v_1 v_2$ ღერძის პერპენდიკულარული. აღნიშნული m შეცდომა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:



ნახ. 136.

$$m = i(\operatorname{tg} \beta_1 - \operatorname{tg} \beta_2).$$

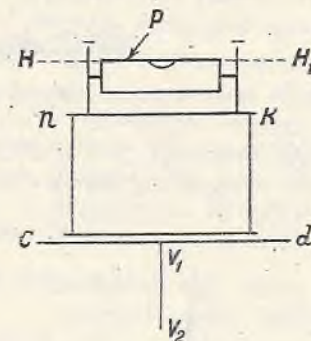
(1)

ამ ფორმულაში i არის n ღერძის დახრის კუთხე, ე. ი. n ღერძსა და პორიზონტალურ $H H_1$ ხაზს შორის (ნახ. 132 და 133) მდებარე კუთხე. β_1 და β_2 წარმოადგენს გასაზომი კუთხის AB და AC გვერდების (ნახ. 119) დახრილობას.

თუ $\beta_1 = \beta_2$, ე. ი. თუ გასაზომი კუთხის გვერდებს ერთი და იგივე დახრილობა აქვს სიდიდით და ნიშნით, მაშინ, როგორც (1) ფორმულიდან ჩანს, m შეცდომა ნულის ტოლი იქნება და ამ შემთხვევაში კუთხე შეიძლება ერთი წრედითაც გაიზომოს. მაგრამ, როგორც ვთქვით, პრაქტიკის უმრავლეს შემთხვევაში კუთხის გვერდების დახრილობა ტოლი როდია: ამიტომ კუთხე, ჩვეულებრივ, იზომება ორჯერ (მარცხენა და მარჯვენა წრედით).

იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა კუთხის გაზომვა დიდი სიზუსტით (მაგალითად, ტრიანგულაციაში), იყენებენ სპეციალურ P თარაზოს (ნახ. 137), რომელიც კუთხის გაზომვის დროს იდგმება თეოდოლიტის თარაზულ n ღერძზე. ამ თარაზოს დანიშნულება მდგომარეობს შემდეგში: თუ კუთხე იზომება ორი წრედით (მარჯვენათი და მარცხენათი), მაშინ n ღერძის დახრილობას არ ექნება გავლენა მუშაობის სიზუსტეზე, ოღონდ ამ შემთხვევაში საჭიროა, რომ n ღერძს ერთი და იგივე i დახრილობა ჰქონდეს როგორც კუთხის მარჯვენა წრედით გაზომვის დროს, ისე მარცხენა წრედით გაზომვის დროსაც.

თუკი მარჯვენა და მარცხენა წრედით გაზომვის დროს (ნახ. 132-ე შეესაბამება მარცხენა წრედს და ნახ. 133-ე — მარჯვენა წრედს) n ღერძს ექნება სხვადასხვა დახრილობა, მაშინ, როგორც ზემოვანხილული შემოწმებიდან ჩანს, $N M$ და $N M_1$ ხაზებსაც (ნახ. 136) სხვადასხვა დახრილობა ექნება, რის გამოც მათი საშუალო $N M_2$ ხაზი არ იქნება შვეული, ე. ი. ვერ გამოსახავს სწორ მიმართულებას. P თარაზოს დანიშნულება სწორედ ის არის, რომ კუთხის ორჯერ გაზომვის დროს n ღერძს მიეცეს ერთი და იგივე დახრილობა. ამისათვის ორივე შემთხვევაში P თარაზო (ნახ. 137) თეოდოლიტის ამწვევი ხრახნებით პორიზონტალურ მდგომარეობაში უნდა მოვიყვანოთ.



ნახ. 137.

ამრიგად, P თარაზო ასრულებს იმავე როლს, რასაც ასრულებს ვერტიკალურ წრედთან მოთავსებული H თარაზო (ნახ. 141) ნულ-ადგილის განსაზღვრის დროს (იხ. § 72).

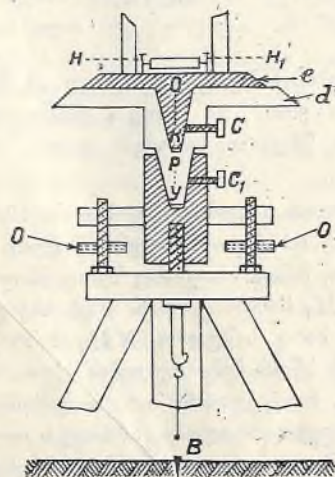
P თარაზოს გაცილებით უფრო მგრძნობიარეს შეარჩევნენ, ვიდრე ლიშბის თარაზოა. ამის გამო P თარაზო, ლიშბის თარაზოსთან შედარებით, უფრო მეტ გარანტიას იძლევა იმისა, რომ თარაზულ nk ღერძს ორივე წრედში (მარჯვენაში და მარცხენაში) ერთი და იგივე დახრილობა ექნეს. ამიტომ ტრიანგულაციაში, სადაც კუთხის გასაზომად დიდი სიზუსტეა საჭირო, იყენებენ P თარაზოს, ე. ი. კუთხის გაზომვისას, გარდა იმისა, რომ ლიშბი მოჰყავთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, P თარაზოსაც ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოიყვანენ. ეს მეტად საჭიროა მთავარიან ადგილას, სადაც წერტილების სიმალღეთა სხვაობა დიდია, ე. ი. დიდია (1) ფორმულაში შემავალი β_1 და β_2 კუთხეების სხვაობა.

ადგილის აგეგმვის დროს კი, სადაც საჭირო არ არის ისეთი სიზუსტე, როგორიც ტრიანგულაციაში, P თარაზოს არ იყენებენ და მის როლს ასრულებს ლიშბის თარაზო.

§ 69. ალიდადასა და ლიშბის ბრუნვის შეთანხმების შემოწმება

გარდა წინა პარაგრაფებში მოყვანილი პირობებისა, თეოდოლიტს უყენებენ შემდეგ პირობას:

ალიდადასა და ლიშბის ბრუნვის OK და PY ღერძები (ნახ. 138) თანხედენილი ან ურთიერთპარალელური უნდა იყოს.



ნახ. 138.

ამ პირობის შესამოწმებლად ალიდადას OK ბრუნვის ღერძს მოვიყვანთ შვეულ მდგომარეობაში (თარაზოთი ალიდადას ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანით) და

თუ ლიშბის ბრუნვის PY ღერძი ემთხვევა OK ღერძს ან მისი პარალელურია, მაშინ PY ღერძიც მიიღებს შვეულ მიმართულებას, ე. ი. HH_1 თარაზოს ღერძის მართობი იქნება. მაშასადამე, თუ მთელ იარაღს შვეტრიალებთ ლიშბის PY ღერძის ირგვლივ (C

ხრახნს მოვეუქვრთ და C_1 -ს—მოვეშვებთ), მაშინ თარაზოს ბუშტულა ისევ ზედაპირის შუა ადგილზე დადგება, ვინაიდან თარაზოს HH_1 ღერძი PY ბრუნვის ღერძის მართობია.

თუკი თარაზოს ბუშტულა არ დადგება ზედაპირის შუა ადგილას, მაშინ ლიშბის PY ღერძი ალიდადას OK ღერძის პარალელური არ ყოფილა (ნახ. 139) და, თუ დიდ გადახრას (თარაზოს ერთ-ორი დანაყოფით) აქვს ადგილი, ინსტრუმენტი შესასწორებლად უნდა გადაეცეს სახელოსნოს.

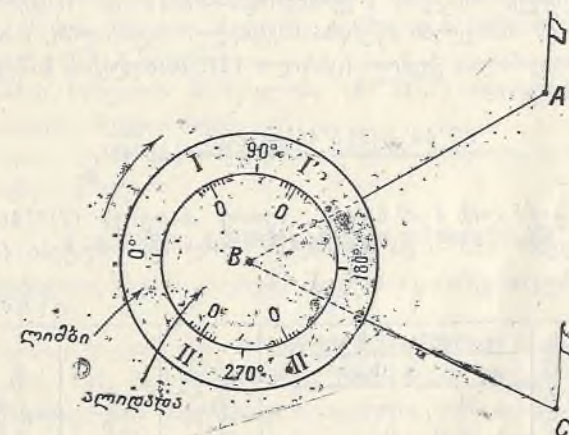


ნახ. 139.

ჰორიზონტალური კუთხეების გაზომვა

§ 70. კუთხის ჰორიზონტალური პრეპარაციის გაზომვა თეოდოლიტით

ადგილზე მოცემული ABC კუთხის (ნახ. 140) თარაზული პროექციის გასაზომად თეოდოლიტს დავცენტრავთ B წერტილზე, ე. ი. დავყენებთ ისე, რომ შვეული, რომელიც ჩამოკიდებულია ხერხემლის



ნახ. 140.

ხრახნზე (ნახ. 138), გაუპირდაპირდეს B წერტილს. შემდეგ ინსტრუმენტის ამწევი O ხრახნებით ლიშბს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში.

10 გრ. ხუნჯუა

ალიდადაზე, ჩვეულებრივ, ურთიერთმართობულად მიმაგრებულია ორი თარაზო. ლიშბის ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოსაყვანად ერთ-ერთ თარაზოს დავაყენებთ დაახლოებით ორი ამწევი O ხრახნის პარალელურად და ამ ხრახნებით ბუშტულას მოვიყვანოთ თარაზოს ზედაპირის შუაზე (ნულბუნქტში). მეორე თარაზო დადგება მესამე O ხრახნის მიმართულებით და ამ ხრახნით მის ბუშტულასაც დავაყენებთ ზედაპირის შუაზე. ცხადია, რომ ამ შემთხვევაში ლიშბის სიბრტყე მოყვანილი იქნება ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში (თუ ორივე თარაზო შემოწმებულია).

ამის შემდეგ ლიშბს დავამაგრებთ C_1 ხრახნით. ვთქვათ, ლიშბის ნულმა (0°) მიიღო 140 -ე ნახაზზე ნაჩვენები მდებარეობა.

შემდეგ მხოლოდ ალიდადას ბრუნვით (ლიშბი დამაგრებულია) ჰოვრის ისეთ მიმართულებას ვაძლევთ, რომ მასში გამოჩნდეს A სარი და ალიდადას ვამაგრებთ C ხრახნით (ნახ. 138). შემდეგ ჰოვრის დამზერის ღერძს ალიდადას მიკრომეტრული ხრახნით ზუსტად მივმართავთ A სარისაკენ. ეს იქნება მაშინ, როდესაც ჰოვრში მზერის დროს ძაფების გადაკვეთის წერტილი დაემთხვევა A სარის ქვედა ნაწილს.

ვთქვათ, ალიდადას ვერნიერებმა მიიღო 140 -ე ნახაზზე ნაჩვენები I და II მდებარეობა და, ვთქვათ, ანათვალს (ლიშბის ნულიდან ვერნიერის ნულამდე) მივიღეთ: I ვერნიერზე — $35^\circ 44'$ და II ვერნიერზე — $215^\circ 46'$, ეს ანათვლები იწერება სპეციალურ ჟურნალში, რომლის ნიმუშიც მოყვანილია ქვემოთ (ცხრილი 11). ანათვლების საშუალო მნიშვნელობა, ე. ი.

$$\frac{35^\circ 44' + (215^\circ 46' - 180^\circ)}{2} = 35^\circ 45',$$

იწერება ჟურნალის მე-6 სვეტში. მეორე ანათვალს ($215^\circ 46'$) წინასწარ ვაკლებთ 180° -ს და ჟურნალში მხოლოდ მინუსტები ($46'$) იწე-

ცხრილი 11

დამკის წერტილები	დამზერის წერტილები	ანათვლები ვერნიერებზე		საშუალო ანათვლა	კუთხე	საშუალო კუთხე	შენიშვნა	
		I ვერნიერზე						II ვერნიერზე
		°	'					'
B	A	35	44	მარჯვენა წრელი	67°11'	67°11'5		
	C	102	55	46 35°45'				
			57 102°56'					
	A	85	17	მარცხენა წრელი	67°12'			
	C	152	29	19 85°18'				
			31 152°30'					

რება. ორივე ვერნიერზე ანათვალი აღებულია იმ მიზნით, რომ მოესპოთ ალიდადას ექსცენტრობის გავლენა.

ანათვლების აღების შემდეგ ალიდადას C ხრახნს (ნახ. 138) მოვუშვებთ და მარტო ალიდადას ბრუნვით (ლიშბი ისევ დამაგრებულია) ჰოვრის დამზერის ღერძს ზუსტად მივმართავთ C სარისაკენ (განხილული წესით).

ვთქვათ, ამ შემთხვევაში ვერნიერებმა I' და II' მდებარეობა (ნახ. 140) მიიღეს და, დავუშვათ, რომ საშუალო ანათვალი ტოლია $102^\circ 56'$ (ჩაწერილია ჟურნალის მე-6 სვეტში).

მეორე და პირველი ანათვლების სხვაობა, ე. ი.

$$102^\circ 56' - 35^\circ 45' = 67^\circ 11',$$

გამოსახავს ABC კუთხის ჰორიზონტალურ პროექციას (ჩაწერილია ჟურნალის მე-7 სვეტში).

როგორც § 67-ში განვიხილეთ, იმ მიზნით, რომ ადგილი არ ჰქონდეს კოლიმაციურ შეცდომას, კუთხე იზომება ორჯერ (მარჯვენა და მარცხენა წრედით), ე. ი. იზომება ერთი სრული ილეთით. ჩვენს შემთხვევაში კუთხე გაზომილი იყო მარჯვენა წრედით (ნახევარი ილეთი). ამის შემდეგ ჰოვრს გადაიტანენ ზენიტზე და ზემოთ განხილული წესით ხელმეორედ ზომივენ ABC კუთხეს (ნახ. 140). ეს იქნება კუთხის გაზომა მარცხენა წრედით. როგორც ჟურნალიდან ჩანს, მარცხენა წრედით კუთხე $67^\circ 12'$ ის ტოლია.

კუთხის საშუალო მნიშვნელობა ($67^\circ 11', 5$) თავისუფალი იქნება კოლიმაციური შეცდომისაგან.

ამრიგად, კუთხე გავზომეთ ერთი სრული ილეთით, ე. ი. მარჯვენა და მარცხენა წრედით.

§ 71. კუთხის გაზომვის სიზუსტე თეოდოლიტით

განვიხილოთ, თუ რა სიდიდის შეცდომა დასაშვებია კუთხის გაზომვაში.

როგორც ვიცით, ორ მიმართულებათა შორის მოთავსებული α კუთხე (ნახ. 140) მიიღება როგორც ვერნიერებზე აღებული საშუალო a და b ანათვლების სხვაობა, ე. ი. α კუთხე არის a და b ანათვლების სხვაობის ფუნქცია. მაშასადამე, კუთხის საშუალო კვადრატული m შეცდომა, ცდომილებათა თეორიის თანახმად: $m = \pm \sqrt{m_a^2 + m_b^2}$, სადაც m_a და m_b წარმოადგენს ვერნიერის, ჰოვრისა და დაცენტრის შეცდომებს.

ჰოვრით დამზერის შეცდომა (იხ. § 53) უმნიშვნელოა და საერთოდ მას არ ღებულობენ მხედველობაში. თეოდოლიტის არაზუსტ დაცენ-

ტრვასაც არ უნდა ჰქონდეს ადგილი. მაშასადამე, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ m_a და m_b წარმოადგენს მხოლოდ ვერნიერით ანათვლის აღებაში დაშვებულ შეცდომას, რომელიც $0,5 \cdot t$ -ს ტოლია, სადაც t ვერნიერის სიზუსტეა.

ამ შემთხვევაში ზემომოყვანილი ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$m = \pm \sqrt{m_a^2 + m_b^2} = \pm \sqrt{(0,5t)^2 + (0,5t)^2} = \pm \sqrt{2(0,5t)^2} = \pm 0,5t\sqrt{2}.$$

ეს არის შეცდომის სიდიდე ნახევარი ილეთისათვის, ე. ი. ამ შემთხვევისათვის, როდესაც კუთხე გაზომილია მხოლოდ ერთი წრელით (მარჯვენათი ან მარცხენათი).

ჩვეულებრივ, კუთხე იზომება ერთი სრული ილეთით, ე. ი. ორჯერ (ერთხელ მარჯვენა წრელით და მეორეჯერ მარცხენათი).

როგორც ეს განაზომთა შეცდომების თეორიიდანაა ცნობილი, კუთხის გაზომვის საშუალო კვადრატული შეცდომა

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}},$$

სადაც n კუთხის განაზომთა რიცხვია (ჩვენს შემთხვევაში $n=2$). თუ ამ ფორმულაში m და n -ის ნაცვლად მათ მნიშვნელობებს ჩავსვათ, მივიღებთ:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{0,5t\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 0,5 \cdot t.$$

მაქსიმალური M_{max} შეცდომა (იხ. § 40) უდრის გასამკვეცებულ შეცდომას, ე. ი.

$$M_{max} = 3M = 3 \cdot 0,5t = 1,5t.$$

ეს ის მაქსიმალური შეცდომაა, რომელიც შესაძლოა მიღებულ იქნეს ცალკე კუთხის ერთი ილეთით გაზომვაში.

n გვერდიანი პოლიგონის კუთხეებში დაშვებული M_s შეცდომა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$M_s = M_{max} \cdot \sqrt{n}.$$

M_{max} -ის ნაცვლად ჩავსვათ მისი მნიშვნელობა ($1,5t$), მაშინ ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$M_s = M_{max} \cdot \sqrt{n} = 1,5t\sqrt{n}, \quad (1)$$

ე. ი. n გვერდიანი პოლიგონში შესაძლოა მიღებულ იქნეს შეცდომა $1,5t\sqrt{n}$, ანუ, რაც იგივეა, პოლიგონში მიღებული ფაქტიური Δ შეცდომა არ უნდა აღემატებოდეს $1,5t\sqrt{n}$ -ს, ე. ი.

$$\Delta \leq 1,5t\sqrt{n},$$

სადაც t ვერნიერის სიზუსტეა და n —პოლიგონის წვეროების რიცხვი. ავიღოთ რიცხვითი მაგალითი.

დავუშვათ, რომ 1 მინუტიანი თეოდოლიტით ერთი ილეთით, ე. ი. მარჯვენა და მარცხენა წრელით, გაზომილი იყო 9 გვერდიანი პოლიგონის კუთხეები, რომელთა ჯამი იყო $1259^{\circ}56'$ -ის ტოლი.

როგორც ვიცით, მრავალკუთხედის კუთხეების ჯამი S განისაზღვრება ფორმულით:

$$S = 180^{\circ}(n-2).$$

ჩვენს შემთხვევაში

$$S = 180^{\circ}(9-2) = 1260^{\circ},$$

მაშასადამე, ფაქტიური Δ შეცდომა უდრის:

$$\Delta = 1259^{\circ}56' - 1260^{\circ} = -4'.$$

(1) ფორმულის თანახმად დასაშვები შეცდომა M_s უდრის:

$$M_s = 1,5t\sqrt{n} = 1,5 \cdot 1' \sqrt{9} = 4',5.$$

ფაქტიური Δ შეცდომა ნაკლებია M_s -ზე, ე. ი. $4',5$ -ზე. მაშასადამე, Δ შეცდომა ($0^{\circ}4'$) დასაშვებია.

ვინაიდან კარგ პირობებში დაკვირვებისას თითქმის შეუძლებელია გასამკვეცებელი საშუალო M_s შეცდომის არსებობა (1000 შემთხვევაში შესაძლოა მხოლოდ 3 შემთხვევა, იხ. § 40), შეგვიძლია დასაშვები შეცდომა გავუტოლოთ არა გასამკვეცებელ საშუალო შეცდომას, არამედ გაორკეცებულს, ამ დროს (1) ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$M_s = t \cdot \sqrt{n}.$$

თუ პოლიგონის გვერდები მოკლეა, მუშაობის სიზუსტეზე ცუდ გავლენას ახდენს თეოდოლიტის არაზუსტი დაცენტრება და ამის გამო შეიძლება დაშვებულ იქნეს უფრო მეტი შეცდომა. ამ შემთხვევაში ლებულობენ:

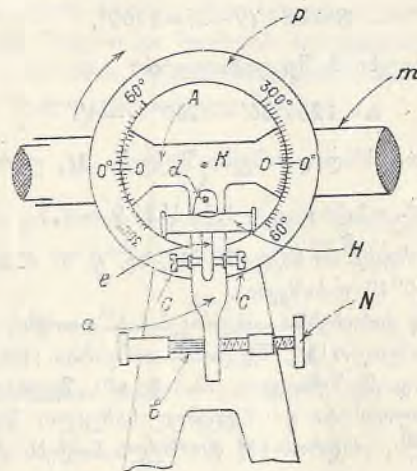
$$\Delta \leq 4t \cdot \sqrt{n}.$$

თუ საერთოდ შეცდომა დასაშვებია და პოლიგონის გვერდები დაახლოებით თანატოლია, მაშინ შეცდომას ყველა კუთხეზე ანაწილებენ თანაბრად. თუკი გვერდები თანატოლი არაა, მაშინ მოკლეგვერდებიან კუთხეში უფრო მეტ შესწორებას შეიტანენ, ვიდრე გრძელგვერდებიან კუთხეში. თუ შეცდომა არ არის დასაშვები, საჭირო იქნება კუთხეების ხელახლა გაზომვა.

დახრის (პარამიკალური) კუთხეების გაზომვა თეოდოლიტით

§ 72. პარამიკალური წრედის სხვადასხვა სახე და ცნება ნულადგობილზე და დახრის კუთხეების განსაზღვრება

დახრის კუთხეები იზომება თეოდოლიტის ვერტიკალური P წრედით (ნახ. 141), რომელიც ჭოგრითან ერთად ბრუნავს თეოდოლიტის ჰორიზონტალური ღერძის გარშემო. ამ წრედის ალიდალა A უძრავია და მასთან დაკავშირებულია H თარაზო, რომლის ბუშტულა დახრის კუთხის გაზომვისას მოჰყავთ ნულპუნქტში (ზედაპირის შუაში) N ხრახნით. ასეთი მოქმედებით A ალიდალას ვერნიერების ნულშტრიხები



ნახ. 141.

მიიღებენ გარკვეულ მდებარეობას, დახრის (ნახ. 143) ან ჰორიზონტალურს (ნახ. 142). აქ მთავარია, რომ დახრის კუთხის გაზომვისას ეს მდებარეობა არ შეიცვალოს. ეს არის H თარაზოს დანიშნულება.

დახრის კუთხის მისაღებად საჭირო ანათვლებს იღებენ ასეთ მდებარეობაში მოყვანილ ვერნიერზე—მისი ნულშტრიხიდან ვერტიკალური წრედის ნულშტრიხამდე.

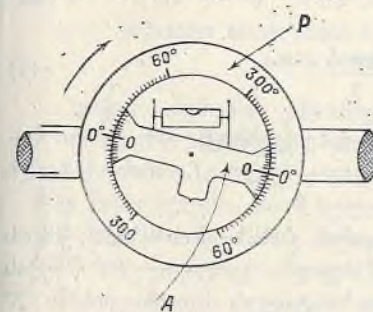
ვერტიკალურ წრედზე დატანილია გრადუსთა სკალა სათანადო წარწერებით, რომელთა მიხედვით გამოირჩევა სხვადასხვა სახის წრედი. ნახ. 142-ზე ნაჩვენებია ვერტიკალური წრედი, რომლის ჰორიზონტალური დიამეტრის ერთ ბოლოზე წერია ნული, ხოლო მეორეზე— 180° .

წარწერები მატულობს 0° -დან 360° -მდე. ასეთი წარწერები უმთავრესად ახალი მოდელების თეოდოლიტებზეა.

იხმარება აგრეთვე ნახ. 141-ზე მოყვანილი წრედი, რომელზედაც წარწერები დალაგებულია ასე: ჰორიზონტალური დიამეტრის ბოლოებზე წერია ნულები, ხოლო ამ ნულებიდან წარწერები მატულობს საათის ისრის მიმართულებით 360° -მდე. წრედის ნაწილი 60° -დან 300° -მდე არ არის დაყოფილი.

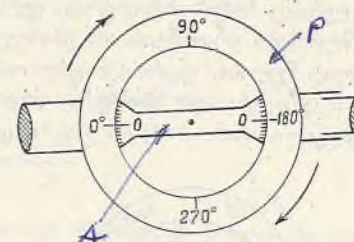
განვიხილოთ დახრის კუთხის გაზომვა თეოდოლიტის ვერტიკალური წრედით. ვთქვათ, ვერტიკალური წრედის H თარაზოს (ნახ. 141) ბუშტულა მოვიყვანეთ ნულპუნქტში (შუაგულში) N მიკროხრახნით და ამით H თარაზოს ღერძი მოვიყვანეთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. ალიდალას ვერნიერების ნულშტრიხები მიიღებენ გარკვეულ მდებარეობას—ჰორიზონტალურს (ნახ. 142) ან დახრის (ნახ. 143) (სულ ერთია რომელი იქნება).

დავუშვათ, რომ ჭოგრის დამზერის ღერძიც ჰორიზონტალურია, ე. ი. მისი დახრის კუთხე α უდრის ნულ გრადუსს. ამ შემთხვევაში A



ნახ. 143.

ალიდალას ვერნიერის და ვერტიკალური P წრედის ნულშტრიხები ერთმანეთს უნდა ემთხვეოდეს, როგორც ეს ნაჩვენებია 141, 142 და 143-ე ნახაზებზე. ეს იმიტომ, რომ ანათვალი ვერტიკალურ წრედზე, რომელიც ჭოგრის დახრის კუთხეს გვიჩვენებს, უნდა უდრიდეს ნულს, ვინაიდან ჭოგრის ღერძი ჰორიზონტალურია. ვთქვათ, აღნიშნული

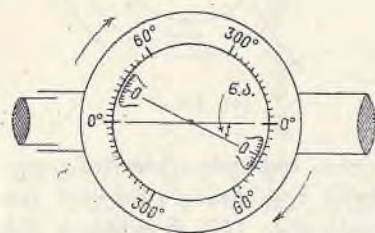


ნახ. 142.

პირობა დატულია და ჭოგრი დაფუძნებით აღვიღოს რომელიმე B წერტილს, მაღლა ან დაბლა მდებარეს, ე. ი. ჭოგრის მივეციტ რაღაცა დახრილობა. რა დახრის კუთხეც ექნება ჭოგრს, იმავე კუთხეზე ჭოგართან ერთად შემობრუნდება ვერტიკალური წრედის ნულშტრიხი, უძრავი A ალიდალას ნულშტრიხის მიმართ. მაშასადამე, ანათვალი ვერტიკალურ

წრედზე, ე. ი. გრადუსების და მინუტების რაოდენობა აღიდას უძრავი ნულშტრიხიდან ვერტიკალური წრედის ნულშტრიხამდე, გვიჩვენებს ჰოგრის დახრის კუთხეს. ვთქვათ, ეს კუთხე $12^{\circ}28'$ -ის ტოლია.

დავუშვათ, რომ შემოიყვანილი პირობა არ არის დაცული, ე. ი. როდესაც H თარაზოს ბუშტულა მოყვანილია ნულშტრიხში და ჰოგრის ღერძიც პორიზონტალურია, ვერნიერის და ვერტიკალური წრედის ნულშტრიხები ერთმანეთს არ ემთხვევიან (ნახ. 144), ე. ი. ანათვალის, ნაცვლად ნულისა, უღრის, მაგალითად 2° -ს. ამ ანათვალს ნულად გილი ეწოდება და ინიშნება ორი ასოთი — ნ. ა. ვთქვათ არსებობს ნულადგილი (ნახ. 144) და ჰოგრი დაეუმინნეთ ადგილის იმავე B წერტილს.



ნახ. 144.

ამ შემთხვევაში ვერტიკალურ წრედზე აღებული ანათვალის უკვე ვერ გვიჩვენებს კუთხის სწორ მნიშვნელობას და მიღებულ ანათვალში მოგვიხდება შესწორების შეტანა ნულადგილის სახით. ამრიგად, სანამ მუშაობას დავიწყებდეთ, საჭიროა ნულადგილის განსაზღვრა და მიღებულ ანათვალში ნულადგი-

ლის შეტანა შესწორების სახით. ნულადგილი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\text{ნ. ა.} = \frac{R+L}{2}, \quad (1)$$

სადაც R არის ანათვალის მარჯვენა წრედზე (ვერტიკალური წრედი მოთავსებულია მარჯვნივ მომუშავეს მიმართ), ხოლო L არის ანათვალის მარცხენა წრედზე.

ამ ფორმულის თანახმად, ნულადგილის განსაზღვრის მიზნით, ჰოგრს დაუმიზნებენ ადგილის რომელიმე წერტილს, ვერტიკალური წრედის თარაზოს (ნახ. 141) მოიყვანენ პორიზონტალურ მდგომარეობაში N ხრახნით და ვერტიკალურ წრედზე (ვთქვათ, მარჯვენა წრედზე) აიღებენ R ანათვალს. შემდეგ ჰოგრს გადაიტანენ ზენიტზე, ხელახლა დაუმიზნებენ ადგილის იმავე წერტილს, H თარაზოს ისევ მოიყვანენ პორიზონტალურ მდგომარეობაში და ვერტიკალურ წრედზე (უკვე მარცხენა წრედზე) აიღებენ L ანათვალს. თუ R და L ანათვალს ჩაესვათ 1-ლ ფორმულაში, მივიღებთ ნულადგილის მნიშვნელობას.

ნულადგილის განსაზღვრის შემდეგ შეგვიძლია უკვე ნებისმიერი წერტილისათვის დახრის α კუთხის განსაზღვრა შემდეგი ფორმულებით:

$$\alpha = R - \text{ნ. ა.} \quad (2)$$

მარჯვენა წრედის შემთხვევაში და

$$\alpha = \text{ნ. ა.} - L \quad (3)$$

მარცხენა წრედის შემთხვევაში.

დახრის კუთხე α მიიღება აგრეთვე ფორმულით:

$$\alpha = \frac{R-L}{2}. \quad (4)$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც მუშაობას აწარმოებენ წრედით, სადაც წარწერები დალაგებულია ისე, როგორც 141-ე ნახაზზეა ნაჩვენები, შემოიყვანილი (1), (2), (3) და (4) ფორმულების გამოყენებისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ შემდეგი:

თუ ამ ფორმულებში შემაჯალი ერთ-ერთი წევრი მოთავსდა 300° — 360° ფარგლებში, ხოლო მეორე წევრი 0° — 60° ფარგლებში, მაშინ მცირე წევრს წინასწარ უნდა მივუმატოთ 360° ან დიდ წევრს გამოვაკლოთ 360° . ამ ფორმულების გამოყენებისას მიიღება როგორც დახრის კუთხის სიდიდე, ისე მისი ნიშანი (დადებითი ან უარყოფითი).

§ 78. რიცხვითი მაგალითები დახრის კუთხეების გაზომვაზე პირველი სახის ვერტიკალური წრედით

ვთქვათ, მუშაობას ვაწარმოებთ თეოდოლიტით, რომლის ვერტიკალურ წრედზე წარწერები დალაგებულია ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია 141-ე ნახაზზე, ე. ი. ვერტიკალური წრედის პორიზონტალურ დიამეტრზე წერია ნულები და ამ ნულებიდან წარწერები მატულობს 360 გრადუსამდე საათის ისრის მიმართულებით. წრედის ნაწილი 60° -დან 300° -მდე არ არის დაყოფილი (პირველი სახის წრედი).

პირველი მაგალითი. ვთქვათ, დახრის კუთხის გაზომვის მიზნით, თეოდოლიტის ჰოგრი ორჯერ დაეუმინნეთ ადგილის B წერტილს (მარჯვენა და მარცხენა წრედით) და N ხრახნით H თარაზოს (ნახ. 141) პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოიყვანის შემდეგ ვერტიკალურ წრედზე მივიღეთ ანათვლები:

$$R = 8^{\circ}28' \text{ (მარჯვენა წრედზე) და}$$

$$L = 351^{\circ}16' \text{ (მარცხენა წრედზე).}$$

$$12^{\circ}20'$$

$$342^{\circ}30'$$

როგორც ვიცით, პირველ ყოვლისა უნდა გავიგოთ ვერტიკალური წრედის ნულადგილი ($\text{ნ. ა.} = \frac{R+L}{2}$) და შემდეგ კი დახრის კუთხე

ა. ჩვენს მაგალითში R ანათვალი (მარჯვენა წრედზე) მოთავსებულია $0^\circ - 60^\circ$ -ის ფარგლებში, ხოლო მარცხენა წრედზე L ანათვალი მოთავსებულია $300^\circ - 360^\circ$ -ის ფარგლებში. ამიტომ, თანახმად წინა პარაგრაფში მოყვანილი დებულებისა, მცირე ანათვალს ($8^\circ 28'$) წინასწარ უნდა დავუმატოთ 360° , მივიღებთ:

1. თანახმად § 72-ში მოყვანილი (1) ფორმულისა, ნულადგილი ტოლია:

$$\text{ნ. ა.} = \frac{R+L}{2} = \frac{8^\circ 28' + 360^\circ + 351^\circ 16'}{2} = 359^\circ 52'.$$

2. ვინაიდან ნულადგილი უკვე ცნობილია ($359^\circ 52'$), შეგვიძლია დახრის კუთხე α გამოვთვალოთ როგორც (2) ფორმულით (მარჯვენა წრედით), ისე (3) ფორმულით (მარცხენა წრედით).

პირველ შემთხვევაში, თანახმად (2) ფორმულისა, დახრის კუთხე უდრის:

$$\alpha = R - \text{ნ. ა.} = 8^\circ 28' + 360^\circ - 359^\circ 52' = +8^\circ 36'.$$

კუთხე მივიღეთ დადებითი ნიშნით.

მეორე შემთხვევაში, თანახმად (3) ფორმულისა, α კუთხე უდრის:

$$\alpha = \text{ნ. ა.} - L = 359^\circ 52' - 351^\circ 16' = +8^\circ 36'.$$

მივიღეთ α კუთხის იგივე მნიშვნელობა. ვინაიდან (3) ფორმულაში შემავალი ორივე წევრი (ნ. ა. და L) მოთავსებულია ერთი და იმავე გრადუსების ფარგლებში ($300^\circ - 360^\circ$), 360° -ის წინასწარ მიმატება საჭირო არაა.

3. დახრის α კუთხის გამოთვლა შეიძლება აგრეთვე (4) ფორმულით:

$$\alpha = \frac{R-L}{2} = \frac{8^\circ 28' + 360^\circ - 351^\circ 16'}{2} = +8^\circ 36'.$$

მივიღეთ კუთხის იგივე მნიშვნელობა, რაც (2) და (3) ფორმულებით.

მეორე მაგალითი. ვთქვათ, ვერტიკალურ წრედზე მიღებული გვაქვს შემდეგი ანათვლები:

მარჯვენა წრედზე $R = 344^\circ 18'$ და

მარცხენა წრედზე $L = 15^\circ 12'$.

$340^\circ 40'$

$19^\circ 20'$

ამ შემთხვევაში მივიღებთ:

$$1. \text{ ნ. ა.} = \frac{R+L}{2} = \frac{344^\circ 18' + (15^\circ 12' + 360^\circ)}{2} = 359^\circ 45'.$$

2. დახრის კუთხე α , გაზომილი მარჯვენა წრედით, უდრის:

$$\alpha = R - \text{ნ. ა.} = 344^\circ 18' - 359^\circ 45' = -15^\circ 27'.$$

კუთხე მივიღეთ უარყოფითი ნიშნით.

3. დახრის კუთხე, გაზომილი მარცხენა წრედით, უდრის:

$$\alpha = \text{ნ. ა.} - L = 359^\circ 45' - (15^\circ 12' + 360^\circ) = -15^\circ 27'.$$

მივიღეთ კუთხის იგივე მნიშვნელობა.

4. დახრის კუთხე გამოთვლილი (4) ფორმულით უდრის:

$$\alpha = \frac{R-L}{2} = \frac{348^\circ 18' - (15^\circ 12' + 360^\circ)}{2} = -15^\circ 27'.$$

მივიღეთ იგივე მნიშვნელობა.

დახრის კუთხის გამოთვლის გამარტივება. ნულადგილი შეიძლება იყოს 360° გრადუსზე მეტი (მაგალითად $360^\circ 6'$), ან ნაკლები (როგორც ჩვენს შემთხვევაში — $359^\circ 45'$). პირველ შემთხვევაში შეგვიძლია ნულადგილს მივანიჭოთ დადებითი ნიშანი, მხოლოდ 360° -ის გამოკლებით. მაშინ ნულადგილი, ნაცვლად $360^\circ 6'$ -ისა, იქნება: $+0^\circ 6'$.

მეორე შემთხვევაში ($359^\circ 45'$) ნულადგილს შეგვიძლია მივანიჭოთ უარყოფითი ნიშანი, ხოლო ნულადგილის მნიშვნელობას ($359^\circ 45'$) უნდა გამოვაკლოთ 360° . ამ შემთხვევაში ნულადგილი იქნება უარყოფითი: $359^\circ 45' - 360^\circ = -0^\circ 15'$.

ვთქვათ, ანათვალი მარჯვენა წრედზე $R = 12^\circ 35'$ და ნულადგილი უარყოფითია, მაგალითად $-0^\circ 15'$. მაშინ თანახმად (2) ფორმულისა, დახრის α კუთხე იქნება:

$$\alpha = R - \text{ნ. ა.} = 12^\circ 35' - (-0^\circ 15') = +12^\circ 50'.$$

თუ ნულადგილი დადებითია, მაგალითად $360^\circ 6'$ ანუ $+0^\circ 6'$, მაშინ დახრის α კუთხე იმავე ფორმულის თანახმად იქნება:

$$\alpha = R - \text{ნ. ა.} = 12^\circ 35' - 0^\circ 6' = +12^\circ 29'.$$

თუ მარჯვენა წრედზე ანათვალი $R = 346^\circ 24'$ და ნულადგილი დადებითია, მაგალითად $+0^\circ 7'$, მაშინ თანახმად (2) ფორმულისა, დახრის კუთხე იქნება:

$$\alpha = R - \text{ნ. ა.} = 346^\circ 24' - (0^\circ 7' + 360^\circ) = 346^\circ 24' - 360^\circ 7' = -13^\circ 43'.$$

ვინაიდან R ანათვალ მოთავსებულია $300-360$ გრადუსის ფარგ-
ლებში, ხოლო ნულადგილი მოთავსებულია $0-60$ გრადუსის ფარგ-
ლებში, მცირე წვერს, ე. ი. ნულადგილს, წინასწარ ეუმეტებთ 360° .

ამ შემთხვევაში დახრის კუთხე მივიღეთ უარყოფითი ნიშნით
($-13^\circ 43'$), ე. ი. დამზერის წერტილი უფრო დაბლაა, ვიდრე დგომის
წერტილი.

ვთქვათ, ანათვალ მარჯვენა წრედზე იგივეა ($346^\circ 24'$), ხოლო
ნულადგილი უარყოფითია, მაგალითად $-0^\circ 7'$. მაშინ, თანახმად (2)
ფორმულისა, დახრის α კუთხე იქნება:

$$\alpha = R - \delta \text{ ა. } = 346^\circ 24' - (-0^\circ 7' + 360^\circ) = \\ = 346^\circ 24' - 359^\circ 53' = -13^\circ 29'.$$

აქაც მცირე წვერს, ე. ი. ნულადგილს ($-0^\circ 7'$) წინასწარ დაეუმეტეთ
 360° .

§ 74. დახრის კუთხეების გამოვლა მხოლოდ სახის მერტივალური წრედით

ამჟამად დიდი გამოყენება აქვს 142-ე ნახ.-ზე ნაჩვენებ თეოდოლი-
ტებს. ასეთ თეოდოლიტებზე წრედის პორიზონტალური დიამეტრის
ერთ ბოლოზე აწერია 0° , ხოლო მეორეზე -180° . წარწერები ბატუ-
ლობს 0° -დან 360° -მდე (მეორე სახის წრედი). ასეთ თეოდოლიტებს
მიეკუთვნება TT-2; TT-50; TM-1 და სხვა.

ამ თეოდოლიტებით დახრის კუთხე α და ნულადგილი განისაზღვ-
რება (1), (2), (3) და (4) ფორმულებით (იხ. § 72). ეს ფორმულები
გამოიყენება ისე, როგორცაა განხილული § 72 და 73-ში, მხო-
ლოდ შემდეგი განსხვავებით:

I. თუ ზემომოყვანილ (1), (2), (3) და (4) ფორმულებში შემავალ
ორივე ანათვალს (მარჯვენა წრედზე $-R$ და მარცხენაზე $-L$) ავიღებთ
იმ ვერნიერით (I ან II), რომელიც ოკულართან ახლო მდებარეობს,
მაშინ ამ ფორმულებით სარგებლობენ ისე, როგორც პირველი სახის
წრედით (ნახ. 141), სახელდობრ, თუ ფორმულებში შემავალი ერთ-
ერთი წვერი მოთავსდა $300^\circ-360^\circ$ -ის ფარგლებში, ხოლო მეორე
წვერი $0^\circ-60^\circ$ -ის ფარგლებში, მცირე წვერს წინასწარ უმატებენ 360°
ან დიდ წვერს გამოაკლებენ 360° .

II. თუ (1), (2), (3) და (4) ფორმულებში შემავალ ორივე ანა-
თვალს (R და L) ავიღებთ მხოლოდ I ვერნიერით, მაშინ, სხვადასხვა
ანათვლების შემთხვევაში, მცირე ანათვალს წინასწარ უმატებენ არა
 360° , როგორც პირველ შემთხვევაში, არამედ 180° . ავსნათ ეს მაგა-
ლითებით.

პირველი მაგალითი. ვთქვათ, დახრის კუთხის გაზომვის
მიზნით, ნახ. 142-ზე ნაჩვენებ ვერტიკალურწრედის თეოდოლიტის
ჰოგრი ორჯერ დაეუმინეთ ადგილის A წერტილს (მარჯვენა და მარც-
ხენა წრედით) და N ხრახნით (ნახ. 141) ვერტიკალური წრედის H
თარაზოს პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ ავიღეთ
ანათვლები იმ ვერნიერზე, რომელიც ოკულართან ახლო მდებარეობს.
პირველი დამზერისას ვერტიკალური წრედი მარჯვნივ იყო მოთავსე-
ბული, ხოლო პირველი ვერნიერი მდებარეობდა ოკულარის ახლოს და
ანათვალი ამ ვერნიერზე მივიღეთ: $R = 8^\circ 20'$.

მეორე დამზერისას, ე. ი. ჰოგრის ზენიტზე გადატანის შემდეგ,
იქნება მარცხენა წრედი L და ოკულართან ახლოს დადგება უკვე II
ვერნიერი. ამ ვერნიერზე ანათვალი მივიღეთ: $L = 351^\circ 10'$.

I დებულების თანახმად ნულადგილი და დახრის კუთხე იქნება:

$$1. \delta \text{ ა. } = \frac{R+L}{2} = \frac{(8^\circ 20' + 360^\circ) + 351^\circ 10'}{2} = 359^\circ 45'.$$

$$2. \alpha = R - \delta \text{ ა. } = (8^\circ 20' + 360^\circ) - 359^\circ 45' = +8^\circ 35'.$$

ამ შემთხვევაში ნულადგილი შეგვიძლია ავიღოთ უარყოფითი ნიშნით
($-0^\circ 15'$ იხ. § 73). მაშინ:

$$\alpha = R - \delta \text{ ა. } = 8^\circ 20' - (-0^\circ 15') = +8^\circ 35'.$$

მივიღეთ იგივე მნიშვნელობა.

3. თუ მუშაობას ვაწარმოებთ მარცხენა წრედით, მაშინ:

$$\alpha = \delta \text{ ა. } - L = 359^\circ 45' - 351^\circ 10' = +8^\circ 35'.$$

ვინაიდან L და ნულადგილი ერთგვაროვანი წვერებია, 360° -ის დამა-
ტება საჭირო არ არის.

4. თუ გამოვიყენებთ (4) ფორმულას, დახრის კუთხე α იქნება

$$\alpha = \frac{R-L}{2} = \frac{(8^\circ 20' + 360^\circ) - 351^\circ 10'}{2} = +8^\circ 35'.$$

მივიღეთ კუთხის იგივე მნიშვნელობა.

მეორე მაგალითი. ვთქვათ, იმავე სახის თეოდოლიტი დავე-
მიზნეთ მოცემულ წერტილს და ანათვლები ორივე წრედზე (R და L)
ავიღეთ I ვერნიერით და მივიღეთ:

$$R = 6^\circ 50' \text{ და } L = 172^\circ 40'.$$

II დებულების თანახმად ვწერთ: $180^\circ 50' - 172^\circ 40'$

$$6. \delta \text{ ა. } = \frac{R+L}{2} = \frac{(6^\circ 50' + 180^\circ) + 172^\circ 40'}{2} = 179^\circ 45'.$$

$$R = 6^\circ 50' \\ L = 172^\circ 40'$$

გინაიდან ანათვლები (R და L) სხვადასხვა სახისაა, ნაკლებ ანათვალს, ე. ი. $6^{\circ}50'$ -ს მივუმატებთ 180° .

2. თუ კუთხე გაზომილია მარჯვენა წრედით, მაშინ:

$$\alpha = R - \text{ნ. ა.} = (6^{\circ}50' + 180^{\circ}) - 179^{\circ}45' = +7^{\circ}5'.$$

3. თუ კუთხე გაზომილია მარცხენა წრედით, მაშინ:

$$\alpha = \text{ნ. ა.} - L = 179^{\circ}45' - 172^{\circ}40' = +7^{\circ}5'.$$

ამ შემთხვევაში ნულადგილი და L ერთგვაროვანი წევრებია, ამიტომ 180 -ის დამატება საჭირო არაა.

4. თუ კუთხე იზომება ორივე წრედით (R და L), მაშინ,

$$\alpha = \frac{R - L}{2} = \frac{6^{\circ}50' + 180 - 172^{\circ}40'}{2} = +7^{\circ}5'.$$

✓ § 75. ნულადგილის დაზიანება მინიმუმამდე

ველზე მუშაობისას განსაზღვრული ნულადგილი ზემოთმოყვანილი ფორმულით ($\text{ნ. ა.} = \frac{R+L}{2}$) სხვადასხვა წერტილში ერთი და იგივე სიდიდის უნდა მივიღოთ. განსხვავება დასაშვებია ვერნიერის გაორკეცებულ სიზუსტემდე ($2t$).

შეიძლება ნულადგილის მნიშვნელობა სხვადასხვა წერტილში უცვლელი იყოს, მაგრამ მისი სიდიდე იყოს საკმაოდ დიდი, მაგალითად, ერთ გრადუსამდე და უფრო მეტი. ასეთ შემთხვევაში საჭიროა ნულადგილის დაყვანა მინიმუმამდე (რამდენიმე მინუტამდე) ან სულ მოსაბოძა.

ეთქვათ, ვერტიკალური წრედის ნულადგილი მივიღეთ, მაგალითად, $1^{\circ}22'$. გამოთვლების გასაადვილებლად საჭიროა მისი დაყვანა მინიმუმამდე. ამისათვის მიკრომეტრული N ხრახნით (ნახ. 141) ვერტიკალური P წრედის H თარაზოს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და ვერტიკალური P წრედის ბრუნვით (მისი მიკროხრახნებით) ამ წრედს დავაყენებთ ისე, რომ ანათვალი წრედზე (მისი ნულიდან ვერნიერის ნულამდე) უდრიდეს ნულადგილს, ჩვენ შემთხვევაში $1^{\circ}22'$ -ს. შემდეგ მიკრომეტრული N ხრახნით A ალიდადას უმნიშვნელოდ მოვაბრუნებთ ისე, რომ მისი ვერნიერის ნული დაემთხვეს ვერტიკალური წრედის ნულს. ცხადია, ალიდადსთან დაკავშირებული H თარაზო ჰორიზონტალური მდგომარეობიდან გამოვა. შესწორების მიზნით თარაზოს შემასწორებელი cc ხრახნებით (ნახ. 141) თარაზოს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, ე. ი. თარაზოს ბუშტულას დავაყვ-

ნებთ ნულბუნქტში (ზედაპირის შუაველში). ამ შემთხვევაში ნულადგილი დაიყვანება ნულამდე ან უმნიშვნელო სიდიდისა (რამდენიმე მინუტი) იქნება.

თუ ნულადგილი სადგურზე არ იცვლება, ან მნიშვნელოვანი სიდიდის არაა, მუშაობის დროს მისი ხშირად სწორება საჭირო არ არის, გინაიდან დახრის კუთხის ნამდვილ სიდიდეს ისედაც მივიღებთ 2, 3 და 4 ფორმულების გამოყენებით.

აზიშუების გაზომვა

✓ § 76. ხაზის მაგნიტური აზიშუის გაზომვა თეოდოლიტით

ზოგიერთ თეოდოლიტში ხაზის აზიშუის გასაზომად მოთავსებულია ბუსოლი. ბუსოლი საერთოდ მიმავრებულია ალიდადაზე (ნახ. 113) ან მუშაობის დროს იდგმება ჰოვრის ზემოთ იარაღის თარაზულ ლერძზე.

თეოდოლიტში მოთავსებული ბუსოლის ნულდამეტრი და ჰოვრის დამზერის ღერძი ერთ სიბრტყეზე უნდა მდებარეობდეს.

თუ ბუსოლი მიმავრებულია ალიდადაზე (ნახ. 113) და ჰოვრის გადატანა ზენიტზე შეიძლება (ოკულარის დაწევით), მაშინ ზემოაღნიშნულ პირობას ვამოწმებთ შემდეგი წესით: ოკულარს მივმართავთ ალიდადაზე მიმავრებული ბუსოლისაკენ და ვიცქირებთ ობიექტივში. თუ ბუსოლის სკალის ნულშტრიხი მოთავსდა მხედველობის არის შუაზე, ცხადია, ნულდამეტრი მდებარეობს კოლიმაციურ სიბრტყეში.

წინააღმდეგ შემთხვევაში ბუსოლის სკალაზე შევნიშნავთ შტრიხს, რომელიც შეესაბამება მხედველობის არის შუა ადგილს და ანათვალი, ბუსოლის სკალის ნულიდან აღნიშნულ შტრიხამდე, გამოსახავს შეცდომას, რომელსაც მხედველობაში ვღებულობთ მუშაობის დროს.

თუ ბუსოლი მოთავსებულია თეოდოლიტის თარაზულ ლერძზე, მაშინ ზემოაღნიშნული შემოწმებისათვის წინასწარ უნდა ვიცოდეთ რომელიმე ხაზის მაგნიტური აზიშუტი (მაგალითად, შემოწმებული ბუსოლით გაზომილი).

ამ შემთხვევაში შესაძლოა შემგები იარაღით ვზომავთ იმავე ხაზის აზიშუტს და თუ მივიღეთ იგივე სიდიდე, რაც შემოწმებული ბუსოლით, ან განსხვავება არ აღემატება $0^{\circ}15'$ -ს (ბუსოლის სიზუსტეს), მაშინ ბუსოლის ნულადგილი დამეტრი და ჰოვრის დამზერის ღერძი ერთ სიბრტყეში ყოფილა; წინააღმდეგ შემთხვევაში მათი სხვაობა შეცდომას გამოსახავს.

მოცემული AB ხაზის აზიშუტს ვზომავთ შემდეგი წესით: A წერტილზე ვაყენებთ თეოდოლიტს, ავუშვებთ მაგნიტურ ისარს და ლიშბის ან მარტო ალიდადას ბრუნვით ბუსოლის წრედის 0° -ს ვაყენებთ

ისრის ჩრდილოეთ ბოლოს პირდაპირ. იმავე დროს ჭოგრის ობიექტი-
ვაც უნდა იყოს ისრის ჩრდილო მხარეზე.

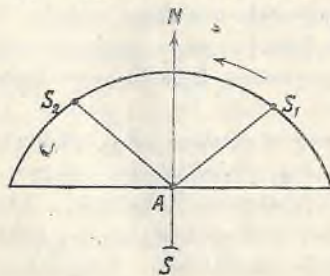
ამ შემთხვევაში ბუსოლის ნულიამეტრის და ჭოგრის დამზერის
ლერძს მაგნიტური მერიდიანის მიმართულება ექნება. შემდეგ, ვერნი-
ერზე ავიღებთ ანათვალს (მაგალითად, $37^{\circ}35'$), დამზერის ლერძს (მარ-
ტო ალიდადას ბრუნვით) მიემართავთ B წერტილისაკენ და ვერნიერზე
ისევ ავიღებთ ანათვალს (მაგალითად, $159^{\circ}47'$). ანათვლების სხვაობა
($159^{\circ}47' - 37^{\circ}35' = 122^{\circ}12'$) გამოსახავს AB ხაზის მაგნიტურ აზი-
მუტს.

თუ წინასწარ მოცემულია მაგნიტური ისრის მიხრის კუთხე, მაშინ
შეგვიძლია გამოვთვალოთ AB ხაზის ნამდვილი, ანუ გეოგრაფიული
აზიმუტი.

ხაზის მაგნიტური აზიმუტის გასაზომად შეგვიძლია აგრეთვე ვერ-
ნიერისა და ლიშბის ნულები წინასწარ შევათავსოთ და ალიდადა ჩავ-
კეტოთ. შემდეგ ლიშბის ბრუნვით (ალიდადასთან ერთად) ბუსოლის
სკალის ნული დაეყენოთ ისრის ჩრდილოეთ ბოლოს პირდაპირ და ლიშბი
ჩავკეტოთ. შემდეგ ჭოგრის დამზერის ლერძს (მარტო ალიდადას ტრია-
ლით) მიემართავთ B წერტილისაკენ და ვერნიერზე ავიღებთ ანათვალს,
რომელიც გამოსახავს AB ხაზის მაგნიტურ აზიმუტს, ვინაიდან პირ-
ველი ანათვალი უდრის ნულს.

§ 77. გეოგრაფიული მერიდიანის განსაზღვრა მზის საშუალებით

ატმოსფერო, რომელიც გარს აკრავს დედამიწას, ქმნის ცის თალის
შთაბეჭდილებას. თუ ღამით დაეკვირდებით ცას, აღვიღებთ შეგამჩნევთ,
რომ აღმოსავლეთით მდებარე მნათობები (ვარსკვლავები) თანდათან
მალა იწვეს, ხოლო დასავლეთით მდებარე მნათობები — დაბლა ეშვება.



ნახ. 145.

ყოველივე ეს ქმნის ცის თალის
ბრუნვის შთაბეჭდილებას (აღმოსავ-
ლეთიდან დასავლეთისაკენ). აღნიშ-
ნული ბრუნვა მოჩვენებითია და გა-
მოწვეულია დედამიწის ბრუნვით
თავისი ლერძის გარშემო (დასავლე-
თიდან აღმოსავლეთისაკენ).

მნათობი უდიდეს სიმაღლეს
(კულმინაციას) მიღწევს მაშინ, რო-
დესაც იგი იქნება დგომის წერტილ-
ში გამავალ მერიდიანულ სიბრტყე-

ში. ცის თალზე წარმოვიდგინოთ მზის ორი S_1 და S_2 მდებარეობა
(ნახ. 145), ერთი — ცის აღმოსავლეთ ნაწილში (S_1), ხოლო მეორე —

დასავლეთში (S_2), ოღონდ ისე, რომ მათი სიმაღლეები ტოლი იყოს,
მაშინ მზის აღნიშნულ მდებარეობებს შორის წარმოდგენილი საშუალო
(სიმეტრიული) მიმართულება იქნება A წერტილში გამავალი გეოგრა-
ფიული NS მერიდიანის მიმართულება.

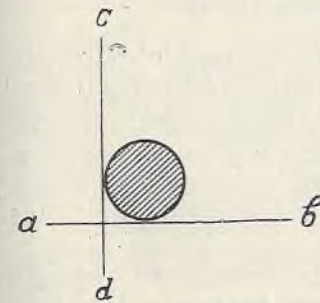
ამ ცნების საფუძველზე მზის საშუალებით გეოგრაფიული მერი-
დიანის მიმართულების განსაზღვრა შეიძლება შემდეგი წესით:

დილის 7—8 საათზე (მზე მდებარეობს ცის
აღმოსავლეთ ნაწილში) თეოდოლიტით ვდგებით
 A წერტილზე (ნახ. 146). ოკულარს წინასწარ
წამოვაცმევთ მუქ მინას, ლიშბს მოვიყვანთ ჰო-
რიზონტალურ მდგომარეობაში და ჭოგრის მიე-
მართავთ მზისკენ ისე, რომ დაფთა ბადის შვეუ-
ლი cd დაფი ეხებოდეს მზის მარცხენა ნაპირს
(ნახ. 147), ხოლო თარაზული ab დაფი — მზის
ქვედა ნაპირს და ავიღებთ ანათვალს როგორც
ლიშბზე (მაგალითად, $43^{\circ}16'$), ისე ვერტიკალურ
წრფელზე, ამის შემდეგ მუშაობას შევწყვეტთ
(თეოდოლიტი რჩება A წერტილზე).



ნახ. 146.

ნაშუადღევს 4—5 საათზე, როდესაც მზე
უკვე ცის დასავლეთ ნაწილში იქნება და დაახ-
ლოებით იგივე სიმაღლე ექნება, რაც მას ჰქონდა დილით დამიზნები-
სას, ჭოგრის ხელახლა მიემართავთ მზისკენ, თანაც მისი დახრილობა
უცვლელი უნდა იყოს, იგივე რაც მას ჰქონდა დილით დამიზნებისას.



ნახ. 147.

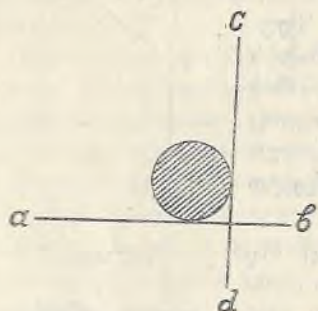
გამოჩნდება თუ არა ჭოგრის მზის
დისკო, მიკროსკოპით ალიდადას
ვაბრუნებთ ნელა (ლიშბი ჩაკეტი-
ლია) ისე, რომ მზის მოძრაობის
დროს, დაფთა ბადის cd დაფი (ნახ.
148) გაჰყვეს მზეს. იმ მომენტში,
როდესაც მზე ქვედა ნაპირით შე-
ეხება თარაზულ ab დაფს, ალიდა-
დას ბრუნვას შევწყვეტთ და ლიშბ-
ზე ავიღებთ ანათვალს (მაგალითად
 $263^{\circ}28'$). თუ ახლა ალიდადას პირ-
ველ ვერნიერს დაეყენებთ საშუა-
ლო ანათვალზე, ე. ი.

$$\frac{43^{\circ}16' + 263^{\circ}28'}{2} = 153^{\circ}22',$$

მაშინ ჰოგრის კოლიმაციურ სიბრტყეს ექნება გეოგრაფიული NS მერიდიანის (ნახ. 145) მიმართულება, ხოლო თვით ჰოგრის ობიექტივო მიმართული იქნება სამხრეთისაკენ, რადგანაც მზის მოჩვენებითი მოძრაობა ჩვენს განედში წარმოებს ცის სამხრეთ ნაწილში.

იმისათვის, რომ ობიექტივს მიეცეს მიმართულება ჩრდილოეთ პოლუსისაკენ, ჰოგრს გადაეიტანო ზენიტზე.

ამის შემდეგ, თუ საჭიროა AB ხაზის (ნახ. 146) გეოგრაფიული აზიმუტის გაზომვა, ჰოგრის დამზერის ღერძს (აღიდაღას ტრიალით) მიემართავთ B სარისაკენ და ლიმბზე ავიღებთ ანათვალს (მაგალითად, $198^{\circ}47'$). სხვაობა ($198^{\circ}47' - 153^{\circ}22' = 45^{\circ}25'$) გამოსახავს AB ხაზის



ნახ. 148.

გეოგრაფიულ α აზიმუტს, ვინაიდან $153^{\circ}22'$ წარმოადგენს ანათვალს, რომელიც შეესაბამება ჰოგრის მიმართულებას ჩრდილოეთ პოლუსისაკენ. თუკი ანათვალი სარისაკენ მივიღეთ $153^{\circ}22'$ -ზე ნაკლები, მაშინ ამ ნაკლებს ანათვალს წინასწარ უნდა დაემატათ 360° და მიღებულ ჯამს გამოეკლოთ $153^{\circ}22'$ ანათვალი. ვთქვათ, მაგალითად, ჰოგრის მიმართულებას სარისაკენ შეესაბამება $86^{\circ}10'$ ანათვალი. მაშინ AB ხაზის გეოგრაფიული აზიმუტი

$$\alpha = 86^{\circ}10' + 360^{\circ} - 153^{\circ}22' = 292^{\circ}48'.$$

თუ თეოდოლიტზე მოთავსებულია ბუსოლი და საჭიროა მაგნიტური ისრის მიხრის კუთხის განსაზღვრა, მაშინ ჰოგრის დამზერის ღერძს მიეცემა ისევე გეოგრაფიული მერიდიანის მიმართულებას — ვერნიერის $153^{\circ}22'$ -ზე დაყენებით. შემდეგ, მაგნიტური ისრის დასაბაგრებელ ხრახნს მოვეუშვებთ და, როდესაც ისარი დამშვიდდება, მისი ჩრდილოეთ ბოლოს გადახრა ბუსოლის წრედის ნულდან (აღმოსავლეთით ან დასავლეთით) გამოსახავს ისრის მიხრას.

ისრის მიხრის კუთხის უფრო ზუსტი მნიშვნელობის მისაღებად აღიდაღას ბრუნვით (ლიმბი უძრავია) ისრის ჩრდილოეთ ბოლოს შევუთავსებთ ბუსოლის წრედის ნულს და ლიმბზე ავიღებთ ანათვალს (მაგალითად, $155^{\circ}34'$). სხვაობა $155^{\circ}34' - 153^{\circ}22' = 2^{\circ}12'$ გამოსახავს ისრის მიხრის კუთხეს (მიხრა იქნება აღმოსავლეთით).

ზემოგანხილული მეთოდით გეოგრაფიული მერიდიანის მიმართუ-

ლება განისაზღვრება 5—6 მინუტის სიზუსტით. ის X ანათვალი, რომელიც შეესაბამება ჰოგრის მიმართულებას პოლუსისაკენ, განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$X = \frac{a_1 + a_2}{2}, \quad (1)$$

სადაც a_1 დილით აღებული ანათვალია (ჩვენს შემთხვევაში $43^{\circ}16'$), ხოლო a_2 — ნაშუადღევს აღებული ანათვალი ($263^{\circ}28'$).

უფრო ზუსტი შედეგის (1—2 მინუტამდე) მისაღებად (1) ფორმულით მიღებულ X ანათვალში უნდა შევიტანოთ K შესწორება, ე. ი. ნაცვლად (1) ფორმულისა, უნდა გამოვიყენოთ შემდეგი ფორმული:

$$X = \frac{a_1 + a_2}{2} - K. \quad (2)$$

შესწორება K გამოწვეულია მზის სიმაღლის ცვალებადობით. მზე ზაფხულში უფრო მაღლა დგას, ვიდრე ზამთარში და საერთოდ მზის სიმაღლე ყოველდღე იცვლება ან, როგორც ამბობენ, მზის მიხრისობა ცვალებადია.

(2) ფორმულაში შემავალი K შესწორება განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$K = \frac{t \cdot \Delta\delta}{\cos \varphi \cdot \sin 15t}, \quad (3)$$

სადაც $\Delta\delta$ წვერი წარმოადგენს მზის სიმაღლის, ანუ მზის მიხრის იმ ცვალებადობას, რომელიც შეესაბამება ერთ წუთს (მზის სიმაღლის ეფემერული, ანუ წუთიერი ცვალებადობა). ყოველი დღისათვის წინასწარ განსაზღვრულია აღნიშნული ეფემერული ცვალებადობა $\Delta\delta$, რაც მოყვანილია არსებულ ასტრონომიულ ცხრილებში.

ასეთ ცხრილში ყოველი დღისათვის მოყვანილია მზის სიმაღლის ეფემერული ცვალებადობის ლოგარითმები, საიდანაც ჩანს, რომ მზის სიმაღლის (მიხრის) ცვალებადობას დადებითი ნიშანი აქვს 22 დეკემბრიდან 21 ივნისამდე (ამ პერიოდში დღე მატულობს), ხოლო უარყოფითი ნიშანი აქვს 22 ივნისიდან 21 დეკემბრამდე (ამ პერიოდში დღე კლებულობს).

$\Delta\delta$ სიდიდის ნიშნის მიხედვით K შესწორებას დადებითი ან უარყოფითი ნიშანი ექნება.

(3) ფორმულაში შემავალი t წვერი ნახევარია იმ დროისა (წუთებით), რომელმაც განვლო მზის პირველი დაკვირვებიდან (დილით), მეორე დაკვირვებამდე (ნაშუადღევს).

ჟ დგომის წერტილის განედია, რომელიც განისაზღვრება არსებული რუკიდან ან გეგმიდან.

როგორც ვიცით, 24 საათში დედამიწა ერთხელ შემობრუნდება თავისი ღერძის გარშემო, ე. ი. შემობრუნდება 360° -ით, ხოლო ერთ საათში— 15° -ით ($\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$). თუ დრო უდრის t საათს, მაშინ

ამ დროის განმავლობაში დედამიწა შემობრუნდება $15t$ -ით. სწორედ (3) ფორმულაში შემავალი სინუსის არგუმენტი ($15t$) შეესაბამება დედამიწის შემობრუნებას $15t$ საათის განმავლობაში.

მუშაობის შემოწმებისა და დაზუსტების მიზნით, მზის დაკვირვებას (შუადღემდე და ნაშუადღევს) მოახდენენ რამდენიმეჯერ და ყოველი წყვილი დაკვირვებისათვის განსაზღვრავენ გეოგრაფიული მერიდიანის მიმართულებას. მათი საშუალო მნიშვნელობა დაზუსტებული იქნება, მუშაობის დროს დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს ლიშმის პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანას. ამ მიზნით სასურველია, რომ თეოდოლიტს ჰქონდეს პორიზონტალურ ღერძზე დასადგმელი თარაზო.

მზის დაკვირვებისათვის საუკეთესო დროდ ითვლება დრო 10 ივნისიდან 30 ივნისამდე და 10 დეკემბრიდან 31 დეკემბრამდე, რადგანაც აღნიშნულ პერიოდებში მზის სიმაღლის ცვალებადობა (ეფემერიდი) უმნიშვნელოა, რის გამოც K შესწორება შეგვიძლია არ მივიღოთ მხედველობაში.

§ 78. გეოგრაფიული აზიმუტების განსაზღვრა პარაოვსკის მეთოდით

დედამიწის ბრუნვის ღერძის უსასრულო გაგრძელებაზე (სამყაროს ღერძზე) მდებარეობს კაშკაშა პოლარული ვარსკვლავი, რომელიც გვიჩვენებს ჩრდილოეთისაკენ მიახლოებით მიმართულებას.

პოლარული ვარსკვლავი P რომ ზუსტად ყოფილიყო დედამიწის ბრუნვის ღერძის გაგრძელებაზე (ნახ. 149), ე. ი. ყოფილიყო A წერტილში გამავალ მერიდიანულ სიბრტყეში, მაშინ AB ხაზის გეოგრაფიული α აზიმუტის მისაღებად თეოდოლიტით დავდგებოდით A წერტილში, ლიშმს მოვიყვანდით პორიზონტალურ მდგომარეობაში, ჭოგრს დავუმიზნებდით პოლარულ P ვარსკვლავს და პირველ ვერნიერზე ავიღებდით a_1 ანათვალს. შემდეგ მართო ალიდადის ბრუნვით (ლიშმი დამაგრებულია) ჭოგრს დავუმიზნებდით ადგილის B წერტილს და იმავე ვერნიერზე ავიღებდით a_2 ანათვალს. a_2 და a_1 ანათვლების სხვაობა მოგვცემდა AB მიმართულების გეოგრაფიულ α აზიმუტს (ნახ. 149). სინამდვილეში აღნიშნული სხვაობა ($a_2 - a_1$) გეოგრაფიული აზიმუტის მიახლოებითი მნიშვნელობა იქნება, რადგან პოლარული ვარსკვლავი

P ზუსტად არ მდებარეობს დედამიწის ღერძის გაგრძელებაზე (სამყაროს ღერძზე) და ამის გამოც ცის მოჩვენებით ბრუნვასთან ერთად (სამყაროს ღერძის გარშემო) პოლარული ვარსკვლავიც მოჩვენებით ბრუნავს სამყაროს ღერძის გარშემო და 24 საათში შემოწერს წრეხაზს, რომლის დიამეტრი უდრის 3° -ს ($1^\circ 30'$ -ით გადაიხრება მერიდიანიდან აღმოსავლეთით და $1^\circ 30'$ -ით დასავლეთით).

პოლარული ვარსკვლავის ასეთი მოჩვენებითი ბრუნვის გამო მისკენ ჭოვრით აღებული მიმართულება 24 საათის განმავლობაში განიცდის ცვალებადობას ($-1^\circ 30'$ -დან $+1^\circ 30'$ -მდე). მაშასადამე, თეოდოლიტით პოლარული ვარსკვლავისაკენ სხვადასხვა მომენტში აღებულ მიმართულებას შეესაბამება სხვადასხვა სიდიდის γ აზიმუტი $+1^\circ 30'$ და $-1^\circ 30'$ -ის ფარგლებში.

ამგვარად, AB ხაზის აზიმუტი (ნახ. 149) განისაზღვრება დიდი ცდომილებით ($\pm 1^\circ 30'$).

საბჭოთა მეცნიერმა კრასოვსკიმ წარმოადგინა აზიმუტების განსაზღვრის მეთოდი, რომელიც თავისუფალია ზემოთყვანილ ცდომილებისაგან. ეს მეთოდი გამომდინარეობს შემდეგი მსჯელობიდან:



ნახ. 149.

დედამიწა ერთხელ შემობრუნდება თავისი ღერძის გარშემო 24 საათში თანაბარი სიჩქარით. ამის გამო ცის სფეროს და ყველა მნათობების მოჩვენებითი ბრუნვის კუთხური სიჩქარე ω იქნება ერთი და იგივე ($\omega = \text{const}$), ხაზოვანი სიჩქარე კი ($v = \omega \cdot r$)—სხვადასხვა. მნათობი (ვარსკვლავი) რაც უფრო ახლოა პოლარულ ვარსკვლავთან, ე. ი. რაც უფრო ნაკლებია r რადიუსი, მით უფრო ნაკლები იქნება მნათობის ხაზოვანი სიჩქარეც და, პირიქით, რაც უფრო შორსაა მნათობი პოლარული ვარსკვლავიდან, მით უფრო მეტი იქნება მნათობის ხაზოვანი სიჩქარე. ამის მიხედვით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ თუ ცის (სამყაროს) სფეროზე ავიღებთ სხვადასხვა სიმაღლეზე მდებარე ვარსკვლავებს, მაგალითად პოლარულ P და სხვა რომელიმე ϕ ვარსკვლავს (ნახ. 150), შევამჩნიებთ, რომ ϕ ვარსკვლავის მოჩვენებითი მოძრაობა ცის სფეროზე (სიჩქარე V) გაცილებით უფრო მეტი იქნება, ვიდრე სიჩქარე პოლარული P ვარსკვლავისა, რომელიც, როგორც ვთქვით, 24 საათში შემოწერს მცირე წრეხაზს (დიამეტრი 3°), რის გამოც მისი მოძრაობა თითქმის შეუმჩნეველია.

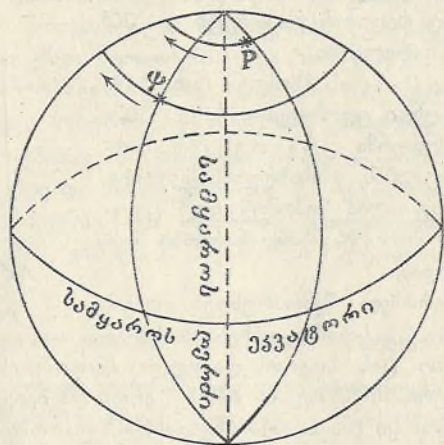
ამიტომ, თუ თეოდოლიტით დავდგებით ადგილის რომელიმე A წერტილში (ნახ. 151) და ჭოვრის დამიზნებით P და ϕ ვარსკვლავებისა-

კენ გავზომავთ β კუთხეს, თანაც ამ გაზომვებს მოვახდენთ რამდენჯერმე დროის სხვადასხვა მომენტში, მაშინ სხვადასხვა მომენტებისათვის მივიღებთ β კუთხის სხვადასხვა მნიშვნელობას, ვინაიდან P და ψ ვარსკვლავები მოძრაობენ სხვადასხვა V სიჩქარით.

მაშასადამე, A წერტილში გაზომილი β კუთხე დამოკიდებულია გაზომვის t დროზე, ე. ი. β დროის ფუნქციაა:

$$\beta = f(t).$$

როგორც ზემოთ ითქვა, *A* წერტილიდან პოლარული ვარსკვლავი-
საყენალებული მიმართულების (ნახ. 149 და 151) აზიმუტი (აღვნიშ-



Биб. 150.

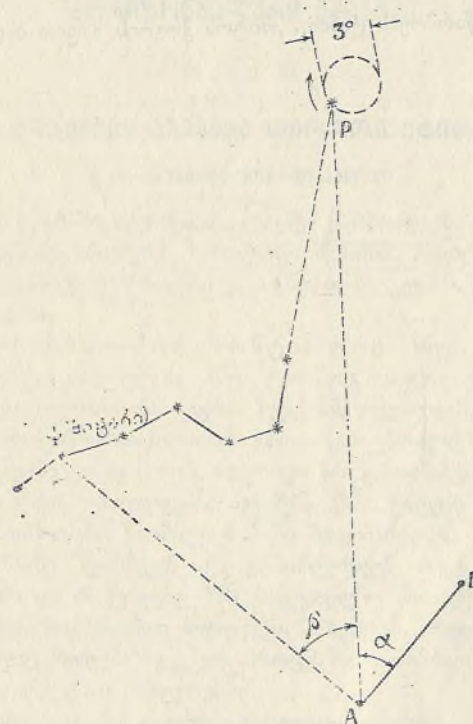
ნოთ γ ასოთი) 24 საათის განმავლობაში განიცდის ცვალებადობას $+1^{\circ}30'$ და $-1^{\circ}30'$ -ის ფარგლებში, ე. ი. γ აზიმუტიც დროის ფუნქციაა:

$$\gamma = f(t).$$

ამრიგად, როგორც β კუთხე, ისე პოლარული P ვარსკვლავის აზიმუტი γ ერთი და იმავე არგუმენტი t -ს ფუნქციაა. ამიტომ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ პოლარული P ვარსკვლავის γ აზიმუტი დამოკიდებულია β კუთხის სიდიდეზე, ე. ი. γ აზიმუტი β კუთხის ფუნქციაა:

$$\gamma = f(\beta).$$

ამ ფუნქციის კვალობაზე შედგენილია ცხრილები, სადაც მოყვანილია პოლარული P ვარსკვლავისაკენ აღებული მიმართულების γ აზიმუტები β კუთხის სიდიდის მიხედვით. ამ ცხრილებში ψ ვარსკვლავად აღებულია დიდი ღათვის ვარსკვლავთა კრებულის (ნახ. 151) ერთ-ერთი ვარსკვლავი ψ მ. ც. ა. რ.



636. 151.

ადგილზე დანიშნულ AB ხაზის (ნახ. 151) აზიმუტის მისაღებად, თეოდოლიტით ვადგებით A წერტილში, ღიბს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და ჯოგის თანმიყოლებით დავუშინებთ ადგილის B წერტილს (სარს), პოლარულ P ვარსკვლავს, ვარსკვლავს მიცარს და ღიბზე ავიღებთ ანათვლებს. მათი მეშვეობით გამოვთვლით β და α კუთხეებს, როგორც სათანადო ანათვლების სხვაო-

ბას. β კუთხის მიხედვით, ზემონახსენებ ცხრილებში ვიპოვით პოლარული ვარსკვლავის γ აზიმუტს (მოთავსდება $+1^{\circ}30'$ და $-1^{\circ}30'$ -ის ფარგლებში). α კუთხეს (ნახ. 151) დავუმატებთ ან გამოვაკლებთ γ აზიმუტს (მისი ნიშნის მიხედვით) და მივიღებთ AB ხაზის გეოგრაფიულ α_0 აზიმუტს, ე. ი.

$$\alpha_0 = \alpha \pm \gamma.$$

დაკვირვება წარმოებს ღამით. ამიტომ ჭოგრის ძაფთა ბაღე უნდა გაენათოთ.

ჰორიზონტალური აპეგმვა

თ ა ვ ი XI

ადგილის აპეგმვა თეოდოლიტით

§ 79. აპეგმვის ზოგადი კანონი

როგორც § 18-ში აღვნიშნეთ, აპეგმვა წარმოადგენს საველე გეოდეზიურ სამუშაოს, რომლის საბოლოო მიზანია ადგილის გამოსახვა ქალაქზე შემცირებული სახით, ე. ი. ადგილის გეგმის შედგენა მოცემული მასშტაბით.

აპეგმვა ორგვარია — ჰორიზონტალური, ანუ კონტურული და ვერტიკალური, ანუ ტოპოგრაფიული. ვერტიკალური აპეგმვა გულისხმობს გეგმის შედგენას რელიეფის, ანუ დედამიწის ზედაპირის უსწორმასწორობის გამოსახვით ქალაქზე. ჰორიზონტალურ აპეგმვაში კი ადგილის რელიეფი არ გამოისახება.

როგორც წესი, ყოველგვარ აპეგმვას წინ უძღვის გეოდეზიური საფუძვლის მომზადება, რომელიც იმაში მდგომარეობს, რომ ასაგეგმავ ტერიტორიაზე შეარჩევენ და განსაზღვრავენ რიგი წერტილების კოორდინატებს და ამ წერტილების საფუძველზე მოახდენენ ადგილის აპეგმვას. ასეთი მოქმედებით მივალწევთ სიზუსტეს, რადგანაც ის შეცდომა, რომელიც მიიღება აპეგმვის პროცესში, თანაბრად განაწილდება დასაყრდენი პუნქტების საზღვრებში.

ეს არის ყოველგვარი აპეგმვის ძირითადი კანონი.

თუ ასაგეგმავი ტერიტორიის ფართობი დიდია (აღემატება 2—5 კვადრატულ კილომეტრს), მაშინ აღნიშნული დასაყრდენი პუნქტების კოორდინატები, ჩვეულებრივ, განისაზღვრება ტრიანგულაციის ან პოლიგონომეტრიის მეთოდით.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ტერიტორიის ფართობი არ აღემატება 1—2 კვადრატულ კილომეტრს, ამ ტერიტორიის აპეგმვა შეიძლება დაეყრდნოს ერთ ან რამდენიმე პოლიგონს და თეოდოლიტურ სელებს. არის ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც მცირე ფართობების აპეგმვისას მიმართავენ ტრიანგულაციას და პოლიგონომეტრიას (დასახლებული და სხვა საპასუხისმგებლო ფართობების აპეგმვა).

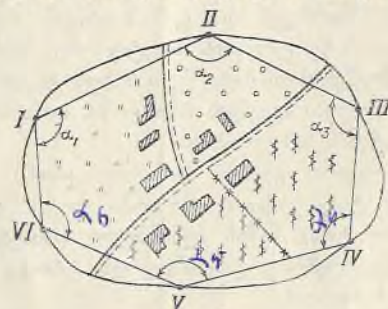
როგორც წესი, მუშაობის დაწყებამდე მოახდენენ ადგილის რეკოგნოსცირებას, ე. ი. ასაგვამავ ტერიტორიას კარგად შეისწავლიან, დანიშნავენ დასაყრდენ წერტილებსა და ცალკე პოლიგონებს, შეადგენენ სამუშაო გეგმას, რომელშიც ნაჩვენებია იქნება ცალკე სამუშაოების თანმიმდევრობა და მუშაობის მეთოდი. აგეგმვის მასშტაბს შეარჩევენ იმისდა მიხედვით, თუ რა მოთხოვნილებას უყენებენ გეგმას სიზუსტის მხრივ.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ასაგვამავი ტერიტორია შეიცავს მცირე ფართობს (ერთ კვადრატულ კილომეტრამდე), შეიძლება აღნიშნული ტერიტორია მოვაჭციოთ ცალკე პოლიგონში და ამ პოლიგონის საფუძველზე მოვახდინოთ ტერიტორიაზე მდებარე გზების, შენობების, ცალკე ნაკვეთებისა და სხვა ობიექტების აგეგმვა.

პირველ რიგში გავეცნობით იმ პოლიგონის აგეგმვას, რომელზედაც დაეყრდნობა ადგილის ყველა ობიექტის აგეგმვა, და შემდეგ განვიხილავთ თვით ცალკე ობიექტების (დასახლებული ადგილების, გზების, მდინარეების და სხვა) აგეგმვას.

§ 80. დასაყრდენი პოლიგონის (გეოდეზიური საფუძვლის) აგეგმვა

ვთქვათ, საჭიროა შედარებით მცირე ტერიტორიის აგეგმვა. ამისათვის ასაგვამავ ტერიტორიაზე შეარჩევენ ისეთ I, II, III... პოლიგონს (ნახ. 152), რომელსაც შეიძლება დაეყრდნოს როგორც ტერიტორიის



ნახ. 152.

მოხაზულობის, ისე ყველა ობიექტების აგეგმვა. აღნიშნული პოლიგონის წვეროები ისე უნდა იყოს არჩეული, რომ ადვილად შეიძლებოდეს მათ შორის მანძილების გაზომვა. საჭიროა, რომ ამ წერტილებიდან კარგად მოჩანდეს ასაგვამავი ობიექტები.

დასაყრდენი პოლიგონის დანიშნისა და დამაგრების შემდეგ შევუდგებით მის აგეგმვას. ამისათვის შემოწმებული თეოდოლიტით ვდგებით პოლიგონის საწყის I წერტილზე, დავცენტრავთ ინსტრუმენტს, პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოვიყვანთ ლიშებს და ერთი სრული ილეთით ვზომავთ I წვეროსთან მდებარე პოლიგონის შიგა α_1 კუთხეს. ამ მიზნით, როგორც ვიცით (იხ. § 70), ჰოვრის დამზერის ღერძს მივმართავთ უკანა (სვლის მიხედვით) VI წერტილისაკენ და ორივე ვერნიერზე ავიღებთ ანათვლებს (I ვერნიერზე ავიღებთ სრულ ანათვალს, II-ზე — მარტო მინუტებს). აღნიშნული ანათვლები იწერება ჟურნალში, რომლის ნიმუში მოყვანილია მე-12 ცხრილში. როგორც ჟურნალიდან ჩანს, საშუალო ანათვალი (VI პუნქტისათვის) უდრის $218^{\circ}45'$. ამის შემდეგ ალიდადს ტრიალით (ლიშები დამაგრებულია) ჰოვრს მივმართავთ წინა II პუნქტისაკენ და ვერნიერებზე ავიღებთ ანათვლებს (საშუალო ანათვალი, როგორც ჟურნალიდან ჩანს, უდრის $113^{\circ}23'$). საძიებელი კუთხე α_1 ტოლია საშუალო ანათვლების სხვაობისა, ე. ი.

$$\alpha_1 = 218^{\circ}45' - 113^{\circ}23' = 105^{\circ}22'.$$

თუ მეორე ანათვალი (II პუნქტზე) მეტია, ვიდრე პირველი ანათვალი (VI პუნქტზე), მაშინ პირველ ანათვალს წინასწარ უნდა დავუმატოთ 360° . ამით დამთავრდება კუთხის გაზომვა ნახევარი ილეთით, ე. ი. კუთხის გაზომვა ერთი წრედით (ჩვენს შემთხვევაში მარჯვენა წრედით).

ამის შემდეგ ჰოვრს გადავიტანთ ზენიტზე, ოღნავ შევცვლით ლიშების მდგომარეობას (მისი უმნიშვნელო ტრიალით) და ხელახლა ვზომავთ α_1 კუთხეს უკვე მარცხენა წრედით.

ჟურნალიდან ჩანს, რომ α_1 კუთხე, გაზომილი მარცხენა წრედით, უდრის $105^{\circ}24'$.

ცხრილი 12

თეოდოლიტით აგეგმვის ჟურნალი

დღის წერტილები	დამზერის წერტილები	ანათვლები ვერნიერებზე		საშუალო ანათვლები	კუთხე	სა- შუალო ანათვ- ლების სხვაობა	პუნქტები	გვერდების საზღვრე მეტ- რებით	შენიშვნა	
		I	II							
I	VI	218°46'	44'	წრედი მარჯვნივ	105°22'	105°23'	51°21'	142,08		
	II	113°24'	22'							218°45'
	VI	78°18'	16'	წრედი მარცხნივ	105°24'					134,12
	II	332°54'	52'							
				332°53'						

254°36'

როგორც ვიცით (იხ. § 67), კუთხის საშუალო მნიშვნელობა, ე. ი. $105^{\circ}23'$ თავისუფალია კოლიმაციური შეცდომისაგან.

ამავე წესით იზომება პოლიგონის დანარჩენი კუთხეები.

ა₁ კუთხის გაზომვის შემდეგ იზომება I—II გვერდის აზიმუტი. ამისათვის I ვერნიერის ნულს შევთავსებთ ლიშის ნულთან და ალი-დადას ჩაგვეტავთ (იხ. § 76). შემდეგ, ბუსოლის მაგნიტურ ისარს ავეშვებთ და ლიშის ტრიალით (მასთან ერთად ალიდადაც იტრია-ლებს) ბუსოლის ნულოვან დიამეტრს ჯერ დაახლოებით შევუთავსებთ მაგნიტურ ისარს და ლიშს ჩაგვეტავთ. შემდეგ შეთავსებას ვაზუს-ტებთ ლიშის მიკროზრახვით. მაშინ ჰოგრის დამზერის ღერძს ექნება მაგნიტური მერიდიანის მიმართულება, ე. ი. ლიში იქნება ორიენტი-რებული (ობიექტივი მიმართული უნდა იყოს ჩრდილოეთისკენ).

ახლა თუ მარტო ალიდადას ტრიალით (ლიში დამაგრებულია) ჰოგრს მივმართავთ პოლიგონის II წვეროსკენ და პირველ ვერნიერზე ავიღებთ ანათვალს, ეს ანათვალი გამოსახავს პოლიგონის I—II გვერ-დების აზიმუტებს. ჩვენს შემთხვევაში ეს აზიმუტი ტოლია $51^{\circ}21'$ -ისა და ჩაწერილია მე-12 ცხრილში.

პოლიგონის დანარჩენი გვერდების აზიმუტები გამოითვლება საწ-ყისი I—II გვერდის აზიმუტისა და პოლიგონის შესწორებული კუთ-ხეების მიხედვით (იხ. § 89). ამიტომ ველზე საკმარისია მარტო საწ-ყისი გვერდის აზიმუტის გაზომვა.

ამის შემდეგ ფოლადის ბაფთით იზომება I—II გვერდის სიგრ-ძე — პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით, ე. ი. იზომება ორჯერ და შედეგი იწერება ეურნალის ბოლო სვეტში. ცალკე განაზო-მებს შორის სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს გვერდის სიგრძის $1/2000$ (ხელსაყრელი პირობების შემთხვევაში) და $1/1000$ (არახელსაყრელი პირობების შემთხვევაში. იხ. § 22).

თუ პოლიგონის გვერდებს აქვს დახრილობა (2° -ზე მეტი), მაშინ ეკლიმეტრით ან თეოდოლიტის ვერტიკალური წრედით ზომავენ გვერ-დების დახრის კუთხეს (იხ. § 72, 74) და ცნობილი წესით (იხ. § 21), განსაზღვრავენ ამ გვერდების პორიზონტალურ პროექციებს.

ამავე წესით აწარმოებენ მუშაობას პოლიგონის დანარჩენ წვერო-ებზე. პოლიგონის ყველა კუთხისა და გვერდის გაზომვის შემდეგ შეკ-რებენ გაზომილ კუთხეებს და მიღებულ ჯამს შეადარებენ კუთხეების თეორიულ ჯამთან ($\Sigma \alpha$), რომელიც მიიღება ფორმულით:

$$\Sigma \alpha = 180^{\circ} (n-2),$$

სადაც n არის პოლიგონის წვეროების რიცხვი. ფაქტიურად მიღებულ და ფორმულით განსაზღვრულ ჯამებს შორის სხვაობა, რომელიც გა-მოსახავს Δ შეცდომას, არ უნდა აღემატებოდეს არსებულ ინსტრუქ-ციებში მოყვანილ სიდიდეს, რომლის თანახმად დასაშვებ ცდომილებას ანაწილებენ თანაბრად ყოველ კუთხეზე. თუ დარჩა ნაშთი, იგი დამა-ტებით შეაქვთ მოკლეგვერდებიან კუთხეებში.

პოლიგონის აგეგმვისა და მუშაობის შემოწმების შემდეგ აღნიშნულ პოლიგონს მოცემული მასშტაბით ააგებენ ქალაქზე (იხ. §§ 92 და 96).

ახლა ვნახოთ, თუ როგორ აწარმოებენ ტერიტორიაზე მდებარე სხვადასხვა ობიექტების (გზების, მდინარეების, დასახლებული ადგილე-ბის, ცალკე ნაგებობების და სხვ.) აგეგმვას დასაყრდენი პოლიგონის საფუძველზე.

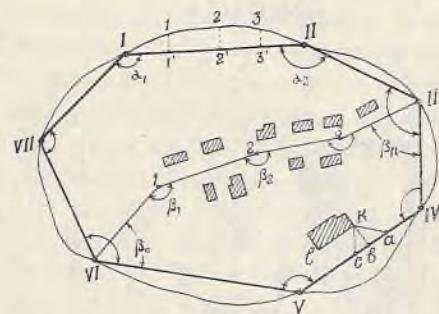
აქ გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

1. პერპენდიკულარების მეთოდი,
2. პოლარული მეთოდი,
3. გადაკვეთის მეთოდი,
4. სარიდან სარამდე გაზომვის მეთოდი.

აღნიშნული მეთოდები განვიხილოთ ცალ-ცალკე.

§ 81. ადგილის აგეგმვა პერპენდიკულარების მეთოდით

ვთქვათ, რომ ასაგეგმავ ტერიტორიაზე არჩეულია დასაყრდენი I, II, III... პოლიგონი (ნახ. 153) და ამ პოლიგონის საფუძველზე საჭი-



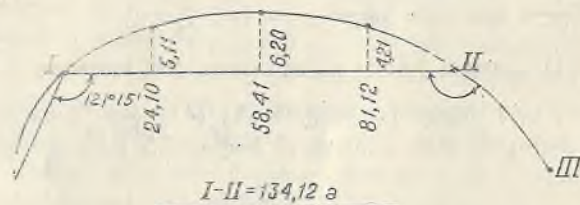
ნახ. 153.

როა ადგილის კონტურების (საზღვრის, გზის, ცალკე შენობების და სხვ.) აგეგმვა პერპენდიკულარების მეთოდით.

ამ აგეგმვას, ჩვეულებრივ, აწარმოებენ დასაყრდენი პოლიგონის აგეგმვასთან ერთად.

სამაგალითოდ განვიხილოთ პოლიგონის I და II წვეროებს შორის მოთავსებული მოხაზულობის აგეგმვა. უპირველეს ყოვლისა, წინა §-ში განხილული მეთოდით ვზომავთ პოლიგონის I წვეროსთან მდებარე α_1 კუთხეს, აგრეთვე I—II გვერდის აზიმუტს და ამის შემდეგ შევუდგებით აგეგმვას.

ორსააკიანი ეკერით (იხ. § 23) მოხაზულობის მახასიათებელი 1, 2, 3... წერტილებიდან I—II გვერდზე დავუშვებთ პერპენდიკულარებს და ბაფთით ვზომავთ აბსცისებს, ე. ი. მანძილებს I წერტილიდან პერპენდიკულარების ფუძემდე (I—1'; I—2'; I—3';...) და აგრეთვე—ორდინატებს, ე. ი. თვით პერპენდიკულარებს (1'—1; 2'—2; 3'—3';...). აბსცისები ჩვეულებრივ იზომება ბაფთით პოლიგონის I—II გვერდის გაზომვასთან ერთად, ხოლო ორდინატები იზომება ხვეულით. მუშაობის დროს ველზე აღგენენ აბრისს, ე. ი. სქემატურ ნახაზს, რომელზედაც იწერება გაზომილი აბსცისები, ორდინატები, პოლიგონის კუთხეები და გვერდები. ასეთი აბრისის ნიმუში მოყვანილია 154 ნახაზზე.



ნახ. 154.

როგორც წინა §-ში აღნიშნული, დასაყრდენ პოლიგონს მოცემული მასშტაბით წინასწარ დაალაგებენ ქალაქზე. თუ ამ პოლიგონის I—II გვერდზე ფარგლით გადავზომავთ აბსცისებს და პერპენდიკულარებზე კი — ორდინატებს, ქალაქზე მივიღებთ მახასიათებელ 1, 2, 3... წერტილებს, რომელთა შეერთებით გამოისახება ადგილის მრუაზულობა I და II პუნქტებს შორის.

ამავე წესით შეგვიძლია პოლიგონის დანარჩენ გვერდებთან დაკავშირებით მოვახდინოთ ადგილის მოხაზულობისა და სხვა დეტალების აგეგმვა.

იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა მუშაობაში დიდი სიზუსტის შეტანა, მივმართავთ არა პერპენდიკულარების მეთოდს, არამედ სამი წერტილიდან გაზომვის მეთოდს, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში: ასაგეგმავი ობიექტის პირდაპირ პოლიგონის გვერდზე დავნიშ-

ნავთ სამ a , b და c წერტილებს. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 153) ეს წერტილები დანიშნულია IV—V გვერდზე ცალკე შენობის ქ კუთხის პირდაპირ. ბაფთით (ან ხვეულით) ვზომავთ მანძილებს პოლიგონის IV წვეროდან აღნიშნულ a , b და c წერტილებამდე და აგრეთვე მანძილებს ამ a , b , c წერტილებიდან საძიებელ x წერტილამდე. აღნიშნული გაზომვები საკმარისია, რომ გვემაზე მივიღოთ შენობის x კუთხის ზუსტი მდებარეობა. ამისათვის ქალაქზე, რომელზედაც წინასწარ აგებულია დასაყრდენი პოლიგონი, გვემის მასშტაბით IV პუნქტიდან ფარგლით გადავზომავთ სათანადო მანძილებს და IV—V გვერდზე ვიპოვიოთ a , b და c წერტილებს. ამ წერტილებიდან ak , bk და ck რადიუსებით შემოვხაზავთ რკალებს, რომლებიც გადაიკვეთება საძიებელ x წერტილში, თუ მანძილები სწორად იყო აღვიღებთ გაზომილი. ამავე წესით შეგვიძლია გვემაზე მივიღოთ შენობის მეორე e კუთხე და, მაშასადამე, შენობის ფასადიც, რომელთან დაკავშირებით აღვიღალ გამოვსახავთ სახლის მთელ მოხაზულობას.

ამ მეთოდს უმთავრესად იყენებენ დასახლებული ადგილების აგეგმვის დროს.

§ 82. ახაგეგმვა თეოდოლიტური სვლის საფუძველზე

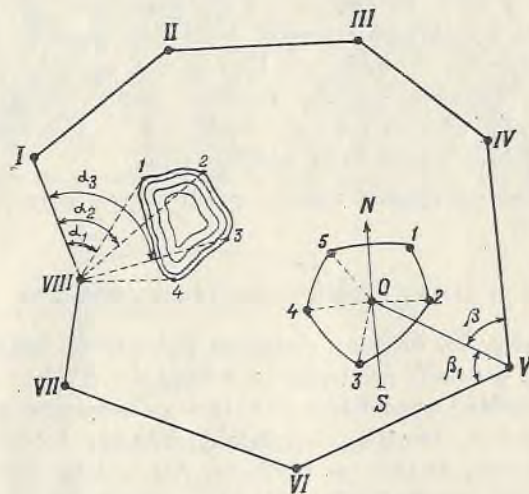
იმ შემთხვევაში, როდესაც ასაგეგმავი ტერიტორია შეიცავს შედარებით დიდ ფართობს და ასაგეგმავი ობიექტები (გზები, ცალკეული შენობები და სხვ.) დიდი მანძილებით არის დაშორებული დასაყრდენი პოლიგონიდან ან, როდესაც ასაგეგმავი ტერიტორია წარმოადგენს დახურულ ადგილს, როგორცაა ბუჩქნარი, ტყე, დასახლებული ადგილი და სხვა, მაშინ პოლიგონის შიგნით ნაწილის აგეგმვის მიზნით შეგვიძლია პოლიგონის წვეროებს შორის დავნიშნოთ ისეთი ტეხილი სვლა, რომელთან დაკავშირებით ადვილად შეიძლება აგეგმვა. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 153) პოლიგონის VI და III წვეროებს შორის დანიშნულია VI, 1, 2, 3, III ტეხილი სვლა, რომელსაც მაგისტრალი, ანუ თეოდოლიტური სვლა ეწოდება. იმ მიზნით, რომ აღნიშნული მაგისტრალი გვემის მასშტაბით დავლაგოთ დასაყრდენი პოლიგონის VI და III წვეროებს შორის, ადვილზე თეოდოლიტით იზომება მაგისტრალის β_0 , β_1 ... β_n კუთხეები და აგრეთვე ყველა გვერდი. კუთხეების გაზომვას ამოწმებენ პოლიგონის V—VI და III—IV დამაკავშირებელი გვერდების აზიმუტების მიხედვით (იხ. § 91).

VI, 1, 2... III მაგისტრალის საფუძველზე კი, პერპენდიკულარების მეთოდით, ადვილად მოვახდენთ მაგისტრალთან ახლომდებარე შენობების აგეგმვას.

§ 82. ადგილის აბეგმა პოლარული მეთოდით

ვთქვათ, რომ ასაგეგმავ ტერიტორიაზე წინასწარ იყო არჩეული დასაყრდენი პოლიგონი I, II, III... (ნახ. 155), რომლის აგეგმვა ჩატარდა § 80-ში განხილული მეთოდით.

ახლა ვნახოთ, თუ ამ პოლიგონის საფუძველზე როგორ აწარმოებენ ადგილის აგეგმვას (მაგალითად, ტბის აგეგმვას) პოლარული მეთოდით. ამისათვის თეოდოლიტით ვდგებით ტბასთან ახლომდებარე VIII წერტილში და ცნობილი წესით ვზომავთ $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ კუთხეებს,



ნახ. 155.

რომლებიც მოთავსებულია პოლიგონის VIII—I გვერდსა და ტბის მახასიათებელი 1, 2, 3... წერტილებისაქენ აღებულ მიმართულებებს შორის. აღნიშნულ 1, 2, 3... წერტილებზე თანმიყოლებით იდგმება ლარტყა და მანძილზომით იზომება მანძილები (ჰორიზონტალური პროექცია) დგომის VIII წერტილიდან მახასიათებელ 1, 2, 3... წერტილებამდე.

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ კუთხეები, ჩვეულებრივ, იზომება ნახევარი ილეთით, ე. ი. ერთი წრედით (მარჯვენათი ან მარცხენათი).

მუშაობის გასაადვილებლად შეგვიძლია I ვერნიერის ნული წინასწარ შევეუთავსოთ ლიმბის ნულს და ლიმბის ტრიალით (აღიდადასთან ერთად) ჰოგრი მივმართოთ პოლიგონის I წვეროსაქენ. თუ ახლა მარტო აღიდადას ტრიალით (ლიმბი დამაგრებულია) ჰოგრს თანმიყოლე-

ბით მივმართავთ 1, 2, 3... მახასიათებელი წერტილებისაქენ და I ვერნიერზე ავიღებთ ანათვლებს. ცხადია, რომ ეს ანათვლები გამოსახავს $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ კუთხეებს.

აღნიშნული კუთხეების ნაცვლად შეგვიძლია გავზომოთ მახასიათებელი (VIII—1; VIII—2; VIII—3...) მიმართულებების აზიმუტები.

ვინაიდან ქალაქზე წინასწარ გვექნება აგებული დასაყრდენი I, II, III... პოლიგონი, შეგვიძლია ამ პოლიგონის საფუძველზე ადვილად ავაგოთ ჩვენ მიერ აგეგმილი ტბა.

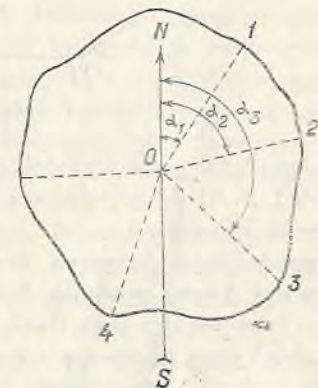
ამისათვის პოლიგონის VIII წერტილთან ტრანსპორტირით ავაგებთ $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ კუთხეებს და მიღებულ მიმართულებებზე თუ გვემის მასშტაბით გადავზომავთ მანძილებს VIII წერტილიდან 1, 2, 3... მახასიათებელ წერტილებამდე, მაშინ ქალაქზე მივიღებთ თვით მახასიათებელ წერტილებს, რომელთა შეერთებით გამოისახება ტბა.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ასაგეგმავი ობიექტი არ მოჩანს პოლიგონის წვეროებიდან, ვიქცევით ასე: ობიექტთან ახლოს (ან შიგ ობიექტში) შევარჩევთ O წერტილს (ნახ. 155), რომელსაც პოლუსი ეწოდება. თეოდოლიტით ვდგებით O პოლუსზე და ცნობილი წესით (იხ. § 76) ვზომავთ მახასიათებელი O—1, O—2, O—3... მიმართულებების აზიმუტებს. მანძილზომით ვგებულობთ აგრეთვე მანძილებს O პოლუსიდან აღნიშნულ მახასიათებელ წერტილებამდე. გარდა ამისა, O პოლუსს ვაკავშირებთ პოლიგონის რომელიმე წვეროსთან (ჩვენს შემთხვევაში V წვეროსთან). ამისათვის ერთი სრული ილეთით, ე. ი. მარჯვენა და მარცხენა წრედით იზომება V წვეროსთან მდებარე β კუთხე და აგებთვე ბათით იზომება V—O სიგრძე. შემოწმების მიზნით იზომება აგრეთვე β₁ კუთხე.

ეს განაზომები საკმარისია, რომ პოლიგონის V წვეროსთან დაკავშირებით ქალაქზე ავაგოთ ჩვენ მიერ აგეგმილი ობიექტი.

თუ O პოლუსი დიდი მანძილითაა დაშორებული პოლიგონის წვეროებიდან, მაშინ მას მაგისტრალის საშუალებით აკავშირებენ V წერტილთან. მაგისტრალს ატარებენ პოლიგონის წვეროსა და O პოლუსს შორის (კუთხეებისა და გვერდების გაზომვით).

იმ შემთხვევაში, როდესაც ასაგეგმავი ადგილი მცირე ფართობს მოიცავს და არაა საჭირო მისი და-



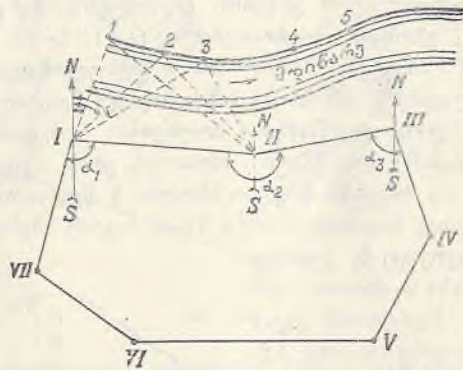
ნახ. 156.

კავშირება დასაყრდენ პუნქტებთან, აგეგმვის მიზნით მის გარეთ ან შიგნით შევიარჩევთ O პოლუსს (ნახ. 156). თეოდოლიტით ვდგებით ამ პოლუსზე და ცნობილი წესით ვზომავთ მახასიათებელ $O-1$, $O-2$, $O-3...$ მიმართულებების აზიმუტებს. გარდა ამისა, მანძილშომით იზომება მანძილები O პოლუსიდან აღნიშნულ $1, 2, 3...$ წერტილებამდე. მოყვანილი განაზომები საკმარისია, რომ ქალაქზე, მოცემული მასშტაბით, მივიღოთ ასაგეგმავი ადგილის მოხაზულობა.

§ 84. ადგილის აგეგმვა გაღებვითი მეთოდით

ეს მეთოდი მეტად მოხერხებულია ისეთ ადგილებში, სადაც მანძილების გაზომვა ძნელია. ასეთია მიუვალი, კლდინი ადგილები, ცალკე მიუვალი ბორცვები, დიდი მდინარეები და სხვ.

ვთქვათ, რომ ასაგეგმავ ტერიტორიაზე მიედინება მდინარე, რომლის ახლოს მდებარეობს დასაყრდენი I, II, III... პოლიგონის (ნახ. 157) გვერდები.



ნახ. 157.

ასეთ შემთხვევაში მდინარის აგეგმვა შეგვიძლია გაწარმოთ პოლიგონის I, II, III წერტილებიდან გადაკვეთის მეთოდით, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში:

თეოდოლიტით ვდგებით პოლიგონის I წერტილზე და ვზომავთ (ცნობილი წესით) კუთხეებს, მოთავსებულს პოლიგონის I—II გვერდსა და მახასიათებელ I—1, I—2, I—3... მიმართულებებს შორის.

ამის შემდეგ თეოდოლიტით გადავივართ II წერტილზე და ვზომავთ კუთხეებს, მოთავსებულს პოლიგონის II—I გვერდსა და მახასიათებელ II—1; II—2; III—3... მიმართულებებს შორის. აღნიშნულ

გაზომვებს, ჩვეულებრივ, აწარმოებენ დასაყრდენი პოლიგონის აგეგმვასთან ერთად.

აღნიშნული კუთხეების ნაცვლად შეიძლება აგრეთვე პოლიგონის I, II, III... წვეროებზე (ნახ. 157) ყოველი მახასიათებელი მიმართულების აზიმუტების გაზომვა.

ეს განაზომები საკმარისია, რომ ქალაქზე მივიღოთ მდინარის გამოსახულება. მართლაც, როგორც ვიცით, ქალაქზე წინასწარ იქნება აგებული დასაყრდენი პოლიგონი. მაშასადამე, პოლიგონის I წვეროსთან ტრანსპორტირით შეგვიძლია ავაგოთ მახასიათებელი I—1, I—2, I—3... მიმართულებები, გაზომვი კუთხეების ან აზიმუტების მიხედვით. აგრეთვე II წვეროსთან (კუთხეების მიხედვით) ავაგებთ მიმართულებებს იმავე $1, 2, 3...$ მახასიათებელი წერტილებსაკენ. შესაბამისი მიმართულებების გადაკვეთაში მიიღება მდინარის მახასიათებელი $1, 2, 3...$ წერტილები, რომელთა შეერთებით გამოისახება მდინარის ნაპირი.

ამავე წესით პოლიგონის II და III წვეროებიდან გადაკვეთის მეთოდით ქალაქზე ავაგებთ მდინარის $4, 5, 6...$ წერტილებს და, მაშასადამე, თვით მდინარის ნაპირს.

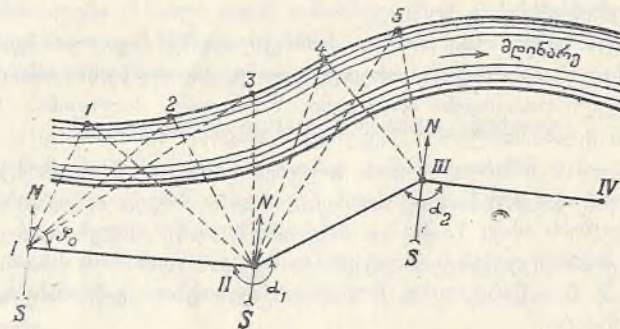
ამავე წესით შეიძლება აგეგმვით მდინარის მეორე ნაპირი, ხოლო მისი აგეგმვა უფრო მოხერხებულია § 81-ში განხილული პერპენდიკულარების მეთოდით პოლიგონის I—II და II—III გვერდებთან დაკავშირებით.

ცხადია, რომ მდინარის აგეგმვა პოლიგონის I, II და III წვეროებიდან შეიძლება აგრეთვე შემოგანხილული პოლარული მეთოდით.

იმ შემთხვევაში, როდესაც მდინარის ასაგეგმავი ნაწილი გაჭიმულია დიდ სიკრძეზე, მაშინ მისი აგეგმვის მიზნით, ნაცვლად დასაყრდენი პოლიგონისა, მდინარის ერთ-ერთ ნაპირზე ატარებენ თეოდოლიტურ I, II, III სელას (ნახ. 158), ე. ი. მაგისტრალს, და მდინარის აგეგმვას მოახდენენ ამ მაგისტრალის წვეროებიდან შემოგანხილული გადაკვეთის მეთოდით (ან პოლარული და პერპენდიკულარების მეთოდებით). ამ შემთხვევაში მდინარის აგეგმვასთან ერთად საჭიროა თვით მაგისტრალის აგეგმვა.

ამისათვის თეოდოლიტით იზომება მაგისტრალის საწყისი I—II გვერდის აზიმუტი α_0 და აგრეთვე II, III, IV წვეროებთან მდებარე $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3...$ კუთხეები. გარდა ამისა, ბაფთით იზომება მაგისტრალის გვერდები. ეს განაზომები საკმარისია, რომ ქალაქზე მოცემული მასშტაბით ავაგოთ I, II, III... მაგისტრალი (კოორდინატების მეთოდით ან რუკებზე). ამ მაგისტრალთან დაკავშირებით ადვილად ავაგებთ მდინარის ნაპირებს გადაკვეთის მეთოდით.

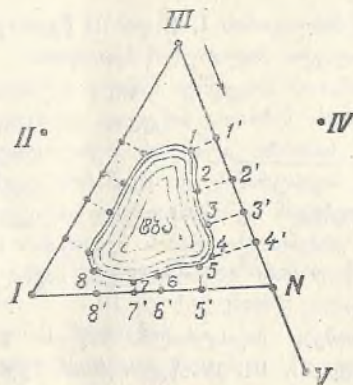
უფრო ზუსტი შედეგის მისაღებად დიდი მდინარის და მისი ხეობის აგეგმვას აწარმოებენ სამკუთხედების ანუ ტრიანგულაციის მეთოდით (იხ. § 160).



ნახ. 158.

§ 85. ადგილის აგეგმვა სარიდან სარამდე გაზომვის მეთოდით

თუ ასაგეგმავ ტერიტორიაზე წინასწარ განსაზღვრულია (პოლიგონომეტრიის ან ტრიანგულაციის მეთოდით) I, II, III... წერტილები (ნახ. 159) კოორდინატები, მაშინ შეგვიძლია აღნიშნული წერტილები გამოვიყენოთ ცალკე კონტურების (დეტალების) ასაგეგმვად.



ნახ. 159.

მაგალითად, ტერიტორიაზე მდებარე ტბის აღმოსავლეთი ნაპირის აგეგმვას დაეუკავშირებთ III—V მიმართულებას. ამისათვის ორსართიანი ეკერიტ III—V მიმართულებაზე დაგუშვებთ პერპენდიკულარებს ტბის 1, 2, 3... მახასიათებელი წერტილებიდან. შემდეგ ბაფთით ვზომავთ აბსცისებს (III—1; III—2; III—3...) და ორდინატებს (1—1'; 2—2'; 3—3'...).

ტბის სამხრეთი ნაწილის ასაგეგმვად შეგვიძლია III—V მიმართულებაზე შევარჩიოთ ისეთი N წერტილი, რომ I—N მიმართულება მდებარეობდეს ტბასთან ახლოს.

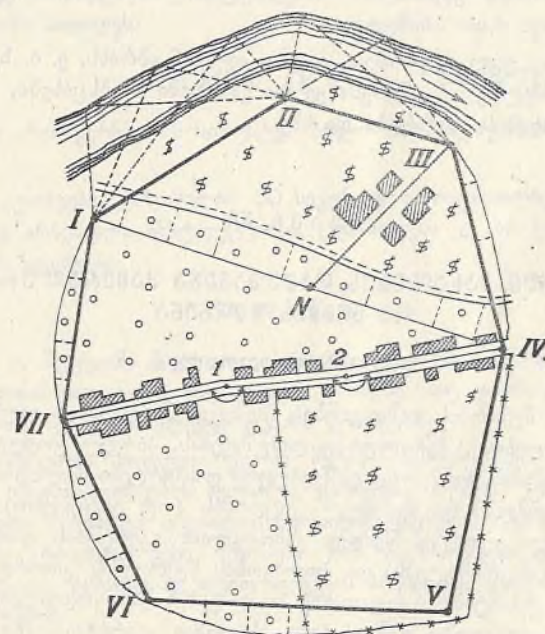
N წერტილზე დავამატებთ სარს და მისი მდებარეობის მისაღებად ვზომავთ III—N (ან V—N) მანძილს. შემდეგ ტბის 5, 6, 7... მახასიათებელი წერტილებიდან ეკერიტ დაგუშვებთ პერპენდიკულარებს 1—N მიმართულებაზე და N სარიდან I სარის მიმართულებით ვზომავთ N—5'; N—6'; N—7'... აბსცისებსა და 5—5'; 6—6'; 7—7'... ორდინატებს.

ტბის დასავლეთი ნაწილი განზილული წესით შეგვიძლია დავუკავშიროთ I—III მიმართულებას.

აღნიშნული განაზომები საკმარისია, რომ ქალაქზე მოცემული მასშტაბით ავაგოთ ტბის მოხაზულობა, გინაიდან დასაყრდენი I, II, III, IV, V... წერტილები წინასწარ იქნება ქალაქზე დალაგებული მათი კოორდინატების მიხედვით.

§ 86. ცალკე პირიმეტრის აგეგმვა სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით

ასაგეგმავ ტერიტორიაში შემაგალი ცალკე ობიექტების ასაგეგმვად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს უკვე განზილული ყველა მეთოდი. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 160) მთელი ასაგეგმავი ტერიტორია მოქცეულ-



ნახ. 160.

ლია I, II, III, IV... პოლიგონში, რომელიც წარმოადგენს აგეგმვის საფუძველს — დასაყრდენ პოლიგონს. ამ პოლიგონის აგეგმვას აწარმოებენ § 80-ში განხილული მეთოდით.

ტერიტორიის საზღვარი, როგორც ნახაზიდან ჩანს, აგეგმილია პერპენდიკულარების მეთოდით დასაყრდენი პოლიგონის გვერდებთან დაკავშირებით. მდინარის ერთი ნაპირი აგეგმილია პოლიგონის I, II და III წვეროებიდან გადაკვეთის მეთოდით. მეორე ნაპირის აგეგმვა შეიძლება პერპენდიკულარების ან პოლარული მეთოდით I, II და III წვეროებიდან.

დასახლებული ადგილის აგეგმვა ეყრდნობა თეოდოლიტურ VII, 1, 2, IV სვლას, რომელიც გატარებულია პოლიგონის VII და IV წვეროებს შორის.

სარიდან სარამდე გაზომვის მეთოდი გამოყენებულია I—IV მიმართულების ჩრდილოეთით მდებარე გზისა და ცალკე შენობების ასაგეგმვად.

პოლიგონისა და თეოდოლიტური სვლის კუთხეები იწერება § 80-ში მოყვანილი სახის ყურნალში. იმავე ყურნალში იწერება გვერდების სიგრძეები და მათი აზიმუტები.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ველზე აღგენენ აბრისს, ე. ი. სქემატურ ნახაზს, რომელზედაც იწერება ყველა განაზომი — აბსცისები, ორდინატები, გვერდების სიგრძეები და სხვ.

თ ა 8 0 XII

საშუალო მასშტაბის დამუშავება კამერალურად და ვეგმის შემდგენა

§ 87. ზოგადი მიმოხილვა

საშუალო მასშტაბის დამუშავების შემდეგ შეუდგებიან ველზე მიღებული მასალების კამერალურად დამუშავებას. პირველ ყოვლისა, გაიგებენ შეცდომას, რომელიც დაშვებულია დასაყრდენი პოლიგონის კუთხეების გაზომვაში დი მიღებულ შეცდომას (თუ დასაშვებია) გაანაწილებენ ყველა კუთხეზე. შემდეგ გამოთვლიან გვერდების ღირებულებას კუთხეებს (ან აზიმუტებს) და პოლიგონის წვეროების კოორდინატებს. მოცემული მასშტაბით ქალაქზე დაალაგებენ დასაყრდენ პოლიგონს, რომლის საფუძველზე გამოისახება ასაგეგმავ ტერიტორიაზე მდებარე გზები, დასახლებული ადგილები, მდინარეები, ცალკე ნაკვეთები და სხვ.

დასაყრდენ პოლიგონს, როგორც წესი, ქალაქზე ააგებენ კოორდინატების საშუალებით (იხ. § 94). გამოთვლის შემთხვევაში, როდესაც არ არის საჭირო დიდი სიზუსტე, შეიძლება პოლიგონის აგება ღირებულებით ან აზიმუტებით (იხ. § 92).

§ 88. ჩაბეჭდილი პოლიგონის კუთხეების შემოწმება

პოლიგონის კუთხეების გაზომვის შემდეგ ველზე უნდა დავრწმუნდეთ იმაში, რომ გაზომილ კუთხეთა ჯამი შეესაბამება თეორიულ ჯამს, რომელიც, როგორც ცნობილია გეომეტრიიდან, განისაზღვრება ფორმულით:

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

სადაც n არის პოლიგონის წვეროების რიცხვი.

ფაქტიურად, გაზომილ კუთხეთა ჯამი ($\Sigma \alpha$) სინამდვილეში არ უდრის თეორიულ ჯამს, მათ შორის სხვაობა წარმოადგენს Δ შეცდომას. თუ პოლიგონის კუთხეები გაზომილი იყო ერთი სრული ილეთით (მარჯვნივ და მარცხნივ წრედით), მაშინ Δ შეცდომა არ უნდა აღემატებოდეს სიდიდეს:

$$\Delta \leq 1,5 \cdot t \sqrt{n}, \quad (\text{იხ. § 71})$$

სადაც t არის ვერნიერის სიზუსტე, ხოლო n პოლიგონის კუთხეების რიცხვი.

თუ კუთხეები გაზომილია 30 სეკუნდიანი თეოდოლიტით, მაშინ თანახმად არსებული ინსტრუქციისა, ცდომილება Δ არ უნდა აღემატებოდეს სიდიდეს:

$$\Delta \leq 1' \sqrt{n}.$$

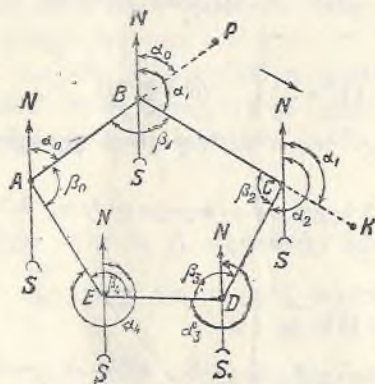
თუ Δ შეცდომა მივიღეთ დასაშვებზე ნაკლები, მაშინ ამ ცდომილებას თანაბრად ანაწილებენ ყველა კუთხეზე. თუ დარჩა ნაშთი, იგი დამატებით შეაქვთ მოკლევადიან კუთხეებში.

თუ შეცდომა მივიღეთ უფრო მეტი, ვიდრე დასაშვებია, მაშინ საჭირო იქნება კუთხეების ხელახლა გაზომვა. თუმცა, უნდა ითქვას, რომ ასეთი შემთხვევა იშვიათია, ვინაიდან თეოდოლიტით აგეგმვაში კუთხეები, როგორც წესი, იზომება ორჯერ (მარჯვნივ და მარცხნივ წრედით) და, მაშასადამე, თვით აგეგმვის პროცესში წარმოებს მუშაობის შემოწმება.

როგორც § 35-ში აღვნიშნეთ, ერთიმეორისაგან 60° -ით დაშორებული მერიდიანებით დედამიწის სფეროს ზედაპირი დაყოფილია ცალკეულ ზონებად, რომელთა რიცხვი უდრის 60 -ს. ყოველი ზონის საშუალო მერიდიანს ღერძითი მერიდიანი ეწოდება.

ზონის ფარგლებში მდებარე ხაზის დირექციული კუთხე ეწოდება იმ კუთხეს, რომელსაც მოცემული ხაზი ადგენს ამ ხაზის რომელიმე წერტილში გამავალი ღერძითი მერიდიანის პარალელურ ხაზთან და რომელიც აითვლება ამ პარალელური (ხაზის ჩრდილოეთ ბოლოდან ხაზამდე საათის ისრის მიმართულებით. მაშასადამე, დირექციული კუთხე, როგორც აზიმუტი, იცვლება 0° -დან 360° -მდე, აზიმუტი კი აითვლება მოცემული ხაზის ბოლოში გამავალი მერიდიანის ჩრდილოეთ ბოლოდან ხაზამდე საათის ისრის მიმართულებით.

დირექციული კუთხეები ჩვენში მიღებულია 1928 წლიდან, მას შემდეგ, რაც სსრ კავშირში შემოღებულ იქნა სწორკუთხეოანი ზონალური გაუს-კრიუგერის კოორდინატები, ე. ი. ზონის ღერძითი მერიდიანთან და ეკვატორთან დაკავშირებული კოორდინატები.



ნახ. 161.

იმ მიზნით, რომ განესაზღვროთ პოლიგონის გვერდების დირექციული კუთხეები, საკმარისია ვიცოდეთ ერთ-ერთი გვერდის დირექციული კუთხე და პოლიგონის შიგა კუთხეები. მართლაც, ვთქვათ, რომ $ABCDE$ პოლიგონის (ნახ. 161) $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$ კუთხეები და მისი AB გვერდის დირექციული კუთხე α_0 ცნობილია და საჭიროა ამ მონაცემების მიხედვით განესაზღვროთ პოლიგონის დანარჩენი გვერდების დირექციული კუთხეები.

პოლიგონის B, C, D და E წვეროებში წარმოვიდგინოთ ზონის ღერძითი მერიდიანის პარალელური NS ხაზები. ამ შემთხვევაში BC გვერდის დირექციული კუთხე იქნება α_1 კუთხე, CD გვერდის დირექციული კუთხე იქნება α_2 კუთხე და ა. შ.

თუ AB გვერდს გავაგრძელებთ, მაშინ კუთხე NBP ტოლი იქნება AB გვერდის დირექციული α_0 კუთხისა და, როგორც ნახაზიდან ჩანს, BC გვერდის დირექციული კუთხე

$$\alpha_1 = \alpha_0 + 180^\circ - \beta_1.$$

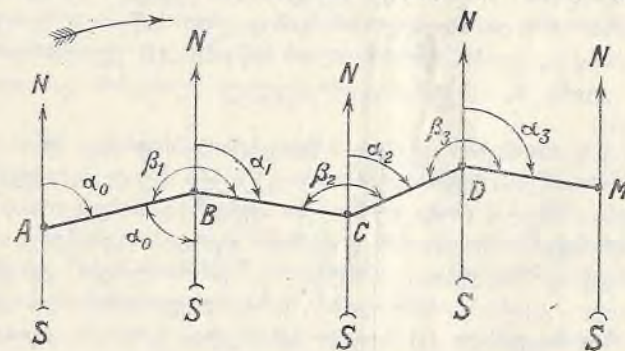
ამავე წესით თუ გავაგრძელებთ BC გვერდს, მაშინ კუთხე NCK ტოლი იქნება BC გვერდის დირექციული α_1 კუთხისა და როგორც იმავე ნახაზიდან ჩანს, CD გვერდის დირექციული კუთხე

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2.$$

დირექციული α_2 კუთხისა და პოლიგონის β_3 კუთხის მიხედვით უკვე შეგვიძლია გამოვთვალოთ DE გვერდის დირექციული კუთხე α_3 და ა. შ. მაშასადამე, ზოგად ფორმულას ექნება ასეთი სახე:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n \quad (1)$$

განხილულ შემთხვევაში (ნახ. 161) ჯერ გამოვთვალოთ BC გვერდის დირექციული კუთხე, შემდეგ კი — CD გვერდისა და ა. შ., ე. ი. დირექციული კუთხეების გამოთვლა ვაწარმოოთ საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით. ამ შემთხვევაში პოლიგონის შიგა $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$ კუთხეები იქნება აღნიშნული მიმართულების (ნაჩვენებია ისრით) მარჯვენა მხარეზე მდებარე კუთხეები და ზოგადი (1) ფორმულის მიხედვით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ რომელიმე გვერდის α_n დირექციული



ნახ. 162.

კუთხე უდრის მომდევნო გვერდის α_{n-1} დირექციულ კუთხეს პლუს 180° და მინუს მარჯვენა კუთხე.

დავუშვათ, რომ ცნობილია 162-ე ნახაზზე ნაჩვენები პოლიგონის $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$ კუთხეები და დირექციული კუთხეების გამოთვლებს ვა-

წარმოებთ იმავე თანამიმდევრობით, როგორც ზემოვანხილულ მაგალითში, ე. ი. ჯერ გამოვიღოთ BC გვერდის დირექციულ α_1 კუთხეს, შემდეგ CD გვერდის დირექციულ α_2 კუთხეს და ა. შ. ამ შემთხვევაში პოლიგონის $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$ კუთხეები იქნება მარცხენა მხარეზე მდებარე კუთხეები.

B წერტილში წარმოვიდგინოთ NS ხაზი, რომელიც პარალელურია ზონის ღერძითი მერიდიანისა და, მაშასადამე, პარალელურია A წერტილში გატარებული NS ხაზისა. მაშინ B წერტილთან მდებარე ABS კუთხე ტოლი იქნება AB გვერდის დირექციული α_0 კუთხისა და, როგორც ნახაზიდან ჩანს, BC გვერდის დირექციული კუთხე

$$\alpha_1 = \alpha_0 + \beta_1 - 180^\circ.$$

ასევე განისაზღვრება პოლიგონის დანარჩენი გვერდების დირექციული კუთხეები და ზოგად ფორმულას ექნება ასეთი სახე:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_n - 180^\circ, \quad (2)$$

ე. ი. რომელიმე გვერდის დირექციული კუთხე უდრის წინა გვერდის დირექციულ კუთხეს პლუს მარცხენა კუთხე და მინუს 180° .

თუ ადგილზე გაზომილი პოლიგონის შიგა $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \dots$ კუთხეები (ნახ. 161) შესწორებულია ისე, რომ მათი ჯამი უდრის $180^\circ(n-2)$, მაშინ პოლიგონის ბოლო EA გვერდის დირექციულ კუთხეს რომ დავემატოთ 180° და მიღებულ ჯამს გამოვაკლოთ საწყის A წერტილთან მდებარე β_0 კუთხე, უნდა მივიღოთ საწყისი AB გვერდის დირექციული კუთხე α_0 . ეს იქნება დირექციული კუთხეების გამოთვლის შემოწმება.

მცირე ფართობების აგეგმვის შემთხვევაში უმთავრესად ცნობილია პოლიგონის საწყისი გვერდის არა დირექციული კუთხე, არამედ მისი მაგნიტური აზიმუტი, რომელიც მიიღება ადგილზე გაზომვით (იხ. § 76).

ამ შემთხვევაში პოლიგონის დანარჩენი გვერდების აზიმუტები მიიღება იმავე ფორმულებით, რომლებითაც განისაზღვრება გვერდების დირექციული კუთხეები, სახელდობრ, მარჯვენა კუთხეებისათვის გამოიყენება ზემომოყვანილი (1) ზოგადი ფორმულა, მარცხენა კუთხეებისათვის კი (2) ზოგადი ფორმულა.

აზიმუტების გამოთვლის შემთხვევაში ევკლისობით, რომ პოლიგონის წვეროების გრძედების სხვაობა მცირეა და ამის გამო მერიდიანების შეახლოებას მხედველობაში არ ვღებულობთ, ე. ი. პოლიგონის წვეროებში გამავალი მერიდიანები წარმოდგენილი გვაქვს როგორც ურთიერთპარალელური ხაზები.

§ 90. რიცხვითი მაგალითი ლიბავიური კუთხეების (ან აზიმუტების) გამოთვლაზე

ვთქვათ, რომ ცნობილია 163-ე ნახაზზე მოყვანილი პოლიგონის AB გვერდის დირექციული კუთხე (უდრის $46^\circ 21'$) და პოლიგონის შიგა კუთხეები (ნახაზზე წარწერილია). ამ მონაცემების მიხედვით საჭიროა პოლიგონის დანარჩენი გვერდების დირექციული კუთხეების განსაზღვრა.

ნახაზზე მოყვანილი კუთხეები წარმოადგენს შესწორებულ კუთხეებს. მათი ჯამი $(91^\circ 15' + 115^\circ 30' + 120^\circ 6' + 111^\circ 3' + 102^\circ 6' = 540^\circ)$ ეთანხმება თეორიულ ჯამს, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში, ე. ი. ხუთკუთხედის შემთხვევაში:

$$\Sigma \beta = 180^\circ(n-2) = 180^\circ \cdot 3 = 540^\circ.$$

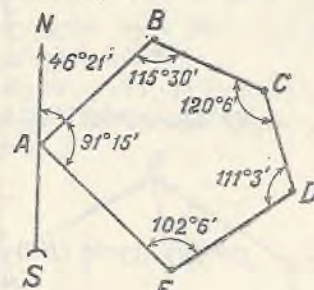
დირექციული კუთხეების გამოთვლა მოვახდინოთ საათის ისრის მიმართულებით, ე. ი. ჯერ გამოვივლოთ BC გვერდის დირექციული კუთხე, შემდეგ CD გვერდის დირექციული კუთხე და ა. შ. ამ შემთხვევაში პოლიგონის კუთხეები იქნება მარჯვენა კუთხეები და, მაშასადამე, უნდა გამოვიყენოთ წინა §-ში მოყვანილი მარჯვენა კუთხეების ფორმულა:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n,$$

ე. ი. BC გვერდის დირექციული კუთხის მისაღებად AB გვერდის დირექციულ კუთხეს ($46^\circ 21'$) უნდა მივუმატოთ 180° და მიღებულ ჯამს გამოვაკლოთ B წვეროსთან მდებარე კუთხე ($115^\circ 30'$). CD გვერდის დირექციული კუთხის მისაღებად BC გვერდის დირექციულ კუთხეს უნდა მივუმატოთ 180° და მიღებულ ჯამს გამოვაკლოთ C წვეროსთან მდებარე კუთხე ($120^\circ 6'$) და ა. შ.

თუ ბოლო EA გვერდის დირექციულ კუთხეს დავემატებთ 180° -ს და მიღებულ ჯამს გამოვაკლებთ საწყის A წვეროსთან მდებარე კუთხეს ($91^\circ 15'$), უნდა მივიღოთ AB გვერდის დირექციული კუთხე ($46^\circ 21'$), რომელიც მოცემული იყო. ეს იქნება მთელი გამოთვლების შემოწმება.

ქვემოთ მოყვანილია დირექციული კუთხეების გამოთვლის სრული პროცესი.



ნახ. 163.

$$\begin{array}{r} \text{დირექტ. კუთხე } (AB) = 46^\circ 21' \\ + 180^\circ \\ \hline 226^\circ 21' \\ - 115^\circ 30' \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{დირექტ. კუთხე } (BC) = 110^\circ 51' \\ + 180^\circ \\ \hline 290^\circ 51' \\ - 120^\circ 6' \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{დირექტ. კუთხე } (CD) = 170^\circ 45' \\ + 180^\circ \\ \hline 350^\circ 45' \\ - 111^\circ 3' \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{დირექტ. კუთხე } (DE) = 239^\circ 42' \\ + 180^\circ \\ \hline 419^\circ 42' \\ - 102^\circ 6' \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{დირექტ. კუთხე } (EA) = 317^\circ 36' \\ + 180^\circ \\ \hline 497^\circ 36' \\ - 91^\circ 15' \\ \hline 406^\circ 21' \\ - 360^\circ \\ \hline \end{array}$$

$$\text{დირექტ. კუთხე } (AB) = 46^\circ 21'.$$

საწყისი AB გვერდის დირექციული კუთხე მივიღეთ $406^\circ 21'$. ამ სიდიდეს გამოვაკლებთ დირექციული კუთხის პერიოდს, ე. ი. 360° -ს და მივიღებთ $46^\circ 21'$, რაც იყო მოცემული. ეს იმის მაჩვენებელია, რომ გამოთვლები სწორად არის წარმოდგენილი.

პოლიგონის გვერდების აზიმუტების გამოთვლები არ განსხვავდება დირექციული კუთხეების გამოთვლებისაგან, ე. ი. განხილულ მაგალითში დირექციული კუთხის ნაცვლად რომ ყოფილიყო მოცემული საწყისი AB გვერდის აზიმუტი, მაშინ დანარჩენი გვერდების აზიმუტებს გამოვთვლიდით ისე, როგორც გამოვთვალეთ დირექციული კუთხეები.

§ 91. პოლიგონის წვერობას შორის დალაგებული მაგისტრალის (თეოდოლიტური სვლის) კუთხეების ზომისა და ზომისა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ (იხ. § 82), ადგილის აგეგმვის დროს არის შემთხვევა, როდესაც პოლიგონის წვეროებს შორის (ან ტრიან-

გულაციის პუნქტებს შორის) დალაგებენ მაგისტრალს (თეოდოლიტურ სვლას), რომელზედაც დაეყრდნობა ამ მაგისტრალის ორივე მხარეზე მდებარე ადგილის აგეგმვა.

164-ე ნახაზზე ნაჩვენებია თეოდოლიტური სვლა $EabB$, რომელიც დალაგებულია პოლიგონის E და B წვეროებს შორის.

როგორც ვიცით, თუ პოლიგონი ჩაკეტილია, მაშინ ამ პოლიგონის გაზომილ კუთხეებს ამოწმებენ ფორმულით:

$$\sum \beta = 180^\circ (n - 2).$$

განვიხილოთ, თუ როგორ ამოწმებენ მაგისტრალის გაზომილ კუთხეს.

ვთქვათ, რომ $ABC \dots OQA$ პოლიგონის (ნახ. 165) B და K წვეროებს შორის დალაგებულია თეოდოლიტური სვლა $Bab \dots eK$ და საჭიროა გაზომილი $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots \beta_n$ კუთხეების შემოწმება.

ნახაზზე აღნიშნულ β_1 და β_n კუთხეებს დამაკავშირებელი კუთხეები ეწოდება, ვინაიდან ეს კუთხეები მაგისტრალს აკავშირებს პოლიგონთან (ან ტრიანგულაციის ქსელთან).

$ABC \dots OQA$ პოლიგონის შესწორებული კუთხეების მიხედვით ცნობილი წესით გამოითვლება პოლიგონის ყველა გვერდის დირექციული კუთხეები (ან აზიმუტები). საწყისი AB და ბოლო KP გვერდების დირექციული კუთხეები (ან აზიმუტები) აღვნიშნოთ α_0 და α_n ასოთი.

AB გვერდის დირექციული α_0 კუთხისა და მაგისტრალის გაზომილი $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$ კუთხეების მიხედვით განვსაზღვროთ მაგისტრალის გვერდების $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots \alpha_n$ დირექციული კუთხეები. ამისათვის გამოვიყენოთ § 89-ში მოყვანილი ფორმულა (მარჯვენა კუთხეებისათვის), ე. ი.

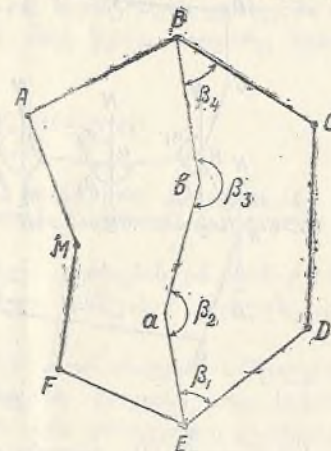
$$\alpha_1 = \alpha_0 + 180^\circ - \beta_1$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + 180^\circ - \beta_3$$

$$\alpha_{n-1} = \alpha_{n-2} + 180^\circ - \beta_{n-1}$$

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n.$$



ნახ. 164.

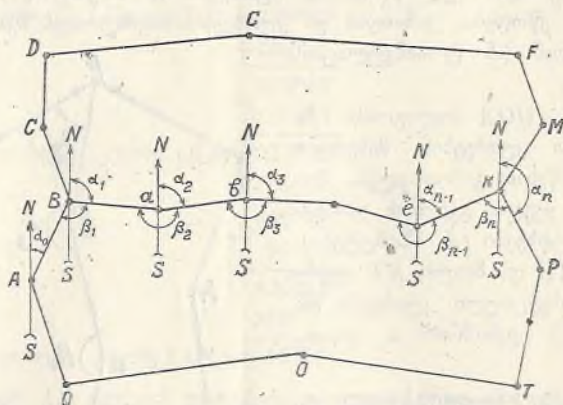
თუ ამ ტოლობების მარჯვენა და მარცხენა ნაწილებს შევკრებთ და ერთნაირი ნიშნებით აღნიშნულ ღირებულებებს შევამოწმებთ, მივიღებთ:

$$\alpha_n = \alpha_0 + n \cdot 180^\circ - \sum \beta.$$

აქედან

$$\sum \beta = n \cdot 180^\circ - (\alpha_n - \alpha_0), \quad (1)$$

სადაც n მაგისტრალის წვეროების რიცხვია (დამაკავშირებელი B და K წვეროების ჩათვლით) და $\sum \beta$ — გაზომილი $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$ კუთხეების ჯამი. α_0 და α_n ღირებულებები კუთხეები ცნობილია პოლიგონიდან ან ტრიანგულაციიდან. მაშასადამე, (1) ფორმულის მიხედვით შეგვიძლია შევამოწმოთ მაგისტრალის (თეოდოლიტური სვლის) $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$ კუთხეების გაზომვა.



ნახ. 165.

სინამდვილეში (1) ტოლობა არ იქნება დაცული და ადგილი ექნება Δ შეცდომას, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Delta = \sum \beta - n \cdot 180^\circ + (\alpha_n - \alpha_0). \quad (2)$$

თეოდოლიტით აგვამგვაში Δ შეცდომა დასაშვებია, თუ იგი არ აღემატება სიდიდეს:

$$\Delta \leq 1,5 \cdot t \sqrt{n},$$

სადაც t არის ვერნიერის სიზუსტე და n — მაგისტრალის წვეროების რიცხვი.

თუ Δ შეცდომა დასაშვებია, მას ყველა კუთხეზე ანაწილებენ თანაბრად. ეს იმ დროს, როდესაც მაგისტრალის გვერდები დაახლოებით ურთიერთტოლია. წინააღმდეგ შემთხვევაში, მოკლეგვერდებიან კუთხეებში უფრო მეტი შესწორებები შეაქვთ, ვიდრე გრძელგვერდებიან კუთხეებში.

ამის შემდეგ, თუ პოლიგონის AB გვერდის α_0 ღირებულები კუთხის და $Bab \dots eK$ მაგისტრალის შესწორებული კუთხეების მიხედვით გამოვთვლით მაგისტრალის გვერდების ღირებულებას კუთხეებს და აგრეთვე პოლიგონის KP გვერდის ღირებულებას კუთხეს, ამ KP გვერდის ღირებულები კუთხე უნდა მივიღოთ იგივე, რაც იყო წინასწარ მოცემული, ე. ი. α_n . ეს იქნება იმის მაჩვენებელი, რომ გაზომილი კუთხეები შესწორებულია.

თუ პოლიგონის დამაკავშირებელი AB და KP გვერდებისათვის (ნახ. 161) ცნობილია არა α_0 და α_n ღირებულები კუთხეები, არამედ φ_0 და φ_n აზიმუტები, მაშინ $Bab \dots eK$ მაგისტრალის კუთხეებში მიღებული Δ შეცდომა განისაზღვრება იმავე წესით, როგორც ზემოთ ე. ი. (1) ფორმულით:

$$\Delta = \sum \beta - n \cdot 180^\circ + (\varphi_n - \varphi_0).$$

§ 92. პოლიგონის აგება ქალაქში დირექციული კუთხეების ან რუკების საშუალებით და შემოკლებების განაწილება გრაფიკულად

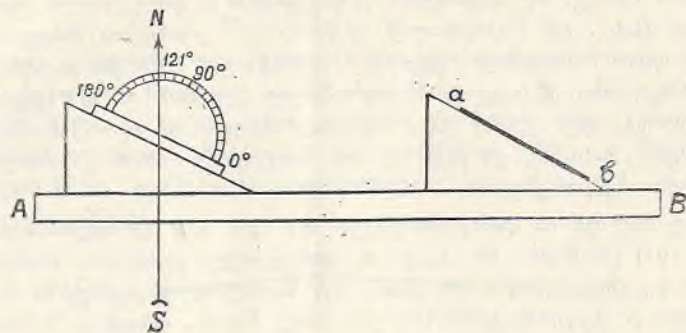
პოლიგონის გვერდების ღირებულები კუთხეების (ან აზიმუტების) გამოთვლის შემდეგ შეგვიძლია მოცემული მასშტაბით ქალაქში ავაგოთ პოლიგონი.

როგორც წესი, პოლიგონს ააგებენ კოორდინატების საშუალებით (იხ. § 95 და 96), ხოლო იმ შემთხვევაში, როდესაც არაა საჭირო დიდი სიზუსტე, შეიძლება პოლიგონის აგება დირექციული კუთხეებით (ან აზიმუტებით).

სანამ განვიხილავდეთ პოლიგონის აგებას დირექციული კუთხეებით, ამოვხსნათ ასეთი ამოცანა: ტრანსპორტირის, სამკუთხედის და სახაზავის საშუალებით a წერტილში (ნახ. 166) გავატაროთ ab ხაზი მოცემული დირექციული კუთხის (ან აზიმუტის) მიხედვით.

ამისათვის ქალაქში გავატარებთ NS ხაზს, რომელსაც მივიჩნევთ მერიდიანად (ან ზონის ლერძითი მერიდიანის პარალელურ ხაზად); ამ ხაზს ტრანსპორტირის მივადებთ იმე, რომ მისი ცენტრი მოთავსდეს NS ხაზზე და ტრანსპორტირზე ანათვალი უდრიდეს მოცემულ დირექციულ კუთხეს ან აზიმუტს. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 166) ანათვალი

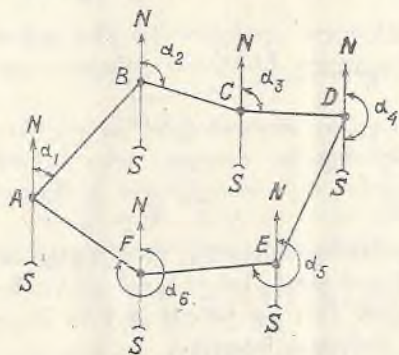
უღრის 121° -ს. ამის შემდეგ ტრანსპორტირის მივადებთ სამკუთხედს, ამ უკანასკნელს კი AB სახაზავს ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია 166-ე ნახაზზე. შემდეგ ტრანსპორტირის მოვაცილებთ და სამკუთხედს გადავადგილებთ ისე (სახაზავის წიბოზე), რომ სამკუთხედის პიპოტენუზა შეეხოს a წერტილის და ფანქრით გავატარებთ ab ხაზს. ab ხაზის დი-



ნახ. 166.

რექციული კუთხე (ან აზიმუტი) ტოლი იქნება მოცემული დირექციული კუთხის ან აზიმუტისა, ჩვენს შემთხვევაში — 121° -ისა.

განხილული ამოცანა გამოიყენოთ პოლიგონის ასაგებად დირექციული კუთხეების (ან აზიმუტების) მიხედვით.



ნახ. 167.

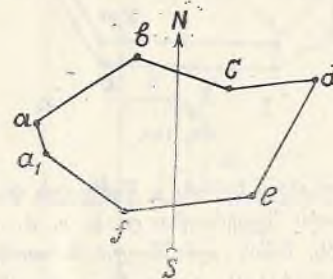
ვთქვათ, რომ $ABCDEF$ პოლიგონის (ნახ. 167) დირექციული კუთხეები და გვერდების სიგრძეები ცნობილია და საჭიროა მათი მიხედვით პოლიგონის აგება წოცემული მასშტაბით.

ამისათვის ქაღალდზე გავატარებთ NS ხაზს (ნახ. 168), რომელსაც მივიჩნევთ ზონის ღერძითი მერიდიანის პარალელურ ხაზად. შემდეგ ქაღალდ-

ზე დავნიშნავთ a წერტილს და მას მივიჩნევთ პოლიგონის საწყის წერტილად. a წერტილი ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ მთელი პოლიგონი მოთავსდეს ქაღალდზე.

ამის შემდეგ შემოგანხილული ხერხით (ტრანსპორტირით, სამკუთხედით და სახაზავით) a წერტილიდან გავატარებთ ხაზს, რომლის დირექციული კუთხე უღრის პოლიგონის AB გვერდის (ნახ. 167) დირექციულ α_1 კუთხეს. მიღებულ ხაზზე მოცემული მასშტაბით გადავზომავთ AB გვერდის (ნახ. 167) სიგრძეს და მივიღებთ b წერტილს (ნახ. 168), რომელიც შეესაბამება პოლიგონის B წერტილს. ამავე წესით b წერტილში გავატარებთ ხაზს, რომლის დირექციული კუთხე უღრის α_2 -ს და თუ მიღებულ ხაზზე b წერტილიდან გადავზომავთ BC გვერდის სიგრძეს მასშტაბით, მივიღებთ პოლიგონის c წერტილს. ასე ვპოულობთ დანარჩენ d, e, f წერტილებს.

მიღებულ შედეგს ვამოწმებთ იმით, რომ ბოლო f წერტილში გავატარებთ ხაზს, რომლის დირექციული კუთხე ტოლია პოლიგონის ბოლო FA გვერდის დირექციული α_6 კუთხისა. თუ ამ მიმართულებაზე გადავზომავთ FA გვერდის სიგრძეს, მაშინ უნდა მივიღოთ საწყისი a წერტილი. სინამდვილეში კი მივიღებთ სხვა a_1 წერტილს (ნახ. 168), ე. ი. პოლიგონი არ შეიკვრება, როგორც ნახაზზეა ნაჩვენები, და მონაკვეთი aa_1 გამოსახავს შეუკვრელობის შეცდომას.



ნახ. 168.

ჩვენი მიზანია გამოვარკვიოთ, დასაშვებია თუ არა მიღებული შეცდომა და, თუ დასაშვებია, გამოვანხოთ შეცდომის განაწილების ხერხი. თუ შეცდომა მივიღეთ დიდი, ე. ი. დასაშვებზე მეტი, მაშინ სასურველია წინასწარ გამოვავლინოთ პოლიგონის ის გვერდი ან კუთხე, სადაც დაშვებულია დიდი შეცდომა.

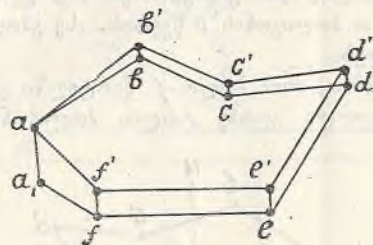
თუ შეუკვრელობის ხაზი aa' (ნახ. 168) პარალელურია პოლიგონის რომელიმე გვერდისა, მაშინ შეცდომა უნდა ვეძებოთ ამ გვერდის აგებაში ქაღალდზე ან მის გაზომვაში ადგილზე.

თუ aa' შეუკვრელობის მიმართ (მისი შუა ადგილიდან) გავატარებთ პერპენდიკულარს და ეს პერპენდიკულარი გაივლის პოლიგონის რომელიმე წვეროში (ან მის ახლოს), მაშინ შეცდომა უნდა ვეძებოთ ამ წვეროსთან მდებარე კუთხის აგებაში ან მის გაზომვაში ადგილზე.

თეოდოლიტით აგებმვაში $a'a$ შეუკვრელობა დასაშვებად ითვლება, თუ იგი არ აღემატება პოლიგონის პერიმეტრის $1/200$ ნაწილს, ე. ი.

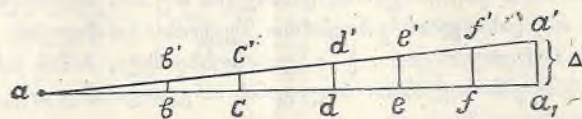
aa' ხაზი უნდა იყოს ნაკლები, ვიდრე $\frac{P}{200}$ სიდიდე, სადაც P არის პოლიგონის პერიმეტრი.

ახლა ვთქვათ, რომ შეუკვრელობა aa_1 (ნახ. 169), გაზომილი გეგმის მასშტაბით, მივიღეთ ნაკლები, ვიდრე დასაშვები შეცდომა. ამ შემთხვევაში aa_1 შეუკვრელობა უნდა გავანაწილოთ ყველა წვეროზე ისე, რომ პოლიგონი შეიკრას. ამისათვის პოლიგონს გავშლით ქალაღზე, ე. ი. სწორ ხაზზე გადავზომავთ პოლიგონის ab ; bc ; cd ... გვერდებს (ნახ. 170), რომლებსაც ფარგლით ავიღებთ თვით გეგმიდან ან ავიღებთ უფრო წვრილი მასშტაბით. შემდეგ ბოლო a_1 წერტილში გავატარებთ მართობ ხაზს, რომელზედაც გადავზომავთ aa_1 ხაზს (აღებული სიგრძიდან).



ნახ. 169.

თუ ახლა საწყის a წერტილს (ნახ. 166) და მართობის ბოლო a' წერტილს შევადრებთ და b , c , d ... წერტილებში გავატარებთ მართობებს, მაშინ აღნიშნული მართობები (bb' ; cc' ; dd') წარმოადგენს იმ შესწორებებს, რომლებიც უნდა შევიტანოთ პოლიგონის სათანადო წვეროში. ამისათვის პოლიგონის b , c , d ... წვეროებიდან (ნახ. 168) გავატარებთ ხაზებს aa_1 -ის პარალელურად და ამ ხაზებზე a , b , c ...



ნახ. 170.

წვეროებიდან გადავზომავთ სათანადო შესწორებებს, მაგ., პოლიგონის b წვეროდან გადავზომავთ bb' შესწორებას (ნახ. 170) და მივიღებთ b' წერტილს. პოლიგონის c წვეროდან გადავზომავთ cc' შესწორებას და მივიღებთ c' წერტილს და ა. შ. ბოლო a_1 წერტილიდან გადავზომავთ მთლიან aa_1 ხაზს, რის გამოც a_1 წერტილი შეუთავსდება საწყის a წერტილს (ნახ. 169). ამგვარად მიღებული b' , c' , d' ... წერტილები წარმოადგენს პოლიგონის შესწორებულ წვეროებს. მათი შეერთებით მივიღებთ შესწორებულ შეკრულ $ab'c'd'e'f'a$ პოლიგონს.

განხილულ შემთხვევაში პოლიგონი აგებული იყო დირექციული კუთხეების საშუალებით. თუ, ნაცვლად დირექციული კუთხეებისა, ცნობილია გვერდების აზიმუტები, მაშინ პოლიგონის აგება აზიმუტებით არაფრით არ განსხვავდება დირექციული კუთხეებით პოლიგონის აგებისაგან.

§ 93. ცნება მართკუთხა კოორდინატაზე

წარმოვიდგინოთ სიბრტყეზე ორი ურთიერთპერპენდიკულარული XX და YY ღერძები (ნახ. 171) და განვსაზღვროთ წერტილის მდებარეობა სიბრტყეზე მათ მიმართ, აღნიშნულ ღერძებს კოორდინატთა ღერძები ეწოდება. გვერდებშია მთავარი მიმართულება არის მიმართულება მერიდიანისა და X ღერძსაც აძლევენ ამ მიმართულებას. მაშინ Y ღერძი აღმოსავლეთით და დასავლეთით იქნება მიმართული.

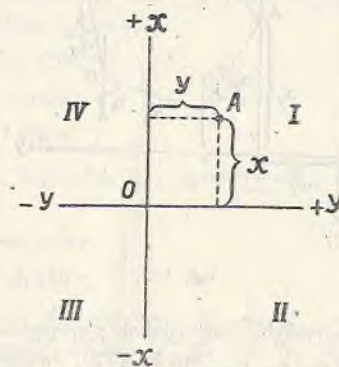
აღნიშნული ღერძების გადაკვეთა წარმოადგენს კოორდინატთა O სათავეს. სათავეს ზემოთ, ე. ი. ჩრდილოეთით, X ღერძი დადებითია, ხოლო სამხრეთით—უარყოფითი. სათავეს მარჯვნივ, ე. ი. აღმოსავლეთით Y ღერძი დადებითია, ხოლო დასავლეთით—უარყოფითი.

აღნიშნული X და Y ღერძები სიბრტყეს ყოფს ოთხ მეოთხედად, როგორც ეს ნაჩვენებია 171-ე ნახაზზე.

ნებისმიერი A წერტილის მდებარეობა განსაზღვრული იქნება, თუ გვეცოდინება ამ წერტილიდან აღნიშნულ X და Y ღერძებზე დაშვებული მართობების სიგრძე და მათი ნიშანი. აღნიშნულ მართობებს კოორდინატები ეწოდება. მეოთხედების მიხედვით წერტილის კოორდინატებს აქვს შემდეგი ნიშნები (ცხრილი 13).

ცხრილი 13		
მეოთხედი	X	Y
I	+	+
II	+	-
III	-	-
IV	-	+

ამრიგად, კოორდინატების მიხედვით შეგვიძლია სიბრტყეზე ვიპოვოთ წერტილის მდებარეობა. მაშასადამე, თუ გვეცოდინება პოლიგონის

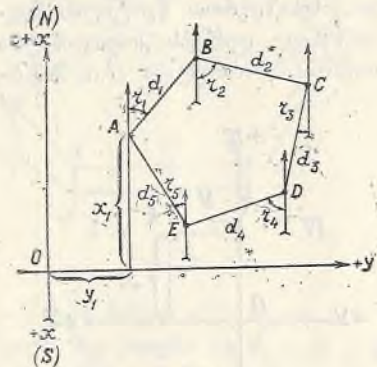


ნახ. 171.

ნის წვეროების კოორდინატები, სულ ადვილად შეგვიძლია ქაღალდზე ვიპოვოთ აღნიშნული წვეროები, რომელთა შეერთებით გამოისახება პოლიგონი.

§ 84. პოლიგონის წვეროების კოორდინატების გაერთოვლა

როგორც ზემოთ განვიხილეთ (იხ. § 80), პოლიგონის აგეგმვის მიზნით ადვილზე იზომება პოლიგონის კუთხეები, გვერდები და საწყისი გვერდის აზიმუტი. შემდეგ ამ აზიმუტისა და პოლიგონის შესწორებული კუთხეების მიხედვით გამოითვლება დანარჩენი გვერდების აზიმუტები და, მაშასადამე, რუმბებიც.



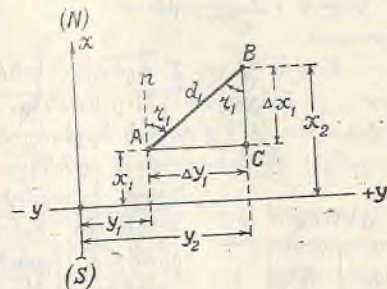
ნახ. 172.

გვეცოდინება პოლიგონის გვერდების სიგრძეები $d_1, d_2, d_3, \dots$ და რუმბები $r_1, r_2, r_3, \dots$ (ნახ. 172), რომელთა მიხედვით საჭიროა განვსაზღვროთ პოლიგონის $ABCDE$ წვეროების კოორდინატები.

X ღერძს, როგორც ვიცით, მერიდიანის მიმართულებას აძლევს და პოლიგონის საწყისი A წერტილისათვის ღერძულობენ ნებისმიერ კოორდინატებს, თუ A წერტილის კოორდინატები არაა ცნობილი.

ჩვენს შემთხვევაში, როგორც 173-ე ნახ.დან ჩანს (ცალკეა ნაჩვენები პოლიგონის AB გვერდი), A წერტილის კოორდინატებად აღებულია X_1 და Y_1 .

თუ A წერტილში წარმოვიდგენთ An ხაზს X ღერძის პარალელურად,



ნახ. 173.

ლურად, მაშინ nAB კუთხე იქნება ტოლი AB გვერდის r_1 რუმბისა. აგრეთვე A წერტილში გაერთიანოთ AC ხაზი Y ღერძის პარალელურად და B წერტილში — BC ხაზი X ღერძის პარალელურად. მაშინ, როგორც 173-ე ნახაზიდან ჩანს, B წერტილის კოორდინატები იქნება X_2 და Y_2 , რომლებიც ტოლია:

$$\left. \begin{aligned} X_2 &= X_1 + \Delta X_1 \\ Y_2 &= Y_1 + \Delta Y_1 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

სადაც

$$\Delta X = BC \text{ და } \Delta Y = AC.$$

ამ BC და AC მონაკვეთებს კოორდინატთა ნაზრდები ეწოდება. აღნიშნული ნაზრდები გამოითვლება სწორკუთხოვანი ABC სამკუთხედიდან, რომელშიც ცნობილია d_1 ჰიპოტენუზა (პოლიგონის გვერდი) და ABC კუთხე (r_1 რუმბის ტოლი).

ამ სამკუთხედიდან ΔX_1 და ΔY_1 ტოლია:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_1 &= d_1 \cdot \cos r_1 \\ \Delta Y_1 &= d_1 \cdot \sin r_1 \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

თუ ΔX_1 და ΔY_1 მნიშვნელობებს ჩავსვამთ (1) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} X_2 &= X_1 + d_1 \cos r_1 \\ Y_2 &= Y_1 + d_1 \sin r_1 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ვინაიდან ამ ფორმულაში ცნობილია A წერტილის X_1 და Y_1 კოორდინატები, პოლიგონის AB გვერდის სიგრძე d_1 და მისი r_1 რუმბი, შეგვიძლია (ლოგარითმების ცხრილებით) გამოვთვალოთ B წერტილის X_2 და Y_2 კოორდინატები. ამავე წესით BC გვერდის d_2 სიგრძისა (ნახ. 172) და მისი r_2 რუმბის მიხედვით გამოითვლება C წერტილის კოორდინატები: X_3 და Y_3 . შემდეგ CD გვერდის d_3 სიგრძისა და მისი r_3 რუმბის მიხედვით გამოითვლება D წერტილის კოორდინატები და ა. შ.

კოორდინატთა ნაზრდებს, როგორც 174-ე ნახაზიდან ჩანს, რუმბების მიხედვით აქვს ასეთი ნიშნები (ცხრილი 14).

ΔX და ΔY ნაზრდების გამოთვლის გასაადვილებლად (2) ფორმულის მიხედვით შედგენილია ცხრილები, რომლებშიც სხვადასხვა სიდიდის რუმბებისა და გვერდების სიგრძეების მიხედვით მოყვანილია ΔX და ΔY ნაზრდები.

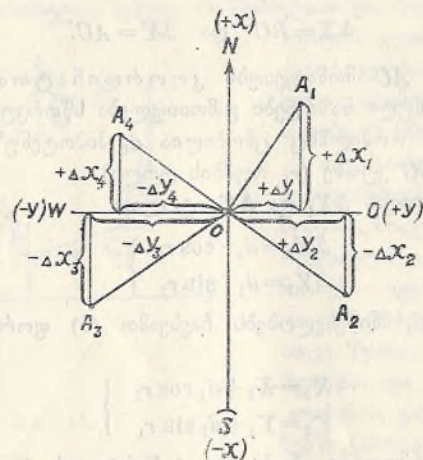
მაგალითად, თუ გვერდის სიგრძე უდრის 80,0 მეტრს და მისი რუმბია — $NW : 34^\circ 5'$, ΔX და ΔY ნაზრდების მნიშვნელობები შეიძლება ვიპოვოთ ცხრილში:

$$\Delta X = +66,26 \text{ მ} \text{ და } \Delta Y = -44,83 \text{ მ.}$$

ნიშნები დასმულია რუმბის სახელწოდების მიხედვით.

თეორიულად რომ ვიმსჯელოთ, თუ პოლიგონი ჩაკეტილია, მაშინ კოორდინატა ნაზრდების ალგებრული ჯამი უნდა იყოს ნულის ტოლი, ე. ი.

$$\sum \Delta X = 0 \text{ და } \sum \Delta Y = 0.$$



ნახ. 174.

ამის დასამტკიცებლად ავიღოთ $ABC \dots MNA$ პოლიგონი (ნახ. 175) და საწყისი A წერტილის კოორდინატები აღვნიშნოთ X_1 და Y_1 -ით: B წერტილის კოორდინატები აღვნიშნოთ X_2 და Y_2 -ით, C წერტილის კოორდინატები $-X_3$ და Y_3 -ით და ა. შ. ბოლო N წერტილის კოორდინატები აღვნიშნოთ X_n და Y_n -ით. ამ შემთხვევაში (1) ფორმულის თანახმად შეგვიძლია X -სათვის დავწეროთ:

ცხრილი 14

რუმბების სახელწოდება	ΔX	ΔY
NO (ჩრდ.-აღმოს.)	+	+
SO (სამხრ.-აღმოს.)	-	+
SW (სამხრ.-დასავ.)	-	-
NW (ჩრდ.-დასავ.)	+	-

$$X_2 = X_1 + \Delta X_1$$

$$X_3 = X_2 + \Delta X_2$$

$$X_4 = X_3 + \Delta X_3$$

$$\dots$$

$$X_n = X_{n-1} + \Delta X_{n-1}$$

$$X_1 = X_n + \Delta X_n$$

თუ ამ ტოლობებს შევკრებთ, მივიღებთ:

$$X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n + \sum \Delta X.$$

მსგავსი წევრების შეკვეცის შემდეგ მივიღებთ:

$$\sum \Delta X = 0.$$

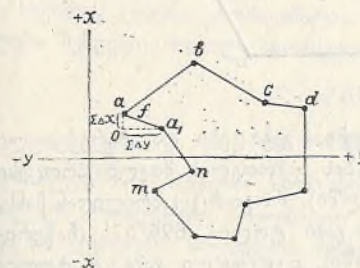
ანალოგიურად შეგვიძლია დავამტკიცოთ, რომ

$$\sum \Delta Y = 0.$$

სინამდვილეში, ვინაიდან პოლიგონის გვერდები და კუთხეები იდეალური სიზუსტით არ იზომება, $\sum \Delta X$ და $\sum \Delta Y$ ნულს არ გაუტოლდება და გვექნება შეცდომა, ე. ი. პოლიგონი არ იქნება ჩაკეტილი (ნახ. 176).

როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, შეცდომა aa_1 (აღვნიშნოთ f ასოთი) წარმოადგენს aoa_1 მართკუთხე სამკუთხედის ჰიპოტენუზას, რომლის კათეტებია $\sum \Delta X$ და $\sum \Delta Y$. მაშასადამე, f შეცდომა გამოითვლება პითაგორის ფორმულით:

$$f = \sqrt{(\sum \Delta X)^2 + (\sum \Delta Y)^2}.$$



ნახ. 176.

ცხადია, თუ კათეტები ($\sum \Delta X$ და $\sum \Delta Y$) ნულს ტოლია, მაშინ პოლიგონი ჩაკეტილია. თეოდოლიტით აგეგმვაში f შეცდომა დასაშვებად ითვლება, თუ იგი არ აღემატება სიდიდეს

$$\frac{P}{1000} \text{ -დან } \frac{P}{2000} \text{ -მდე,}$$

სადაც P პოლიგონის პერიმეტრია.

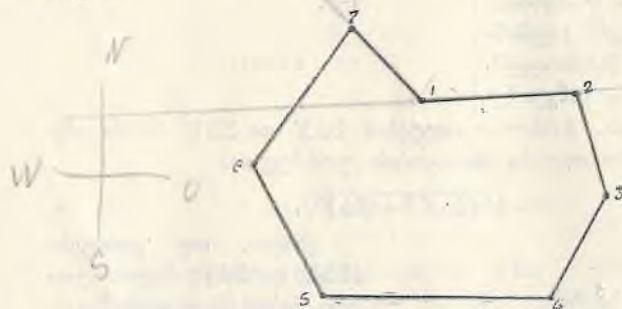
მნიშვნელში 1000-ს იღებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც აგეგმვა წარმოებულია ცუდ პირობებში (ჭაობი, ტყე, როული რელიეფი და სხვ.). კარგი პირობებისათვის აიღებენ 2000.

თუ შეცდომა დასაშვებია, მაშინ როგორც $\Sigma \Delta X$ -ს, ისე $\Sigma \Delta Y$ -ს ანაწილებენ ყველა ნაზრდზე გვერდების სიგრძეების პროპორციულად და საბოლოოდ მიიღებენ შესწორებულ ჩაკეტილ პოლიგონს.

თუ f შეცდომა მივიღეთ დასაშვებზე მეტი, მაშინ უნდა შევამოწმოთ კოორდინატების ნაზრდების გამოთვლა და თუ ისევ არადასაშვები შეცდომა მივიღეთ, ეს იმას ნიშნავს, რომ საველე მუშაობის დროს დაშვებულია უხეში შეცდომა და, მაშასადამე, საჭირო იქნება განაზომების შემოწმება ველზე, თუმცა, უნდა ითქვას, რომ ვინაიდან კუთხეები და გვერდები, როგორც წესი, იზომება ორჯერ, იშვიათია რომ შეცდომა იყოს დასაშვებზე მეტი.

§ 95. რიგგარეშე მანძილით პოლიგონის კოორდინატების გამოთვლა

ვთქვათ, ადგილზე გაზომილი იყო პოლიგონის 1, 2, 3... კუთხეები (ნახ. 177), გვერდების სიგრძეები და აგრეთვე მოცემული იყო საწყისი 1—2 გვერდის დირექციული კუთხე ($105^{\circ}32'$). ამ მონაცემების მიხედვით საჭიროა პოლიგონის წვეროების კოორდინატების გამოთვლა.



ნახ. 177.

აღნიშნული ელემენტები (კუთხეები, გვერდები და დირექციული კუთხეები) და აგრეთვე კოორდინატების გამოთვლის მთელი პროცესი მოყვანილია მე-15 ცხრილში (უფრონალში). როგორც ცხრილიდან ჩანს, ადგილზე გაზომილი შიგა კუთხეების ჯამი ტოლია $899^{\circ}57'$ (ჩაწერილია ცხრილის მეორე სვეტის ბოლოში), თეორიული ჯამი კი ტოლია 900° -ისა.

$$180^{\circ}(n-2) = 180^{\circ} \cdot 5 = 900^{\circ}.$$

შეცდომა, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში უდრის $3'$ -ს, დასაშვებია, ვინაიდან იგი ნაკლებია იმ სიდიდეს, რომლის დაშვება შეიძლება ცნობილი ფორმულით:

$$\Delta = 1,5t\sqrt{n} = 1,5 \cdot 1' \sqrt{7} = 3',9$$

(კუთხეები გაზომილი იყო ერთმინუტისანი თეოდოლიტით, ე. ი. ვერნიერის სიზუსტე $t=1'$). შეცდომა 3 განაწილებულია მოკლეგვერდებიან კუთხეებზე და შესწორებული კუთხეები ჩაწერილია ცხრილის მესამე სვეტში.

მეოთხე სვეტში იწერება პოლიგონის გვერდების დირექციული კუთხეები (ან აზიმუტები). (1—2) გვერდის დირექციული კუთხე, როგორც აღვნიშნეთ, ტოლია $105^{\circ}32'$. დანარჩენი გვერდების დირექციული კუთხეები გამოთვლილია ცნობილი წესით (იხ. § 90). შემოწმების მიზნით, თუ (7—1) გვერდის დირექციულ კუთხეს ($183^{\circ}46'$) მივუმატებთ 180° -ს და მიღებულ ჯამს გამოვაკლებთ 1-ელ წვეროსთან მდებარე კუთხეს ($258^{\circ}14'$), უნდა მივიღოთ (1—2) გვერდის დირექციული კუთხე ($105^{\circ}32'$). ეს იქნება დირექციული კუთხეების გამოთვლების შემოწმება.

ცხრილის მეხუთე სვეტში იწერება გვერდების რუმბები, რომლებიც გამოთვლილია დირექციული კუთხეების მიხედვით.

თუ საწყისი (1—2) გვერდის დირექციული კუთხის ნაცვლად ცნობილია მისი აზიმუტი (მაგალითად, მიღებულია გაზომვით), მაშინ ამ აზიმუტისა და პოლიგონის შესწორებული კუთხეების მიხედვით გამოვთვლით დანარჩენი გვერდების აზიმუტებს, ისევე როგორც დირექციულ კუთხეებს (იხ. § 90), და ამ აზიმუტებს გადავიყვანოთ რუმბებში.

ცხრილის მეექვსე სვეტში იწერება გვერდების სიგრძეები (პოროზონტალური პროექციები).

პოლიგონის წვეროების კოორდინატების მისაღებად, როგორც ვიცით, საჭიროა ცოდნა კოორდინატთა ნაზრდებისა, რომლებიც გამოითვლება შემდეგი ცნობილი ფორმულებით:

$$\Delta X = d \cos r,$$

$$\Delta Y = d \sin r.$$

ამ ფორმულების მიხედვით სხვადასხვა ავტორის მიერ შედგენილია ცხრილები, რომლებშიც მოყვანილია კოორდინატთა ნაზრდები რუმბებისა და გვერდების სიგრძეების მიხედვით. ნაზრდების ნიშნებს არკვევენ რუმბების მიხედვით. ჩვენს შემთხვევაში საწყისი (1—2) გვერდის რუმბი უდრის $74^{\circ}28'$ -ს და მისი სახელწოდებაა სამხრეთ-აღმოსავლეთი (SO). საწყისი გვერდის სიგრძეა 396,48 მ. ამ მონაცემების მიხედვით არსებულ ცხრილებში ვპოულობთ: $\Delta X = -106,19$ მ და $\Delta Y = +382,0$ მ. ცხრილის მე-7 და მე-8 სვეტებში იწერება ΔX და ΔY ნაზრდები თანმიმდევრულად ნიშნებით.

კოორდინატების გამოთვლის ფურცალი

იგმანაჟი იყვანაჟი	პოლიგონის კუთხეები		გვერდების დირექციული კუთხეები		რუმბები		(იგმანაჟი იყვანაჟი) იგმანაჟი იყვანაჟი	კოორდინატთა ნაზრდები				შეწორების კოორდინატები		იგმანაჟი იყვანაჟი	
	აღმართი გზისმილი		შეწორების კუთხეები		რუმბები		იგმანაჟი იყვანაჟი	გამოთვლილი		შეწორებული		შეწორების კოორდინატები		იგმანაჟი იყვანაჟი	
	0	1	0	1	0	1		$\pm \Delta X$	$\pm \Delta Y$	$\pm \Delta X$	$\pm \Delta Y$	$\pm X$	$\pm Y$	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	285	13	14	285	14	105	32	105	32	105	32	0	0	0	0
2	108	8	108	8	108	8	24	177	24	177	24	-106,23	+382,14	-106,23	+382,14
3	119	13	119	13	119	13	10	238	10	238	10	-379,25	+394,64	-379,25	+394,64
4	110	44	110	44	110	44	26	807	26	807	26	-540,79	+134,60	-540,79	+134,60
5	121	37	121	37	121	37	49	75	49	75	49	-204,97	-308,97	-204,97	-308,97
6	88	7	88	7	88	7	42	87	42	87	42	+137,92	-268,90	+137,92	-268,90
7	88	55	88	55	88	55	46	183	46	183	46	+149,08	+9,73	+149,08	+9,73
1												0	0	0	0

$$P = \Sigma \Delta X = \Sigma \Delta Y = \Sigma \Delta X = 0,00 \quad \Sigma \Delta Y = 0,00$$

$$= 2301,77 \quad = +0,25 \quad = -0,86$$

$$\Sigma \alpha = 899^\circ 57' 90''$$

თეორიულად რომ ვიმსჯელოთ, ნაზრდების ალგებრული ჯამი უნდა უდრიდეს ნულს, ე. ი. ღაცული უნდა იყოს პირობა:

$$\Sigma \Delta X = 0 \quad \text{და} \quad \Sigma \Delta Y = 0.$$

სინამდვილეში $\Sigma \Delta X$ და $\Sigma \Delta Y$ ნულს არ უდრის და ადგილი აქვს შეცდომას.

ჩვენს შემთხვევაში $\Sigma \Delta X = +0,25$ მ და $\Sigma \Delta Y = -0,86$ მ. როგორც წინა პარაგრაფში განვიხილეთ, შეცდომა f განისაზღვრება ასეთი ფორმულით:

$$f = \sqrt{(\Sigma \Delta X)^2 + (\Sigma \Delta Y)^2}.$$

ჩვენს შემთხვევაში

$$f = \sqrt{0,25^2 + 0,86^2} = 0,90 \text{ მ.}$$

ეს შეცდომა პერიმეტრის 2557 ნაწილს შეადგენს (პერიმეტრი

$$P = 2301,77 \text{ მ და } \frac{f}{P} = \frac{0,9}{2302} = \frac{1}{2557}) \text{ და, მაშასადამე, დასაშვებია}$$

(შეცდომა f დასაშვებად ითვლება, თუ იგი არ აღემატება $\frac{P}{2000}$). 1,1509

შეცდომის მოსასპობად ΔX და ΔY ნაზრდებში უნდა შევიტანოთ ისეთი შესწორებანი, რომ $\Sigma \Delta X$ და $\Sigma \Delta Y$ გაუტოლდეს ნულს, ცხადია, რომ შესწორების სიდიდე იქნება გვერდების პროპორციული.

ჩვენს შემთხვევაში სიგრძის ყოველ ას მეტრზე უნდა შევიტანოთ შემდეგი შესწორება:

$$\Delta X \text{ ნაზრდში } - \frac{0,25}{23} = -0,011 \text{ მ,}$$

$$\Delta Y \text{ ნაზრდში } + \frac{0,86}{23} = +0,035 \text{ მ}$$

(პოლიგონის პერიმეტრი უდრის 2301,77 მეტრს და შეიცავს 23 ასეულს).

იმ მიზნით, რომ $\Sigma \Delta X$ და $\Sigma \Delta Y$ გაუტოლდეს ნულს, შესწორებებს $\Sigma \Delta X$ და $\Sigma \Delta Y$ -ის ნაშთებთან შედარებით შებრუნებული ნიშნები ექნება. ჩვენს შემთხვევაში ΔX -ის შესწორებებს ექნება უარყოფითი ნიშნები და ΔY -ის შესწორებებს კი — დადებითი ნიშნები.

ცხრილის მეშვიდე და მერვე სვეტებში ΔX და ΔY ნაზრდების ზემოთ (წვრილი შრიფტით) წარწერილია აღნიშნული შესწორებანი, რომლებიც, როგორც ვიცით, პროპორციულია პოლიგონის სათანადო გვერდებისა. როგორც ცხრილიდან ჩანს, პოლიგონის (1—2) გვერდის

სიგრძე უდრის 396,48 მ და შეიცავს 4 ასეულს. მაშასადამე, ამ გვერდის შესაბამისი ΔX -ის შესწორება ტოლია $-0,011 \cdot 4 = -0,04$ მ, ΔY -ის შესწორება კი $+0,035 \cdot 4 = +0,14$ მ.

ცხრილის მეცხრე და მეათე სვეტებში იწერება ΔX და ΔY -ის შესწორებული მნიშვნელობები. მათი აღგებრული ჯამი, როგორც ცხრილიდან ჩანს, უკვე ტოლია ნულისა, უკანასკნელ მეთერთმეტე და მეორემეტე სვეტებში იწერება პოლიგონის წვეროების კოორდინატები, გამოთვლილი საწყისი 1-ლი წვეროს კოორდინატებისა და კოორდინატთა ნაზრდების მიხედვით.

ჩვენს შემთხვევაში 1-ლი წვეროს კოორდინატები აღებულია ნულის ტოლი ($X=0$ და $Y=0$). მაშასადამე, მე-2 წვეროს კოორდინატები იქნება:

$$X_2 = X_1 + \Delta X_1 = 0 - 106,23 = -106,23 \text{ მ};$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y = 0 + 382,14 = +382,14 \text{ მ}.$$

მე-3 წვეროს კოორდინატები:

$$X_3 = X_2 + \Delta X_2 = -106,23 - 273,02 = -379,25 \text{ მ};$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta Y_2 = +382,14 + 12,50 = +394,64 \text{ მ}.$$

ამავე წესით განისაზღვრება დანარჩენი წვეროების კოორდინატები.

თუ მე-7 წვეროს კოორდინატებს ($X_7 = +149,08$ და $Y_7 = +9,73$) მივუმატებთ (7-1) წვეროების კოორდინატების ნაზრდებს ($\Delta X = -149,08$ და $\Delta Y = -9,73$), უნდა მივიღოთ საწყისი 1-ლი წვეროს კოორდინატები (ჩვენს შემთხვევაში ნულები). ეს იქნება კოორდინატების გამოთვლის შემოწმება.

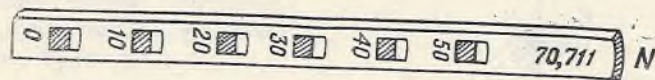
ამით დამთავრდება კოორდინატების გამოთვლა, რის შემდეგაც შეუდგებიან პოლიგონის აგებას ქალაქში.

§ 96. პოლიგონის აგება ქალაქში საკოორდინაციო ბადის საფუძველზე

პოლიგონის წვეროების კოორდინატების გამოთვლის შემდეგ შეგვიძლია ამ კოორდინატების მიხედვით ქალაქში ავაგოთ პოლიგონი მოცემული მასშტაბით. ამისათვის წინასწარ უნდა ავაგოთ საკოორდინატო ბადე, რომელიც წარმოადგენს 5 ან 10 სანტიმეტრებიანი კვადრატების ბადეს. ასეთ ბადეს ააგებენ ან დრობიშევის სახაზავით ან შტანგენფარგლით (ბერკეტთან ფარგლით).

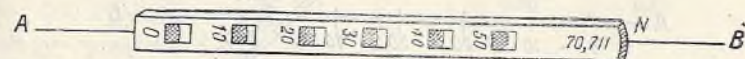
საკოორდინაციო ბადის აგება დრობიშევის სახაზავით. დრობიშევის სახაზავის ზედაპირზე ყოველ 10 სანტიმეტრზე ამოჭრილია ექვსი პატარა ოთხკუთხა ფანჯარა (ნახ. 178) დახრილი ზედაპირით (ნახაზზე დაშტრიხულია), რომლებიც შემოხაზულია რკალებით. რკალების რა-

დიუსები ტოლია 10, 20, 30, 40 და 50 სანტიმეტრისა. ამ რკალების საერთო ცენტრი დანიშნულია პირველი ფანჯრის ნაპირზე (შუაში) და წარწერილია 0-ით. სახაზავის N ბოლოც შემოხაზულია რკალით, რომლის რადიუსი უდრის 70,711 სანტიმეტრს. ამ შემთხვევაში სახაზავის სიგრძე (70,711 სმ) უდრის ისეთი სწორკუთხა სამკუთხედის ჰიპოტენუ-



ნახ. 178.

ზსას, რომლის კათეტებია 50 სანტიმეტრი ($\sqrt{50^2 + 50^2} = 70,711$). დრობიშევის სახაზავით შეიძლება ქალაქში ავაგოთ კვადრატი, რომლის გვერდი ტოლია 50 სმ-ისა. ამ კვადრატის ასაგებად სახაზავს მოათავსებთ ქალაქში გატარებულ AB ხაზზე (ნახ. 179) ისე, რომ



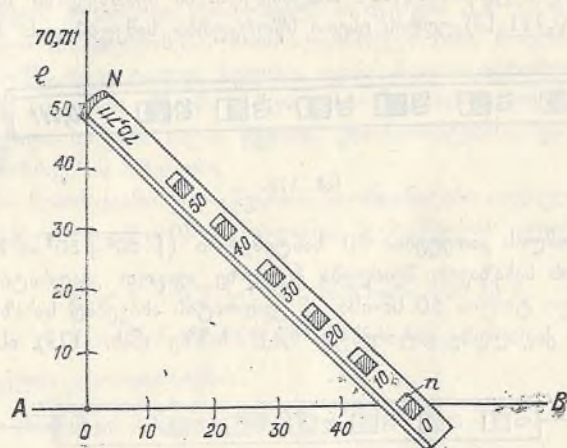
ნახ. 179.

ხაზი გადიოდეს ფანჯრების შუაში. შემდეგ, ფანჯრების დაქანებულ გვერდზე ფანქრით შემოვსახავთ რკალებს და AB ხაზზე დაენიშნავთ ამ რკალების O ცენტრს, ე. ი. პირველი ფანჯრის O ნიშანს. რკალების



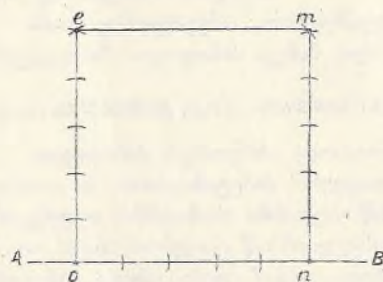
ნახ. 180.

რადიუსები იქნება 10, 20, 30, 40 და 50 სანტიმეტრი. შემდეგ სახაზავს დავაყენებთ ისე, რომ იგი დაახლოებით პერპენდიკულარული იყოს AB ხაზის (ნახ. 180) და ფანჯრების დაქანებულ გვერდზე ფანქრით



ნახ. 181.

შემოგზავნათ რკალებს. ცხადია, რომ პირველი ფანჯრის O ნიშანი წინასწარ უნდა შევუთავსოთ AB ხაზზე დანიშნულ საწყის O წერტილს. ამის შემდეგ სახაზავს დავაყენებთ ისე, როგორც 181-ე ნახაზზეა ნაჩვენები, ე. ი. სახაზავის O ნიშანი შეთავსებულია ბოლო n წერტილთან, რომელიც დაშორებულია O საწყისი წერტილიდან 50 სანტიმეტრით და სახაზავის N ბოლო კვეთს e წერტილში იმ რკალს, რომელიც შემოხაზულია O წერტილიდან 50 სანტიმეტრიანი რადიუსით. თუ ამ გადაკვეთის e წერტილს (ნახაზები 181 და 182) შევადრთებთ AB ხაზის O წერტილთან, მაშინ Oe ხაზი იქნება პერპენდიკულარული



ნახ. 182.

AB ხაზისა და ეს Oe ხაზი მცირე რკალებით დაიყოფა ხუთ ტოლ ნაწილად. ამავე წესით გავატარებთ nm ხაზს (ნახ. 182) AB ხაზის პერპენდიკულარულად.

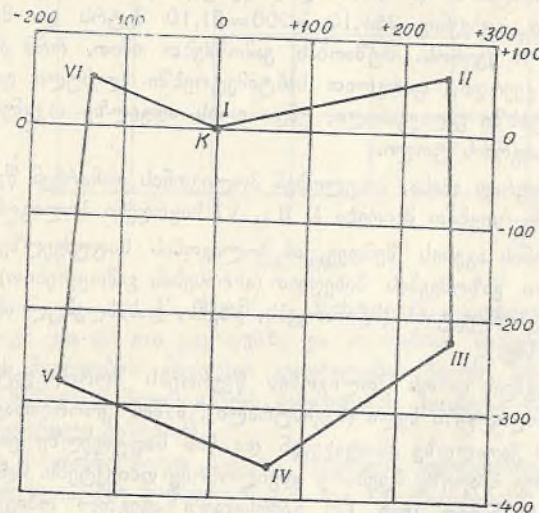
ახლა თუ e და m წერტილებს შევადრთებთ, მივიღებთ $emno$ კვადრატს. ცხადია, რომ em გვერდი უნდა მივიღოთ on გვერდის ტოლი. ამგვარად მიღებული კვადრატის გვერდები დაყოფილი იქნება დეციმეტრებად და შესაბამისი მოპირდაპირე წერტილების შეერთებით მიიღება საკოორდინატო ბადე, რომლის საფუძველზე შეიძლება პოლიგონის აგება. ავიღოთ პოლიგონი, რომლის კოორდინატები (მეტრებში) მოყვანილია მე-16 ცხრილში.

ვთქვათ, საჭიროა ამ პოლიგონის აგება 1:1000 მასშტაბში დრობიშევის სახაზავით აგებული საკოორდინატო ბადის (ნახ. 183) საფუძველზე. როგორც ვიცით, დრობიშევის სახაზავით აგებული ბადის ყოველი კვადრატის გვერდი უდრის 10 სმ, რაც 1:1000 მასშტაბში ტოლია 100 მეტრისა.

პირველ ყოვლისა, ბადეზე უნდა შევარჩიოთ კოორდინატთა სათავე ისე, რომ მთელი პოლიგონი მოცემულ მასშტაბში (1:1000) მოთავსდეს ბადის ფარგლებში. ამისათვის მე-16 ცხრილიდან ავიღებთ როგორც X -ბის, ისე Y -ბის მაქსიმალურ

ცხრილი 16

პოლიგონის წერტილები	კოორდინატები	
	X	Y
I	0,00	0,00
II	+ 78,25	+251,10
III	-231,46	+273,18
IV	-348,76	+ 80,25
V	-269,74	-141,73
VI	+ 81,36	-119,48
I	0,00	0,00



ნახ. 183.

დადებით და უარყოფით მნიშვნელობებს. ჩვენს შემთხვევაში, X -ის მაქსიმალური დადებითი მნიშვნელობაა $+81,36$ მ და მაქსიმალური უარყოფითი არის $-348,76$ მ. Y -ის მაქსიმალური დადებითი მნიშვნელობაა $+273,18$ მ, ხოლო მაქსიმალური უარყოფითი არის $-141,73$ მ. მოყვანილი სიდიდეების მიხედვით კოორდინატთა სათავე აღებულია K წერტილში (ნახ. 183). სათავეს ჩრდილოეთით (ზემოთ) X -ში დადებითია, ქვემოთ უარყოფითი. სათავეს მარჯვნივ (აღმოსავლეთით) Y -ში დადებითია, დასავლეთით — უარყოფითი.

ამის და მასშტაბის (1:1000) მიხედვით წარწერილია ბადის განაპირა ხაზები (0; $+100$; $+200$; $+300$ და 0; -100 ; -200 ; -300 და -400). ამ შემთხვევაში მთელი I, II, III... VI პოლიგონი მოთავსდება ბადის ფარგლებში. კოორდინატთა სათავეს შერჩევის შემდეგ შეგვიძლია პოლიგონის ყველა წვერო დავაღვათ ქაღალდზე ამ წვეროების კოორდინატების მიხედვით.

პოლიგონის I წვეროს კოორდინატები ტოლია ნულისა ($X=0$ და $Y=0$). მაშასადამე, I წვერო მოთავსდება კოორდინატთა სათავეში (K წერტილში). პოლიგონის II წვეროს კოორდინატებია: $X+78,25$ მ და $Y+251,10$ მ. ცხადია, რომ II წვერო მოთავსდება ზედა მარჯვენა განაპირა კვადრატში. ამ წვეროს მდებარეობის მისაღებად, აღნიშნულ კვადრატის წვეროებიდან (ნახ. 183) გადავზომოთ ზემოთ 78,25 მ მოცემულ მასშტაბში (1:1000) და მიღებულ სწორ ხაზზე მასშტაბში გადავზომავთ მარჯვნივ $251,10 - 200 = 51,10$ მეტრს და მივიღებთ პოლიგონის II წვეროს. მუშაობას ვამოწმებთ იმით, რომ პოლიგონის I—II გვერდი, ფარგლით სანტიმეტრებში აღებული და მოცემულ მასშტაბში გადაყვანილი, უნდა იყოს ადგილზე აგეგმვის დროს გაზომილი სიგრძის ტოლი.

ანალოგიურად ამისა, პოულობენ პოლიგონის დანარჩენ წვეროებს, რომელთა შეერთებით მიიღება I, II...VI საყრდენი პოლიგონი.

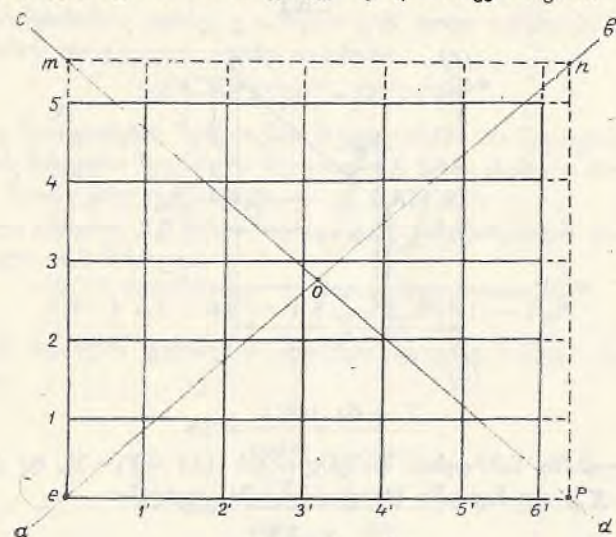
პოლიგონის აგების შემდეგ, ამ პოლიგონის საფუძველზე, ველზე წარმოებული გაზომვების მიხედვით (აბრისების გამოყენებით) გამოსახვენ ცალკე ობიექტებს (მდინარეებს, გზებს, დასახლებულ ადგილებს, ბაღებს და სხვ.).

თუ აგეგმვის დროს პოლიგონის წვეროებს შორის გატარებული იყო თეოდოლიტური სვლა (მაგისტრალი), მაშინ კოორდინატების მიხედვით მას ქაღალდზე დააღაგებენ და მის საფუძველზე გამოსახვენ სვლის ორივე მხარეზე მდებარე ადგილობრივ ობიექტებს. საბოლოოდ, პირობითი ნიშნებით (ნახ. 12) გამოსახვენ აგეგმილ ობიექტებს და

სათანადო გაფორმების შემდეგ (სათანადო წარწერებით) მიიღებენ ასაგეგმავი ტერიტორიის გეგმას მოცემულ მასშტაბში.

საკოორდინატო ბადის აგება შტანგენფარგლით

ქაღალდზე ფანქრით გაატარებენ ab და cd დიაგონალებს (ნახ. 184), ხოლო მათი გადაკვეთის o წერტილიდან გადავზომავთ ტოლ მონაკვეთებს და მიიღებენ m , n , p და e წერტილებს, რომელთა შეერთებით მიიღება mnp სწორკუთხედი. სწორკუთხედის აგებას ამოწმებენ იმით, რომ სწორკუთხედის მოპირდაპირე გვერდები უნდა იყვნენ ტოლები. ამის შემოწმების შემდეგ სწორკუთხედის e წვეროდან em და ep გვერდებზე ყოველ ხუთ ან ათ სანტიმეტრზე დანიშნავენ საჭირო რაოდენ



ნახ. 184.

ობის 1, 2, 3... და 1', 2', 3',... წერტილებს. ასეთივე წერტილებს დანიშნავენ pn და mn გვერდებზე და შესაბამისი მოპირდაპირე წერტილების შეერთებით მიიღებენ კვადრატების ბადეს. სწორკუთხედის ზედმეტ ნაწილს წაშლიან (ჩვენს შემთხვევაში ზედმეტი ნაწილი ნაჩვენებია წყვეტილი ხაზებით).

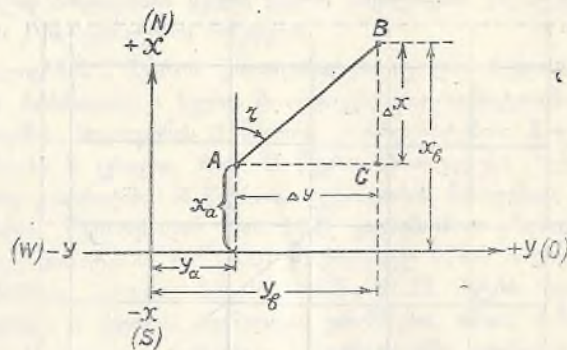
ასეთ საკოორდინატო ბადეზე შეარჩევენ კოორდინატთა სათავეს, უკეთებენ სათანადო წარწერებს (X და Y) მასშტაბის მიხედვით და შემოგანხილული წესით დააღაგებენ პოლიგონის წვეროებს მათი კოორდინატების მიხედვით.

§ 97. ხაზის დირექციული კუთხისა და სიგრძის განსაზღვრა
კოორდინატების საშუალებით

ვთქვათ, მოცემულია A და B წერტილის (ნახ. 185) კოორდინატები (X_a, Y_a და X_b, Y_b) და საჭიროა AB ხაზის სიგრძისა და მისი r რუმბის ან დირექციული კუთხის განსაზღვრა.

ჩვენს მაგალითში AB ხაზი აღებულია I მეოთხედში და, როგორც ნახაზიდან ჩანს, ABC კუთხე ტოლია AB ხაზის r რუმბისა, ABC სამკუთხედიდან ცხადია, რომ ΔY და ΔX ნაზრდების შეფარდება ტოლი იქნება ABC კუთხისა, ანუ r რუმბის ტანგენსისა, ე. ი.

$$\operatorname{tg} r = \frac{\Delta Y}{\Delta X}. \quad (1)$$



ნახ. 185.

ამ ტოლობაში ნაზრდების მნიშვნელობებს ($\Delta Y = Y_b - Y_a$ და $\Delta X = X_b - X_a$) თუ ჩავსვამთ (1) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$\operatorname{tg} r = \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a}. \quad (2)$$

ვინაიდან ცნობილია A და B წერტილების კოორდინატები, შეგვიძლია გამოვთვალოთ AB ხაზის რუმბი და, მაშასადამე, დირექციული კუთხეც. რუმბის სახელწოდების მისაღებად საჭიროა გავიგოთ (2) ფორმულის როგორც მრიცხველის, ისე მნიშვნელის ნიშანი და ამ ნიშნების მიხედვით § 94-ში მოყვანილი მე-14 ცხრილის საშუალებით გავიგებთ რუმბის სახელწოდებას.

მაგალითი. ვთქვათ A წერტილის კოორდინატებია: $X_a = -5,0$; $Y_a = +6,0$; ხოლო B წერტილის — $X_b = +8,0$; $Y_b = -4,0$. ამ შემთხვევაში (2) ფორმულის მიხედვით AB ხაზის რუმბის ტანგენსი:

$$\operatorname{tg} r = \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a} = \frac{-4,0 - (+6,0)}{+8,0 - (-5,0)} = \frac{-10,0}{+13,0}.$$

ვინაიდან ΔY ნაზრდს უარყოფითი ნიშანი აქვს ($-10,0$) და ΔX -ს დადებითი ($+13,0$), რუმბის სახელწოდება, § 94-ში მოყვანილი ცხრილის თანახმად, იქნება NW (ჩრდილო-დასავლეთი).

რუმბის სიდიდის განსაზღვრაც ადვილია ლოგარითმების ცხრილით, ვინაიდან ცნობილია მისი ტანგენსი. ჩვენს შემთხვევაში რუმბის ტანგენსი:

$$\operatorname{tg} r = \frac{10,0}{13,0} = 0,77$$

და მისი შესაბამისი კუთხე, ე. ი. რუმბი NW ტოლი იქნება: $37^{\circ}35'30''$. AB ხაზის დირექციული კუთხე კი იქნება:

$$360^{\circ} - 37^{\circ}35'30'' = 322^{\circ}24'30''.$$

თუ მერიდიანების შეახლოებას მხედველობაში არ მივიღებთ, მაშინ რუმბის მიხედვით შეგვიძლია მივიღოთ AB ხაზის აზიმუტი, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში იგივე იქნება, ე. ი. $322^{\circ}24'30''$.

ახლა გავიგოთ AB ხაზის სიგრძე. ABC სამკუთხედიდან (ნახ. 185) საძიებელი AB მანძილი:

$$AB = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2}.$$

AB მანძილის გამოთვლა შეიძლება აგრეთვე შემდეგი ფორმულებით:

$$AB = \frac{\Delta X}{\cos r} = \frac{X_b - X_a}{\cos r},$$

$$AB = \frac{\Delta Y}{\sin r} = \frac{Y_b - Y_a}{\sin r},$$

სადაც r რუმბი განისაზღვრება (2) ფორმულით.

§ 98. პოლიგონის წვეროებს შორის დალაგებული მავისტრალის
(თეოდოლიტური სვლის) კოორდინატების განსაზღვრა

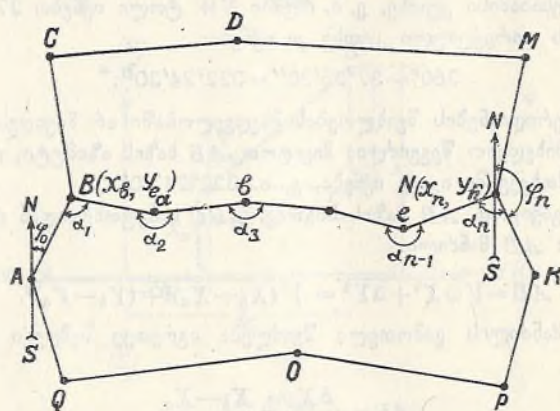
ვთქვათ, პოლიგონის B და N წვეროებს შორის (ან ტრიანგულაციის პუნქტებს შორის) ადგილის აგეგმვის მიზნით დალაგებულია $Bab \dots eN$ თეოდოლიტური სვლა (ნახ. 186) და საჭიროა მისი წვეროების კოორდინატების განსაზღვრა.

ზემოგანხილული წესით (იხ. § 91) შევამოწმებთ და შევასწორებთ მაგისტრალის გაზომილ ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots \alpha_n$) კუთხეებს და ამ შესწორე-

ბული კუთხეების მიხედვით განვსაზღვრავთ მაგისტრალის გვერდების აზიმუტებს ან დირექციულ კუთხეებს — პოლიგონის საწყისი და ბოლო გვერდის (f_0 და f_n) აზიმუტების ან დირექციული კუთხეების მიხედვით. ეს აზიმუტები ან დირექციული კუთხეები ცნობილია პოლიგონიდან. ამის შემდეგ აღნიშნული აზიმუტების ან დირექციული კუთხეებისა და მაგისტრალის გვერდების მიხედვით განვსაზღვრავთ მაგისტრალის წვეროების კოორდინატა ნაზრდებს:

$$\Delta X = d \cdot \cos r \quad \text{და} \quad \Delta Y = d \cdot \sin r \quad (\text{იხ. § 94, 95})$$

B და N წერტილების X_b , Y_b და X_n , Y_n კოორდინატები საერთოდ ცნობილია პოლიგონიდან ან ტრიანგულაციიდან.



ნახ. 186.

ამ კოორდინატებისა და მაგისტრალის წვეროების ნაზრდების (ΔX_1 , ΔY_1 ; ΔX_2 , ΔY_2 ; ... ΔX_n , ΔY_n) მიხედვით გამოვიანგარიშებთ მაგისტრალის წვეროების კოორდინატებს (X_1 , Y_1 ; X_2 , Y_2 ; ... X_n , Y_n) შემდეგი ფორმულებით:

$$\begin{aligned} X_1 &= X_b + \Delta X_1 & Y_1 &= Y_b + \Delta Y_1 \\ X_2 &= X_1 + \Delta X_2 & Y_2 &= Y_1 + \Delta Y_2 \\ X_3 &= X_2 + \Delta X_3 & Y_3 &= Y_2 + \Delta Y_3 \\ &\dots & & \\ X_{n-1} &= X_{n-2} + \Delta X_{n-1} & Y_{n-1} &= Y_{n-2} + \Delta Y_{n-1} \\ X_n &= X_{n-1} + \Delta X_n & Y_n &= Y_{n-1} + \Delta Y_n \end{aligned}$$

თუ ამ ტოლობების მარჯვენა და მარცხენა ნაწილებს შევჯამებთ და შემდეგ შევკვეცავთ ერთი და იმავე ნიშნებიან კოორდინატებს, მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} X_n &= X_b + \sum_1^n \Delta X \\ Y_n &= Y_b + \sum_1^n \Delta Y \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

სადაც $\sum_1^n \Delta X$ და $\sum_1^n \Delta Y$ კოორდინატა ნაზრდების ალგებრული ჯამია.

(1) ფორმულას შეგვიძლია მივცეთ შემდეგი სახე:

$$\sum_1^n \Delta X - (X_n - X_b) = 0,$$

$$\sum_1^n \Delta Y - (Y_n - Y_b) = 0,$$

ე. ი. თეორიულად რომ ვიმსჯელოთ, ზემოთმოყვანილი ტოლობები დაცული უნდა იყოს. სინამდვილეში, ვინაიდან ადგილი აქვს შეცდომას, აღნიშნული ტოლობები არ იქნება დაცული და მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} \sum_1^n \Delta X - (X_n - X_b) &= f_x \\ \sum_1^n \Delta Y - (Y_n - Y_b) &= f_y \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

სადაც f_x და f_y წარმოადგენს შეცდომებს კოორდინატა ნაზრდებში.

ამ შემთხვევაში, თუ მოცემულ B და N წერტილებს შორის ქალაქზე ავაგებთ $Bab \dots eN$ მაგისტრალს, მაშინ N' ბოლო წერტილი (ნახ. 187) არ დაემთხვევა მოცემულ N წერტილს, ვინაიდან არსებობს შეცდომა f_x (X ღერძის მიმართულებით) და შეცდომა f_y (Y ღერძის მიმართულებით).

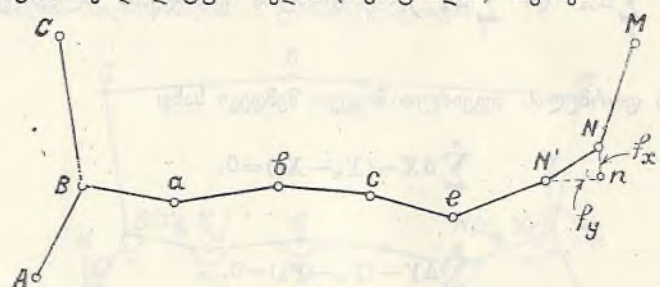
ამგვარად, მივიღეთ $N'N$ შეცდომა, რომელიც განისაზღვრება მართკუთხა $N'nN$ სამკუთხედიდან (იგივე ნახ. 187), რომლის კათეტები f_x და f_y აღნიშნული სამკუთხედიდან ცხადია, რომ შეცდომა

$$N'N = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

ამ ფორმულაში f_x და f_y ცნობილია (გამოითვლება (2) ფორმულით). მაშასადამე, შეგვიძლია განვსაზღვროთ $N'N$ შეცდომის სიდიდე. თეოდოლიტით აგვეგმაში მიღებულია, რომ $N'N$ შეცდომა დასაშვებია, თუ იგი არ აღემატება სიდიდეს:

$$\frac{P}{1000} \text{ -დან } \frac{P}{2000} \text{ -მდე,}$$

სადაც P თეოდოლიტური სვლის (მაგისტრალის) სიგრძეა.



ნახ. 187.

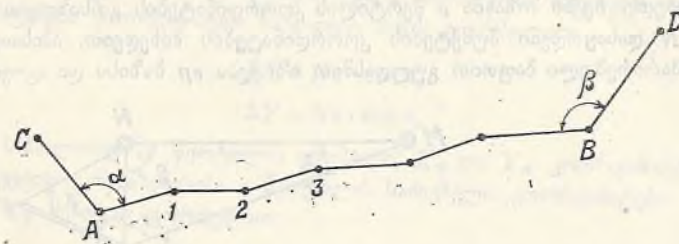
თუ შეცდომა $N'N$ დასაშვებია, მაშინ მის მოსასპობად f_x და f_y ყველა ნაზრდზე გვერდების პროპორციულად უნდა გავანაწილოთ. ამ შემთხვევაში $N'N$ შეცდომა გაუტოლდება ნულს და მივიღებთ შესწორებულ მაგისტრალს.

ამის შემდეგ შესწორებული ნაზრდების მიხედვით განვსაზღვრავთ მაგისტრალის წვეროების კოორდინატებს, რომელთა საშუალებით ქალაქზე შეგვიძლია ავაგოთ მაგისტრალი, რომელიც უკვე ზუსტად მოთავსდება B და N წერტილებს შორის. ამ მაგისტრალის საფუძველზე კი დაალაგებენ ადგილზე აგებმის ობიექტებს (გზებს, მდინარეებს, დასახლებულ ადგილებს და სხვ.).

§ 99. პოლიგონის ან თეოდოლიტური სვლის დაკავშირება (მიზან) დასაყრდენ კუნძულებთან

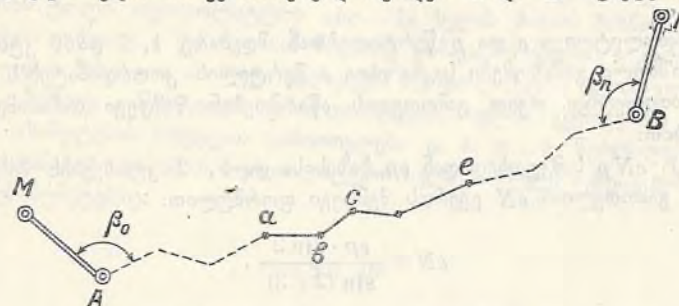
პოლიგონის ან თეოდოლიტური სვლის დაკავშირება (მიზან) დასაყრდენ პუნქტებთან გულისხმობს კოორდინატებისა და აზიმუტების გადაცემას დასაყრდენი პუნქტებიდან პოლიგონის ან თეოდოლიტური სვლის წვეროებზე და გვერდებზე.

თუ თეოდოლიტური $A, 1, 2, 3 \dots B$ სვლა (ნახ. 188) დალაგებულია დასაყრდენ A და B პუნქტებს შორის, რომლებიდანაც მოჩანს სხვა დასაყრდენი C და D პუნქტები, მაშინ ასეთი თეოდოლიტური სვლის მიზანად აღვიღოთ; ამისთვისაც დასაყრდენ A და B პუნქტებზე იზომება დამაკავშირებელი α და β კუთხეები, რომელთა საშუალებით, როგორც ვიცით (იხ. § 91, 98) თეოდოლიტურ სვლას გადაეცემა როგორც აზიმუტი (CA ან DB მიმართულებიდან), ისე კოორდინატები A და B პუნქტებიდან.



ნახ. 188.

თუ პოლიგონი ან თეოდოლიტური სვლა $a, b, c \dots e$ (ნახ. 189) უშუალოდ არ არის დაკავშირებული დასაყრდენ A და B პუნქტებთან, მაშინ სვლის ბოლო a და e წერტილებიდან გააგრძელებენ თეოდოლიტურ სვლას ორივე მხარეზე დასაყრდენ A და B პუნქტებამდე

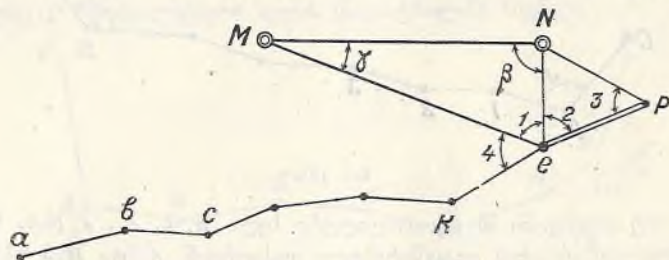


ნახ. 189.

და ამ პუნქტებზე ზომავენ დამაკავშირებელ β_0 და β_n კუთხეებს. ეს საკმარისია, რომ თეოდოლიტური სვლა მიზნული იყოს დასაყრდენ A და B პუნქტებზე.

გეოდეზიურ პრაქტიკაში არის შემთხვევა, როდესაც დასაყრდენ N პუნქტზე (ნახ. 190), რომელთანაც უნდა იყოს დაკავშირებული (მიზ-

მული) პოლიგონი ან თეოდოლიტური $a, b, c \dots ke$ სვლა, დგომა არ შეიძლება (კოშკის წვეტიანი, ეკლესიის გუმბათზე დამაგრებული ჯვარი, გეოდეზიური ნიშანი სახლის სახურავზე და სხვ.). ასეთ შემთხვევაში, მიბმის მიზნით, სვლის ბოლო e წერტილთან ახლოს დანიშნავენ p წერტილს და მიიღებენ მოკლე ep ბაზისს. საჭიროა, რომ e და p წერტილებიდან მოჩანდეს დასაყრდენი N წერტილი და აგრეთვე e წერტილიდან მოჩანდეს სხვა M პუნქტი, რომლის კოორდინატები ცნობილია. eNp სამკუთხედი უნდა უახლოვდებოდეს ტოლგვერდა სამკუთხედს. ჩვენი მიზანია e წერტილის კოორდინატების განსაზღვრა M და N დასაყრდენი პუნქტების კოორდინატების მიხედვით. ამისათვის კომპარირებული ბაფთით გულდასმით იზომება ep ბაზისი და აგრეთვე



ნახ. 190.

თეოდოლიტით — e და p წერტილებთან მდებარე 1, 2 და 3 კუთხე. აღნიშნული განაზომები საკმარისია e წერტილის კოორდინატების გამოსათვლელად. თვით გამოთვლას აწარმოებენ შემდეგი თანამიმდევრობით:

1. eNp სამკუთხედიდან ep ბაზისისა და 2, 3 კუთხეების მიხედვით გამოთვლიან eN გვერდს შემდეგი ფორმულით:

$$eN = \frac{ep \cdot \sin 3}{\sin (2+3)}.$$

2. M და N პუნქტების კოორდინატების მიხედვით გამოთვლიან როგორც MN მანძილს, ისე MN მიმართულების α_1 აზიმუტს (იხ. § 97).

3. MNe სამკუთხედიდან MN , eN გვერდებისა და 1 კუთხის მიხედვით გამოთვლიან M წერტილთან მდებარე γ კუთხეს შემდეგი ფორმულით:

$$\sin \gamma = \frac{eN \cdot \sin 1}{MN}.$$

4. იმავე MNe სამკუთხედიდან განისაზღვრება კუთხე β ფორმულით:

$$\beta = 180^\circ - (1 + \gamma).$$

5. MN გვერდის α_1 აზიმუტისა და β კუთხის მიხედვით გამოთვლიან Ne გვერდის α_2 აზიმუტს ფორმულით:

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta.$$

6. Ne გვერდის სიგრძისა და მისი α_2 აზიმუტის მიხედვით განისაზღვრება კოორდინატა ნაზრდები ასეთი ფორმულით:

$$\Delta X = Ne \cdot \cos \alpha_2,$$

$$\Delta Y = Ne \cdot \sin \alpha_2$$

და საბოლოოდ N წერტილის ცნობილი X_n და Y_n კოორდინატების მიხედვით განისაზღვრება e წერტილის საძიებელი კოორდინატები X_e და Y_e შემდეგი ფორმულით:

$$X_e = X_n \pm \Delta X$$

$$Y_e = Y_n \pm \Delta Y.$$

შემოწმების მიზნით შეიძლება M და e წერტილების კოორდინატების მიხედვით Me მიმართულების აზიმუტის განსაზღვრა. სხვაობა ამ აზიმუტისა და MN მიმართულების α_1 აზიმუტს შორის უნდა იყოს γ კუთხის ტოლი. თეოდოლიტური $abc \dots ke$ სვლის მიბმის მიზნით განიზომება აგრეთვე e წერტილთან მდებარე დამაკავშირებელი 4 კუთხე. ამ კუთხის მიხედვით აზიმუტი გადაეცემა თეოდოლიტური სვლის გვერდებს. შემდეგ e წერტილის კოორდინატების, სვლის გვერდებისა და მათი აზიმუტების მიხედვით გამოითვლება $a, b, c \dots k$ წერტილების კოორდინატები და ამით თეოდოლიტური სვლა მიბმული იქნება დასაყრდენ პუნქტებზე.

თ ა ზ ი XIII

ფართობების განსაზღვრა

არსებობს გეგმაზე დანიშნული ფართობების განსაზღვრის სამი ძირითადი მეთოდი: ანალიზური, გეომეტრიული და მექანიკური.

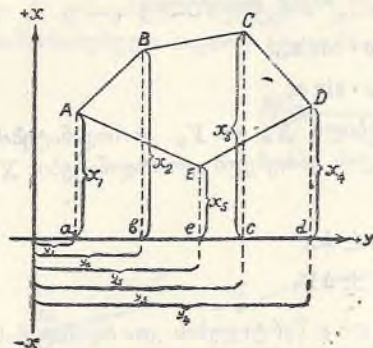
ანალიზური მეთოდი გულისხმობს პოლიგონის ფართობის განსაზღვრას მისი წვეროების კოორდინატების მიხედვით.

გეომეტრიული მეთოდი გულისხმობს გეგმაზე გამოსახული ფართობის განსაზღვრას გეომეტრიის მეშვეობით.

მექანიკური მეთოდი კი გულისხმობს გეგმაზე გამოსახული ფართობის განსაზღვრას სხვადასხვაგვარი ხელსაწყოთი, როგორიცაა პლანიმეტრი, ცელულოიდის უჯრედებიანი ფირფიტა (პალეტი) და სხვ.

§ 100. პოლიგონის ფართობის გამოთვლა მისი წვერობის კოორდინატების საშუალებით (ანალიზური მეთოდი)

ვთქვათ მოცემულია $ABCDEA$ პოლიგონის (ნახ. 191) წვერობის კოორდინატები ($x_1, y_1; x_2, y_2; \dots, x_5, y_5$) და მათი მიხედვით საჭიროა პოლიგონის ფართობის განსაზღვრა კვადრატულ ერთეულებში.



ნახ. 191.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, აღნიშნული ფართობი

$$S = ABba + BCcb + CDdc - DEed - EAae. \quad (1)$$

ამ ტოლობაში შემავალი წევრები წარმოადგენს ტრაპეციების ფართობებს, რომლებიც შეგვიძლია განვსაზღვროთ პოლიგონის წვერობის კოორდინატების საშუალებით.

მაგალითად, $ABba$ ტრაპეციის გაორკეცებული ფართობი უდრის

$$(x_1 + x_2) \cdot (y_2 - y_1).$$

$BCcb$ ტრაპეციის გაორკეცებული ფართობი უდრის $(x_2 + x_3) \cdot (y_3 - y_2)$ და ა. შ.

თუ ამგვარად გამოთვლილი გაორკეცებული ფართობების მნიშვნელობებს ჩავსვამთ (1) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$2S = (x_1 + x_2)(y_2 - y_1) + (x_2 + x_3)(y_3 - y_2) + (x_3 + x_4)(y_4 - y_3) - (x_4 + x_5)(y_5 - y_4) - (x_5 + x_1)(y_1 - y_5).$$

ფრჩხილების გახსნისა და მსგავსი წევრების შეკვეცის შემდეგ გვექნება:

$$2S = x_1y_2 + x_2y_3 - x_1y_1 - x_2y_1 + x_2y_3 + x_3y_4 - x_2y_2 - x_3y_2 + x_3y_4 - x_4y_4 - x_3y_3 - x_4y_3 - x_5y_4 + x_5y_5 + x_4y_5 - x_5y_5 - x_1y_5 + x_5y_1 + x_1y_1 = x_1y_2 - x_2y_1 + x_2y_3 - x_3y_2 + x_3y_4 - x_4y_3 + x_4y_5 - x_5y_4 + x_5y_1 - x_1y_5.$$

ამ ტოლობაში შემავალ წევრებს x აბსცისების მიხედვით თუ დავალაგებთ, მივიღებთ:

$$2S = x_1(y_2 - y_5) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_4 - y_2) + x_4(y_5 - y_3) + x_5(y_1 - y_4). \quad (2)$$

თუკი y ორდინატების მიხედვით დავალაგებთ, მივიღებთ:

$$2S = y_1(x_5 - x_2) + y_2(x_1 - x_3) + y_3(x_2 - x_4) + y_4(x_3 - x_5) + y_5(x_4 - x_1). \quad (3)$$

(2) და (3) ფორმულების ზოგადი სახე იქნება

$$2S = \sum x_n(y_{n+1} - y_{n-1}) \quad (4)$$

და

$$2S = \sum y_n(x_{n-1} - x_{n+1}). \quad (5)$$

ამგვარად, (4) ან (5) ფორმულის საშუალებით შეგვიძლია გამოვთვალოთ პოლიგონის გაორკეცებული ფართობი. მუშაობის გასამართლებლად ფართობის გამოთვლის პროცესი იწერება მე-17 ცხრილში, სადაც მოყვანილია რვაგვერდიანი პოლიგონის ფართობის გამოთვლა.

ცხრილის მე-2 და მე-3 სვეტებში მოყვანილია წვერობის კოორდინატები (მეტრებით); მე-4 და მე-5 სვეტებში მოყვანილია სხვაობები $(x_{n-1} - x_{n+1})$ და $(y_{n+1} - y_{n-1})$, მათი აღგებრულებული ჯამი უნდა უდრიდეს ნულს, ვინაიდან ყოველი x აბსცისა და y ორდინატა შედის აღნიშნულ სხვაობებში როგორც მამცირის, ისე სამცირის სახით. შემოწმე-

ფართობის გამოთვლის უფრნალი

ცხრილი 17

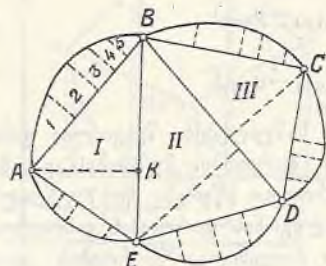
წვერობის №	კოორდინატები		სხვაობები		ნამრავლები	
	$\pm X$	$\pm Y$	$\pm(X_{n-1} - X_{n+1})$	$\pm(Y_{n+1} - Y_{n-1})$	$\pm Y_n(X_{n-1} - X_{n+1})$	$\pm X_n(Y_{n+1} - Y_{n-1})$
1	0	0	- 50,88	+ 174,70	0	0
2	+ 44,20	+ 122,51	- 19,74	+ 110,10	- 2418,34	+ 4866,4
3	+ 19,74	+ 110,10	+ 51,90	- 9,23	+ 5714,19	- 182,20
4	- 7,70	+ 113,28	+ 129,19	- 67,77	+ 1634,64	+ 521,88
5	- 109,45	+ 42,38	+ 106,82	- 142,59	+ 4521,69	+ 15606,4
6	- 114,52	- 29,31	- 70,55	- 48,82	+ 2067,82	+ 5590,8
7	- 38,90	- 6,49	- 107,84	- 22,88	+ 899,88	+ 890,03
8	- 6,65	- 52,19	- 38,90	+ 6,48	+ 2030,19	- 43,07
			0	0	27250,07	27250,07

$$S = \frac{27250,07}{2} = 13625,03 \text{ მ}^2 = 1,369 \text{ ჰექტარს,}$$

ბის მიზნით პოლიგონის გაორკეცებული ფართობი გამოანგარიშებულია როგორც (4), ისე (5) ფორმულის მიხედვით და ჩაწერილია მე-6 და მე-7 სვეტებში. ფართობის სიდიდე (27250,07) მიღებულია კვადრატული მეტრებით, ვინაიდან კოორდინატები მოცემულია მეტრებით.

§ 101. ფართობის განსაზღვრა გამოყენებული მეთოდით

გთქვამთ, მოცემულ მასშტაბში ქალაქზე გამოსახულია აგებული ადგილი (ნახ. 192) და საჭიროა მისი ფართობის განსაზღვრა კვადრატული მეტრებით ან ჰექტარებით. ამისათვის გეგმაზე გამოსახულ ადგილს



ნახ. 192.

დავყოფთ სამკუთხედებად და ტრაპეციებად და გეომეტრიიდან ცნობილი ფორმულებით გამოვთვალოთ ცალკე სამკუთხედებისა და ტრაპეციების ფართობებს. მათი ჯამი გამოსახავს აგებული ადგილის მთელ ფართობს.

ჩვენს შემთხვევაში ფართობი (ნახ. 198) დაყოფილია I, II, III... სამკუთხედებად და 2, 3, 4... ტრაპეციებად. I სამკუთხედის ფართობი

$$S_1 = \frac{BE \cdot AK}{2},$$

სადაც ფუძე BE და სიმაღლე AK მიიღება გეგმიდან მოცემული მასშტაბით (ფარგლით).

ამავე წესით გამოთვლიან დანარჩენი II, III 1, 5... სამკუთხედების ფართობებს.

ტრაპეციების ფართობებსაც გამოთვლიან ცნობილი ფორმულით:

$$S = \frac{a+b}{2} \cdot h,$$

სადაც a და b წარმოადგენს ტრაპეციის ფუძეებს და h—სიმაღლეს. ეს ელემენტებიც მიიღება გეგმიდან (ფარგლით) მოცემული მასშტაბით.

ყველა ტრაპეციისა და სამკუთხედის ფართობების ჯამი გამოსახავს მთლიანი კონტურის ფართობს.

ამრიგად, ფართობის მისაღებად საჭიროა გავიგოთ, თუ რას უდრის ფუძე და სიმაღლე იმ გეომეტრიული ფიგურებისა (სამკუთხედებისა და ტრაპეციებისა), რომლებსაც შეიცავს საძიებელი ფართობი.

ვინაიდან ფუძე და სიმაღლე იდეალური სიზუსტით ვერ გაიზომება ფარგლით, ამიტომ ფართობის განსაზღვრაში ადგილი ექნება შეცდომას.

აღნიშნული შეცდომა მით მეტი იქნება, რაც უფრო მეტ გეომეტრიულ ფიგურებად დაიყოფა გეგმაზე გამოსახული ფართობი, რადგანაც ამ შემთხვევაში უფრო მეტი ელემენტების (ფუძეების და სიმაღლეების) გაზომვა იქნება საჭირო.

შეცდომა P, რომელსაც ადგილი ექნება სამკუთხედის ან ტრაპეციის ფართობის განსაზღვრისას, მიიღება შემდეგი ფორმულით:

$$P = \sqrt{k_1^2 + k_2^2}, \quad (1)$$

სადაც k_1 და k_2 წვეროები წარმოადგენს სამკუთხედის (ან ტრაპეციის) ფუძისა და სიმაღლის ფარდობით შეცდომებს. აღნიშნული k_1 და k_2 შეცდომები უკუპროპორციულია სიმაღლის და ფუძის სიგრძისა, ე. ი. რაც უფრო დიდია ხაზის (ფუძისა და სიმაღლის) სიგრძე, მით უფრო ნაკლებია ფარდობითი შეცდომა k_1 და k_2 . მაშასადამე, მინიმალური ფარდობითი შეცდომის მისაღებად საჭიროა, სამკუთხედის ან ტრაპეციის სიმაღლე და ფუძე რაც შეიძლება დიდი ზომისა იყოს.

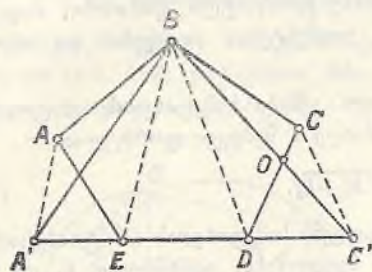
თუ საჭიროა ვიწრო ზოლივით გაჭიმული მოხაზულობის, მაგალითად, გეგმაზე გამოსახული მდინარის ან გზის ფართობის განსაზღვრა, მაშინ, საკმარისი სიზუსტის მისაღებად, ასეთი ადგილის სიგრძეს იგეგმენ თვით გეგმიდან — ფარგლით (მოცემული მასშტაბით), ხოლო მის სიგანეს — ფოლადის ბაფთით ადგილზე გაზომვის შედეგად. ასეთ დროს 1-ელ ფორმულაში შემავალი მოკლე სიგანის ფარდობითი k_2 შეცდომა შედარებით მცირე იქნება და ცუდ გავლენას ვერ მოახდენს ფარდობით P შეცდომის განსაზღვრაზე.

§ 102. პოლიგონის ფართობის შეცვლა ტოლფართობიანი სამკუთხედით

იმ შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა გეგმაზე გამოსახული ABCDE პოლიგონის (ნახ. 193) ფართობის განსაზღვრა, მუშაობის გასაადვილებლად შეგვიძლია ეს პოლიგონი შევცვალოთ ტოლფართობიანი სამკუთხედით.

ამისათვის პოლიგონის C წვეროდან BD დიაგონალის პარალელურად გავატარებთ ხაზს, რომელიც გადაკვეთს ED გვერდის გაგრძელებას C' წერტილში. BCD ტეხილი ხაზი შეგვიძლია შევცვალოთ BC' ხაზით. ამით ABCDE პოლიგონის ფართობს, თუმცა, ერთი მხრივ, გამოაქლდება BOC სამკუთხედის ფართობი, მაგრამ, მეორე

მხრივ, დამატება DOC' სიმკუთხედის ფართობი. აღნიშნული ფართობები კი ტოლია. მართლაც, თუ ტოლფართობიან DBC და DBC' სამკუთხედებს (აქვე საერთო ფუძე BD და ტოლი სიმაღლე) გამოვაკლებთ საერთო BDO ფართობს, დარჩება ტოლფართობიანი DOC' და BOC სამკუთხედები.



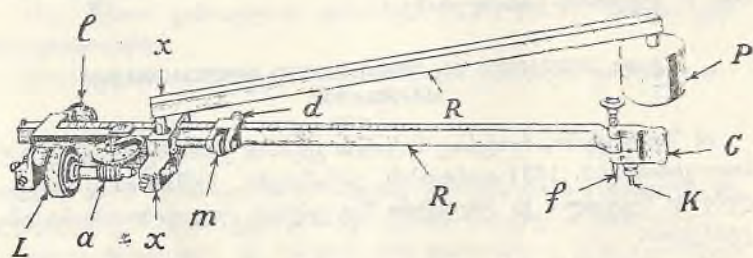
ნახ. 193.

ამავე წესით შეგვიძლია BAF ტეხილი ხაზი შევცვალოთ სწორი BA' ხაზით და, ამგვარად, $ABCDE$ პოლიგონის ფართობის ნაცვლად შეგვიძლია ავიღოთ $A'BC'$ სამკუთხედის ფართობი, რომლის განსაზღვრა ადვილია.

მექანიკური მეთოდი

§ 103. ფართობის განსაზღვრა პლანიმეტრით

1856 წელს პლანიმეტრის მოდელი წარმოადგინა შვეიცარიელმა მექანიკოსმა აშს ლ. მ. ა. უფრო ადრე პლანიმეტრი, რომლითაც განისაზღვრება გეგმაზე (რუკაზე) გამოსახული ფართობი, გამოიგონა რუსმა მექანიკოსმა ზარუბინმა, მაგრამ გამოგონებას მაშინ სათანადო ყურადღება არ მიაქციეს და გამომგონებელიც უკანასკნელ დრომდე მივიწყებული იყო.

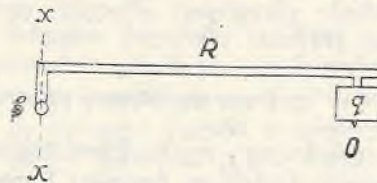


ნახ. 194.

პლანიმეტრი (ნახ. 194) შედგება პოლარული R და შემოსავლელი R_1 ბერკეტებისაგან. პოლარული R ბერკეტის ერთ ბოლოზე მიმაგრებულია q სიმძიმე (ნახ. 195) O წვეტიანით, რომლითაც პლანიმეტრის

ამაგრებენ ქაღალდზე და რომლის ირგვლივ ტრიალებს პოლარული R ბერკეტი. აღნიშნულ O წვეტიანას პოლუსი ეწოდება. იმავე ბერკეტის მეორე ბოლოზე მიდებულია თითი, რომელსაც ბურთივით ბოლო (b) აქვს. ეს ბოლო თავსდება R_1 ბერკეტში ბურთისებურად ამოჭრილ ბუდეში და მუშაობს როგორც სახსარი, ე. ი. R_1 ბერკეტი თავისუფლად ტრიალებს XX ღერძის (ნახ. 195) ირგვლივ.

პლანიმეტრის მთავარ ნაწილს შეადგენს ამოვლელი მექანიზმი, რომელიც წამოცმულია R_1 ბერკეტის ბოლოზე. აღნიშნული მექანიზმი (ნახ. 194 და 196) შედგება L დოლისაგან, რომლის ღერძი R_1 ბერკეტის პარალელურია და ეს დოლი (ბორბალი) უსასრულო a ხრახნით შეუღლებულია Z ციფერბლატთან. ამგვარად, თუ ვატრიალებთ L დოლს, მაშინ Z ციფერბლატიც შემოტრიალდება. L დოლზე და Z ციფერბლატზე დატანილია სკალა. L დოლზე (ნახ. 196)



ნახ. 195.

სკალა შეიცავს ას ტოლ დანაყოფს და ყოველი მეათე დანაყოფი წარწერილია, ხოლო Z ციფერბლატზე, რომელიც შეიცავს ათ ტოლ დანაყოფს, ყოველი დანაყოფი წარწერილია. დოლზე ანათვლის ასაღებად მის გვერდით მოთავსებულია D ვერნიერი.

R_1 ბერკეტის მეორე ბოლოზე მოთავსებულია ზამბარაკებიანი f წვეტიანა (ნახ. 194), რომელსაც მუშაობის დროს შემოატარებენ გეგმაზე გამოსახული ფართობის მოხაზულობაზე. იმ მიზნით, რომ წვეტიანა მუშაობის დროს არ შეეხოს ქაღალდს, მის გვერდით C ყუნწზე მიმაგრებულია K თითი, რომელიც f წვეტიანაზე გრძელია და მუშაობის დროს დასრიალებს ქაღალდზე. C ყუნწის დანიშნულება ის არის, რომ მას მოკიდებენ ხელს და f წვეტიანას შემოატარებენ ფართობის მოხაზულობაზე.

როგორც აღვნიშნეთ, შემოსავლელ R_1 ბერკეტზე წამოცმულია ამოვლელი მექანიზმი. თუ მოვეუშვებთ სათანადო ხრახნებს, შეგვიძლია შევცვალოთ ბერკეტის სიგრძე, ე. ი. გავადილოთ ან შევამციროთ სიგრძე f წვეტიანასა და XX ღერძს შორის. R_1 ბერკეტის ზედაპირზე დატანილია სკალა და შეგვიძლია ამ ბერკეტის გვერდით მოთავსებული m ვერნიერის ნული შევუთავსოთ აღნიშნული სკალის რომელიმე დანაყოფს და ამით R_1 ბერკეტი დავაყენოთ გარკვეულ სიგრძეზე. ასეთ მოქმედებას მიმართავენ პლანიმეტრის საფასურის შერჩევის დროს.

განხილულ პლანიმეტრს (ნახ. 194) ცვალებადბერკეტიანი კორა-

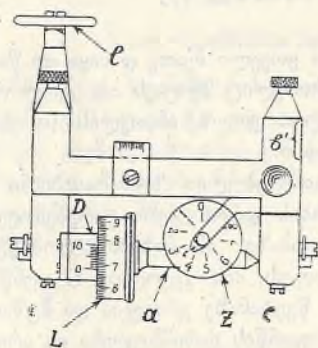
დის სისტემის პლანიმეტრი ეწოდება. არსებობს აგრეთვე ძველი სისტემის პლანიმეტრი (ნახ. 197), რომელშიც ამოვლევი მექანიზმი უძრავადაა მიმაგრებული შემოსავლელ R_1 ბერკეტზე, რომელიც, თავის მხრივ, შედგება ორი ნაწილისაგან. ეს ნაწილები ერთიმეორესთან მაგრდება e ხრახნით.

თუ ამ ხრახნს მოვუშვებთ, შეიძლება უმნიშვნელოდ შევცვალოთ R_1 ბერკეტის სიგრძე. ამგვარ პლანიმეტრს მუდმივბერკეტიანი ამსლერის სისტემის პლანიმეტრი ეწოდება.

ამჟამად ასეთი პლანიმეტრები თითქმის აღარ იხმარება და ჩვენი ქარხნები უმთავრესად ამზადებენ ცვალებადბერკეტიან პლანიმეტრებს (ნახ. 194).

§ 104. ანათვლების აღება ამოვლელ მექანიზმზე

განვიხილოთ, თუ რა წესით ხდება ანათვლის აღება პლანიმეტრზე. როგორც აღვნიშნეთ, როდესაც L დოლი (ნახ. 196) ქალაღზე გორა-

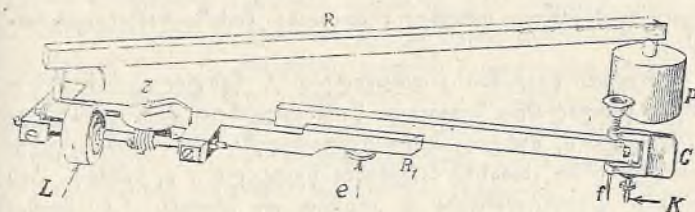


ნახ. 196.

ობისას გადაადგილდება, მაშინ Z ციფერბლატიც იტრიალებს. უსასრულო a ხრახნი ისეა აგებული, რომ, როდესაც Z ციფერბლატი ერთხელ შემოტრიალდება, ამოვლევი L დოლი ათჯერ შემოტრიალდება. Z ციფერბლატი დაყოფილია ათ ნაწილად. მაშასადამე, ციფერბლატის ერთი დანაყოფი შეესაბამება L დოლის ერთ სრულ შემოტრიალებას. L დოლი დაყოფილია 100 ნაწილად და D ვერნიერზე ვილებით L დოლის მეათასედ ნაწილს აღნიშნულ მექანიზმზე ანათვალს შემდეგი წესით ვილებით:

1-ელ ციფრს ავიღებთ Z ციფერბლატის ნულიდან i ინდექსამდე. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 196) i ინდექსი (მაჩვენებელი) მოთავსებულია ციფერბლატის მე-3 და მე-4 წარწერებს შორის, ე. ი. ანათვლი 3-ზე მეტი და 4-ზე ნაკლებია. ავიღებთ 3-ს.

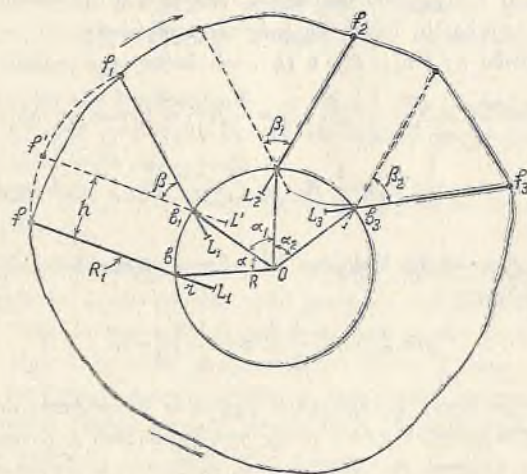
მეორე და მესამე ციფრებს ვილებით L დოლზე—მისი ნულიდან D ვერნიერის ნულამდე. ჩვენს შემთხვევაში იგი უდრის 68. უკანასკნელ მე-4 ციფრს ავიღებთ D ვერნიერზე (შეთავსებულია ვერნიერის მე-4 შტრიხი). ამგვარად, ჩვენს შემთხვევაში ანათვლი უდრის 3684.



ნახ. 197.

§ 105. პლანიმეტრის თეორია

ვთქვათ, საჭიროა მასშტაბის მიხედვით ქალაღზე (გეგმაზე) აგებული კონტურის (ნახ. 198) ფართობის განსაზღვრა პლანიმეტრით. დავუშვათ, რომ პლანიმეტრის პოლუსი მოთავსებულია კონტურის შიგა o წერტილში და შემოსავლელი R_1 ბერკეტის წვეტანა დაყენებულია მოხაზულობის f წერტილზე. ამოვლევი მექანიზმის L დოლი წარმო-



ნახ. 198.

ვადგინოთ R_1 ბერკეტის ბოლოზე. ახლა დავუშვათ, რომ შემოსავლელი R_1 ბერკეტის წვეტანა შემოვატარებთ f წერტილიდან მოხაზულობის f_1 წერტილამდე და პლანიმეტრმა მიიღო os_1f_1 მდებარეობა.

ჩვენი მიზანია გამოვიყენოთ ფორმულა, რომლითაც განისაზღვრე-

ბა ელემენტარული $abff_1b_1$ ფართობი. ამ ფორმულის საშუალებით კი შეგვიძლია მივიღოთ ფორმულა მთლიანი მოხაზულობის ფართობისათვის.

R_1 ბერკეტის წვეტანას გადაადგილება f წერტილიდან მოხაზულობის f_1 წერტილამდე შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ ასე: შემოსავლელი R_1 ბერკეტი b_1 წერტილამდე გადაადგილება თავისი მიმართულების პარალელურად (ნახაზზე ნაჩვენებია წყვეტილი $f'b_1$ ხაზით), რის შემდეგ იგი შემოტრიალდება β კუთხით და მიიღებს f_1b_1 მდებარეობას.

ვინაიდან ff_1 მანძილი აღებული გვაქვს ძლიერ მცირე, შეგვიძლია ამ წერტილებს შორის მოხაზულობა შევცვალოთ $ff'f_1$ რკალით.

როგორც 198-ე ნახაზიდან ჩანს, საძიებელი $obff'f_1b_1$ ფართობი (აღნიშნოთ p ასოთი) შედგება ორი სექტორისა (obb_1 და $b_1f'f_1$) და ერთი ($bff'b_1$) პარალელოგრამისაგან, ე. ი.

$$p = bff'b_1 + obb_1 + b_1f'f_1. \quad (1)$$

თუ ასო R_1 და R -ით აღვნიშნავთ შემოსავლელი (bff) და პოლარული (obb) ბერკეტების სიგრძეებს, ხოლო α და β -თი—მათი შემოტრიალების კუთხეებს, მაშინ შეგვიძლია დავწეროთ:

I. ფართობი $bff'b_1 = R_1 \cdot h$ (h არის პარალელოგრამის სიმაღლე).

II. ფართობი $obb_1 = \frac{1}{2} R \cdot bb_1 = \frac{1}{2} R^2 \cdot \alpha$ (ვინაიდან $bb_1 = R\alpha$).

III. ფართობი $b_1f'f_1 = \frac{1}{2} R_1 \cdot f'f_1 = \frac{1}{2} R_1^2 \cdot \beta$ (ვინაიდან $f'f_1 = R_1\beta$).

თუ (1) ტოლობაში ჩავსვათ მოყვანილი ფართობების წინშეწვლილებებს, მივიღებთ:

$$p = R_1 \cdot h + \frac{1}{2} R^2 \alpha + \frac{1}{2} R_1^2 \cdot \beta. \quad (2)$$

როგორც აღვნიშნეთ, R_1 ბერკეტის წვეტანას f წერტილიდან f_1 წერტილამდე შემოტარების დროს ამთვლელი მექანიზმის L დოლი გადაადგილება და გაივლის რაღაცა მანძილს, რომელიც აღვნიშნოთ l ასოთი.

(2) ფორმულაში შემავალი სიმაღლე h გამოვსახოთ აღნიშნული l მანძილის მიხედვით. ამისათვის მხედველობაში მივიღოთ შემდეგი დებულებები:

1. თუ შემოსავლელი R_1 ბერკეტი მოძრაობს თავისი ღერძის მიმართულებით, მაშინ ამთვლელი L დოლი არ იგორავებს, იგი მხოლოდ ისრიალებს;

2. თუ R_1 ბერკეტი მოძრაობს თავისი მიმართულების პარალელურად, მაშინ მანძილი ბერკეტის პირველ და მეორე მდებარეობათა შორის უდრის იმ მანძილს, რომელსაც გაივლის L დოლი ბერკეტის პირველი მდგომარეობიდან მეორე მდგომარეობაში გადაადგილების დროს;

3. თუ შემოსავლელი R_1 ბერკეტი მოძრაობს თავისი მიმართულების პარალელურად, მაგრამ ირიბულად (ჩვენი შემთხვევა), მაშინ L დოლი ნაწილობრივ გორავს, ნაწილობრივ სრიალებს და მანძილი, რომელსაც გაივლის L დოლი, უდრის R_1 ბერკეტის პირველ და მეორე მდგომარეობათა შორის მანძილს. ჩვენს შემთხვევაში იგი უდრის პარალელოგრამის h სიმაღლეს (ნახ. 198);

4. ცვალებადბერკეტიან პლანიმეტრში, სადაც ამთვლელი მექანიზმი მოთავსებულია xx ბრუნვის ღერძის გარეთ (ნახ. 194), თუ შემოსავლელი ბერკეტი მოძრაობს მარჯვნივ, თავისი მიმართულების პარალელურად, მაშინ L დოლზე ანათვლები მატულობს;

5. იმავე ცვალებადბერკეტიან პლანიმეტრში, თუ შემოსავლელი ბერკეტი ტრიალებს საათის ისრის მიმართულებით (xx ღერძის ირგვლივ), მაშინ L დოლზე ანათვლები კლებულობს, ვინაიდან L დოლი და შემოსავლელი ბერკეტის წვეტანა მოთავსებულია xx ღერძის სხვადასხვა მხარეზე;

6. მუდმივბერკეტიან პლანიმეტრში კი (ნახ. 197), პირიქით, თუ შემოსავლელი ბერკეტი ტრიალებს საათის ისრის მიმართულებით, მაშინ L დოლზე ანათვლები მატულობს.

ზემოთყვანილი დებულების საფუძველზე განვაგრძოთ პლანიმეტრის თეორიის განხილვა.

თუ მხედველობაში მივიღებთ 3, 4 და 5 დებულებებს, შეგვიძლია (ცვალებადბერკეტიანი პლანიმეტრისათვის) ვთქვათ, რომ შემოსავლელი ბერკეტის (ნახ. 198) პირველი bff მდგომარეობიდან მეორე (მისი პარალელური) b_1f' მდგომარეობაში გადაადგილების დროს L დოლი გაივლის მანძილს, რომელიც ტოლი იქნება h სიმაღლისა, ხოლო იმავე ბერკეტის β კუთხით შეტრიალების დროს (b_1f_1 მდებარეობამდე) L დოლი უკან დაბრუნდება $L'L_1$ მანძილით (რკალით).

მაშასადამე, თუ l ასოთი აღვნიშნავთ იმ მანძილს, რომელსაც გაივლის L დოლი შემოსავლელი წვეტანას f -დან f_1 წერტილამდე შემოტრიალების დროს, მაშინ მივიღებთ:

$$l = h - L'L_1. \quad (3)$$

თავის მხრივ, რკალი $L'L_1 = r \cdot \beta$, სადაც r არის სიგრძე ბრუნვის b_1 წერტილიდან L_1 დოლამდე.

თუ (3) ტოლობაში ჩავსვამთ $L'L_1$ მნიშვნელობას, მივიღებთ:

$$l = h - r\beta. \quad (4)$$

მუდმივბერკეტის პლანიმეტრისათვის კი $l = h + r\beta$, ვინაიდან, თანახმად მე-6 დებულებისა, $r\beta$ -ს ექნება დადებითი ნიშანი.

მე-4 ფორმულიდან

$$h = l + r\beta.$$

ამრიგად, პარალელოგრამის სიმაღლე h გამოვსახეთ l -ის საშუალებით.

h -ის მნიშვნელობა ჩავსვათ (2) ფორმულაში, მაშინ მივიღებთ:

$$\begin{aligned} p &= R_1(l + r\beta) + \frac{1}{2} R^2\alpha + \frac{1}{2} R_1^2\beta = \\ &= R_1l + \frac{1}{2} R^2\alpha + \frac{1}{2} R_1^2\beta + R_1r\beta. \end{aligned} \quad (5)$$

ეს არის ელემენტარული $obf f_1 b_1 o$ ფართობის საძიებელი ფორმულა. ახლა, თუ შემოსავლელ წვეტანას თანამიმდევრობით შემოვტარებთ ჯერ f_2 წერტილამდე (იგივე 198-ე [ნახაზი], შემდეგ f_3 -მდე და ასე მთელ კონტურზე და, თუ მათ შესაბამის ელემენტარულ ფართობებსა და მანძილებს, რომლებსაც გაივლის L დოლი, აღვნიშნავთ ასოებით $p_1, p_2, p_3 \dots p_n$ და $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$, მაშინ მე-5 ფორმულის ანალოგიურად შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\begin{aligned} p &= R_1l + \frac{1}{2} R^2\alpha + \frac{1}{2} R_1^2\beta + R_1r\beta \\ p_1 &= R_1l_1 + \frac{1}{2} R^2\alpha_1 + \frac{1}{2} R_1^2\beta_1 + R_1r\beta_1 \\ p_2 &= R_1l_2 + \frac{1}{2} R^2\alpha_2 + \frac{1}{2} R_1^2\beta_2 + R_1r\beta_2 \\ &\dots \dots \dots \\ p_n &= R_1l_n + \frac{1}{2} R^2\alpha_n + \frac{1}{2} R_1^2\beta_n + R_1r\beta_n. \end{aligned}$$

შევკრიბოთ მარჯვენა და მარცხენა ნაწილები. მივიღებთ:

$$\begin{aligned} p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n &= R_1(l + l_1 + l_2 + \dots + l_n) + \\ &+ \frac{1}{2} R^2(\alpha + \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n) + \\ &+ \frac{1}{2} R_1^2(\beta + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n) + R_1r(\beta + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n). \end{aligned} \quad (6)$$

ელემენტარული ფართობების ჯამი $(p + p_1 + p_2 + \dots + p_n)$, რომელიც ტოლია მთელი მოხაზულობის ფართობისა, აღვნიშნოთ S ასოთი. K ასოთი აღვნიშნოთ ჯამი $l + l_1 + l_2 + \dots + l_n$, ე. ი. მანძილი, რომელსაც გაივლის L დოლი შემოსავლელი წვეტანას მთელ კონტურზე შემოტარების დროს.

ფხადია, რომ α კუთხეების ჯამი $\alpha + \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 2\pi$ -ს, ვინაიდან b წერტილი (ნახ. 198) შემოხაზავს მთელ წრეხაზს.

β კუთხეების ჯამის მისაღებად ნებისმიერი b წერტილიდან (ნახ. 199) წარმოვიდგინოთ $b f_1; b f_2; b f_3 \dots$ ხაზები, პარალელურად შემოსავლელი R_1 ბერკეტის (ნახ. 198) ცალკე მდებარეობისა. ვინაიდან R_1 ბერკეტი დაბრუნდება პირველ R_1 მდებარეობაში, β კუთხეების ჯამიც უდრის 2π -ს, ე. ი.

$$\beta + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n = 2\pi.$$

(6) ფორმულაში ჩავსვათ ელემენტარული ფართობების $(p + p_1 + p_2 + \dots + p_n)$, მანძილებისა $(l + l_1 + l_2 + \dots + l_n)$ და α და β კუთხეების მნიშვნელობები. მაშინ მივიღებთ, რომ მთელი მოხაზულობის ფართობი

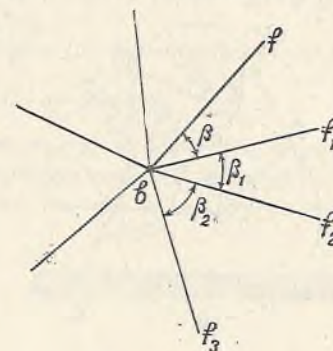
$$S = R_1 \cdot K + \pi R^2 + 2\pi R_1 r = R_1 K + \pi(R^2 + R_1^2 + 2R_1 r).$$

ამ ფორმულაში შემავალი წევრი $\pi(R^2 + R_1^2 + 2R_1 r)$, რომელიც წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს, აღვნიშნოთ Q ასოთი. მაშინ ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$S = R_1 \cdot K + Q. \quad (7)$$

ეს არის მთლიანი ფართობის ფორმულა ცვალებადბერკეტის პლანიმეტრისათვის, მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც პლანიმეტრის პოლუსი მოთავსებულია შიგ კონტურში.

თუკი პლანიმეტრის პოლუსს მოვათავსებთ კონტურის გარე O წერტილში (ნახ. 200), მაშინ $\alpha + \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 0$, ვინაიდან შემოსავლელი წვეტანას კონტურზე შემოტარების დროს თუ ერთი მიმართულებით (f_0 -დან f_k -მდე) α კუთხეების ჯამს ექნება, მაგალითად, დადებითი ნიშანი, მეორე (შებრუნებული) მიმართულებით (f_k -დან f_0 -მდე) α კუთხეების ჯამი იქნება იმავე სიდიდისა, მაგრამ უარყოფითი



ნახ. 199.

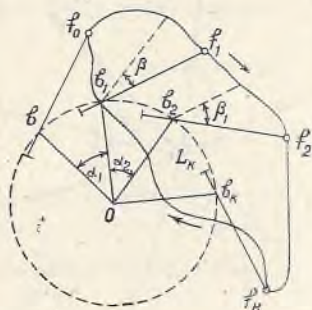
ნიშნით და, მაშასადამე, საერთო ჯამი იქნება ნული. ამავე მოსაზრებით β კუთხეების ჯამიც უდრის ნულს.

ამ შემთხვევაში (6) ზოგადი ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$S = R_1 \cdot K. \quad (8)$$

ეს არის ფართობის ფორმულა იმ შემთხვევისათვის, როდესაც პლანიმეტრის პოლუსი მოთავსებულია კონტურის გარე წერტილში.

(7) და (8) ფორმულები ეკუთვნის ცვალეზაღბერკეტიან პლანიმეტრებს. მუდმივბერკეტიანი პლანიმეტრისთვის ფორმულა იგივეა, რაც ცვალეზაღბერკეტიანი პლანიმეტრისათვის, ე. ი.



Баб. 200.

1. $S = R_1 \cdot K + Q$ (პოლუსი კონტურის შიგნით არის მოთავსებული),

2. $S = R_1 \cdot K$ (პოლუსი კონტურის გარეთ არის მოთავსებული), თორღ იმ განსხვავებით, რომ მუდმივბერკეტიანი პლანიმეტრისათვის $l = h + r$ და, მაშასადამე, მუდმივი რიცხვი Q იქნება ტოლი $\pi(R_1^2 + R_2^2 - 2R_1r)$.

მუშაობის გასაადვილებლად (7) და (8) ფორმულებს ($S = RK + Q$)

და $S=RK$) აძლევენ უფრო მარტივ სახეს.

ფორმულებში შემავალი K წევრი, როგორც აღენიშნეთ, წარმოადგენს მანძილს, რომელსაც გაივლის L დოლი (ნახ. 198) შემოსაველი წვეტიანის მიერ კონტაქტზე შემოტარების დროს.

L დოლი დაყოფილია ას ნაწილად და დოლთან მოთავსებული ვერ-
ნიერით ეღებულობთ მეთათსეღ ნაწილს.

L დოლის მეთასედი ნაწილი აღენიშნოთ a ასოთი და ვთქვათ, რომ K მანძილი შეიცავს n ასეთ ნაწილს, ე. ი.

$$K = a \cdot n$$

თუ K -ს მნიშვნელობას ჩავსვამთ (7) და (8) ფორმულებში, მივიღებთ:

$$S = R_1 K + Q = R_1 an + Q$$

৫০৮

$$S = R_1 K = R_1 an.$$

ამ ფორმულებში შემავალი ნამრავლი Ra წარმოადგენს ვიწრო სწორკუთხედიის ფართობს (ნახ. 201), რომლის ფუძე უდრის შემო-

საგლეიო ბერკეტის R_1 სიგრძეს და სიმაღლე k L დოლის ერთ მე-ათასედ a ნაწილს. აღნიშნულ ნაბრავლს ($R_1 a$) პლანმეტრის ერთი დანაყოფის საფასური ეწოდება. თუ მას აღვნიშნავთ C ასოთი, მაშინ ფორმულები მიიღებს ასეთ სახეს:

$$S = Cn + Q. \quad (9)$$

$$S=Cn. \quad (10)$$

მუდმივი რიცხვი Q გამოვსახოთ C საფასურის საშუალებით. ამისათვის დავუშვათ, რომ Q გაყოფილი C -ზე უდრის მუდმივ q რიცხვს, ე. ი. $Q : C = q$, საიდანაც $Q = C \cdot q$.

თუ Q -ს მნიშვნელობას ჩაესვამთ (9) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$S = Cn + C \cdot q = C(n + q). \quad (11)$$

ამრიგად, ფართობების გამოსათვლელად საბოლოოდ მივიღეთ ორი ფორმულა (10) და (11). ამ ფორმულებიდან (10) გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც პლანიმეტრის პოლუსი მოთავსებულია კონტურის გარეთა წერტილში, ხოლო (11) — მაშინ, როდესაც პოლუსი მდებარეობს კონტურის შიგა წერტილში.



636. 201.

მოყვანილ ფორმულებში
შემაგალიწვერი n , როგორც

ვთქვათ, წარმოადგენს ამთვლელი L დოლის უმცირეს დანაყოფთა n რაოდენობას, რომელსაც შეიცავს L დოლის მიერ განვლილი მანძილი მთელ მოხაზულობაზე წვეტანას შემოტარების დროს. n -ის მისაღებად ამთვლელ მექანიზმზე ორჯერ უნდა ავიღოთ ანათვალი. პირველი—შემოსავლელი წვეტანას კონტურზე შემოტარებამდე, ე. ი. როდესაც წვეტანა დაყენებულია კონტურის საწყის წერტილში, და მეორე—მთელ კონტურზე შემოტარების შემდეგ. ამ ანათვლების სხვაობა წარმოადგენს n -ის მნიშვნელობას. ანათვლებს ვღებულობთ უკვე განხილული წესით (§ 104).

ამგვარად, თუ მოცემულია საფასური C , მუდმივი რიცხვი q და აღებულია ანათვალთა სხვაობა n , შეგვიძლია (10) ან (11) ფორმულის საშუალებით გამოვთვალოთ გვემაზე გამოსახული კონტურის ფართობი. საერთოდ, საფასური C და მუდმივი რიცხვი q წინასწარ არის განსაზღვრული სხვადასხვა მასშტაბისა და შემოსავლელი R_1 ბერკეტის სიგრძისათვის და დართული აქვს პლანიმეტრს.

თუკი აღნიშნული C და q არ არის მოცემული, ჩვენ შეგვიძლია მათი განსაზოვრა.

როგორც უკვე განვიხილეთ, C საფასური წარმოადგენს ეიწრო სწორკუთხედის ფართობს (ნახ. 201), რომლის გვერდებია R_1 და a , სადა R_1 არის შემოსავლელი ბერკეტის (ნახ. 194) სიგრძე (f წვეტანადან xx ღერძამდე) და a — ამთვლელი L დოლის ერთი მეათასედი ნაწილი. მაშასადამე, C საფასური დამოკიდებულია შემოსავლელი ბერკეტის R_1 სიგრძეზე, ვინაიდან a მუდმივია.

დავუშვათ, რომ მიკრომეტრული m სრახნით R_1 ბერკეტის (ნახ. 194) გვერდით მოთავსებული ვერნიერის ნული შევთავსეთ R_1 ბერკეტის 210 დანაყოფთან, ე. ი. ბერკეტის სიგრძე (f წვეტანადან xx ღერძამდე) შეესაბამება ბერკეტის 210 დანაყოფს. ვთქვათ, რომ ამ სიგრძისათვის საჭიროა განესაზღვროთ პლანიმეტრის C საფასური მოცემული მასშტაბის მხედველობაში მიღებით.

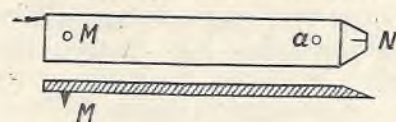
ამისათვის ქაღალდზე შემოგხაზეთ რომელიმე გეომეტრიულ ფიგურას, მაგალითად, წრეხაზს. სასურველია შემოგხაზოთ ისეთი წრეხაზი, რომლის ფართობი უდრის გარკვეულ სიდიდეს, მაგალითად, 100 კვადრატულ სანტიმეტრს. ასეთი წრის რადიუსი r განისაზღვრება შემდეგი ტოლობიდან:

$$\pi r^2 = 100 \text{ სმ}^2.$$

აქედან

$$r = \sqrt{\frac{100}{3,14}} = 5,64 \text{ სმ}.$$

ასეთი წრეხაზის შემოსახაზად გამოიყენება ეგრეთ წოდებული საკონტროლო სახაზავი (ნახ. 202), რომელიც თან ერთვის პლანიმეტრს,



ნახ. 202.

ამ სახაზავს აქვს M წვეტანა, რომლითაც იგი მაგრდება ქაღალდზე. M წვეტანადან 5,64 სანტიმეტრის დაშორებით სახაზავის ზედაპირზე ამოჭრილია ოდნავ შესამჩნევი a ხვრელი, რომელშიც მუშაობის დროს თავსდება პლანიმეტრის შემოსავლელი ბერკეტის f წვეტანა, ხოლო სახაზავის ბოლოზე დატანილია N შტრიხი.

აღნიშნული სახაზავის საშუალებით რომ განესაზღვროთ პლანიმეტრის C საფასური, ვიქცევით ასე:

M წვეტანი ქაღალდზე დავამაგრებთ საკონტროლო სახაზავს და პლანიმეტრის შემოსავლელი R_1 ბერკეტის f წვეტანას მოვათესვებთ a ხვრელში (ნახ. 203). სახაზავის N შტრიხს დავაყენებთ ფანქრით

აღნიშნულ de ხაზზე და პლანიმეტრის ამთვლელ მექანიზმზე ავიღებთ ანათვალს (მაგალითად, 2684). შემდეგ შემოსავლელი R_1 ბერკეტის f წვეტანას და მასთან ერთად საკონტროლო სახაზავს შემოვატრიალებთ M წვეტანას ირგვლივ. როდესაც N შტრიხი ისევ შეუთავსდება ქაღალდზე აღნიშნულ de ხაზს, ე. ი. შემოტრიალდება მთელ წრეხაზზე (ნახ. 203), ხელობა ავიღებთ ანათვალს (მაგალითად, 3646).

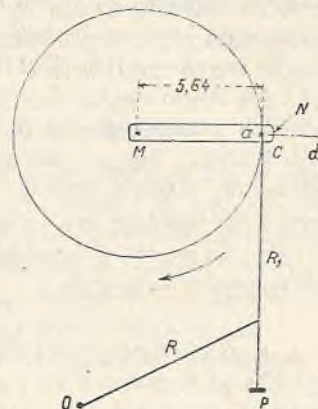
მეორე და პირველი ანათვლების სხვაობა გამოსახავს წინა §-ში მოყვანილ (10) ფორმულაში შემავალ n წევრის მნიშვნელობას, ჩვენს შემთხვევაში $n = 3646 - 2684 = 962$.

(10) ფორმულის მიხედვით შეგვიძლია დავწეროთ, რომ 203-ე ნახაზზე გამოსახული წრის ფართობი

$$S = Cn.$$

იმავე წრის ფართობი შეიძლება განისაზღვროს გეომეტრიის შემდეგი ფორმულით:

$$S = \pi r^2.$$



ნახ. 203.

შემომოყვანილი მნიშვნელობები გავუტოლოთ ერთმეორეს, მაშინ მივიღებთ:

$$Cn = \pi r^2.$$

აქედან საძიებელი საფასური

$$C = \frac{\pi r^2}{n}.$$

ჩვენს შემთხვევაში აღნიშნული წრის (ნახ. 203) ფართობი, როგორც ვთქვით, უდრის 100 კვადრატულ სანტიმეტრს და ანათვალთა n სხვაობა მივიღეთ 962-ის ტოლი. მაშასადამე,

$$C = \frac{\pi r^2}{n} = \frac{100}{962} = 0,1039 \text{ სმ}^2.$$

საფასურის ეს სიდიდე შეესაბამება ბერკეტის სიგრძე 210-ს, რომელიც წარმოადგენს ანათვალს ბერკეტის ვერნიერზე.

ახლა ვთქვათ, რომ საჭიროა პლანიმეტრის საფასურის განსაზღვრა 1:5000 მასშტაბისათვის. ეს მასშტაბი ნიშნავს, რომ ყოველი კვად-

რატული სანტიმეტრი გეგმაზე შეესაბამება 2500 კვადრატულ მეტრს ადგილზე ($50 \cdot 50 = 2500 \text{ მ}^2$).

მაშასადამე, C საფასური, აღებული მოცემული მასშტაბით ($1:5000$) იქნება: $0,1039 \cdot 2500 = 259,75 \text{ მ}^2$, ანუ $0,0259$ ჰა.

ამრიგად C საფასური, რომელიც დამოკიდებულია შემოსავლელი ბერკეტის სიგრძეზე და გეგმის მასშტაბზე, მივიღეთ $0,0259$ ჰექტარის ტოლი. უკვე ადვილად შეგვიძლია ფართობის განსაზღვრა წინა პარაგრაფში მოყვანილი (10) ან (11) ფორმულის მიხედვით. თუ C საფასური უხერხული რიცხვი მივიღეთ, როგორც ჩვენთან ($0,0259$), მაშინ მუშაობის გასაადვილებლად (გამრავლების მხრივ) სასურველია საფასურს წინასწარ მივცეთ დამრავლებული წილადის სახე, მაგ., ჩვენს შემთხვევაში, $0,025$ ჰექტარისა. ამასთან დაკავშირებით საჭირო იქნება შევცვალოთ შემოსავლელი ბერკეტის R_1 სიგრძე.

როგორც ვიცით, C საფასური წარმოადგენს ვიწრო სწორკუთხედის ფართობს და ტოლია:

$$C = R_1 a. \quad (1)$$

ე. ი. C დამოკიდებულია შემოსავლელი R ბერკეტის (ნახ. 194) სიგრძეზე (f წვეტანადან ax ღერძამდე), ვინაიდან a წვერი, რომელიც უდრის L რგოლის მეათასედ ($1/1000$) ნაწილს, მუდმივია. C_1 ასოთი აღვნიშნოთ ჩვენ მიერ შერჩეული საფასური ($0,025$) და ასო X -ით ბერკეტის ის საძიებელი სიგრძე, რომელიც შეესაბამება C_1 საფასურს. ამ შემთხვევაში შეგვიძლია დავწეროთ:

$$C_1 = X \cdot a. \quad (2)$$

ეს ტოლობა გავყოთ (1) ტოლობაზე, მივიღებთ:

$$\frac{C_1}{C} = \frac{X \cdot a}{R_1 a}.$$

აქედან საძიებელი სიგრძე X , რომელიც შეესაბამება C_1 საფასურს, იქნება:

$$X = R_1 \frac{C_1}{C}. \quad (3)$$

ამ ფორმულაში შემავალი წევრები R_1 , C და C_1 ცნობილია. მაშასადამე, გამოთვლით მივიღებთ X -ს.

ჩვენთან $C_1 = 0,025$, $C = 0,0259$ და ბერკეტის სიგრძე, რომელიც შეესაბამება C საფასურს, უდრის 210 დანაყოფს. მაშასადამე, თანახმად (3) ფორმულისა, საძიებელი სიგრძე X იქნება:

$$X = R_1 \frac{C_1}{C} = 210 \frac{0,025}{0,0259} = 202,2 \text{ დანაყოფს.}$$

თუ ახლა ვერნიერის (ნახ. 194) ნულს დავაყენებთ R_1 ბერკეტის $202,2$ ანათვალზე, მაშინ პლანიმეტრის C საფასური აღებული მასშტაბისათვის ($1:5000$) ტოლი იქნება ჩვენ მიერ დანიშნული სიდიდის, ე. ი. $0,025$ ჰექტარისა.

თუკი საჭიროა საფასურის განსაზღვრა სხვა, ახალი მასშტაბისათვის, მაშინ ჩვენ მიერ განსაზღვრული საფასური ($0,025$) უნდა გავამრავლოთ ახალი მასშტაბის მნიშვნელის კვადრატზე და მიღებული სიდიდე გავყოთ ძველი მასშტაბის მნიშვნელის კვადრატზე.

§ 107. მუდმივი q რიცხვის განსაზღვრა

მუდმივი q რიცხვის მისაღებად ქალაქზე შემოხაზავენ ისეთი სიდიდის კონტურს, რომ შესაძლებელი გახდეს R_1 ბერკეტის წვეტანას შემოტარება ამ კონტურზე პლანიმეტრის პოლუსის დამაგრებით, კონტურის როგორც შიგა, ისე გარე წერტილში. ვთქვათ, როდესაც პოლუსი მდებარეობს კონტურის გარე წერტილში, ანათვალთა სხვაობა უდრის K_1 -ს, ხოლო როდესაც შიგა წერტილშია — K_2 -ს.

პირველ შემთხვევაში კონტურის ფართობი გამოითვლება (10) ფორმულით:

$$S = CK_1, \quad (\S 105)$$

ხოლო მეორე შემთხვევაში — (11) ფორმულით:

$$S = C(K_2 + q).$$

მოყვანილი ფორმულები გავუტოლოთ ერთმეორეს, მივიღებთ:

$$CK_1 = C(K_2 + q).$$

აქედან საძიებელი $q = K_1 - K_2$ ე. ი. მუდმივი რიცხვი q განისაზღვრება როგორც K_1 და K_2 სიდიდეთა სხვაობა.

§ 108. მუდმივი Q რიცხვის გამოთვლილი მნიშვნელობა

როგორც 105-ე §-ში განვიხილეთ, მუდმივი რიცხვი

$$Q = \pi(R^2 + R_1^2 + 2R_1r). \quad (1)$$

Q სიდიდის გეომეტრიული მნიშვნელობის მისაღებად, პლანიმეტრი წარმოვიდგინოთ ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია 204 ნახ.-ზე, ე. ი. მისი L რგოლის გვერდითი სიბრტყე წარმოვიდგინოთ პლანიმეტრის O პოლუსში გაშვალად. ამ შემთხვევაში OfL სწორკუთხა სამკუთხედიდან შეგვიძლია დავწეროთ

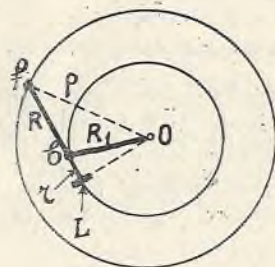
$$r^2 = R^2 + R_1^2 + 2R_1r, \quad (2)$$

სადაც p პიპოტენუზა არის მანძილი პლანმეტრის O პოლუსსა და შემოსავლელ f წვეტანას შორის.

მოყვანილი (1) და (2) ფორმულების შედარებით მივიღებთ:

$$Q = \pi p^2.$$

ე. ი. მუდმივი რიცხვი Q წარმოადგენს ისეთი წრის ფართობს, რომლის რადიუსი უდრის p -ს. ამ წრეს პლანმეტრის ძირითადი წრე ეწოდება.



ნახ. 204.

ძირითად წრეს ის თვისება აქვს, რომ, თუ მის ცენტრში მოვათავსებთ პლანმეტრის პოლუსს და შემოსავლელ წვეტანას შემოვტარებთ ამ წრეზე, მაშინ პლანმეტრის ამოვლელი L დოლი არ იგორავებს, იგი ისრიალებს, ვინაიდან L დოლი იქნება მართობი თავისი მოძრაობის მიმართულებისა. მაშასადამე, ამ შემთხვევაში L დოლზე აღებული ანათვალა უცვლელი დარჩება.

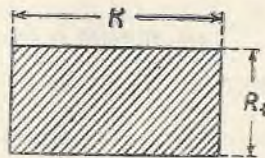
ფართობების გამოსათვლელად, როგორც ეს განხილულია § 105-ში, გამოიყენება შემდეგი ფორმულები:

$$S = R_1 \cdot K. \quad (7)$$

$$S = R_1 \cdot K + Q \quad (8)$$

(7) ფორმულა მიღებულია იმ შემთხვევისათვის, როდესაც პლანმეტრი მოთავსებულია ფართობის გარეთ, ხოლო (8) ფორმულა — როდესაც იგი მოთავსებულია მის შიგნით.

ამ ფორმულებში შემავალი ნამრავლი $R_1 \cdot K$ შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ფართობი ისეთი სწორკუთხედისა (ნახ. 205), რომლის ერთი გვერდი უდრის შემოსავლელი ბერკეტის R_1 სიგრძეს, ხოლო მეორე გვერდი — იმ K მანძილს, რომელსაც გაივლის ამოვლელი მექანიზმის L დოლი შემოსავლელი ბერკეტის მთელ კონტურზე შემოტარების დროს.



ნახ. 205.

მაშასადამე, პირველი ფორმულის ($S = R_1 \cdot K$) მიხედვით შეგვიძ-

ლია ვთქვათ, რომ ფართობის გარეთ პლანმეტრის დაყენებით ეს ფართობი გარდაიქმნება მის ტოლ სწორკუთხედად ($S = R_1 \cdot K$).

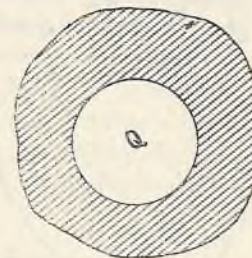
თუკი პლანმეტრი დაყენებულია ფართობის შიგნით, მაშინ როგორც (8) ფორმულა გვიჩვენებს, აღნიშნული ფართობიდან გამოიყოფა ძირითადი წრე Q (ნახ. 206), დარჩენილი ფართობი კი გარდაიქმნება სწორკუთხედად ($R_1 \cdot K$).

(8) ფორმულას ($S = R_1 \cdot K + Q$) მივეცით ასეთი სახე:

$$S = C(n+q) \quad (\text{იხ. § 105})$$

ამ ფორმულაში, როგორც ვიცით, მუდმივი რიცხვი

$$q = \frac{Q}{C},$$



ნახ. 206.

სადაც პლანმეტრის საფასური წარმოადგენს ფართობს ისეთი ვიწრო სწორკუთხედისა, რომლის გვერდებია R_1 და

a . მაშასადამე, ზემომოყვანილი ტოლობის ($q = \frac{Q}{C}$) მიხედვით შე-

გვიძლია ვთქვათ, რომ პლანმეტრის მუდმივი რიცხვი q გვიჩვენებს, თუ რამდენ აღნიშნულ ვიწრო სწორკუთხედის C ფართობს შეიცავს ძირითადი Q წრის ფართობი.

§ 109. ფართობის განსაზღვრის წესი პლანმეტრით

ვთქვათ, საჭიროა მასშტაბის მიხედვით ქალაქში აგებული რაიმე მოხაზულობის ფართობის განსაზღვრა პლანმეტრით.

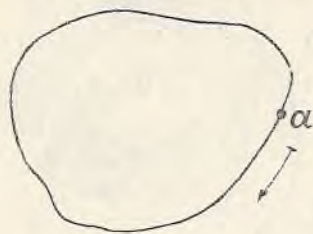
ამისათვის პლანმეტრის პოლუსს დავამაგრებთ ფართობის გარეთ ისეთ წერტილში, რომ შემოსავლელი ბერკეტის მთელ მოხაზულობაზე შემოტარების დროს ბერკეტებს შორის კუთხე არ იყოს ძლიერ მახვილი ან ძლიერ ბლაგვი.

შემდეგ ფართობის მოხაზულობაზე შევარჩევთ ისეთ საწყის a წერტილს (ნახ. 207), რომ, როდესაც ამ წერტილში დავაყენებთ ბერკეტის f წვეტანას და დავიწყოთ მის გადაადგილებას, ამოვლელი მექანიზმის L დოლი (ნახ. 194) ოდნავ (ნელა) ამოძრავდეს.

ასეთ a წერტილში დავაყენებთ შემოსავლელი ბერკეტის წვეტანას და ამოვლელ მექანიზმზე ავიღებთ ანათვალს, რომელიც, როგორც ვიცით (იხ. § 104), შედგება ოთხი ციფრისაგან. ვთქვათ, რომ ეს ანათვალა მივიღეთ 8542-ის ტოლი. ამის შემდეგ შემოსავლელ წვეტანას

შემოვატარებთ მთელ მოხაზულობაზე საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით და, როდესაც იგი ისევ a წერტილში დადგება, ხელახლა ავიღებთ ანათვალს.

წვეტიანას შემოტარების დროს ყურადღება უნდა მიექცეოდნენ Z ციფერბლატის (ნახ. 196) ნულს. თუ ამ ნულმა ერთხელ გაუარა Z ციფერბლატის i ინდექსი, მაშინ ამთველ მექანიზმზე აღებულ ანათვალს წინ უნდა მივეწეროთ ციფრი 1. ამ შემთხვევაში ანათვალის შედგება



ნახ. 207.

ხუთი ციფრისაგან. ვთქვათ, რომ ეს ანათვალის მივიღეთ 12385-ის ტოლი. ჩვენს შემთხვევაში ანათვლების სხვაობა

$$n = 12385 - 8542 = 3843.$$

დავუშვათ, რომ პლანიმეტრის C საფასური, განსაზღვრული მოცემული მასშტაბის მიხედვით, ტოლია 0,02 ჰექტარის. მაშინ საძიებელი ფართობი

$$S = Cn = 0,02 \cdot 3843 = 76,86 \text{ ჰა.}$$

განხილულ შემთხვევაში პლანიმეტრი დაყენებული იყო ფართობის გარეთ.

თუ საძიებელი ფართობი ისეთი სიდიდისაა, რომ საჭიროა პლანიმეტრის დაყენება ფართობის შიგნით, მაშინ საძიებელი ფართობი განისაზღვრება ცნობილი ფორმულით:

$$S = C(n + q).$$

ამ შემთხვევაში ფართობის მისაღებად n ანათვალთა სხვაობას წინასწარ უნდა დავუმატოთ მუდმივი რიცხვი q და მიღებული ჯამი გავამრავლოთ C საფასურზე.

დიდი ფართობის შემთხვევაში შეიძლება მისი დაყოფა ნაწილებად და ყოველი ნაწილის განსაზღვრა პოლუსის დაყენებით კონტურის გარეთ.

§ 110. მცირე ფართობების განსაზღვრა პლანიმეტრით

იმ შემთხვევაში, როდესაც ფართობი მცირეა, საჭიროა პლანიმეტრის R_1 ბერკეტის (ნახ. 194) სიგრძის დამოკლება იმ მიზნით, რომ ფართობის განსაზღვრაში დაეკლეს იქნეს სათანადო სიზუსტე. ეს დებულება გამომდინარეობს შემდეგი მსჯელობიდან. პლანიმეტრის ფორმულაში ($S = Cn$) შემავალი C საფასური წარმოადგენს ფართობს ვიწრო

სწორკუთხედისას (ნახ. 201), რომლის ფუძე უდრის შემოსავლელი R_1 ბერკეტის სიგრძეს და სიმაღლე h კი L დოლის ერთ მეათასედ a ნაწილს, ე. ი. საფასური $C = R_1 \cdot a$.

ენიდან a სიდიდე მუდმივია, C საფასური დამოკიდებულია R_1 ბერკეტის სიგრძეზე (f წვეტიანადაა xx ღერძამდე, ნახ. 194).

იმ მიზნით, რომ ფართობი განსაზღვროთ შედარებით ზუსტად, ანუ აღნიშნული ფართობი საკმარისი სიზუსტით გამოვსახოთ მცირე კვადრატული ერთეულებით, მაგალითად, კვადრატული მეტრებით ან მისი ნაწილებით, საჭიროა შემოსავლელი R_1 ბერკეტის დამოკლება. ამ შემთხვევაში საფასური C შემცირდება, ე. ი. გამოსახული იქნება მცირე ერთეულებით, მაგალითად, კვ. მეტრებით და, მაშასადამე, ფართობსაც შევაფასებთ მცირე ერთეულებით, ე. ი. მივიღებთ საკმარისი სიზუსტით.

§ 111. ტოპოგრაფიულ რუკაზე განსაზღვრული ფართობების განსაზღვრა

ტოპოგრაფიულ რუკებზე, რომელთა მასშტაბია 1:10 000; 1:25 000; 1:50 000; 1:100 000; 1:200 000; 1:300 000, 1:500 000 და 1:1 000 000, არავითარ დამახინჯებებს არ აქვს ადგილი. ტოპოგრაფიულ რუკებზე გამოსახული ფართობები განისაზღვრება ისე, როგორც გეგმაზე (§ 109). რაც შეეხება წვრილმასშტაბიან გეოგრაფიულ რუკებს, რომელთა მასშტაბი მილიონიანზე უფრო წვრილია, მათზე გამოსახული ფართობები განისაზღვრება ამ რუკებზე არსებული დამახინჯების მხედველობაში მიღებით. ამ საკითხს იხილავს კარტომეტრია. აქ ჩვენ განვიხილავთ ტოპოგრაფიულ რუკებზე გამოსახული ფართობების განსაზღვრას.

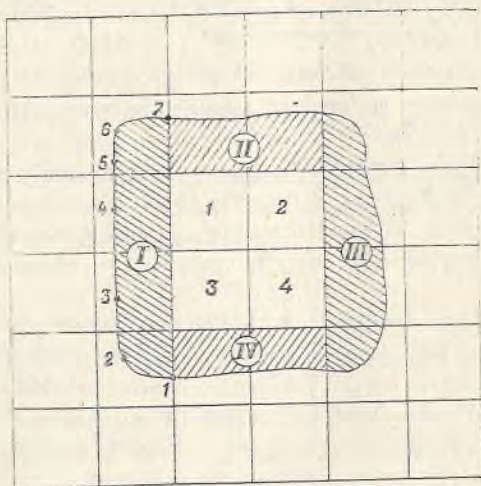
ტოპოგრაფიულ რუკებზე (იხ. § 17) დატანილია კილომეტრული ბადე, რომელიც წარმოადგენს ურთიერთპერპენდიკულარული ხაზებით შექმნილ კვადრატთა ბადეს. წარწერები ბადის პერიმეტრულ ხაზებზე გვიჩვენებს ამ ხაზების დაშორებას (X) ეკვატორიდან (კილომეტრებში), ხოლო წარწერები ვერტიკალურ ხაზებზე გვიჩვენებს ამ ხაზების დაშორებას (Y) ზონის ღერძითი მერიდიანიდან.

ვთქვათ, ტოპოგრაფიულ რუკაზე დანიშნულია დიდი ფართობი (ნახ. 208), რომელიც შეიცავს კილომეტრული ბადის 1, 2, 3, 4 მთელ უჯრედებს (კვადრატებს) და ამ უჯრედების გარეთ მდებარე I, II, III, IV ნაკვეთებს. 1, 2, 3, 4 მთელი კვადრატების ფართობებს მიიღებენ გამოთვლით (კვადრატების ზომის და რუკის მასშტაბის მიხედვით). პლანიმეტრი გამოიყენება ცალკეული I, II, III, IV ნაკვეთების ფართობების განსაზღვრისათვის. როგორც მაგალითი, ავიღოთ ერთი (I) ნა-

კვეთი. ეს ნაკვეთი ცალკეა ნაჩვენები 209-ე ნახაზზე, ამ ფართობის განსაზღვრისათვის პლანიმეტრის პოლუსს დაეყენებთ ფართობის გარეთ, ხოლო შემოსატარებელი ბერკეტის წვეტანას მოვითავსებთ ფართობის რომელიმე წერტილში, მაგალითად, 1-ლ წერტილში და ამთვლელ მექანიზმზე ავიღებთ n_1 ანათვალს, მაგალითად, 2434, შემდეგ წვეტანას შემოვატარებთ მთელი ფართობის 1, 2, 3...7, 1 მოხაზულობაზე და ავიღებთ n_2 ანათვალს, მაგალითად, 4538. ამის შემდეგ წვეტანას მეორეჯერ შემოვატარებთ იმავე ფართობის მოხაზულობაზე და ავიღებთ n_3 ანათვალს, მაგალითად, 6640. აქ დაცული უნდა იყოს ტოლობა:

$$n_2 - n_1 = n_3 - n_2^*$$

ჩვენს შემთხვევაში $n_2 - n_1 = 4538 - 2434 = 2104$ და $n_3 - n_2 = 6640 - 4538 = 2102$. ცდომილება უდრის 2 დანაყოფს. ავიღებთ სხვაობების საშუალო მნიშვნელობას (2103). თუ ამ საშუალოს (2103) გავამრავლებთ პლანიმეტრის საფასურ C -ზე, მივიღებთ I ნაკვეთის (ნახ. 209) ფართობს.



ნახ. 208.

პლანიმეტრის საფასური C -ს განსაზღვრისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ დეფორმირება იმ ქაღალდისა, რომელზედაც დაბეჭდილია რუკა. ამიტომ პლანიმეტრის საფასური განისაზღვრება არა საკონტროლო სახაზავით, არამედ თვით რუკაზე დატანილი კილომეტრული ბადის საშუალებით. ამისათვის პლანიმეტრის პოლუსს ვაყენებთ ბადის

რომელიმე კვადრატის, მაგალითად, მე-3 კვადრატის (ნახ. 208) გარეთ, ხოლო შემოსატარებელი ბერკეტის წვეტანას ამ კვადრატის წვეროზე და ამთვლელ მექანიზმზე ავიღებთ n_1 ანათვალს. შემდეგ ამ წვეტანას ორჯერ შემოვატარებთ მე-3 კვადრატის მთელ მოხაზულობაზე და ყოველი შემოტარებისას ავიღებთ n_2 და n_3 ანათვლებს. აქაც უნდა იყოს დაცული ტოლობა: $n_2 - n_1 = n_3 - n_2$. საბოლოოდ ავიღებთ სხვაობების საშუალო მნიშვნელობას. მე-3 კვადრატის ფართობს, რომელიც ცნობილია, გავყოფთ ანათვალთა სხვაობის საშუალო მნიშვნელობაზე და მივიღებთ პლანიმეტრის C საფასურს იმ რუკისათვის, რომელზეც გამოსახულია საძიებელი ფართობი. საფასურის განსაზღვრის შემდეგ შეგვიძლია განვსაზღვროთ I ნაკვეთის ფართობი. ამისათვის უკვე ცნობილ საფასურს (მაგალითად 0,042 კმ) გავამრავლებთ საშუალო ანათვალთა სხვაობაზე, ჩვენს შემთხვევაში 2103-ზე და მივიღებთ I ნაკვეთის ფართობს. ამავე წესით განვსაზღვრავთ დანარჩენი II, III და IV ნაკვეთების ფართობებსაც. ყველა (I, II, III, IV) ნაკვეთისათვის საფასური C ერთი და იგივე იქნება.

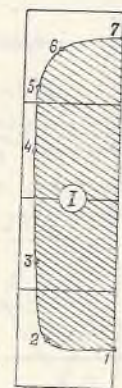
თუ ყველა I, II, III, IV ნაკვეთების და 1, 2, 3, 4 მთელი კვადრატების ფართობებს შევკრებთ, მივიღებთ ტოპოგრაფიულ რუკაზე გამოსახული ფართობის (ნახ. 208) სიდიდეს.

პრაქტიკაში არის შემთხვევა, როდესაც წინასწარ ცნობილია ტოპოგრაფიულ რუკაზე გამოსახული რაიმე მოხაზულობის ფართობი და საჭიროა ამ მოხაზულობაში შემავალი ცალკეული ნაკვეთების ფართობების განსაზღვრა პლანიმეტრით სავიზიტის მეთოდით. ეს მეთოდი გამოისახება შემდეგში:

პლანიმეტრის პოლუსს დაამაგრებენ იმ მოხაზულობის გარეთ, რომლის ფართობი ცნობილია, მაგალითად, კილომეტრული ბადის $abcd$ უჯრედის (ნახ. 210) ფართობის გარეთ. შემოსატარებელი ბერკეტის წვეტანას დააყენებენ ამ უჯრედის რომელიმე a წვეროში და ამთვლელ მექანიზმზე აიღებენ n_1 ანათვალს. შემდეგ წვეტანას ორჯერ შემოვატარებენ $abcd$ კვადრატის მოხაზულობაზე და ყოველ შემოტარებისას აიღებენ n_2 და n_3 ანათვლებს. აქაც დაცული უნდა იყოს ტოლობა:

$$n_2 - n_1 = n_3 - n_2.$$

თუ ცდომილება დასაშვებია, აიღებენ საშუალო სხვაობას. საშუალო სხვაობა აღვნიშნეთ K_0 -ით. თუ $abcd$ კვადრატის S ფართობს, რომე-

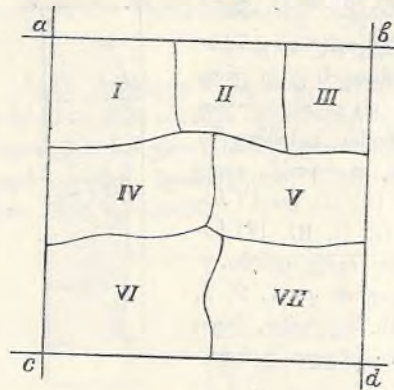


ნახ. 209.

ლიც ცნობილია, გავყოფთ K_0 -ზე, მივიღებთ პლანიმეტრის საფასურ C -ს, ე. ი.

$$C = \frac{S}{K}.$$

ამის შემდეგ პლანიმეტრის შემოსატარებელი ბერკეტის წვეტანას შემოსატარებენ $abcd$ უჯრედის ცალკეულ I, II, III... VI, VII ნაკვეთების მოხაზულობაზე; ჯერ I ნაკვეთის მოხაზულობაზე, შემდეგ II ნაკვეთის მოხაზულობაზე, შემდეგ III-ზე და ა. შ.



ნახ. 210.

ყოველი ნაკვეთის შემოსატარებისას ამთვლელობაში იქნება ანათვალს — საწყისს (ბერკეტის შემოსატარებამდე) და ბოლო ანათვალს (შემოსატარების შემდეგ). ყოველი (I, II, III...) ნაკვეთისათვის გამოვთვლით ანათვალთა სხვაობებს — $K_1, K_2, K_3, K_4 \dots K_7$. ამ შემთხვევაში დაცული უნდა იყოს ტოლობა:

$$K_0 = K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_7.$$

სინამდვილეში იარსებებს ცდომილება Δ , რომელიც დასაშვებია, თუ იგი არ აღემატება სიდიდეს:

$$\Delta \leq \frac{K_0}{400}.$$

თუ ცდომილება Δ დასაშვებია, მას ანაწილებენ ყველა ფართობის ანათვალთა სხვაობებზე ($K_1, K_2, K_3 \dots$) მათი სიდიდის პროპორციულად და მივიღებთ შესწორებულ $K'_1, K'_2, K'_3, K'_4 \dots$ ანათვალთა სხვაობებს, მათი ჯამი უკვე K_0 სიდიდის ტოლი იქნება.

ყოველი შესწორებული ანათვალთა სხვაობების ($K'_1, K'_2, K'_3, K'_4 \dots$) და საფასური C -ს მიხედვით გამოითვლიან ცალკეულ I, II, III, IV, V... ნაკვეთების ფართობებს ($S_1, S_2, S_3 \dots$) შემდეგი ფორმულებით:

$$S_1 = K'_1 \cdot C$$

$$S_2 = K'_2 \cdot C$$

$$S_3 = K'_3 \cdot C$$

$$\vdots$$

$$S_7 = K'_7 \cdot C$$

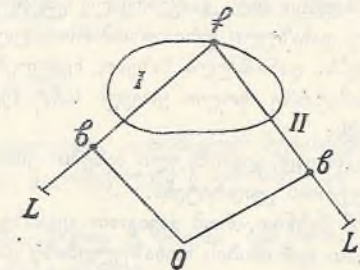
ცხადია, ამ ფართობების ჯამი $abcd$ უჯრედის (ნახ. 210) ფართობის ტოლი იქნება.

§ 112. პლანიმეტრის შემოწმება და მისი სიზუსტა

პლანიმეტრი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

1. ამთვლელი მექანიზმის L დოლი (ნახ. 196) თავისუფლად უნდა ბრუნდეს და ამ დოლსა და ვერნიერს შორის არ უნდა რჩებოდეს თავისუფალი ადგილი, რადგანაც ასეთ შემთხვევაში ანათვალის აღება ვერნიერზე უხერხული და ძნელია. აღნიშნული დეფექტის მოსპობა ადვილად შეიძლება შემასწორებელი ხრახნებით, რომლებიც მოთავსებულია L დოლთან.

2. ამთვლელი მექანიზმის L დოლის გვერდითი სიბრტყე უნდა იყოს მართობი იმ fb ხაზისა, რომელიც აერთებს შემოსავლელი ბერკეტის f წვეტანასა და ბერკეტების შეერთების b წერტილს (ნახ. 211).



ნახ. 211.

შემოწმების მიზნით, შემოსავლელი ბერკეტის წვეტანას ორჯერ შემოსატარებენ რაიმე მოხაზულობაზე პლანიმეტრის დაყენებით შემდეგ ორ მდგომარეობაში: I — როდესაც ამთვლელი მექანიზმის L დოლი მოთავსებულია Ob ბერკეტის მარჯვნივ (ნახ. 211) და II — როდესაც L დოლი მოთავსებულია Oa ბერკეტის მარჯვნივ (იგივე ნახაზი). თუ ორივე შემთხვევაში ანათვალთა სხვაობა ტოლია, ეს იმის მარჯვენაზელია, რომ პირობა დაცული ყოფილა, წინააღმდეგ შემთხვევაში კი დოლის გვერდითი სიბრტყე არ ყოფილა მართობი fb ბერკეტისა, რის გამოც ადგილი ექნება შეცდომას.

შემოაღნიშნული ცალკე ორი ანათვალის სხვაობის საშუალო მნიშვნელობა განთავსებული იქნება შეცდომისაგან. ეს თვისება (შეცდომის

გაბათილებს) ახასიათებს ცვალებადბერკეტიან პლანიმეტრს (ნახ. 194), რის გამოც მას კომპენსიური პლანიმეტრი ეწოდება.

პლანიმეტრის სიზუსტე დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე, პირველ ყოვლისა, იმაზე, თუ რა მოხაზულობისა და სიდიდისაა საძიებელი ფართობი. ფართობის ზრდასთან ერთად სიზუსტე მატულობს, ხოლო თუ ფართობი დიდია, მაშინ პლანიმეტრის ბერკეტებს შორის კუთხე გახდება ბლაგვი (170° -მდე) ან მახვილი (10° -მდე) და ასეთ შემთხვევაში სიზუსტე საგრძნობლად იკლებს. თუ ფართობი ძლიერ გაჭიმულია (გზა, მდინარე, აბჯი და სხვა), მაშინ მისი სიდიდის განსაზღვრა მოკლებული იქნება სიზუსტეს.

ქაღალდი, რომელზედაც გამოსახულია ფართობი, უნდა იყოს კარგად გასწორებული და გაჭიმული.

მრავალი ცდით დადასტურდა, რომ პლანიმეტრის სიზუსტე შეიძლება მიღებულ იქნეს ფართობის $1/300$ -დან $1/400$ -მდე.

§ 113. ფართობის განსაზღვრა პალეოთით

პალეოტი არის გამჭვირვალე ქაღალდზე ან ცელულოიდის ფირფიტაზე დახაზული ურთიერთმართობული ხაზები, რომლებიც ქმნის კვადრატებს. დანიშნული ხაზები, ჩვეულებრივ, გატარებულია ყოველ ორ მილიმეტრზე. ხოლო ყოველ სანტიმეტრზე ატარებენ უფრო მსხვილ ხაზებს.

ამრიგად, დანიშნული ხაზები ქმნის ორმილიმეტრიან და ერთსანტიმეტრიან კვადრატებს.

იმ მიზნით, რომ გვეგოთ გეგმაზე გამოსახული ფართობი, პალეტს ეადებთ ფართობის მოხაზულობაზე და ვარკვევთ, თუ რამდენი დიდი და პატარა კვადრატია მოთავსებული საძიებელ ფართობზე. შემდეგ კვადრატების რაოდენობას გავამრავლებთ მათ საფასურზე და მივიღებთ ფართობის სიდიდეს. კვადრატის საფასური, ე. ი. თითო მცირე ან დიდი კვადრატის ფართობი მიიღება გეგმის მასშტაბის მიხედვით.

§ 114. ნახაზების შემცირება და გადიდება

რუკის, გეგმის ან საერთოდ რომელიმე ნახაზის შემცირება ან გადიდება, ე. ი. ნახაზის გადაყვანა ერთი მასშტაბიდან მეორე მასშტაბში, შეიძლება სხვადასხვა მეთოდით ან ხელსაწყოთი, როგორცაა, მაგალითად, პროპორციული ფარგალი, უჯრედებიანი ქაღალდი, პანტოგრაფი, ფოტოგადაღება და სხვ.

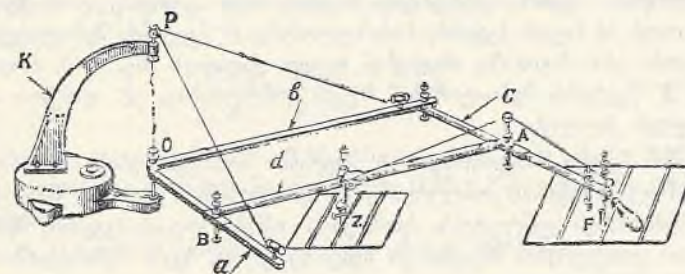
აქ ჩვენ განვიხილავთ პანტოგრაფს.

პანტოგრაფის მთავარ ნაწილს შეადგენს ხის ან ლითონის ოთხი a , b , c და d სახაზავი (ნახ. 212), რომლებიც ერთიმეორესთან

სახსრებისებურადაა დაკავშირებული და ქმნის პარალელოგრამს. მუშაობის დროს a და b სახაზავები და მასთან ერთად მთელი პანტოგრაფი თავისუფლად ტრიალებს O ღერძის ირგვლივ, რომელსაც პოლუსი ეწოდება. პოლუსი თავსდება ლითონის მძიმე K საღვარში.

ზოგიერთი გაუმჯობესებული პანტოგრაფის საღვარს აქვს P წვეტანა, რომელზეც წვრილი მავთულებით მიმაგრებულია a და b სახაზავები.

შუა d სახაზავის ბოლოები დამაგრებულია ლითონის A და B მუფთებში (ქუროში), რომლებიც წამოცმულია a და c სახაზავზე და



ნახ. 212.

ამ სახაზავების გასწვრივ გადაადგილდება. აღნიშნული მუფთების საშუალებით შეიძლება d სახაზავის გადაადგილება b სახაზავის პარალელურად.

d სახაზავზე თავის მხრივ წამოცმულია Z მუფთა ფანქრით, რომელიც გადაადგილდება d სახაზავის გასწვრივ.

c სახაზავის ბოლოში დამაგრებულია F წვეტანა, რომელსაც მუშაობის დროს შემოატარებენ იმ ნახაზზე (კონტურზე), რომლის შემცირებაა საჭირო.

a , d და c სახაზავების ზედაპირზე დატანილია მილიმეტრებიანი სკალები წარწერებით: $1/2$, $1/3$, $1/4$ და ა. შ. წარწერა $1/2$ შეესაბამება სახაზავის სიგრძის ნახევარს; წარწერა $1/3$ — სიგრძის ერთ მესამედს და ა. შ.

თუ A , B და Z მუფთებზე დანიშნულ ნულებს დავაყენებთ a , d და c სახაზავების იმ დანაყოფების პირდაპირ, სადაც აწერია, მაგალითად, რიცხვი $1/3$, მაშინ პანტოგრაფი რუკას ან გეგმას შეამცირებს სამჯერ, ე. ი. ამ შემთხვევაში, თუ F წვეტანას გადავადგილებთ რომელიმე მიმართულებით, ვთქვათ 6 სანტიმეტრით, მაშინ Z ფანქარი

გადაადგილდება იმავე მიმართულების პარალელურად სამჯერ ნაკლები მანძილით, ე. ი. 2 სმ-ით.

პანტოგრაფით მუშაობას აწარმოებენ შემდეგი წესით: ვთქვათ, საჭიროა პანტოგრაფით გეგმის ან რუკის შემცირება სამჯერ. ამისათვის პანტოგრაფს წინასწარ მოათავსებენ ისეთ მაგიდაზე, რომელსაც აქვს განიერი სწორი ზედაპირი და B მუფთის ნულს დააყენებენ a სახაზავის (ნახ. 212) $1/3$ წარწერის პირდაპირ, Z მუფთის ნულს — d სახაზავის $1/3$ წარწერის პირდაპირ და A მუფთის ნულს — c სახაზავის $1/3$ -ის პირდაპირ. შემდეგ იმ ნახაზს (გეგმას, რუკას), რომლის შემცირებაა საჭირო, დამაგრებენ მაგიდის ისეთ ადგილას, რომ შეიძლებოდეს ამ რუკის (გეგმის) მოხაზულობაზე F წვეტანის შემოტარება. ამასთან, ერთ მაგიდაზე ამაგრებენ სუფთა ქაღალდს ისე, რომ, როდესაც F წვეტანას შემოატარებენ რუკის კონტურებზე, Z ფანქარი არ აცილდეს ქაღალდს.

ამის შემდეგ პანტოგრაფის F წვეტანას თანმიყოლებით შემოატარებენ რუკის (გეგმის) კონტურებზე. ამ შემთხვევაში Z ფანქარი ქაღალდზე შემოხაზავს კონტურებს, რომლებიც იქნება რუკის (გეგმის) შესაბამისი კონტურების მსგავსი და შემცირებულიც, ჩვენს შემთხვევაში — სამჯერ შემცირებული.

გაუმჯობესებულ პანტოგრაფებში Z ფანქრის მოძრაობა ვერტიკალური მიმართულებით, ე. ი. მისი აწევა და დაწევა წარმოებს სპეციალური მოწყობილობის საშუალებით (პატარა ბლოკებით), რომელიც მოთავსებულია F წვეტანას გვერდით.

პანტოგრაფის თეორია. ვთქვათ, რომ d სახაზავზე მოთავსებული Z ფანქარი (ნახ. 212 და 213) მდებარეობს O პოლუსსა და F შემოსავლელ წვეტანას შორის სწორ ხაზზე. ვინაიდან AB სახაზავი პარალელურია OM სახაზავისა (ნახ. 213), OMF და ZAF სამკუთხედები მსგავსებია, ეწერათ პროპორციებს:

$$\frac{OM}{ZA} = \frac{MF}{AF} = \frac{OF}{ZF} \quad (1)$$

ახლა დავუშვათ, რომ, როდესაც შემოსავლელი F წვეტანა გადაადგილეთ FF_1 მანძილზე, მაშინ Z ფანქარი გადაადგილდა ZZ_1 მანძილზე (ნახ. 213). ამავე ნახაზზე მსხვილი ხაზებით ნაჩვენებია პანტოგრაფის მდებარეობა წვეტანას გადაადგილებამდე, ხოლო წვრილი ხაზებით — F წვეტანას გადაადგილების შემდეგ.

დავამტკიცოთ, რომ ZZ_1 ხაზი პარალელურია FF_1 ხაზისა და, აგრეთვე, ZZ_1 სიგრძე FF_1 სიგრძესთან შედარებით შემცირებულია.

პანტოგრაფის F წვეტანას გადაადგილებით, ცხადია, რომ OM , AZ , MF და AF სიგრძეები არ შეიცვლება, ე. ი. $OM=OM_1$; $ZA=Z_1A_1$; $MF=M_1F_1$ და $AF=A_1F_1$. მაშასადამე, 1-ლი ფორმულის მიხედვით ეწერათ:

$$\frac{OM_1}{Z_1A_1} = \frac{M_1F_1}{A_1F_1}$$

გარდა ამისა, პანტოგრაფის წვეტანას გადაადგილების შემდეგ B_1A_1 სახაზავი დარჩება OM_1 სახაზავის პარალელური. ამის გამო OM_1F_1 და $Z_1A_1F_1$ სამკუთხედები იქნება მსგავსი და Z_1 წერტილი მოთავსდება სწორ OF_1 ხაზზე, მაშასადამე, ადგილი ექნება ასეთ პროპორციებს:

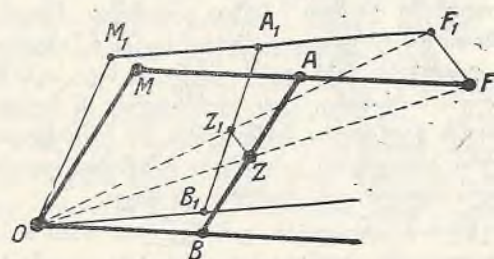
$$\frac{OM_1}{Z_1A_1} = \frac{M_1F_1}{A_1F_1} = \frac{OF_1}{Z_1F_1} \quad (2)$$

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, OM_1 , Z_1A_1 , M_1F_1 და A_1F_1 სიგრძეები ტოლია (1) ფორმულაში შემაღალი OM , ZA , MF და AF სიგრძეებისა.

ე. ი. (1) და (2) ფორმულების შედარებიდან მივიღებთ:

$$\frac{OF}{ZF} = \frac{OF_1}{Z_1F_1}$$

გარდა ამისა, ვინაიდან OFF_1 და ZZZ_1 სამკუთხედებს აქვს საერთო კუთხე (O წვეროსთან), აღნიშნული სამკუთხედები მსგავსი იქნება.



ნახ. 213.

მაშასადამე, ZZ_1 ხაზი იქნება FF_1 ხაზის პარალელური, აგრეთვე ZZ_1 სიგრძე FF_1 სიგრძესთან შედარებით შემცირდება (1) და (2) ფარდობების კვალობაზე, რისი დამტკიცებაც იყო საჭირო.

აქედან გამომდინარეობს ის დასკვნა, რომ: თუ B , Z და A მუდ-
თების (ნახ. 212) ნულებს დავაყენებთ a , d და c სახაზავების რომე-
ლიმე წარწერის, მაგალითად, $1/4$ -ის პირდაპირ, და შემოსავლელ F
წვეტანას შემოვატარებთ რუკის (გეგმის) კონტურებზე (მოხაზულო-
ბებზე), მაშინ Z ფანქარი შემოხაზავს კონტურებს, რომლებიც მსგავსი
იქნება რუკის სათანადო კონტურებისა და შემცირდება ოთხჯერ. ფარ-
თობი კი შემცირდება თექვსმეტჯერ.

თ ა ვ ი XIV

დედამიწის ზედაპირის რელიეფის გამოსახვა ქალაქადზე

§ 115. ზოგადი ცნება რელიეფის წარმომართვა

უბრალო დაკვირვებითაც აღვიღალ შეგვიძლია შევნიშნოთ, რომ
ხმელეთის ზედაპირი საერთოდ უსწორმასწოროა და ეს უსწორმასწო-
რობა, მისი რელიეფი, მთაგორიან ადგილას უფრო მკვეთრადაა გამო-
ვლინებული, ვიდრე გავი ადგილებში.

რელიეფის წარმოქმნის მიზეზებია ის პროცესები, რომლებიც მიმ-
დინარეობდა დედამიწაზე მრავალი მილიონი წლის მანძილზე და მიმ-
დინარეობს ამჟამადაც. ეს პროცესები ენდოგენური და ეგზოგენ-
ური ხასიათისაა.

ენდოგენური პროცესები მიმდინარეობდა და მიმდინარეობს
დედამიწის სიღრმეში და მისი მიზეზია დედამიწის ქერქის დეფორმი-
რება—დადებითი და უარყოფითი მოძრაობა, ე. ი. აწევება და დაძირ-
ვა. აგრეთვე დანაოჭება, ნაპრალების გაჩენა და სხვა. აღნიშნული პრო-
ცესები შეიძლება მიმდინარეობდეს შეუმჩნეველად ან მეტად ინტენსიუ-
რად და ჰქონდეს ვულკანური მოქმედებისა და მიწისძვრების სახე.

ენდოგენური პროცესების გამომწვევი მიზეზებია დედამიწის სიღრ-
მეში არსებული მაღალი ტემპერატურა და წნევა.

ეგზოგენური პროცესები გამოწვეულია მზის სითბურით ენერ-
გიით და გამოვლინდება მდინარეების, ზღვების, ოკეანეებისა და სხვა
ფაქტორების მოქმედებით, როგორცაა: ქარი, წვიმა, ყინვა, ტემპერა-
ტურის ცვალებადობა და სხვა.

ეს ფაქტორები იწვევს ქანების დაშლას, გადარეცხვას და გადატა-
ნას ერთი ადგილიდან მეორეზე. თუ რელიეფი წარმტკმნილია ქანების
დაშლითა და გადარეცხვით, მაშინ ის იქნება დენუდაციური ხასია-
თის რელიეფი. ქანების გადარეცხვა შეიძლება მოხდეს მდინარეების ან

ნიაღვრების და ზღვების მოქმედებით. პირველ შემთხვევაში დენუდა-
ციური რელიეფი იქნება ეროზიული ხასიათის, ხოლო მეორე შემ-
თხვევაში—აბრაზიული ხასიათის.

თუ რელიეფი შექმნილია დაშლილი ქანების გადატანით (მდინა-
რეებით, ქარით და სხვ.) და დაგროვებით, მაშინ ასეთ რელიეფს აკუ-
მულაციური ხასიათის რელიეფი ეწოდება.

§ 116. რელიეფის ცალკეული ფორმები

გარეგანი შეხედულების მიხედვით, პირობით გამოყოფენ რელიე-
ფის ორ ჯგუფს,—დადებითს და უარყოფითს. დადებით ჯგუფს
მიეკუთვნება აწევებული ან ამოზნექილი ფორმები. აწევებულს უწო-
დებენ მაშინ, როდესაც რელიეფის გამომწვევი მიზეზები ენდოგენური
პროცესებია, ხოლო ეგზოგენური პროცესებით გამოწვეულ რელიეფს
უწოდებენ ამოზნექილს.

უარყოფით ჯგუფს მიეკუთვნება დაძირული ან ჩაზნექილი ფორმები.
დაძირულს უწოდებენ ენდოგენური პროცესებით შექმნილ ფორმას,
ხოლო ჩაზნექილს—ეგზოგენური პროცესებით შექმნილს.

დადებითი ფორმების სიმაღლის მაქსიმალური მნიშვნელობა ოკეა-
ნის დონიდან აღწევს 8,8 კილომეტრს (ჰიმალაის მთები), ხოლო უარ-
ყოფითი ფორმების სიღრმე—11 კილომეტრს (წყნარ ოკეანეში).

დადებით ფორმებს მიეკუთვნება სხვადასხვა სახის ამოზნექილი
ადგილები, როგორცაა: გორაკები, ბორცვები, სერები, მთაგორეები,
თხემები და სხვა.

უარყოფით ფორმებს მიეკუთვნება: ქვაბულები, ტაფობები, ხეო-
ბები, ხრამები, ღელეები, კარსტული ძაბრები და სხვა.

აღნიშნული ფორმები განვიხილოთ ცალ-ცალკე.

გორაკი არის გუმბათისებურად ამოზნექილი მაღლობი, რომელ-
ზედაც გამოიყოფა მწვერვალი (ზევითა ნაწილი), კალთები (ფერდო-
ბები) და ძირი, სადაც გორაკი უერთდება გარშემო მდებარე ადგილს.

გორაკის ზევითა ნაწილი (მწვერვალი) შეიძლება იყოს მომრგვალე-
ბული (მოვაკებული) ან წვეტიანი (იშვიათად). პატარა გორაკს ბორცვი
ეწოდება.

ქედი არის რომელიმე მიმართულებით სიგრძეზე გაწოლილი ამო-
ზნექილი (აწევებული) ფორმა. ქედზე გამოიყოფა ე. წ. წყალგამყოფი
ხაზი, სადაც წვიმის წყალი ორად იყოფა, ნაწილი დაეშვება ქედის ერთ
ფერდობზე, ნაწილი მეორეზე.

ქედზე გამოიყოფენ აგრეთვე თხემებს, ე. ი. ქედის ზევითა ნაწილს,
რომლის ქვემოთ მდინარეებისა და შენაკადების სათავეებია. ქედის კალ-
თები შეიძლება დასერილი იყოს ხეებით.

დიდ მანძილზე გაჭიმულ, ერთიმეორესთან გადახმულ ქედებს მთავრები (კავკასიონის მთაგრეხილი, აჭარა-თრიალეთის მთაგრეხილი) ეწოდება.

ქედზე დაბალეულ ადგილს, სადაც შედარებით ადვილად შეიძლება გადასვლა ქედის მეორე მხარეზე, უღელტეხილი, ანუ გადასავალი ეწოდება (სურამის უღელტეხილი, მამისონის უღელტეხილი). დაბალ ქედზე მდებარე უღელტეხილს ეწოდება უნაგირა.

ხევი არის რომელიმე მიმართულებით სიგრძეზე გაჭიმული უარყოფითი (ჩაზნექილი) ფორმა. ხეობის ძირი წარმოადგენს წყალშემკრებ ხაზს, რომელსაც აქვს დახრილობა წყლის დინების მიმართულებით. პატარა ხევის დეღე ეწოდება, ხოლო მაღალ მთებს შორის მოქცეულ ხევის—ხეობა (ბორჯომის ხეობა, დარიალის ხეობა). ხეობების ფერდობებზე ხშირად გამოიყოფა ტერასები, რომლებიც ვიწრო ან განიერ ზოლებად, მოკლე ან დიდ მანძილზე მიჰყვება ხეობას. ტერასები შექმნილია მდინარეების მოქმედებით და ხშირად საფეხურებივითაა განლაგებული ფერდობებზე.

თუ ხევის ნაპირები ჩამორეცხილია ნიაღვრებით, მას ხრამი, ანუ ღრანტი ეწოდება.

ქვაბული (ტაფობი) არის რელიეფის ისეთი უარყოფითი (ჩაზნექილი) ფორმა, სადაც შეიძლება დაგროვდეს წყალი. ქვაბულს შეიძლება ჰქონდეს სახე როგორც მკვეთრად გამოსახული ჩაზნექილი ზედაპირის, ისე შეუმჩნეველად ჩაზნექილი დიდ ფართობზე გაშლილი ადგილისა, რომელიც შეიძლება დაჭაობებულიც იყოს.

საერთოდ უნდა ითქვას, რომ ბუნებაში გაშლილი პორიზონტალური ზედაპირის პოვნა ძნელია, თუ იგი ადამიანის მიერ არ არის ხელოვნურად შექმნილი. წყალს უსათუოდ ექნება დინება რომელიმე მიმართულებით ან იგი შეგუბდება და გაჩნდება ქაობი.

ბუნებაში არის ადგილები, რომელთა დონე ოკეანის დონეზე დაბალია (დეპრესიული ზედაპირები). ასეთია, მაგალითად, კასპიის ღრმული, რომლის შუაგულში გაშლილია მსოფლიოს უდიდესი ტბა—კასპიის ზღვა, რომლის დონე 26,6 მეტრით დაბლაა ოკეანის დონეზე.

ისეთ მოვაკებულ ადგილებს, რომელთა სიმაღლე ოკეანის დონიდან არ აღემატება 200 მეტრს, დაბლობი ეწოდება (კოლხეთის დაბლობი), ხოლო ვაკეს, რომლის სიმაღლეა 200—500 მეტრამდე, მაღლობი ეწოდება (შუა რუსეთის მაღლობი). ვაკეს, რომლის სიმაღლე აღემატება 500 მეტრს და ხასიათდება ბორცვიანი ზედაპირით—ხევანი ეწოდება (ქავახეთის ხევანი, რომლის სიმაღლე 2000 მეტრი და უფრო მეტია). შუა ციმბირის დიდი ნაწილიც წარმოადგენს ხევანს.

თუ ვაკე რამდენიმე ან ყოველი მხრიდან შემოფარგლულია მთებით,

მას ბარი ეწოდება. ბარი შეიძლება დიდ სიგრძეზე იყოს გაშლილი ან იყოს მეტად პატარა. ასეთი დიდი და პატარა ბარი ბევრია მთაგორიან ადგილებში—ხევსურეთში, სვანეთში და სხვაგან.

ბუნებაში არის აგრეთვე მცენარეებით დაფარული ისეთი მოვაკებული ადგილები, რომლებიც დიდ სიგრძეზეა გაშლილი (სივრცით და სიგანით) და შეუმჩნეველადაა დახრილი წყალშემკრები ხაზისაკენ. ასეთ ადგილს ველი ეწოდება (ალაზნის ველი, ქართლის ველი).

§ 117. რელიეფის გამოსახვა იზოჰიზებით, ანუ პორიზონტალებით

წარმოვიდგინოთ, რომ დედამიწის ამოზურცული ზედაპირი გაკვეთილია პორიზონტალური სიბრტყეებით. აღნიშნული სიბრტყეები დედამიწის ზედაპირზე წარმოქმნიან მრუდე ხაზებს, რომლებსაც იზოჰიფსები, ანუ პორიზონტალები ეწოდება. იზოჰიფსზე მდებარე წერტილებს აქვს ტოლი სიმაღლეები, რადგანაც მდებარეობენ პორიზონტალურ სიბრტყეზე. ამიტომ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ იზოჰიფსი არის ხაზი, რომელიც აერთებს ხმელეთის ზედაპირზე მდებარე ტოლ-სიმაღლეებიან წერტილებს. პორიზონტალურ სიბრტყეებს შორის ვერტიკალურ მანძილებს ურთიერთტოლს ღებულობენ. ამ მანძილს კვეთს სიმაღლე ეწოდება.

იზოჰიფსები შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ ასეც: ვთქვათ, რომელიმე მთიანი ადგილი მდებარეობს ტბის ნაპირზე. ტბის პორიზონტალური ზედაპირი ეხება მთას და გვაძლევს მის ნაპირს. ეს ნაპირის ხაზი შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც მრუდე ხაზი, რომლის წერტილებს აქვს ერთი და იგივე სიმაღლე, ე. ი. შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც იზოჰიფსი. ახლა დავუშვათ, რომ წყლის დონემ ერთი მეტრით აიწია. ამ შემთხვევაში წყლის ზედაპირი მოგვცეს მეორე იზოჰიფსს. შემდეგ წყლის დონემ კიდევ აიწია ერთი მეტრით (კვეთ-სიმაღლე უდრის ერთ მეტრს), მივიღებთ მესამე იზოჰიფსს. ასე შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ დანარჩენი იზოჰიფსებიც. კვეთ-სიმაღლეს იღებენ მასშტაბისა და რელიეფის სიბრტყის მიხედვით 1 მეტრიდან 40 მეტრამდე და უფრო მეტს. დავაკებულ ადგილებში ღებულობენ 1 მეტრზე ნაკლებს (0,5 მეტრს და უფრო ნაკლებს).

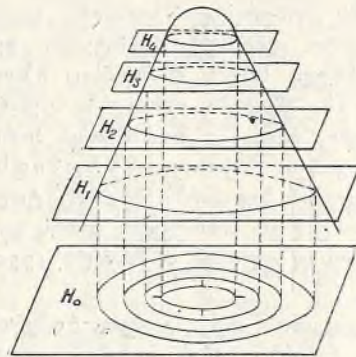
ქვემოთ მოთავსებულ მე-16 ცხრილში მოყვანილია კვეთ-სიმაღლეები სხვადასხვა მასშტაბიანი ტოპოგრაფიული რუკებისათვის.

იზოჰიფსების საშუალებით გამოვსახოთ ზემოვანხილული რელიეფის ცალკე ფორმები.

1. გორაკი. თუ თანატოლი ვერტიკალური მანძილებით (კვეთ-სიმაღლეებით) დაშორებული პორიზონტალური H_1 , H_2 , H_3 ... სიბრ-

მასშტ.	1:10000	1:25000	1:50000	1:100000	1:200000
კვეთ-სიმაღლე	2,5 მ	5 მ	10 მ	20 მ	40 მ

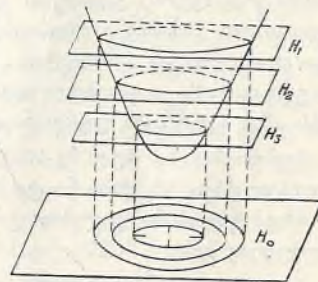
ტყეები კვეთს გორაკის ზედაპირს (ნახ. 214), ამ უკანასკნელზე მივიღებთ შეკრულ ხაზებს, რომლებიც იზოჰიფსებს წარმოადგენს. ამ ხაზების პროექციებიც ჰორიზონტალურ H_0 სიბრტყეზე, როგორც იმავე ნახაზიდან ჩანს, იქნება შეკრული ხაზები. დაქანების მიმართულებას აღნიშნავენ შტრიხებით. გორაკის გამოსახვისას შტრიხები მიმართული იქნება მწვერვალიდან გარეთ.



ნახ. 214.

ლებთ იზოჰიფსებს, რომლებსაც იგივე შეკრული მრუდების სახე ექნებათ, როგორიც ჰქონდა გორაკს, ოღონდ ქვაბულის გამოსახვისას შტრიხები მიმართული იქნება ქვაბულის ძირისაკენ. ამრიგად, ქვაბულის გამოსახულება გორაკის გამოსახულები-საგან განსხვავდება შტრიხების მიმართულებით. ჩვეულებრივ იზოჰიფსებზე წარწერილია მათი სიმაღლეები, რომელთა მიხედვით ადვილად შეიძლება ქვაბულის გარჩევა გორაკისაგან.

8. ქედი. თუ ქედის ზედაპირს კვეთს ჰორიზონტალური $H_1, H_2, H_3, \dots$ სიბრტყეები (ნახ. 216), ამ ზედაპირზე მიღებული იზოჰიფსები და მათი პროექციები იქნება გაშ-

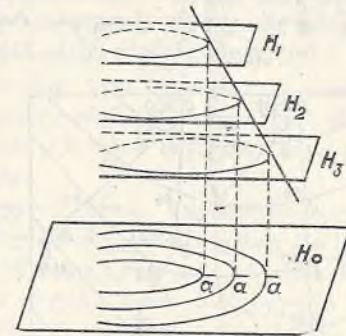


ნახ. 215.

ლილი მრუდე ხაზები. შტრიხები, რომლებიც გამოსახავს დაქანების მიმართულებას, მიმართული იქნება იზოჰიფსების ამოწევილობის მხარეს, ე. ი. გარეთ.

4. ხევი. ხევის გამოსახულება იგივეა რაც ქედის, ოღონდ ხევის გამოსახვისას შტრიხები მიმართულია იზოჰიფსების ჩაზნევილობის მხარეს, ე. ი. შიგნით. ხევის გარჩევა ქედისაგან ადვილია, თუ იზოჰიფსზე წარწერილია სიმაღლეები.

5. უღელტეხილი. (გადასავალი). უღელტეხილი არის ჩაზნევილი ადგილი ქედზე, ე. ი. ისეთი ადგილი, საიდანაც ქედი ორი მიმართულებით მალდება, ორი სხვა მიმართულებით კი დაბლდება. მაშასადამე, უღელტეხილი (ნახ. 217) გამოისახება იზოჰიფსებით, როგორც კომბინაცია ორი მოპირდაპირე ქედისა (შტრიხები გარეთაა მიმართული) და ორი მოპირდაპირე ხევისა (შტრიხები შიგნითაა მიმართული).



ნახ. 216.



ნახ. 217.

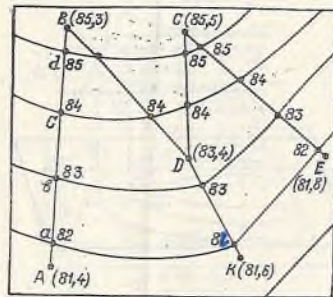
§ 118. იზოჰიფსების გატარება გეგმაზე (რუკაზე)

იმ მიზნით, რომ გეგმაზე ან რუკაზე გავატაროთ იზოჰიფსები და ამით გამოვსახოთ ადგილის რელიეფი, საჭიროა გეგმაზე წინასწარ იყოს მასშტაბში დალაგებული რელიეფის მახასიათებელი წერტილები და ვიცოდეთ მათი აბსოლუტური ან პირობითი სიმაღლეები. ეს საკითხი განხილულია ტექნომეტრიულ ავეგმვაში (იხ. თავი XVIII). აქ კი ჩვენ განვიხილავთ თვით იზოჰიფსების გატარების მეთოდს გეგმაზე დალაგებული წერტილების სიმაღლეების მიხედვით.

ვთქვათ, გეგმაზე დანიშნულია $ABCD...$ წერტილები (ნახ. 218) თავიანთი სიმაღლეებით (ნიშნულებით) და საჭიროა ამ სიმაღლეების მიხედვით იზოჰიფსების გატარება.

მაგალითისათვის ავიღოთ ორი წერტილი: A და B და ამ AB ხაზზე ვიპოვოთ a, b, c და d წერტილები, რომლებშიც გაივლის შემდეგი იზოჰიფსები: 82, 83, 84 და 85 (კვეთ-სიმაღლედ აღებულია 1 მეტრი).

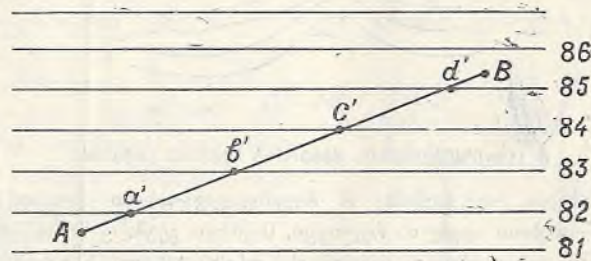
ამისათვის ავიღებთ ქალაქს, რომელზედაც წინასწარ გატარებულია პარალელური ხაზები (ნახ. 219). უფრო მოხერხებულია მილი-



ნახ. 218.

მეტრიანი ქალაქი. ამ ხაზებს წაეწერათ სიმაღლეები A და B წერტილების სიმაღლეების მიხედვით. ჩვენს შემთხვევაში ქვედა ხაზი წარწერილია 81-ით და ვინაიდან კვეთ-სიმაღლე $h=1$ მეტრს, დანარჩენ ხაზებს აქვს წარწერები: 82, 83, 84, 85, 86.

ამის შემდეგ გეგმიდან ფარგლით ავიღებთ AB ხაზის სიგრძეს და ფარგლის ერთ წვეროს მოვათავსებთ ისეთ A



ნახ. 219.

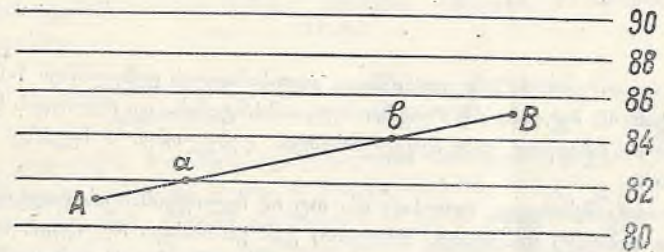
თუ ამ წერტილებს შევადრებთ, მივიღებთ AB ხაზს, რომელსაც კვეთს პარალელური ხაზები a', b', c' და d' წერტილებში.

აღნიშნული წერტილები შეესაბამება 82, 83, 84 და 85 იზოჰიფსებს.

ამ წერტილებს ფარგლით გადავტანთ გეგმის AB ხაზზე (ნახ. 218) და მივიღებთ გეგმაზე a, b, c, d წერტილებს, რომლებშიც გაივლის 82, 83, 84 და 85 იზოჰიფსები. ამავე წესით ვპოულობთ დანარჩენ BD, CD, DK და CE ხაზებზე სათანადო იზოჰიფსების წერტილებს, რის შემდეგ შევაერთებთ ტოლსიმაღლეებიან წერტილებს მრუდე ხაზებით და გეგმაზე მივიღებთ იზოჰიფსებს (იგივე ნახაზი).

პარალელურ ხაზებს შორის (ნახ. 219) შეგვიძლია ავიღოთ ნებისმიერი მანძილი. ჩვეულებრივ ღებულობენ 5—10 მილიმეტრს იმ ვარაუდით, რომ შეიძლებაოდეს გეგმის AB ხაზის გადატანა A და B წერტილების სიმაღლეების მიხედვით.

თუ კვეთ-სიმაღლე h არ უდრის ერთს, იზოჰიფსების გატარების წესი იგივეა, რაც ზემოთაღებული შემთხვევაში (როდესაც $h=1$), მხოლოდ პარალელური ხაზები წარწერილი იქნება h -ის მიხედვით. მაგალითად, თუ კვეთ-სიმაღლე $h=2$ მეტრს, მაშინ პარალელური ხაზები წარწერილი იქნება ისე, როგორც 220-ე ნახაზზეა ნაჩვენები, და გეგმიდან (ნახ. 218) გადმოტანილ AB ხაზზე მივიღებთ ორ წერტილს — a და b (ნახ. 220), რომლებშიც გაივლის 82 და 84 იზოჰიფსები.

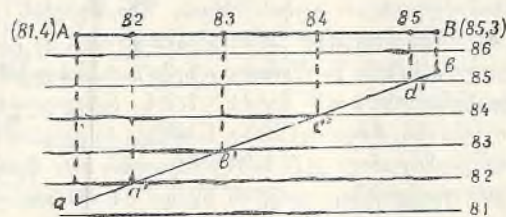


ნახ. 220.

იზოჰიფსების გატარება შეიძლება აგრეთვე ასე: ვთქვათ, რომ AB ხაზზე (ნახ. 218) საჭიროა ვიპოვოთ ისეთი a, b, c, d წერტილები, რომლებშიც გაივლის 82, 83, 84 და 85 იზოჰიფსები. ამისათვის, როგორც უკვე განხილულ მაგალითში, ავიღებთ უკრედებად ან მილიმეტრებად დაყოფილ ქალაქს და ამ ქალაქს მივაღებთ AB ხაზს ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია 221 ნახაზზე. შემდეგ AB ხაზის პარალელურ ხაზებს მივუწეროთ რიცხვებს A და B წერტილების სიმაღლეების მიხედვით. ჩვენს შემთხვევაში ამ ხაზებს აქვს წარწერები: 81, 82, 83, 84... (კვეთ-სიმაღლედ აღებულია 1 მეტრი).

ამის შემდეგ A და B წერტილებიდან გატარებულ მართობებზე დაენიშნათ ორ წერტილს a და b , რომელთა სიმაღლეებია 81,4 და 85,3 ე. ი. A და B წერტილების (ნახ. 218) სიმაღლეების ტოლი. თუ ახლა a და b წერტილებს შევაერთებთ, მივიღებთ ab ხაზს, რომელიც a' , b' , c' და d' წერტილებში იკვეთება 82, 83, 84 და 85 სიმაღლეებიანი ხაზებით. თუ ამ a' , b' , c' და d' წერტილებს დავაგეგმილებთ AB ხაზზე, მაშინ ამ ხაზზე მივიღებთ წერტილებს, რომლებშიც გაივლის 82, 83, 84, 85 იზოჰიფსები.

ამავე წესით დანარჩენ BD , DK , CD , CE ხაზებზე (ნახ. 218) ვპოულობთ სათანადო იზოჰიფსების წერტილებს, რის შემდეგ ტოლ-სიმაღლეებიან წერტილებს შევაერთებთ და მივიღებთ იზოჰიფსებით გამოსახულ რელიეფს.



ნახ. 221.

როგორც § 117-ში აღნიშნეთ, კვეთ-სიმაღლეს ღებულობენ 1 მეტრიდან 40 მეტრამდე და უფრო მეტს—მასშტაბისა და რელიეფის სირთულის მიხედვით. ვაკე ადგილებისათვის ღებულობენ 1 მეტრზე ნაკლებს.

არის შემთხვევა, როდესაც ამა თუ იმ რელიეფისათვის დადგენილი კვეთ-სიმაღლე (მასშტაბის მიხედვით) ვერ გამოსახავს რელიეფის თავისებურებას (ცალკე ღებულებს). მაშინ ატარებენ ეგრეთ წოდებულ ნახევარ იზოჰიფსებს, რომელთათვის კვეთ-სიმაღლეს ღებულობენ ძირითად კვეთ-სიმაღლის ნახევარს. ასეთ იზოჰიფსებს ატარებენ წყვეტილი ხაზებით.

§ 119. წერტილების სიმაღლეების განსაზღვრა იზოჰიფსების საშუალებით

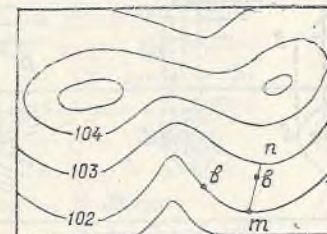
ვთქვათ, იზოჰიფსებიან გეგმაზე დანიშნულია b წერტილი და საჭიროა მისი სიმაღლის განსაზღვრა. თუ b წერტილი მდებარეობს იზოჰიფსებზე (ნახ. 222), მისი სიმაღლე იქნება იზოჰიფსის სიმაღლის ტოლი (ჩვენს შემთხვევაში 102 მეტრი). თუ b წერტილი b მდებარეობს

იზოჰიფსებს შორის, მაგალითად, 102 და 103 იზოჰიფსებს შორის, მაშინ მისი სიმაღლე

$$H = 102 + \frac{h \cdot mb}{mn},$$

სადაც h არის კვეთ-სიმაღლე (ჩვენს შემთხვევაში უდრის 1 მ), mb და mn მონაკვეთებს კი გეგმიდან ფარგლით ვღებულობთ. b წერტილში გამავალ mn ხაზს ატარებენ თვალდათვალ—იზოჰიფსების მართობად.

იზოჰიფსებიან გეგმაზე შეიძლება შემდეგი ამოცანების ამოხსნა:



ნახ. 222.

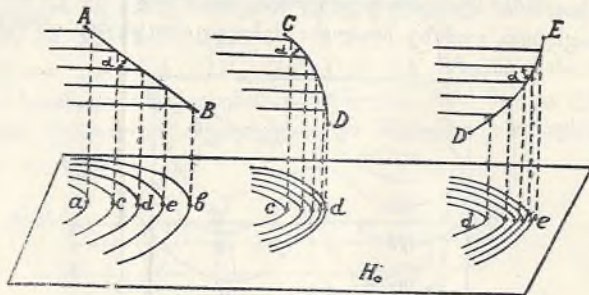
რელიეფის ზედაპირის დახრილობის და ქანობის განსაზღვრა, იზოჰიფსებიან გეგმაზე ხაზის დანიშნვა ქანობების მიხედვით, პროფილის აგება და სხვა.

§ 120. იზოჰიფსებიან გეგმაზე გამოსახული რელიეფის დახრილობის და ქანობის განსაზღვრა

თუ დედამიწის ზედაპირს ვერტიკალური სიბრტყით გაკვეთილს წარმოვიდგენთ, მივიღებთ ჭრილს ან პროფილის ხაზს, რომელსაც ექნება სწორი AB (ნახ. 223) ან ამოზნექილი CD ან კიდევ ჩაზნექილი DE ხაზის სახე. დავეშვათ, რომ აღნიშნული ფერდობები გაკვეთილია ერთიმეორისაგან ტოლი მანძილებით დაშორებული პერიოდულური სიბრტყეებით; ამ შემთხვევაში, როგორც ნახაზიდან ჩანს, თუ ფერდობი წარმოადგენს AB სწორ ხაზს, მაშინ იზოჰიფსებს შორის მანძილები (პერიოდულური H_0 სიბრტყეზე) ურთიერთტოლია, ე. ი. $ac = cd = de = eb$. თუ ფერდობის ხაზი ამოზნექილია (CD) ან ჩაზნექილია (DE), მაშინ იზოჰიფსებს შორის მანძილები სხვადასხვაა და, როგორც იმავე ნახაზიდან ჩანს, რაც უფრო დახრილია ფერდობი, ე. ი. რაც უფრო დიდია დახრის კუთხე α , მით უფრო ნაკლებია იზოჰიფსებს შორის მანძილი პერიოდულური H_0 სიბრტყეზე. იზოჰიფსებს შორის აღნიშნულ მანძილებს ქვედებულები ეწოდება. ქვე-

ღებული წარმოდგენას იძლევა ფერდობის დახრილობაზე. რაც ნაკლებია ქვედებული, მით უფრო მეტია დახრილობა და პირიქით.

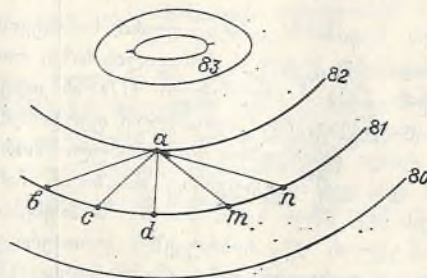
თუ იზოჰიფსების რომელიმე a წერტილიდან გავატარებთ ისეთ ქვედებულს (ნახ. 224), რომელიც მართობია (დაახლოებით) ორი მოსაზღვრე იზოჰიფსისა (მაგალითად, 81 და 82-ისა), მაშინ ადგილის დახრილობა ამ ad ქვედებულის მიმართულებით უფრო მეტი იქნება,



ნახ. 223.

ვიდრე სხვა ac , ab , am ქვედებულის მიმართულებით, ვინაიდან ad ქვედებული დანარჩენ ქვედებულებზე მოკლეა. ამ უმოკლეს ad ქვედებულებს ვარდნილობის ხაზი ეწოდება.

ახლა ვნახოთ, თუ როგორ განისაზღვრება ფერდობის დახრის კუთხე. ვთქვათ, რომ ფერდობი AB , რომლის დახრის კუთხე უდრის α -ს



ნახ. 224.

(ნახ. 225), გაკვეთილია თარაზული H_1 და H_2 სიბრტყეებით. ეს სიბრტყეები ფერდობის ზედაპირზე მოგვცემს მრუდებს, რომელთა პროექციები თარაზულ H_0 სიბრტყეზე წარმოადგენს იზოჰიფსებს. კვეთ-სი-

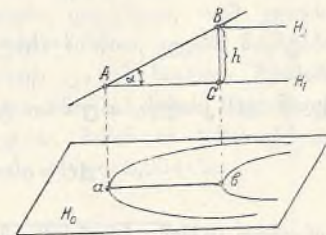
მაღლე აღენიშნოთ h ასოთი. მართკუთხა ABC სამკუთხედიდან ჩანს, რომ AC კათეტი ან მისი ტოლი ქვედებული ab ტოლია:

$$ab = h \operatorname{ctg} \alpha. \quad (1)$$

იქედან $\operatorname{ctg} \alpha$ უდრის:

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{ab}{h}. \quad (2)$$

ამ ფორმულის მიხედვით რომ გავიგოთ გეგმაზე დანიშნული რომელიმე ქვედებულის, მაგალითად am ქვედებულის (ნახ. 224) დახრის α კუთხე, გავიგებთ am ქვედებულის სიგრძეს მეტრებში (გეგმის მასშტაბის მიხედვით). თუ (2) ფორმულაში ab -ს ნაცვლად ჩავსვათ am ქვედებულის და აგრეთვე h მნიშვნელობას (ჩვენს შემთხვევაში $h=1$ მ), მივიღებთ $\operatorname{ctg} \alpha$ -ს მნიშვნელობას და თვით დახრის α კუთხეს (სათანადო ცხრილებიდან).



ნახ. 225.

მუშაობის გასაადვილებლად აღგენენ ეგრეთ წოდებულ ქვედებულების ცხრილებს. დაეუშვათ, რომ კვეთ-სიმაღლე $h=1$ მეტრს, მაშინ (1) ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$ab = \operatorname{ctg} \alpha.$$

ამ ფორმულაში შემავალ α კუთხეს ნაძლევი სხვადასხვა მნიშვნელობას, მაგალითად, 1° -დან 45° -მდე. ამ კუთხეების კოტანგენტები წარმოადგენს ab ქვედებულს.

ამგვარიანაა შედგენილი მე-19 ცხრილი.

ცხრილი 19

დახრის კუთხეები	1°	2°	3°	4°	5°	10°	20°	25°	30°	35°	40°	41°	45°
ქვედებულები	57,3	28,6	19,1	14,3	11,4	5,7	2,7	2,1	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0

ვთქვათ, AC ქვედებულის (ნახ. 224) სიგრძე, აღებული გეგმის მასშტაბში, უდრის 28,6 მ. მაშინ, როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, AC ხაზის α დახრის კუთხე იქნება 2° .

თუ კვეთ-სიმაღლე h არ უდრის 1 მეტრს, მაშინ ამ ცხრილში მოყვანილი ქვედებულები უნდა გამრავლდეს h მნიშვნელობაზე.

საინჟინრო საქმეში დახრის კუთხის ნაცვლად მიღებულია ხაზის ქანობი i , რომელიც წარმოადგენს h სიმაღლეთა სხვაობის შეფარდებას ხაზის გვერდითან (ქვედებულთან). ჩვენს შემთხვევაში AB ხაზის (ნახ. 225) ქანობი i უდრის:

$$i = \frac{h}{AC}$$

ეს ფარდობა წარმოადგენს α დახრის კუთხის ტანგენსს. მაშასადამე, ხაზის ქანობი i გამოისახება როგორც დახრის კუთხის ტანგენსი:

$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{AC} = \frac{h}{ab}$$

აქედან AC კათეტი, ანუ მისი ტოლი ab ქვედებული უდრის:

$$AC = ab = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{h}{i} \quad (2)$$

საინჟინრო საქმეში ქანობი i გამოისახება ათწილადის სახით, მაგალითად, 0,01; 0,02; 0,03; 0,04 და ა. შ. რკინიგზებზე მიღებულია ქანობები: 0,001; 0,002; 0,003; 0,004 და ა. შ.

(2) ფორმულის საშუალებით შეგვიძლია განვსაზღვროთ იზოპიფსებს შორის გატარებული ხაზის (ქვედებულის) ქანობი—გვერდიდან აღებული ქვედებულისა და კვეთ-სიმაღლის მიხედვით. მუშაობის გასაადვილებლად აღვნიშნო ცხრილის (ცხრილი 20).

(2) ფორმულაში შემავალი h კვეთ-სიმაღლე გავუტოლოთ 1 მეტრს, მაშინ ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$ab = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{1}{i}$$

ამ ფორმულაში შემავალ ტანგენსს, ანუ i ქანობს აძლევენ სხვადასხვა მნიშვნელობას, მაგალითად 0,001-დან 0,01-მდე და გამოთვლიან მათ შესაბამის ab ქვედებულებს. მაგალითად, თუ ქანობი $i=0,002$, მაშინ ქვედებული ab იქნება:

$$ab = \frac{1}{0,002} = 500 \text{ მეტრი}$$

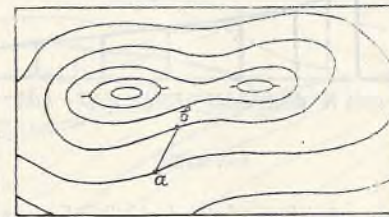
(ქვედებული გამოისახება მეტრებით, ვინაიდან კვეთ-სიმაღლე h ავიღეთ 1 მეტრი).

ამგვარადაა შედგენილი მე-20 ცხრილი.

ქანობები	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01
ქვედებულები	1000	500	333	250	200	167	143	125	111	100

აქაც თუ კვეთ-სიმაღლე h არ უდრის 1 მეტრს, მაშინ მე-20 ცხრილში მოყვანილი ქვედებულები უნდა გავამრავლოთ h -ის მნიშვნელობაზე.

ვთქვათ, იზოპიფსებიან გეგმაზე დანიშნულია ab ხაზი (ნახ. 226) და საჭიროა ამ ხაზის ქანობის განსაზღვრა. დავუშვათ, რომ კვეთ-სიმაღლე $h=1$ მეტრს. ქანობის განსაზღვრის მიზნით, გვერდის მასშტაბის მიხედვით გვერდობით ab ხაზის სიგრძეს და ამ სიგრძის შესაბამის ქანობს ვპოულობთ ცხრილში. მაგალითად, თუ ab ხაზის სიგრძე, გამოისახული მასშტაბით, უდრის 250 მეტრს, მაშინ ამ ხაზის ქანობი, როგორც მე-20 ცხრილიდან ჩანს, იქნება ტოლი 0,004 ესა.

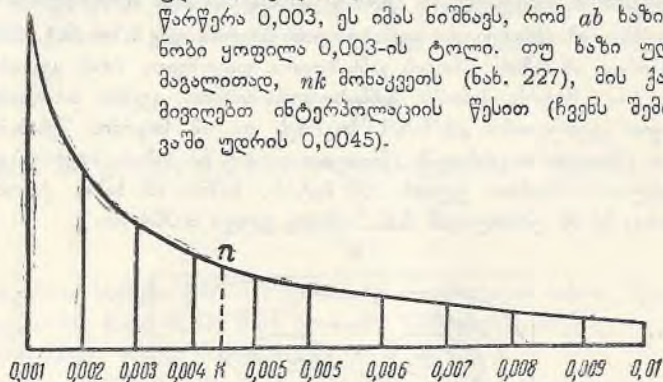


ნახ. 226.

თუ ხაზის სიგრძე არ არის მე-20 ცხრილში მოყვანილი (მაგალითად, 220 მ), მაშინ მის შესაბამის ქანობს ვპოულობთ ინტერპოლაციის (პროპორციის) წესით.

განხილული ამოცანა, ე. ი. ქანობის განსაზღვრა, შეგვიძლია მოვახდინოთ აგრეთვე გრაფიკულად — ეგრეთ წოდებული ქვედებულების მასშტაბით. ამ მასშტაბის, ე. ი. გრაფიკის ასაგებად სწორ ხაზზე ავიღებთ წერტილებს (ნახ. 227), საიდანაც აღვმართავთ მართობებს; ამ მართობებზე გვერდის მასშტაბში გადავზომავთ ცხრილიდან აღებულ (ქანობების მიხედვით) ქვედებულებს და მართობების ბოლო წერტილებს შევავერთებთ მრუდელ ხაზით. ჩვენს შემთხვევაში პირველ მართობაზე უნდა გადავზომოთ 0,001 ქანობის შესაბამისი ქვედებული, ე. ი. 1000 მეტრი, მეორე მართობაზე — 500 მეტრი, მესამეზე — 333 მეტრი და ა. შ.

უდრის, მაგალითად, იმ მართობს, რომელსაც აქვს წარწერა 0,003, ეს იმას ნიშნავს, რომ *ab* ხაზის ქანობი ყოფილა 0,003-ის ტოლი. თუ ხაზი უდრის, მაგალითად, *nk* მონაკვეთს (ნახ. 227), მის ქანობს მივიღებთ ინტერპოლაციის წესით (ჩვენს შემთხვევაში უდრის 0,0045).



636. 227.

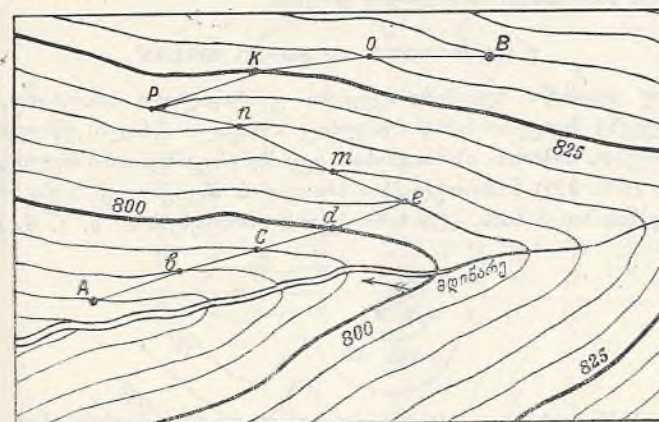
§ 121. იკლავს, რომ იქნება (გამგზავნი) სახელის გატარება
ქანობების მიხედვით

ამისათვის წინა პარაგრაფში მოყვანილი (2) ფორმულით $\left(ab = \frac{h}{i}\right)$

გამოვთვლით (5*n* ავიღებთ ცხრილიდან) 0,008 ქანობი *i*-ს შესაბამის ქვე-დებულს. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 228) კვეთ-სიმაღლე *h*, როგორც იზო-ჰიფსების წარწერები გვიჩვენებს, უდრის 5 მეტრს და *i* = 0,008. მაშა-სადამე, საძიებელი *ab* ქვედებული უდრის:

$$ab = \frac{h}{i} = \frac{5}{0,008} = 625 \text{ g.}$$

ვთქვათ, რუკის (ნახ. 228) მასშტაბია $1:50\,000$, ე. ი. 1 სანტიმეტრი რუკაზე შეესაბამება 500 მეტრს ადგილზე. ამ მასშტაბში 625 მეტრს შეესაბამება 1.25 სმ, ანუ $12,5$ მმ რუკაზე. ab ქვედებულის განსაზღვრის შემდეგ, რუკის A წერტილიდან ფარგლით შემოვსაზავთ რაკლს, რომლის რადიუსია ab ქვედებული, ე. ი. $12,5$ მმ. ეს რაკლი მოსაზღვრე იზოპიქსს გადაკვეთს b წერტილში. ცხადია, რომ Ab მიმართულებით ადგილის ქანობი იქნება $0,008$, ვინაიდან Ab რადიუსი უდრის $0,008$ ქანობის შესაბამის ქვედებულს (625 მ).



Биб. 228.

თუ იზოპიფტესებს შორის მანძილი AB მიმართულებით 12,5 მმ-ზე მეტია, ეს იმას ნიშნავს, რომ ამ მიმართულებით ზედაპირის ქანობი i ნაკლებია მოცემულ ქანობზე (0,008) და ამ უბანზე ხაზს ატარებენ ისე, რომ იგი AB მიმართულებაზე იყოს.

ამის შედეგად იზოპიქსებიან რუკაზე მივიღებთ ისეთ $Abcde...koB$ ხაზს, რომლის ქანობი i არ აღემატება მოცემულ ქანობს (0,008). ჩვენს შემთხვევაში ეს ხაზი e და p წერტილებში იცვლის მიმართულებას და ღებულობს ტეხილი ხაზის სახეს. შეიძლება e წერტილიდან Ae მიმართულების გარძელება, მაგრამ ამ შემთხვევაში ეს მიმართულება არ მოხვედბოდა (აღებოდა) B წერტილს (დიდი დახრილობის

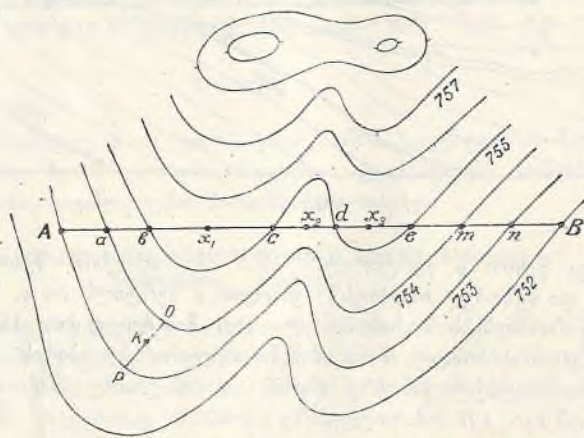
გამო). ამიტომ, როდესაც ზედაპირს დიდი დახრილობა აქვს, A და B წერტილებს შორის კი მოკლე მანძილია, ტრასას აძლევენ ტეხილი ხაზის სახეს (ნახ. 228). ამით ხელოვნურად აღიღებენ ტრასის სიგრძეს იმ მიზნით, რომ ზედაპირის ქანობი არ აღემატებოდეს საპროექტო ქანობს.

საერთოდ ველზე მუშაობისას გზის ტრასას შეარჩევენ გეოდეზიური ინსტრუმენტებით—თეოდოლიტითა და ნიველირით პიკეტაჟის ჩატარებით (იხ. XXVII თავი). გზის ტრასას შეარჩევენ ისე, რომ გარდა ქანობებისა, გეოლოგიური პირობები ხელსაყრელი იყოს, მრუდების რადიუსები დასაშვები იყოს, ტრასის სიგრძე რაც შეიძლება მოკლე, მიწის და სხვა სამუშაოები მინიმალური და სხვა.

§ 122. პროფილის ანუ პრილის შედგენა

თუ დედამიწის ზედაპირი იკვეთება ვერტიკალური სიბრტყით, ამ სიბრტყეზე მივიღებთ ხაზს, რომელსაც პროფილი (პრილი) ეწოდება.

ვთქვათ, საჭიროა იზოჰიფსებიან გეგმაზე (რუკაზე) დანიშნული AB ხაზის (ნახ. 229) მიმართულებით პროფილის ანუ პრილის აგება. როგორც ნახაზიდან ჩანს, AB ხაზი ჰკვეთს იზოჰიფსებს $a, b, c, d, e, \dots$

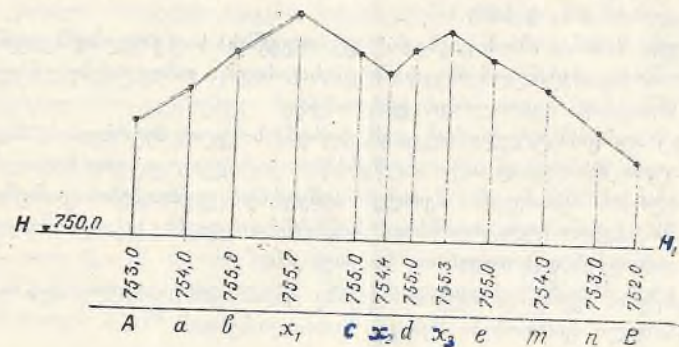


ნახ. 229.

წერტილებში. პროფილების ასაგებად სწორ ხაზზე ფარგლით გადავზომავთ გეგმიდან (რუკიდან) აღებულ $Aa, ab, bc, cd, \dots$ მონაკვეთებს და ამ ხაზზე მივიღებთ $A, a, b, c, \dots$ წერტილებს (ნახ. 230). ყოველ წერტილს მივუწერთ მის სიმაღლეს იზოჰიფსების სიმაღლეების მიხედ-

ვით, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახაზზე. შემდეგ ამ წერტილებში გატარებულ მართობებზე მოცემულ მასშტაბში გადავზომავთ წარწერილების სიმაღლეებს და მივიღებთ წერტილებს, რომელთა შეერთებით გამოისახება პროფილის, ანუ პრილის ხაზი.

იმ მიზნით, რომ პროფილის გამოსახულება თვალსაჩინო იყოს, იყენებენ ორ მასშტაბს, ერთს, უფრო წერილს—ჰორიზონტალური მანძილებისათვის და მეორეს, უფრო მსხვილს—ვერტიკალური მანძილებისათვის (სიმაღლეებისათვის). ჩვეულებრივ, ვერტიკალურ მასშტაბს იღებენ ხუთ-ათჯერ მსხვილს, ვიდრე ჰორიზონტალურს. პროფილის



ნახ. 230.

ხაზი ძალიან რომ არ დაშორდეს საწყის თარაზულ HH_1 ხაზს, ამ უკანასკნელს ვაძლევთ სათანადო სიმაღლეს. ჩვენს შემთხვევაში საწყისი ხაზის სიმაღლე აღებულია 750 მეტრი და ამ დონიდანაა ყველა წერტილის სიმაღლე მსხვილ მასშტაბში გადაზომილი.

პროფილის ხაზზე კარგად რომ გამოისახოს ამოხნეჟილი და ჩაზნეჟილი ზედაპირები, საჭიროა AB ხაზზე რელიეფის მახასიათებელი წერტილების დანიშვნა როგორც ამოხნეჟილ, ისე ჩაზნეჟილ ზედაპირებზე.

ნახაზ 229-ზე დანიშნული x_1 და x_2 წერტილები მდებარეობს წყალგამყოფ ხაზზე (ქედზე), ხოლო x_2 წერტილი მდებარეობს ხევში (წყალშემკრებ ხაზზე). აღნიშნული წერტილების სიმაღლეები (755,7, 754,4 და 755,3) განისაზღვრება იზოჰიფსების სიმაღლეების მიხედვით (იხ. § 119). ამ სიმაღლეების გადაზომვით პროფილის ხაზზე გამოვლინდება ამოხნეჟილი და ჩაზნეჟილი ზედაპირები (ნახ. 230).

§ 128. სხვადასხვა დახრილობის ფართობების გამოვლინება
იზოჰიმებისა და რუკაზე (გამოყენება)

სახალხო მეურნეობის არაერთი დარგისათვის საჭიროა ცოდნა იმისა, თუ როგორი დახრილობისაა ამა თუ იმ ადგილის ზედაპირი. დახრილობის ცოდნა განსაკუთრებით საჭიროა სოფლის მეურნეობაში, საინჟინრო საქმეში და სხვ.

ზედაპირის დახრილობის მაჩვენებელია დახრის კუთხე α , ე. ი. კუთხე დახრილ ზედაპირსა და ჰორიზონტალურ სიბრტყეს შორის. დახრის კუთხის განსაზღვრა შეიძლება ველზე გაზომვით, გეოდეზიური ინსტრუმენტებით და აგრეთვე იზოჰიმებისა და რუკებისა და გეგმების საშუალებით (იხ. § 120).

ჩვენი მიზანია იზოჰიმებისა და რუკის (გეგმის) საფუძველზე შედგენა ისეთი მორფომეტრული რუკისა (გეგმისა), სადაც გამოვლინებული იქნება სხვადასხვა დახრილობის ფართობები.

თუ მორფომეტრული რუკა ემსახურება სოფლის მეურნეობას, ასეთი რუკის შესადგენად საჭიროა წინასწარ ვიცოდეთ, თუ რა სიდიდის დახრილობის შემთხვევაში შეიძლება სამეურნეო ფართობების დამუშავება განქანებით (ტრაქტორებით, კომბაინებით და სხვ.). ამის მიზნად ვით დაადგენენ დახრილობათა საფეხურებს.

ეთქვან, ჩვენს შემთხვევაში რუკაზე უნდა იყოს გამოვლენილი და შემოხაზული ფართობები შემდეგი დახრილობებით:

1 გრადუსიდან	2 გრადუსამდე
2 "	3 "
3 "	4 "
4 "	5 "
5 "	6 "

და ასე შემდეგ.

როგორც § 120-შია განხილული (ნახ. 225), a ქვედებულს, h კვეთ-სიმაღლესა და α დახრის კუთხეს შორის არსებობს შემდეგი დამოკიდებულება:

$$a = h \cdot \operatorname{ctg} \alpha. \quad (1)$$

დავუშვათ, რომ მასშტაბი ტოპოგრაფიული რუკისა (ნახ. 232), რომლის საფუძველზე უნდა შევადგინოთ ზედაპირების დახრილობის რუკა, არის 1:25000 (1 სანტიმეტრს რუკაზე შეესაბამება 250 მეტრი ადგილზე) და კვეთ-სიმაღლე h , როგორც რუკიდან ჩანს, უდრის 5 მეტრს ($h=5$ მ).

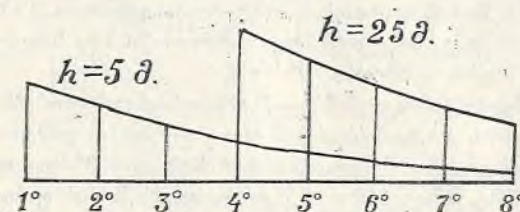
(1) ფორმულაში ჩავსვათ კვეთ-სიმაღლე $h=5$ მ და ცალკე საფეხურების დახრის α კუთხეები ($1^\circ, 2^\circ, 3^\circ \dots$). ამ შემთხვევაში გამოთვლით

(1-ლი ფორმულით) მივიღებთ a ქვედებულებს (იზოჰიმებს შორის მანძილებს რუკაზე) α დახრის კუთხეებისათვის. ეს ქვედებულები (მეტრებში) მოყვანილია 21-ე ცხრილში.

ცხრილი 21

დახრის კუთხეები	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
ქვედებულები (a) მეტ-ში	286	143	95	72	57	47	40	36	32	28

ამ ცხრილის მიხედვით ავაგებთ ქვედებულების გრაფიკს (მასშტაბს), რისთვისაც სწორ ხაზზე დაენიშნავთ წერტილებს (ნახ. 231), რომლებსაც მივუყვართ ცხრილში მოყვანილ დახრის კუთხეებს. შემდეგ აღნიშნულ წერტილებში გატარებულ პერპენდიკულარებზე რუკის მასშტაბში (1:25000) გადავზომავთ ცხრილში მოყვანილ ქვედებულებს (286, 143, 95...) და პერპენდიკულარების ბოლო წერტილების შეერთებით მივიღებთ გრაფიკს—ქვედებულების მასშტაბს (ნახ. 231). ამ ნახაზზე ნაჩვენებია აგრეთვე ქვედებულების მასშტაბის ნაწილი კვეთ-სიმაღლე 25 მეტრისათვის ($h=25$ მ). ამ ზედა მასშტაბის ასაგებად ქვედა მასშტაბის ($h=5$ მ) ორდინატები ხუთჯერ უნდა გავაზიდაოთ, ვინაიდან ზედა მასშტაბისათვის $h=25$ მ.



ნახ. 231.

ამგვარი გრაფიკების აგების შემდეგ ვიწყებთ სხვადასხვა დახრილობის ფართობების გამოვლენას ტოპოგრაფიულ რუკაზე.

პირველ რიგში გამოვავლინოთ ფართობები, რომლებსაც აქვს დახრილობა 1 გრადუსიდან 2 გრადუსამდე. როგორც მაგალითი, ავიღოთ 750 და 755 იზოჰიმებით (ნახ. 232) შემოფარგლული ფართობი და ვნახოთ, რა დახრილობისაა ეს ფართობი. 750 და 755 იზოჰიმებს შორის მანძილი (ქვედებულები) სხვადასხვა ზომისაა. მაშასადამე, აღნიშ-

ნულ ფართობს სხვადასხვა დახრილობა ექნება. ვთქვათ, ამ იზოჰიფსებს შორის უდიდესი მანძილი cd (ქვედებული) უდრის დახრილობის გრაფიკის (ნახ. 231) იმ პერპენდიკულარს (ორდინატას), რომელიც წარწერილია 1° -ით, ხოლო უმცირესი $o'e'$ ქვედებული — იმ ორდინატას, რომელიც წარწერილია 4° -ით. ამ შემთხვევაში 750 და 755 იზოჰიფსებით შემოფარგლული ფართობის დახრილობა იქნება 1 გრადუსიდან 4 გრადუსამდე. ჩვენ კი საფეხურების სკალის მიხედვით პირველ რიგში უნდა გამოვყოთ ფართობი დახრილობით 1° -დან 2° -მდე. ამისათვის ფარგალს გაეშლით იმ სიდიდით, რომელიც უდრის გრაფიკის (ნახ. 231) იმ ორდინატას, რომელიც წარწერილია 2° -ით და ამნიარად გაშლილი ფარგლით 750 და 755 იზოჰიფსებს შორის ვპოულობთ ისეთ ab და mn ქვედებულებს (ნახ. 232), რომლებიც უდრის ფარგლის გაშლას. ცხადია, ab და mn ხაზების დახრილობა იქნება 2° . მაშასადამე, $abcmnda$ ფართობის დახრილობა იქნება 1° -დან (cd ხაზთან) 2° -მდე (ab და mn ხაზებთან).

იმავე 750 და 755 იზოჰიფსებს შორის (რუკის მარჯვენა ნაწილში) $a'b'$ და $m'n$ მანძილები (ქვედებულები) შეესაბამება ქვედებულების გრაფიკის იმ ორდინატას, რომელიც აღნიშნულია 2° -ით. მაშინ $a'b'm'n$ ფართობის დახრილობაც იქნება 2° -მდე.

750 და 755 იზოჰიფსებს შორის მთელ მათ სიგრძეზე ქვედებულები ნაკლები რომ ყოფილიყო გრაფიკის (ნახ. 231) იმ პერპენდიკულარისა (ორდინატას), რომელიც აქვს წარწერა 2° , მაშინ აღნიშნულ იზოჰიფსებს შორის ფართობის დახრილობა იქნებოდა 2° -ზე მეტი და ეს ფართობი უკვე მიეკუთვნებოდა დახრილობის სხვა საფეხურს (2° -დან 3° -მდე ან უფრო დახრილს).

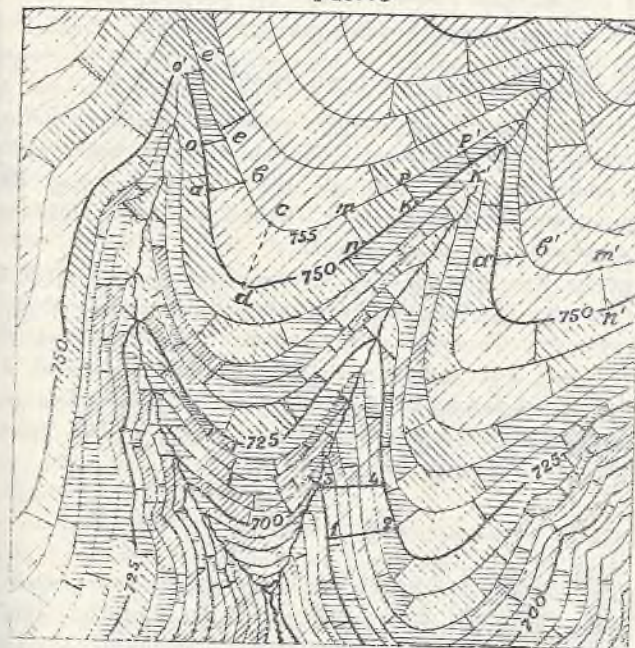
ამავე წესით გამოავლენენ 1—2 გრადუსიან ფართობებს სხვა იზოჰიფსებს შორის და გააფერადებენ ერთი ფერით ან დაშტრიხავენ.

მერე გადავდივართ შემდეგი საფეხურის (2° -დან 3° -მდე) ფართობების გამოვლინებაზე. იმავე 750 და 755 იზოჰიფსებს შორის ფარგლით ვპოულობთ ისეთ oe და pk მანძილებს (ქვედებულებს), რომლებიც დახრილობის გრაფიკის (ნახ. 231) იმ ორდინატას ტოლია, რომელიც წარწერილია 3° -ით. ცხადია, $aboe$ და $mnpk$ ფართობების დახრილობა იქნება 2° -დან (ab და mn ხაზებთან ახლო) 3° -მდე (oe და pk ხაზებთან ახლო). ახლა იმავე 750 და 755 იზოჰიფსებს შორის გამოვყოთ ფართობები 3° -დან 4° -მდე. ამისათვის აღნიშნულ 750 და 755 იზოჰიფსებს შორის ფარგლით ვპოულობთ ისეთ $o'e'$ და $p'k'$ ქვედებულებს, რომელთა სიგრძე გრაფიკის იმ ორდინატას ტოლია, რომელიც წარწერილია 4° -ით. ცხადია, $oeo'e'$ და $pkp'k'$ ფართობების დახრილობა იქნება 3° -დან 4° -მდე.

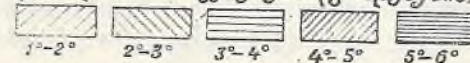
ამავე წესით სხვა იზოჰიფსებს შორის ვპოულობთ სხვადასხვა დახრილობის ფართობებს და ამ ფართობებს გააფერადებთ სხვადასხვა ფერით დახრილობების მიხედვით. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 232) ფართობები დაშტრიხულია ნახაზის ქვემოთ მოყვანილი საფეხურების მიხედვით.

ჩვეულების ზედაპირის დახრილობის რუკა

1:25000



დახრილობის საფეხურები (გრადუსებით)



ნახ. 232.

იმ შემთხვევაში, როდესაც იზოჰიფსებს შორის მცირე მანძილებია, ე. ი. ზედაპირს დიდი დახრილობა აქვს, ვსარგებლობთ ქვედებულების გრაფიკით, რომელიც შედგენილია 25-მეტრიან ქვეთ-სიმაღლისათვის ($h=25$ მ).

ასეთი გრაფიკი ნაჩვენებია ნახ. 231-ზე (ზედა გრაფიკი). ამ გრაფიკით ($h = 25$ მ) სარგებლობისას გავერთიანებთ ზუთ იზოჰიფსს და მუშაობის გასაადვილებლად ყოველ მეზუთე იზოჰიფსს (700, 725, 750...) გამოვსახავთ მსხვილი ხაზით, როგორც ეს ნაჩვენებია 232-ე ნახაზზე. მსხვილი იზოჰიფსებისათვის კვეთ-სიმაღლე h იქნება 25 მეტრი და შეგვიძლია უკვე გამოვიყენოთ ქვედებულების ზედა გრაფიკი (ნახ. 231). როგორც მაგალითი, ავიღოთ 700 და 725 იზოჰიფსები. ამ იზოჰიფსებს შორის 1,2 და 3,4 ქვედებულების სიგრძე ზედა გრაფიკის (ნახ. 231) იმ ორდინატების ტოლია, რომლებიც წარწერილია 7° და 8° -ით. მაშასადამე, 1, 2, 3, 4 ფართობის დახრილობა იქნება 7° -დან 8° -მდე.

ამავე წესით გამოვიყენებთ ამ ზედა გრაფიკს ($h = 25$ მ) რუკის იმ ადგილზე, სადაც იზოჰიფსებს შორის მცირე მანძილებია და ქვედა გრაფიკის ($h = 5$ მ) გამოყენება უხერხულია, ხოლო ზედა გრაფიკის გამოყენებისას მსხვილ იზოჰიფსებს შორის მდებარე ზედაპირს უნდა ჰქონდეს თანაბარი დახრილობა. ეს იქნება მაშინ, როდესაც მსხვილ იზოჰიფსებს შორის მდებარე ცალკე იზოჰიფსები ტოლი მანძილებით არიან ერთმანეთისაგან დაშორებული.

ყოველივე ამის შედეგად მიიღება მორფომეტრული რუკა (ნახ. 232), რომელიც ნათელ წარმოდგენას იძლევა ზედაპირის დახრილობაზე.

ანალოგიურად შეიძლება აგრეთვე ისეთი მორფომეტრული რუკის შედგენა, სადაც გამოვლინებული იქნება სხვადასხვა ქანობის მქონე ზედაპირები. ამ შემთხვევაში ქვედებულების მასშტაბი უნდა ავსავთ არა დახრის კუთხეებისათვის (ნახ. 231), არამედ სხვადასხვა ქანობისათვის შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$a = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{h}{i} \quad (\text{იხ. § 120})$$

თუ ამ ფორმულაში ჩავსვამთ სხვადასხვა ქანობებს და რუკიდან აღებული h კვეთ-სიმაღლეს, მივიღებთ ქვედებულებს სხვადასხვა ქანობებისათვის და შეგვიძლია ავავთ გრაფიკი ქანობებისათვის, 231 ნახაზზე ნაჩვენები დახრის კუთხეების გრაფიკის ანალოგიურად. ასეთი გრაფიკის გამოყენებით (ზემოგანხილული წესით) რუკაზე გამოვავლენთ სხვადასხვა ქანობის მქონე ზედაპირებს და მივიღებთ ქანობების რუკას.

3 ე რ გ ი ქ ა ლ უ რ ი ა გ ე გ მ ე ა

თ ა ვ ი X V

გეომატრიული ნიველირება

„ § 124. ნიველირების ამოცანა და მისი სხვადასხვა სახე

ნიველირების ამოცანაა წერტილების სიმაღლეების განსაზღვრა ზღვის დონესთან ან რომელიმე პირობით დონესთან დაკავშირებით. წერტილის სიმაღლეს ზღვის დონიდან აბსოლუტური სიმაღლე ეწოდება, ხოლო პირობითი დონიდან — პირობითი სიმაღლე. სსრ კავშირში საწყის ნულსიმაღლედ მიღებულია ბალტიის ზღვის საშუალო დონე კრონშტადტთან. ეს ნულოვანი დონე, რომელიც დანიშნულია სპეციალურ ნიშანზე, მიღებულია მრავალი წლის დაკვირვების შედეგად.

საერთოდ, ნიველირებით განისაზღვრება უშუალოდ არა წერტილების სიმაღლეები, არამედ სიმაღლეთა სხვაობები, ე. ი. ერთი წერტილის სიმაღლე მეორე წერტილთან შედარებით. აღნიშნულ სიმაღლეთა სხვაობების მიხედვით ადვილად განისაზღვრება წერტილების აბსოლუტური ან პირობითი სიმაღლეები.

სიმაღლეების საშუალებით, როგორც ვიცით (იხ. § 118), გამოისახება ზედაპირის რელიეფი. რელიეფის ცოდნა და შესწავლა საჭიროა სახალხო მეურნეობის მრავალ დარგში, განსაკუთრებით საინჟინრო საქმეში. ქვეყნის თავდაცვაში, სოფლის მეურნეობაში, სხვადასხვა სახის კვლევით მუშაობაში და სხვა.

ნიველირების სახეებია:

1. გეომეტრიული,
2. გეოდეზიური ანუ ტრიგონომეტრიული და
3. ბარომეტრული.

გეოდეზიურ ნიველირებაში წერტილების სიმაღლეთა სხვაობები განისაზღვრება ვერტიკალურწრედისანი თეოდოლიტით (დახრილი სწივით).

ამგვარ ნიველირებას გავცნობთ ტაქეომეტრიული აგეგმვისას (იხ. თავი X VIII).

ბ ა რ ო მ ე ტ რ უ ლ ნიველირებაში წერტილების სიმაღლეები განისაზღვრება ატმოსფეროს წნევის მიხედვით (იხ. თავი XXI).

გ ე ო მ ე ტ რ ი უ ლ ნიველირებაში სიმაღლეა სხვაობები განისაზღვრება ნიველირით, რომელიც იძლევა ჰორიზონტალურ სხივს.

დანიშნულებისა და სიზუსტის მიხედვით გეომეტრიული ნიველირება იყოფა კლასებად.

თანახმად არსებული ინსტრუმენტებისა, ამჟამად მიღებულია ნიველირების ოთხი კლასი. მათში პირველი ორი კლასი ეკუთვნის ზუსტ ნიველირებას და დანარჩენი ორი — ტექნიკურ ნიველირებას.

ზუსტი ნიველირების დანიშნულებაა სახელმწიფოს ტერიტორიაზე დანიშნული დასაყრდენი წერტილების (მარკების და რეპერების) სიმაღლეების განსაზღვრა დიდი სიზუსტით. ზუსტი ნიველირების კვლევის არეში შედის აგრეთვე ზღვების (ოკეანეების) დონეების ერთიმეორესთან დაკავშირება სიმაღლეების მიხედვით, დედამიწის ზედაპირის რყევადობის შესწავლა და სხვა.

გარდა დასაყრდენი წერტილების სიმაღლეების განსაზღვრისა, ტექნიკური ნიველირების მიზანია დედამიწის ზედაპირის უსწორმასწორობის (რელიეფის) გამოსახვა ქაღალდზე და აგრეთვე ზედაპირის პროფილის (პროფილის) შედგენა საჭირო მიმართულებით. ტექნიკური ნიველირება უმთავრესად გამოიყენება საინჟინრო საქმეში — გზების, არხებისა და სხვა ნაგებობათა დაგეგმარების მიზნით და მშენებლობის დროს.

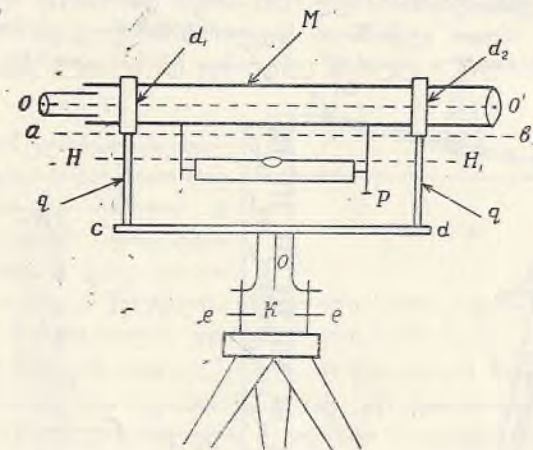
§ 125. გეომეტრიული ნიველირების არსი

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გეომეტრიული ნიველირებით წერტილების სიმაღლეა სხვაობები განისაზღვრება ისეთი ინსტრუმენტით, რომელიც იძლევა თარაზულ სხივს. ამგვარი გეოდეზიური ინსტრუმენტი არის ნიველირი, რომლის მთავარ ნაწილს შეადგენს M ჭოგრის და HH_1 თარაზო (ნახ. 233). ეს ნაწილები q დგარების საშუალებით მიმაგრებულია cd შიშვზე, რომელიც ბრუნავს ინსტრუმენტის OK ღერძის გარშემო. მთელი ინსტრუმენტი სამი ამწევი e ხრახნებით იდგმება შტატივზე და მიემაგრება მას სათანადო ზამბარაკიანი ხრახნით.

თარაზოს HH_1 ღერძი უნდა იყოს ჭოგრის დამზერის OO' ღერძის პარალელური. იმ შემთხვევაში, თუ ნიველირის e ამწევი ხრახნებით თარაზოს HH_1 ღერძს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, მაშინ ჭოგრის OO' ღერძიც იქნება ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, ე. ი. მივიღებთ ჰორიზონტალურ სხივს, რომლის საშუალებითაც შეგვიძლია განსაზღვროთ წერტილების სიმაღლეა სხვაობა.

არსებობს ნიველირების ორი ხერხი: ნიველირება ხაზის ბოლოდან და ხაზის შუა წერტილიდან.

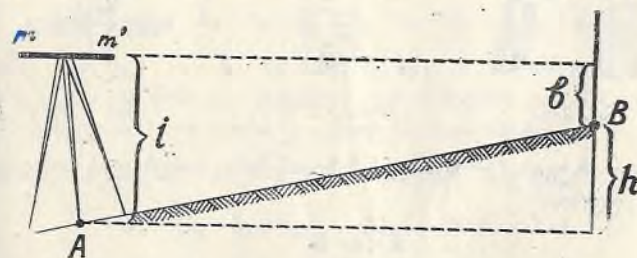
ნიველირება ხაზის ბოლოდან. ვთქვათ, საჭიროა A და B წერტილების (ნახ. 234) h სიმაღლეა სხვაობის განსაზღვრა. ამისათვის ნიველირით ვდგებით ხაზის ბოლოზე, ე. ი. A წერტილზე, და B წერტილზე.



ნახ. 233.

ტილზე შევეუღალ ვაყენებთ ლარტყას, რომელიც დაყოფილია სანტიმეტრებად.

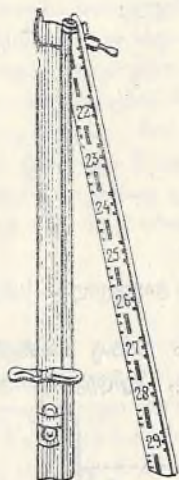
სანიველირო ლარტყები ნაჩვენებია 235-ე და 236-ე ნახაზებზე. შემდეგ ნიველირის ამწევი ხრახნებით (ჯერ ორით, შემდეგ მესამით)



ნახ. 234.

თარაზოს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. ამ შემთხვევაში ჭოგრის OO' ღერძი იქნება ჰორიზონტალური, რადგანაც ეს ღერძი თარაზოს ღერძის პარალელურია. ამის შემდეგ ჭოგრის მიმართავეთ B

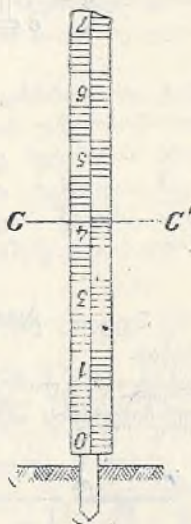
წერტილზე დაყენებული ლარტყისაკენ და ავიღებთ ანათვალს ლარტყის ძირიდან (წარწერილია ნულით, ნახ. 237) ძაფთა ბადის თარაზულ OO' ძაფამდე. ანათვალს ღებულობენ მილიმეტრებით და, როგორც 237-ე ნახაზიდან ჩანს, ანათვალს უდრის 437 მილიმეტრს (ანათვალის ბოლო ციფრს, ე. ი. 7 მილიმეტრს, შეაფასებენ თვალთ). ეს ანათვალს, რომელიც შეესაბამება თარაზულ OO' სხივს (ნახ. 234), აღვნიშნოთ i ასოთი. i ასოთი აღვნიშნოთ ნიველირის სიმაღლე, ე. ი. სიმაღლე მიწის ზედაპირიდან ოკულარის ცენტრამდე (ეს სიმაღლე ჩვეულებრივ



ნახ. 235.



ნახ. 236.



ნახ. 237.

იზომება ლარტყით). როგორც ნახაზიდან ჩანს, საძიებელ h სიმაღლეთა სხვაობა უდრის:

$$h = i - b.$$

თუ B წერტილი უფრო მაღალია, ვიდრე A წერტილი, მაშინ სხვაობას ($i - b$) ექნება დადებითი ნიშანი. თუ B უფრო დაბალია, ვიდრე A წერტილი, მაშინ სხვაობას ექნება უარყოფითი ნიშანი.

ნიველირება ხაზის შუა წერტილიდან. ამ შემთხვევაში A და B წერტილებზე აყენებენ ლარტყებს (ნახ. 238) და ნიველირით ღებვიან აღნიშნულ წერტილებს შორის, დაახლოებით შუა მანძილზე. თარაზოს მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და ჰოვრში ცქერით აიღებენ ანათვალს ჯერ A ლარტყაზე და შემდეგ B ლარტყაზე. ეს ანათვლები აღვნიშნოთ a და b ასოებით. როგორც 238-ე ნახაზიდან ჩანს, საძიებელ სიმაღლეთა სხვაობა უდრის:

$$h = a - b.$$

აღნიშნულ სხვაობას შეიძლება ჰქონდეს დადებითი (თუ B წერტილი მაღალია A წერტილზე) ან უარყოფითი ნიშანი (თუ B წერტილი დაბალია, ვიდრე A წერტილი). განხილული ხერხი უფრო ზუსტი, მარტივი და მოწესრიგებულია, ვიდრე პირველი ხერხი.

იმ შემთხვევაში, როდესაც A და B წერტილებს შორის დიდი მანძილია, სიმაღლეთა სხვაობის მისაღებად AB მანძილს დაყოფენ ცალკე უბნებად და უკვე განხილული მეთოდებით გაიგებენ ცალკე უბნების $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ სიმაღლეთა სხვაობებს. მათი ალგებრული ჯამი იქნება A და B წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა, ე. ი.

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n. \quad (1)$$

თუ ნიველირება წარმოებულია მე-2 ხერხით, ე. ი. ნიველირით წერტილებს შორის ღვომით, მაშინ:

$$h_1 = a_1 - b_1; \quad h_2 = a_2 - b_2; \quad h_3 = a_3 - b_3 \dots h_n = a_n - b_n,$$

სადაც $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ და $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ წარმოადგენს ანათვლებს უკანა და წინა ლარტყებზე (უკანა ხედები და წინა ხედები), ამ შემთხვევაში 1-ლი ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

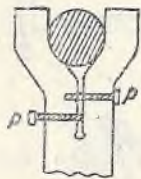
$$h = a_1 - b_1 + a_2 - b_2 + a_3 - b_3 + \dots + a_n - b_n = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n - (b_1 + b_2 + b_3 + \dots + b_n) = \Sigma a - \Sigma b,$$

ე. ი. A და B წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა h უდრის უკანა ხედების ჯამს (Σa) მინუს წინა ხედების ჯამი (Σb). ამის ანალოგიურად, თუ ნიველირება წარმოებულია 1-ლი ხერხით, მაშინ:

$$h = \Sigma i - \Sigma b.$$

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ყოველი ნიველირის ნაწილია ჭოგრი M და თარაზო H (ნახ. 233). ძველი სისტემის (ეგოს სისტემის) ნიველირებში, რომლებიც ამჟამად იშვიათად გამოიყენება, თარაზო მიმაგრებულია em შიშვით და ჭოგრი თავისუფლად მოთავსებული q ღვარის ჩანგლისმაგვარ ბუდეებში (ნახ. 239).

ახალი კონსტრუქციის ნიველირებში H თარაზო ჭოგრზე მაგრდება (ნახ. 233), ჭოგრი თავისუფლად დევს ღვარების ჩანგლისმაგვარ ბუდეებში (ნახ. 239) და შეიძლება ამ ბუდეებიდან ჭოგრის ამოღება, როგორც ეგოს სისტემაში.



ნახ. 239.

ამჟამად დიდი გამოყენება აქვს ეგრეთწოდებულ ხშულ (ყრუ) ნიველირებს (ნახ. 244). მათ ტექნიკურ ნიველირებსაც (TH) უწოდებენ. ხშულ ნიველირებში ჭოგრი თარაზოსთან ერთად ხშულადაა მიმაგრებული ღვარზე. მათ მიეკუთვნება აგრეთვე ს დ ო ლ - კ ე ვ ი ჩ ი ს სისტემის ნიველირები (ნახ. 249).

ამჟამად ჩვენში აგრეთვე გამოიყენება ცეისის სისტემის ნიველირები (ნახ. 252).

ქვემოთ მოყვანილია შემოწმება იმ სისტემების ნიველირებისა, რომლებიც ამჟამად გამოიყენება წარმოებაში.

§ 127. ნიველირების შემოწმება

შემოწმება იმ სისტემის ნიველირისა, სადაც თარაზო მაგრდება ჭოგრზე (ნახ. 233) და თვით ჭოგრი თავისუფლად დევს ღვარების ჩანგლისმაგვარ ბუდეებში. როგორც § 125-ში აღვნიშნეთ, ადგილზე მდებარე A და B წერტილების სიმაღლეთა სხვაობის მისაღებად საჭიროა ნიველირის ჭოგრი იძლეოდეს ჰორიზონტალურ სხივს. თუ თარაზოს ღვრძი პარალელურია ჭოგრის დამზერის ღვრძისა და ნიველირის ამწვეი e ხრახნებით (ნახ. 233) თარაზოს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, მაშინ ჭოგრის დამზერის ღვრძიც იქნება ჰორიზონტალური და შეეძლება A და B წერტილების სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრას. აქ მხედველობაში უნდა ვიჭონოთ, რომ ჭოგრში არსებობს ორი ღვრძი—დამზერისა და გეომეტრიული.

დამზერის ღვრძი არის ოკულარის მილში მოთავსებულ ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილის და ობიექტივის ოპტიკური ცენტრის შემავრთველი ხაზი, ხოლო გეომეტრიული ღვრძი არის ჭოგრის (როგორც ცილინდრის) სიმეტრიის OO' ღვრძი (ნახ. 233). ვინაიდან აღნიშნული ნიველირით მუშაობისას ხდება ჭოგრის გადაადგილება ღვარის

ბუდეებში და ჭოგრის ბრუნვა გეომეტრიული ღვრძის გარშემო, ამიტომ საჭიროა, ჭოგრის დამზერისა და გეომეტრიული ღვრძები ერთმეორეს ემთხვეოდეს. გარდა ამისა, საჭიროა თვით თარაზოს შემოწმება, როგორც თეოდოლიტის ალიდადაზე მოთავსებულ თარაზოსი. ეს შემოწმება (იხ. § 66) გამოისახება იმაში, რომ თარაზოს HH_1 ღვრძი (ნახ. 233) იყოს პერპენდიკულარული ნიველირის შვეული (ბრუნვის) OK ღვრძისა.

როგორც ქვემოთაა განხილული, საჭიროა აგრეთვე გამოკვლევა იმისა, ჭოგრის გამადიდებლობა შეესაბამება თუ არა თარაზოს მგრძნობიარობას და ოკულარის მილს აქვს თუ არა მდოვრე სვლა.

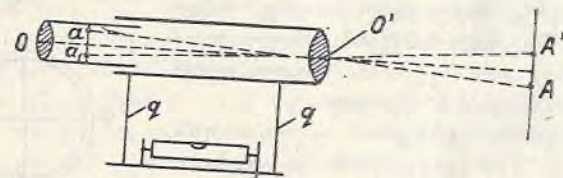
ამრიგად განხილული სისტემის ნიველირი (ნახ. 233) უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

1. ჭოგრის დამზერისა და გეომეტრიული ღვრძები უნდა ემთხვეოდნენ ერთმანეთს,
2. ჭოგრის დამზერის ღვრძი უნდა იყოს პარალელური თარაზოს ღვრძისა,
3. თარაზოს ღვრძი უნდა იყოს მართობი ნიველირის შვეული (ბრუნვის) ღვრძისა,
4. ოკულარის მილს უნდა ჰქონდეს მდოვრე სვლა და
5. ჭოგრის გამადიდებლობა უნდა შეესაბამებოდეს თარაზოს მგრძნობიარობას.

განვიხილოთ ცალ-ცალკე შემოწმების შემოწმება.

1. ჭოგრის დამზერისა და გეომეტრიული ღვრძები უნდა იყოს თანხვედნილი.

როგორც ვიცით, ჭოგრის დამზერის ღვრძი არის ხაზი, რომელიც ობიექტივის ცენტრს აერთებს ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილ-

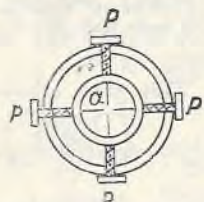


ნახ. 240

თან: გეომეტრიული ღვრძი კი არის ჭოგრის (როგორც ცილის) სიმეტრიის ღვრძი. საჭიროა აღვნიშნული ღვრძების შეთავსება. დაფუძნებით, რომ ეს ღვრძები არ არის შეთავსებული (ნახ. 240), ე. ი. ძაფების გადაკვეთის a წერტილი არ მდებარეობს გეომეტრიულ oo' ღვრძზე (ძაფთა ბაღე აწეულია).

ამ შემთხვევაში ძაფების გადაკეთის a წერტილი დაფარავს ინსტრუმენტის წინ დაყენებული ლარტყის A წერტილს. თუ ჭოგრის თავის ბუდეებში შეატრიალებთ 180° -ით, მაშინ ძაფების გადაკეთის წერტილი გადმოვა ქვედა a' წერტილში და ჭოგრის ცქერის დროს ეს წერტილი დაფარავს ლარტყის უკვე სხვა A' წერტილს.

ამგვარად, თუ ჭოგრის ტრიალის დროს ძაფების გადაკეთის წერტილი ფარავს საგნის სხვადასხვა წერტილს, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ ჭოგრის დამზერის ao' ღერძი არ ემთხვევა მის გეომეტრიულ oo' ღერძს. შესწორების მიზნით, ძაფთა ბადეს თავისი შემასწორებელი შევული P ხრახნებით (ნახ. 241) ისე გადაადგილებენ, რომ ჭოგრის ტრიალის დროს ძაფების გადაკეთის a წერტილი არ ასცდეს ადგილზე (ლარტყაზე ან კედელზე) დანიშნულ წერტილს.



ნახ. 241.

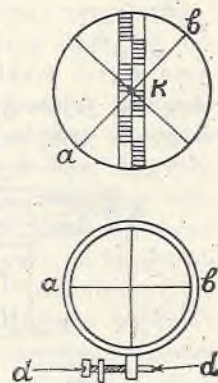
გარდა აღნიშნული შემოწმებისა, საჭიროა ჭოგრის ისე დაყენება, რომ მუშაობის დროს ძაფთა ბადის ab ხაზი (ნახ. 242) პორიზონტალურად იყოს. ამისათვის ნიველირის ამწვეი ხრახნებით თარაზოს მოიყვანენ პორიზონტალურ მდგომარეობაში და ჭოგრის მიმართავენ საგნის, მაგალითად, კედლის ან ლარტყის K წერტილისაკენ (იგივე ზედა ნახაზი). შემდეგ მიკროხრახნით ინსტრუმენტს უმნიშვნელოდ შეატრიალებენ შევული ღერძის გარშემო პორიზონტალურ სიბრტყეში.

თუ ab ხაზი ასცდა K წერტილს, მაშინ შემასწორებელი d ხრახნით, რომელიც მიბჯენილია ჭოგრის მიდებულ თითზე, მთელ ჭოგრის ისე შეატრიალებენ (გეომეტრიული ღერძის გარშემო), რომ ნიველირის ტრიალის დროს ab ხაზი არ ასცდეს K წერტილს.

II. ჭოგრის დამზერის ღერძი უნდა იყოს პარალელური თარაზოს ღერძისა.

როგორც 233-ე ნახაზიდან ჩანს, აღნიშნული პირობის დასაცავად საჭიროა:

- 1) თარაზოს HH_1 ღერძი პარალელური იყოს სატაცების ab მხები ხაზისა და
- 2) სატაცების d_1 და d_2 დიამეტრები იყოს ტოლები.

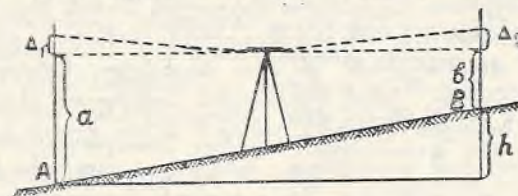


ნახ. 242.

სატაცები წარმოადგენენ ჭოგრის გარშემორტყმულ d_1 და d_2 რგოლებს, რომლითაც ჭოგრი თავსდება q დგარის ჩანგლისმაგვარ ბუდეებში (ნახ. 239).

შემოწმების პირობები განვიხილოთ ცალ-ცალკე.

1. თარაზოს HH_1 ღერძი პარალელური უნდა იყოს სატაცების ab მხები ხაზისა. შემოწმების მიზნით ნიველირის ამწვეი ხრახნებით თარაზოს მოიყვანთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში. შემდეგ ჭოგრის ამოვიღებთ დგარებიდან და 180° -ზე შეტრიალების შემდეგ ისევ მოვათავსებთ დგარების ბუდეებში. ამ შემთხვევაში, თუ თარაზოს ბუშტულა ისევ შუა ადგილზე დადგა, ეს იმას ნიშნავს, რომ თარაზოს HH' ღერძი პარალელური ყოფილა სატაცების მხები ab ხაზისა. წინააღმდეგ შემთხვევაში პირობა არ იქნება დაცული და შესწორების მიზნით თარაზოს შემასწორებელი P ხრახნით (ნახ. 233) ბუშტულას გადაადგილებთ გადახრის ნახევარზე. მეორე ნახევარზე



ნახ. 243.

გადაადგილებენ ნიველირის ამწვეი ხრახნებით. შემოწმებას ვიმეორებთ რამდენიმეჯერ.

2. სატაცების დიამეტრები უნდა იყოს ტოლები. შემოწმების მიზნით ადგილზე პალოებით დანიშნავენ A და B წერტილებს (ნახ. 243), რომელზედაც აყენებენ ლარტყებს, ხოლო მათ შორის, შუა ადგილზე—ნიველირს. ამ წერტილებს შორის მანძილს ლებულობენ 50—80 მეტრამდე.

დავუშვათ, რომ d_1 და d_2 სატაცების დიამეტრები ტოლებია. ცხადია, რომ ჭოგრის დამზერის ღერძი, რომელიც შეთავსებულია გეომეტრიულ OO' ღერძთან (უკვე შემოწმებულია). პარალელური იქნება თარაზოს HH_1 ღერძისა, მაშასადამე, თუ ნიველირის ამწვეი e ხრახნებით (ნახ. 233) თარაზოს მოიყვანთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში, მაშინ ჭოგრის დამზერის HH_1 ღერძი პორიზონტალური იქნება და ლარტყაზე აღებული a და b ანათვლების სხვაობა გამოსახავს A და B წერტილების სიმაღლეთა h სხვაობას, ე. ი.

$$h = a - b.$$

თუკი სატაცების დიამეტრები d_1 და d_2 არ არის ტოლები, მაშინ ჭოგრის დამზერის ღერძი OO' არ იქნება თარაზოს ღერძის პარალელური. მაშასადამე, თარაზოს ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ ჭოგრის დამზერის ღერძი იქნება დახრილი (ჩვენს შემთხვევაში აწეული. ნახ. 243) და ლარტყებზე, ნაცვლად a და b ანათვლებისა, მივიღებთ $a + \Delta_1$ და $b + \Delta_2$ ანათვლებს.

თუ ნიველირი ზუსტად დაყენებულია A და B წერტილებს შორის შუა მანძილზე, მაშინ $\Delta_1 = \Delta_2$ და ანათვლების სხვაობა გამოსახავს A და B წერტილების სიმაღლეთა სხვაობის სწორ მნიშვნელობას. მართლაც:

$$h = (a + \Delta_1) - (b + \Delta_2) = a - b \quad (\text{ვინაიდან } \Delta_1 = \Delta_2).$$

ამრიგად, h სხვაობის მნიშვნელობა მივიღეთ იგივე, რაც პირველ შემთხვევაში (როცა სატაცების დიამეტრები ურთიერთტოლი იყო). ე. ი. თუ ნიველირი დაყენებულია წერტილებს შორის შუა მანძილზე, სატაცების არატოლობა არ ახდენს გავლენას სიმაღლის განსაზღვრის სიზუსტეზე. თუკი ნიველირი არ არის დაყენებული წერტილებს შორის შუა მანძილზე, მაშინ წერტილების სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრაში მივიღებთ შეცდომას, ვინაიდან Δ_1 არ უდრის Δ_2 .

იმ მიზნით, რომ გავარკვიოთ, თანატოლია თუ არა სატაცების დიამეტრები, ვიქცევით ასე: შუა მაძილიდან ნიველირს გადავიტანთ უფრო ახლოს A ან B წერტილთან, თარაზოს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და ჭოგრში ცქერით A და B წერტილებში დაყენებულ ლარტყაზე ავიღებთ ანათვლებს. თუ ამ ანათვლების სხვაობა მივიღეთ იგივე, რაც პირველ შემთხვევაში (როდესაც ნიველირი დაყენებული იყო A და B წერტილებს შორის შუა მანძილზე), მაშინ პირობა დაცული ყოფილა, ე. ი. სატაცების დიამეტრები ტოლები ყოფილა. წინააღმდეგ შემთხვევაში პირობა არ ყოფილა დაცული და შესწორების მიზნით ნიველირი უნდა გადაეცეს სახელოსნოს.

განხილული შემოწმებიდან გამომდინარეობს ის, რომ ამგვარი შესწორებელი ნიველირითაც შეიძლება სწორი შედეგის მიღება, მხოლოდ საჭიროა, რომ ნიველირი იყოს დაყენებული წერტილებს შორის შუა მანძილზე.

III. თარაზოს HH_1 ღერძი უნდა იყოს იარაღის შვეული OK ღერძის (ნახ. 233) მართობი.

შემოწმების მიზნით ინსტრუმენტის ამწევი ხრახნებით თარაზოს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, რის შემდეგაც მთელ ინსტრუმენტს შემოვადრუნებთ შვეული OK ღერძის ირგვლივ 180° -ით.

თუ თარაზოს ბუშტულა შუა ადგილიდან არ გადაიხარა, ეს იმას ნიშნავს, რომ თარაზოს HH_1 ღერძი ყოფილა პერპენდიკულარული შვეული OK ღერძისა. წინააღმდეგ შემთხვევაში პირობა არ იქნება დაცული და შესწორების მიზნით, თარაზოს ბუშტულას დგარზე მოთავსებული შემასწორებელი P ხრახნით (ნახ. 239) გადავადგილებთ გადახრის ნახევარზე. ამ შემთხვევაში თარაზოს ღერძი მიიღებს OK ღერძისადმი მართობ მიმართულებას. ამ შემოწმებას იმეორებენ რამდენიმეჯერ.

IV. ოკულარის მილს უნდა ჰქონდეს მდოვრე სელა.

ეს პირობა იმას გულისხმობს, რომ ოკულარის მილის მოძრაობის დროს ჭოგრის დამზერის ღერძის მიმართულება უცვლელი უნდა დარჩეს. ამ პირობის შემოწმების მიზნით, ჭოგრში ცქერით ავიღებთ ანათვალს 20—30 მეტრის მანძილზე დაყენებულ ლარტყაზე. შემდეგ ოკულარის მილს ვამოძრავებთ ობიექტივის მილში (კრემალიერით). თუ ლარტყაზე აღებული ანათვალა უცვლელი დარჩა, პირობა დაცული ყოფილა, წინააღმდეგ შემთხვევაში ჭოგრი უნდა გადაეცეს სახელოსნოს.

V. ნიველირის თარაზოს მგრძნობიარობის გამოკვლევა. განხილული შემოწმების გარდა საჭიროა, რომ თარაზოს მგრძნობიარობა შეესაბამებოდეს ჭოგრის გამადიდებლობას. ამის შემოწმება იმ შემთხვევაშია საჭირო, როდესაც მუშაობა გვიხდება სახელოსნოდან მიღებული ნიველირით, სადაც შეცვლილი იყო თარაზო ან ნიველირის ოპტიკა.

თუ თარაზო ზედმეტად მგრძნობიარეა და ჭოგრს კი არა აქვს საკმარისი გამადიდებლობა, მაშინ თარაზო არ მოგვითანს დიდ სარგებლობას, ვინაიდან, ერთი მხრივ, ასეთი თარაზოს ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში დაყენება ძნელია და, მეორე მხრივ, ჭოგრში ცქერით მაინც ვერ შევამჩნევთ დამზერის ღერძის უმნიშვნელო გადახრას, რადგანაც ჭოგრს არა აქვს საკმარისი გამადიდებლობა. პირიქით, თუ ჭოგრს ახასიათებს დიდი გამადიდებლობა და თარაზო საკმარისად მგრძნობიარე არ არის, მაშინ, თუ ინსტრუმენტის ანწევი ხრახნებით ჭოგრის ერთ ბოლოს უმნიშვნელოდ ავწევთ ან დავწევთ, ე. ი. ლარტყაზე აღებულ ანათვალს შევცვლით, თარაზოს ბუშტულა მაინც არ შეცვლის თავის მდგომარეობას, ვინაიდან თარაზო არ არის საკმარისად მგრძნობიარე: მაშასადამე, საჭიროა, რომ, რაც უფრო მგრძნობიარეა თარაზო, მით უფრო მეტი გამადიდებლობა ჰქონდეს ჭოგრს, ე. ი. თარაზოს მგრძნობიარობა უნდა შეესაბამებოდეს ჭოგრის გამადიდებლობას.

ეს პირობა შემოწმდება შემდეგი წესით: ინსტრუმენტის ამწევი ხრახნებით თარაზოს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და ჭოგრში ცქერით ავიღებთ ანათვალს ლარტყაზე, რომელიც დაყენებულია 30—40 მეტრის მანძილზე.

ეთქვამთ, ანათვლი მივიღეთ 1575-ის ტოლი. შემდეგ ამწვეი ხრახ-
ნით შეეცვლით ამ ანათვალს ორი მილიმეტრით, ე. ი. გაორკეცებული
სიზუსტით. თუ ბუშტულა ისევ შუა ადგილზე დარჩა, ეს იმის მაჩვენე-
ბელია, რომ თარაზო არ ყოფილა საკმარისად მგრძნობიარე და საჭი-
როა მისი გამოცვლა. ხოლო, თუ ბუშტულა შუა ადგილიდან გადაად-
გილდა, მაშინ თარაზო საკმარისად ან ზედმეტად მგრძნობიარე ყო-
ფილა.

იმ მიზნით, რომ გადარკვიოთ, თუ რომელი მათგანი (საკმარისად
ან ზედმეტად მგრძნობიარობა) ახასიათებს თარაზოს, ამწვეი ხრახნით
ჭოგრის ვაყენებთ ისევ პირველ ანათვალზე (1575-ზე).

თუ თარაზოს ბუშტულა დადგება შუა ადგილზე, თარაზო საკმა-
რისად მგრძნობიარე ყოფილა; ე. ი. მისი მგრძნობიარობა შეესაბამება
ჭოგრის გამადიდებლობას; ხოლო, თუ ბუშტულა ზედაპირის შუა
ადგილს გადასცილდა, მაშინ იგი ზედმეტად მგრძნობიარე ყოფილა და
საჭიროა ასეთი თარაზოს გამოცვლა.

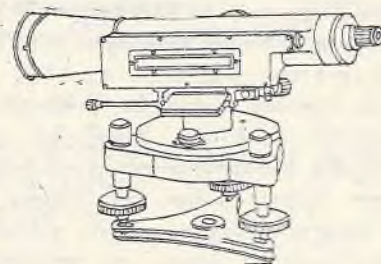
საერთოდ, თუ ნიველირის ყველა შემომოყვანილი პირობა დაცუ-
ლია, მაშინ, თარაზოს ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანით,
ჭოგრის დამზერის ღერძი მიიღებს ჰორიზონტალურ მიმართულებას
და ინსტრუმენტის ტრიალის დროსაც დარჩება ჰორიზონტალური,
ე. ი. ნიველირი მოგვცემს ჰორიზონტალურ სხივს, რომლითაც, რო-
გორც ვიცით, განისაზღვრება წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა.

§ 128. ხშული (ზრუ) ნიველირი (TH) და მისი შემოწმება

ამ ტიპის ნიველირებში (ნახ. 244) ჭოგრი ხშულად (უძრავად) არის
მიმაგრებული ღვარზე და ამის გამო ჭოგრის ამოღება დგარებიდან არ
შეიძლება. ამიტომ ხშულ ნიველირებში ჭოგრის დამზერის და გეომეტ-
რიული ღერძების დამთხვევა არ არის საჭირო. ნახ. 244-ზე ნაჩვენებია
საბჭოთა ქარხნების მიერ გამოშვებული ხშული ნიველირი. ამგვარ ნი-
ველირებს დიდი გამოყენება აქვს საინჟინრო გამოკვლევებსა (გზების,
არხების ტრასირება) და სხვა სახის გეოდეზიურ სამუშაოებში. ამ
ნიველირის ჭოგრი მოკლეა, ვინაიდან მას ახასიათებს შიგა ფოკუსი-
რება. თარაზო, რომელსაც აქვს კამერა, მაგრდება ჭოგრის გვერდით,
კამერის საშუალებით შეიძლება ბუშტულის სიგრძის გადიდება ან
შემცირება. ბუშტულის სიგრძე საერთოდ განიცდის ცვალებადობას
ტემპერატურის კვალობაზე. მაგალითად, დაბალი ტემპერატურის დროს
(ზამთარში) თარაზოში მოთავსებული სითხის შეკუმშვის გამო ბუშტუ-
ლა გრძელდება და შესაძლოა, მისი ბოლოები არც გამოჩნდეს ბუდე-
ში. მაღალი ტემპერატურის დროს (ზაფხულში), პირიქით, სითხის

გაფართოების გამო, შესაძლოა ბუშტულა ძლიერ შემცირდეს და სულ
გაქრეს. ყოველივე ეს ცუდ გავლენას ახდენს თარაზოს სიზუსტეზე, ამის
გამო, იმ ინსტრუმენტებში, სადაც თარაზო ასრულებს მნიშვნელოვან
როლს (ნიველირებში), თარაზოში გამოყოფილია კამერა A (ნახ. 74),
რომლის საშუალებით შეიძლება ბუშტულის სიგრძის რეგულირება.

თუ ჭოგრის დავიჭერთ შევეულად, ისე, რომ ოკულარი მოექცეს
ზემოთ და ნიველირს ოდნავ შევარხევთ, მაშინ ბუშტულა შემცირდება
და, პირიქით, თუ ჭოგრს და-
ვიჭერთ ოკულარით ქვემოთ,
ბუშტულა გადიდება. ოკუ-
ლარის გვერდით თარაზოს
ბუდეში მოთავსებულია პატა-
რა სამზერი მილი. ამ მილში
ცქერით დავინახავთ თარაზოს
ბუშტულას, ხოლო ვინაიდან
თარაზოს ქვემოთ მოთავსებუ-
ლია სპეციალური პრიზმები,
ბუშტულა შუაში გადაკვეთი-
ლად მოგვეჩვენება (ნახ. 245).



ნახ. 244.

ბუშტულის დროს ნიველირის ამწვეი ხრახნებით ბუშტულას აყენე-
ვენ ისე, რომ გაკვეთილი ბოლოების ერთმანეთთან შეთავსება მოგვეჩ-
ვენოს (ნახ. 246). ამ შემთხვევაში თარაზოს ღერძი ჰორიზონ-
ტალური უნდა იყოს. ეს არის ერთ-ერთი პირობა, რომელსაც
უნდა აკმაყოფილებდეს შემოადწერილი სახის ხშული ნიველირი.
აღნიშნულ პირობას ამოწმებენ ასე: ნიველირის ამწვეი ხრახნებით (ჭერ
ორი. ხრახნით და შემდეგ მესამეთი) თარაზოს ბუშტულას მოიყვანენ
ნულპუნქტში (ზედაპირის შუაგულში). ამ დროს ოკულარის გვერდით
მოთავსებულ პატარა მილში ცქერისას ბუშტულის ბოლოები ერთმა-
ნეთს უნდა ემთხვეოდეს (ნახ. 246). წინააღმდეგ შემთხვევაში (ნახ. 245),
თარაზოს ზემოთ მოთავსებული პრიზმის შემასწორებელი ხრახნით



ნახ. 245.



ნახ. 246.

ისე გადავადგილებთ პრიზმას, რომ, როდესაც თარაზოს ბუშტულა
ნულპუნქტზე დადგება, ბუშტულის ბოლოები პრიზმაში ცქერისას
ერთმანეთს დაემთხვეს. გარდა აღნიშნული შემოწმებისა, საჭიროა ხშუ-
ლი ნიველირი აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

1. თარაზოს მგრძნობიარობა უნდა შეესაბამებოდეს ჭოგრის გამაღი-
ლებლობას.

2. თარაზოს ღერძი უნდა იყოს ნიველირის შევული (ბრუნვის) ღერ-
ძის პერპენდიკულარული.

3. ჭოგრის დამზერის ღერძი უნდა იყოს თარაზოს ღერძის პარა-
ლელური და

4. ოკულარს უნდა ჰქონდეს მდოგრე სელა.

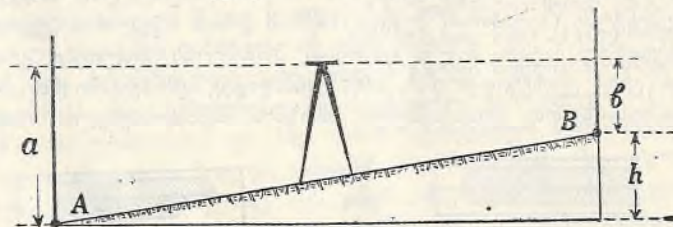
პირველ და მეოთხე პირობას ვამოწმებთ იმავე წესით, როგორც
ზემოგანხილულ (ნახ. 233) ნიველირში (იხ. § 127).

მეორე პირობის შემოწმება. თარაზოს ღერძი უნდა იყოს
ნიველირის შევული ღერძის მართობი.

ამ პირობის შემოწმება წარმოებს იმავე წესით, როგორც თეო-
დოლიტში (იხ. § 66). შემოწმების გაადვილების მიზნით თარაზოს
მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მოგომარეობაში, ჯერ ორი ამწევი ხრახნით,
ხოლო შემდეგ მესამით, რის შემდეგაც თარაზოს შეატრიალებენ 180° -
ით ნიველირის შევული ღერძის გარშემო. თუ ბუშტულა ისევ შუა
ადგილზე დადგა, პირობა დაკული ყოფილა. წინააღმდეგ შემთხვევაში
საჭიროა თარაზოს შესწორება (იუსტირება). ამისათვის თარაზოს შე-
მასწორებელი ხრახნით ბუშტულას გადაადგილებენ გადახრის ნახევარზე.
მეორე ნახევარზე კი გადაადგილებენ ნიველირის ამწევი ხრახნით. შე-
მოწმებას იმეორებენ რამდენჯერმე.

მესამე პირობის შემოწმება. ჭოგრის დამზერის ღერძი
უნდა იყოს თარაზოს ღერძის პარალელური.

ამ პირობის შემოწმების მიზნით ნიველირს აყენებენ პალოებით
დანიშნულ A და B წერტილებს შორის ზუსტად შუა მანძილზე (ნახ.
247) და თარაზოს მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში (ჯერ



ნახ. 247.

ორი ხრახნით და ძერე მესამეთი). შემდეგ A და B წერტილში შევულად
დაყენებულ ლარტყებზე აიღებენ a და b ანათვლებს. ამ ანათვლების
სხვაობა გამოსახავს A და B წერტილების სიმაღლეთა h სხვაობის

სწორ მნიშვნელობას, ვინაიდან ნიველირი დაყენებულია წერტილებს
შორის შუა მანძილზე, ე. ი.

$$h = a - b.$$

ამის შემდეგ ნიველირს გადაიტანენ ერთ-ერთ წერტილში, მაგალითად,
 A -ში (ნახ. 248), თარაზოს მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობა-
ში, ზომავენ (ლარტყით ან ხეველით) ინსტრუმენტის i სიმაღლეს და
ჭოგრში ცქერით B ლარტყაზე აიღებენ c ანათვალს.

თუ ჭოგრის დამზერის ღერძი თარაზოს ღერძის პარალელურია,
მაშინ დაცული იქნება ტოლობა:

$$a - b = i - c. \quad (1)$$

ეს იმით, რომ ტოლობის ორივე ნაწილი გამოსახავს ერთი და იმავე
 A და B წერტილების სიმაღლეთა h სხვაობას.

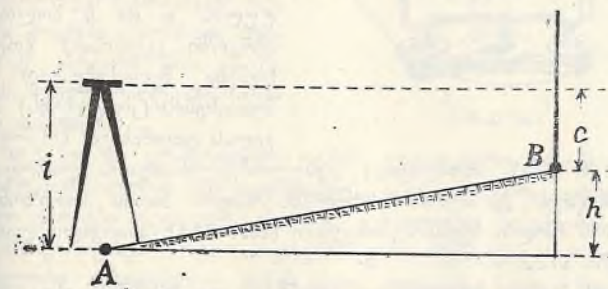
1-ლი ტოლობიდან c ანათვალი უდრის:

$$c = b - a + i. \quad (2)$$

ამ განტოლებაში ჩავსვით b , a და i სიდიდეების მნიშვნელობა. ვთქვათ,
 A და B წერტილებს შორის დგომისას ანათვლები ლარტყებზე მივი-
ღეთ: $a = 1849$ მმ და $b = 1216$ მმ; ინსტრუმენტის სიმაღლე A წერ-
ტილში დგომისას (ნახ. 248) მივიღეთ $i = 1480$ მმ. ამ მნიშვნელობების
შემომოყვანილ ფორმულაში ჩასმით მივიღებთ:

$$c = 1216 - 1849 + 1480 = 847 \text{ მმ.}$$

თუ A წერტილში დგომისას (ნახ. 248) ლარტყაზე ფაქტიური
ანათვალი c მივიღეთ იგივე, რაც გამოთვლით, ე. ი. 847 მმ, ეს იმის



ნახ. 248.

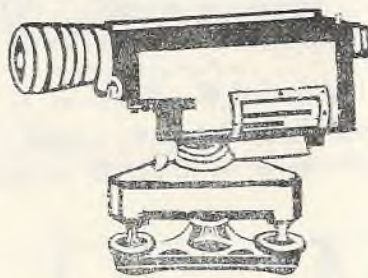
მაჩვენებელია, რომ პირობა დაცული ყოფილა, ე. ი. ჭოგრის დამზე-
რის ღერძი თარაზოს ღერძის პარალელური ყოფილა. თუ ფაქტიური

ანათვალის მიხედვით, მაგალითად 837 მმ, ე. ი. განსხვავებული მე-2 ფორმულით მიღებული ანათვლისაგან (847 მმ), ეს იმის მაჩვენებელია, რომ პირობა არ ყოფილა დაცული და საჭიროა ინსტრუმენტის შესწორება (იუსტირება). ამისათვის ძაფთა ბადის შემასწორებელი ხრახნით (ნახ. 241) ბადეს აწევნ ან დაწვევს ისე, რომ ანათვალის B ლარტყაზე (ნახ. 248) ტოლი იყოს მე-2 ფორმულით მიღებული ანათვალისა, ე. ი. 847 მილიმეტრისა. ამ შემთხვევაში პირობა იქნება დაცული, ე. ი. ჭოგრის დამზერის ღერძი მიიღებს თარაზოს ღერძის პარალელურ მიმართულებას.

§ 129. სდოლოლკევიჩის სისტემის ნიველირი და მისი უზომოვნება

ამჟამად ჩვენი ქარხნები უშვებენ ახალი სისტემის ხშულ ნიველირებს, რომლის კონსტრუქცია ეკუთვნის საბჭოთა კონსტრუქტორის სდოლოლკევიჩს.

ამ ნიველირში (ნახ. 249) თარაზო უძრავადაა მიმაგრებული ჭოგრის სპეციალური ლინზებისა და პრიზმების საშუალებით თარაზოს ზედა ბუშტულის გამოსახულება გადაეცემა ჭოგრისა და ჭოგრის ცქერისას და-გინახავთ შუაზე გაკვეთილ ბუშტულს (ნახ. 250). ამ ნახაზზე a და b



ნახ. 249.

ასობით ნაჩვენებია გაკვეთილი ბუშტულის ბოლოები. თუ ჭოგრის დანეშვებით ლარტყას და ელევაციური ხრახნით თარაზოს მოვიყვანთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში, მაშინ გაკვეთილი ბუშტულის a და b ბოლოები (ჭოგრში ცქერისას) მოგვეჩვენება შეთავსებულად და შეთავსების (კონტაქტის) ადგილას დავინახავთ მოკლე K შტრიხს (ნახ. 251), რომლითაც ღებულობენ ანათვალს ლარტყაზე. ამრიგად, მოკლე K შტრიხი ასრულებს ძაფთა ბადის პორიზონტალური ხაზის როლს. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 251) ანათვალის ლარტყაზე იქნება 1132.

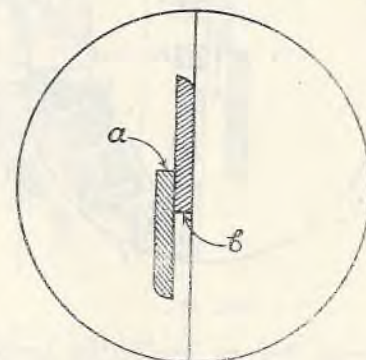
თარაზოს ზემოთ მოთავსებული ლინზები და პრიზმები ისეა გაანგარიშებული, რომ, როდესაც ჭოგრის გეომეტრიულ ღერძს ელევაციური ხრახნით მივცემთ მცირე დახრილობას (90 სეკუნდამდე), მაშინ ჭოგრის დახრასთან ერთად K შტრიხი და ლარტყის გამოსახულება

ერთად გადაადგილდება ზევით ან ქვევით და ანათვალის დარჩება უცვლელი (ჩვენს შემთხვევაში 1132). ეს ანათვალის შეესაბამება დამზერის ღერძის პორიზონტალურ მდგომარეობას.

ასეთ მდგომარეობას სდოლოლკევიჩმა მიიღწია ლინზებისა და პრიზმების სათანადო განლაგებით და აგრეთვე ოკულარისა და ობიექტივის მიღების ისე მოთავსებით, რომ ეს მიღები არ წარმოადგენს ერთი-მეორის გაგრძელებას, ე. ი. ოკულარის მილი გვერდითაა გადაადგილებული ობიექტივის მილის მიმართ. თუ ჭოგრის გეომეტრიული ღერძის დახრილობა 90 სეკუნდზე მეტია, მაშინ ჭოგრში ცქერისას მოკლე K შტრიხს (ნახ. 251) ვერ დავინახავთ, ვინაიდან ეს შტრიხი ჭოგრის მხედველობის არეს გარეთ იქნება.

ოკულარის მილში მოთავსებულია სპეციალური ლინზა, რომლის გეოტრიკალური წიბო ჭოგრში ცქერისას მოგვეჩვენება ძაფთა ბადის შევსებულ ხაზად.

აღნიშნული ნიველირით მუშაობას აწარმოებენ შემდეგი წესით: ამწევი ხრახნებით ნიველირში მოთავსებული მრგვალი თარაზოს ბუშტულს მოიყვანენ ზედაპირის შუაში. შემდეგ ჭოგრს დაუმიწვნენ ლარტყას და ჭოგრში ცქერით არკვევენ, თარაზოს ბუშტულს a და b ბოლოები (ნახ. 250) შეთავსებულია თუ არა. თუ არაა შეთავსებული, მაშინ ელევაციური ხრახნის მოქმედებით ამ ბოლოებს შეათავსებენ ისე, რომ ჭოგრში გამოჩნდეს მოკლე K შტრიხი (ნახ. 251). ამის შემდეგ ლარტყაზე იღებენ ანათვალს.



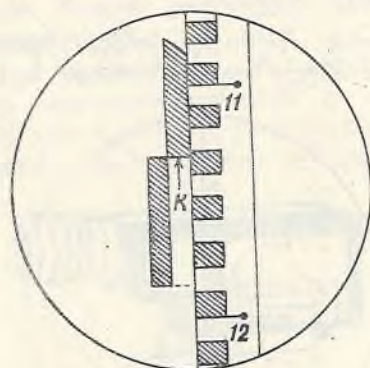
ნახ. 250.

თუ ჭოგრის გეომეტრიულ ღერძს ელევაციური ხრახნით მივცემთ მცირე დახრილობას (90 სეკუნდამდე), მაშინ, როგორც ვთქვით, ანათვალის დარჩება უცვლელი, ეს არის განხილული ნიველირის ღირსშესანიშნავი თვისება. ასეთი თვისების გამო შეიძლება სდოლოლკევიჩის ნიველირი გამოყენებულ იქნეს ისეთ ადგილას, სადაც ნიადაგი არაა მყარი (მაგალითად, ქაობიან ადგილებში და აგრეთვე ქარიან ამინდში).

მრავალი ცდით დადასტურდა ამ ნიველირის მაღალი ხარისხი. ერთი კილომეტრის მანძილზე, იგი იძლევა საშუალო შეცდომას $\pm 2,5$

მილიმეტრამდე, მაშინ როდესაც ცეისის ნიველირი ამავე მანძილზე იძლევა $\pm 2,9$ მილიმეტრამდე შეცდომას.

მთავარი პირობა, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს სდოდოლ-კევიჩის ნიველირი, მდგომარეობს იმაში, რომ ჭოგრის დამზერის ღერძი მუშაობის დროს იყოს ჰორიზონტალური. ამ პირობას ამოწმებენ ისე, როგორც ხზულ ნიველირში (§ 128), ე. ი. ნიველირის დაყენებით როგორც ხაზის შუა ადგილას, ისე ხაზის ბოლოზე, გაიგებენ იმ ანათვალს, რომელიც შეესაბამება ჭოგრის დამზერის ღერძის ჰორიზონტალურობას, შემდეგ ობიექტივის შემასწორებელი ხრახნით ობიექტივის ისე გადაადგილებენ თავის ბუდეში, რომ ჭოგრაში ცქერისას (ნახ. 251) ლარტყაზე აღებული ანათვალი (K შტრიხით) გამოთვლით მიღებული ანათვლის ტოლი იყოს. გარდა ამ პირობისა, საჭიროა, რომ K შტრიხს



ნახ. 251.

შეიძლება მხოლოდ მისი ბრუნვა გეომეტრიული ღერძის ირგვლივ. ამ ბრუნვის დროს თარაზო მოექცევა ჭოგრის როგორც მარჯვენა მხარეზე, ისე მარცხენაზე. მუშაობის დროს თარაზოს აყენებენ ჭოგრის მარცხენა მხარეზე და ეს მდგომარეობა ითვლება სამუშაო მდგომარეობად. ჭოგრის ოკულარის გვერდით თარაზოს ბუდეში მოთავსებულია სამზერი მილი, ხოლო თარაზოს ზემოთ მოთავსებულია სპეციალური პრიზმები. სამზერ მილში ცქერისას დაინახავთ შუაზე გაკვეთილ თარაზოს ბუშტულს (ნახ. 245). თარაზოს ზედაპირზე ერთი ან ორი შტრიხით დათვნილია ნულპუნქტი. გარდა ამ თარაზოსი, ნიველირის დგარზე მოთავსებულია მრგვალი H თარაზო, რომლის ბუშტულსაც მუშაობის დროს მოიყვანენ ზედაპირის შუაგულში ნიველირის ამწევი n ხრახნებით. ამის შემდეგ ელევაციური A ხრახნით ცილინდრულ თარაზოს მოიყვან-

(ნახ. 251) ჰქონდეს მკვეთრი შტრიხის გამოსახულება და არა ზოლისა. ამის რეგულირება წარმოებს თარაზოს ბუდეში მოთავსებული ხრახნის შეწვევითა და გამოწვევით.

§ 130. ცეისის ნიველირი და მისი უმჯობესება

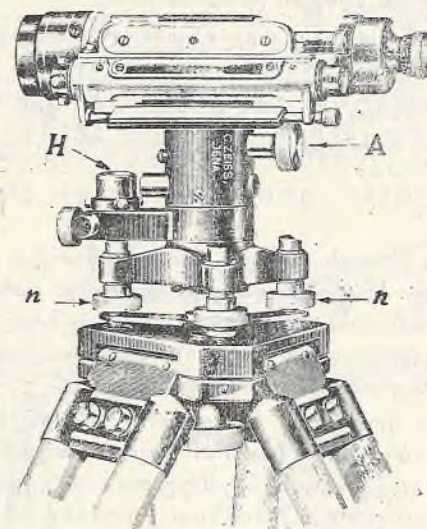
ცეისის სისტემის ნიველირში ცილინდრული თარაზო მოთავსებულია ჭოგრის გვერდით (ნახ. 252) და ჭოგრი დგარის ბუდიდან არ ამოიღება,

ნენ ისეთ მდგომარეობაში, რომ სამზერ მილში ცქერის დროს ბუშტულს ბოლოები ერთმანეთს ემთხვეოდეს (ნახ. 246).

ნიველირის შემოწმება. ცეისის სისტემის ნიველირი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

1. მრგვალი H თარაზოს ღერძი, ე. ი. თარაზოს სფერული ზედაპირის ცენტრში გამავალი რადიუსი უნდა იყოს ნიველირის შვეული (ბრუნვის) ღერძის პარალელური.

2. როდესაც ცილინდრული თარაზოს ბუშტულა ელევაციური A ხრახნით (ნახ. 252) მოყვანილია ნულპუნქტში (ზედაპირის შუაგულში),



ნახ. 252.

მაშინ პრიზმაში ცქერისას თარაზოს ბუშტულს გაკვეთილი ბოლოები ერთმანეთს უნდა ემთხვეოდეს (ნახ. 246).

3. როდესაც ნიველირი დაყენებულია სამუშაო მდგომარეობაში (თარაზო ჭოგრის მარცხენა მხარეზე) და პრიზმაში ცქერის დროს თარაზოს ბუშტულს ბოლოები ერთმანეთს ემთხვევა, ჭოგრის დამზერის ღერძი უნდა იყოს ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში.

განვიხილოთ ცალ-ცალკე ზემოთყვანილი პირობების შემოწმება.

პირველი პირობა. მრგვალი თარაზოს ღერძი უნდა იყოს პარალელური ნიველირის შვეული (ბრუნვის) ღერძისა.

19 გრ. ხუნჯუა

289

ამ პირობის შემოწმების მიზნით, ნიველირის ამწვეი ხრახნებით მრგვალი თარაზოს ბუშტულას მოიყვანენ ზედაპირის ცენტრში და ნიველირს შემოატრიალებენ 180° -ით შვეული ღერძის ირგვლივ. თუ ბუშტულა გადაიხარა ზედაპირის შუაგულიდან (ცენტრიდან), პირობა არ ყოფილა დაცული და შესწორების მიზნით, თარაზოს შემასწორებელი ხრახნებით ბუშტულას დააყენებენ საშუალო მდებარეობაზე, ე. ი. გადახრის შუა ადგილზე. ამის შემდეგ ნიველირის ამწვეი ხრახნებით ბუშტულას ისევ მოიყვანენ ზედაპირის ცენტრში. ამ შემოწმებას იმეორებენ, სანამ თარაზოს ბუშტულა ზედაპირის ცენტრში დარჩება ურყევად, შვეული ღერძის გარშემო ტრიალის დროს.

მეორე პირობა. როდესაც ცილინდრული თარაზოს ბუშტულა ელევაციური ხრახნით დაყენებულია ნულპუნქტზე, ე. ი. სიმეტრიულად ზედაპირზე დანიშნული შტრიხის მიმართ, მაშინ ოკულარის გვერდით მოთავსებულ მილში ცქერისას თარაზოს ბუშტულას გადაკვეთილი ბოლოები ერთმანეთს უნდა ემთხვეოდეს (ნახ. 246).

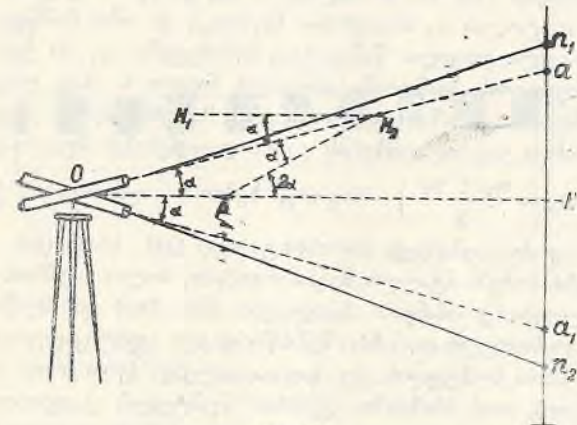
თუ ეს პირობა არ არის დაცული, მაშინ შესწორების მიზნით პრიზმის შემასწორებელი ხრახნებით ისევ გადაადგილებენ თარაზოს ზემოთ მოთავსებულ პრიზმას, რომ, როდესაც თარაზოს ბუშტულა დაყენებულია ნულპუნქტზე (ელევაციური ხრახნით), ბუშტულას ბოლოები პრიზმაში ცქერის დროს ერთმანეთს ემთხვეოდეს.

მესამე პირობა. როდესაც ნიველირი დაყენებულია საშუალო მდგომარეობაში (თარაზო ჭოგრის მარცხენა მხარეზე) და პრიზმაში ცქერისას ბუშტულას გაკვეთილი ბოლოები ელევაციური A ხრახნით ერთმანეთთან შეთავსებულია (ნახ. 255), მაშინ ჭოგრის დამზერის ღერძი ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში უნდა იყოს.

ამ პირობის შემოწმების მიზნით, ნიველირს აყენებენ საშუალო მდგომარეობაში (თარაზო ჭოგრის მარცხენა მხარეზე) და ამწვეი n ხრახნებით მრგვალ თარაზოს ბუშტულას მოიყვანენ ზედაპირის შუა ადგილზე. შემდეგ ელევაციური A ხრახნით (ნახ. 252) ცილინდრულ თარაზოს ისევ დააყენებენ, რომ პრიზმაში ცქერისას ბუშტულას ბოლოები ერთმანეთს ემთხვეოდეს (ნახ. 246) და ჭოგრეში ცქერით $30-40$ მეტრის მანძილზე დაყენებულ ლარტყაზე აიღებენ n_1 ანათვალს (ნახ. 253).

ვთქვათ, პირობა არ არის დაცული, ე. ი. n_1 ანათვალის აღების დროს ჭოგრის გეომეტრიული Oa ღერძი (ნაჩვენებია წყვეტილი ხაზით)

ჰორიზონტალური OH ხაზის მიმართ დახრილია α კუთხით და აგრეთვე დაფუძვით, რომ ჭოგრის გეომეტრიული Oa და დამზერის On_1 ღერძები ერთმანეთს არ ემთხვევიან. ვინაიდან პრიზმაში ცქერის დროს თარაზოს გაკვეთილი ბუშტულას ბოლოები შეთავსებულად მოჩანს, ამიტომ, თანახმად მეორე პირობისა, ცილინდრული თარაზოს H_1H_2 ღერძი (ნახ. 253) ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში იქნება და ეს H_1H_2 ღერძი გეომეტრიულ Oa ღერძთან შექმნის იმავე α კუთხეს, რა კუთხესაც ქმნის გეომეტრიული Oa ღერძი ჰორიზონტალურ OH ხაზთან, n_1 ანათვალის აღების შემდეგ ჭოგრის შეატრიალებენ თავისი გეომეტრიულ Oa ღერძის გარშემო 180° -ით. ამ შემთხვევაში ცილინდრული თარაზოს H_1H_2 ღერძი მიიღებს H_2P ხაზის მიმართულებას, რომელიც გეომეტრიულ ღერძთან შექმნის იმავე α კუთხეს, ხოლო OH ხაზთან — 2α კუთხეს. ამის გამო პრიზმაში ცქერისას თარაზოს გაკვეთილი ბუშტულას ბოლოები ერთმანეთს არ დაემთხვევიან (ნახ. 245). მაშასადამე,



ნახ. 253.

საჭირო იქნება A ელევაციური ხრახნით თარაზოს გაკვეთილი ბუშტულას ბოლოები ერთმანეთს ემთხვეოდეს (ნახ. 246).

ამის შემდეგ ჭოგრეში ცქერით ლარტყაზე აიღებენ n_2 ანათვალს. ელევაციური ხრახნით თარაზოს ბუშტულას ბოლოების დამთხვევის დროს, თარაზოს PH_2 ღერძი დადგება ჰორიზონტალურად, ე. ი. გადაადგილდება 2α კუთხით. ამასთან ერთად, გეომეტრიული ღერძიც გადაადგილდება 2α კუთხით და მიიღებს Oa_1 ხაზის მიმართულებას, რომელიც OH ჰორიზონტალურ ხაზთან შეადგენს α კუთხეს. აგრეთვე n_1 და n_2 წერტილები (ნახ. 253) სიმეტრიულად იქნება დალაგებული

თარაზულ OH ხაზის მიმართ და, მაშასადამე, საშუალო n_0 ანათვალის ($n_0 = \frac{n_1 + n_2}{2}$) შეესაბამება თარაზულ OH სხივს.

ჩვენი მიზანია ჭოგრის დამზერის ღერძი შევუთავსოთ ამ თარაზულ OH სხივს და იმავე დროს პრიზმაში ცქერისას თარაზოს გაკვეთილი ბოლოები ერთმანეთთან შეთავსებული მოგვეჩვენოს (ნახ. 246).

ამ მსჯელობიდან გამომდინარეობს ცეისის ნიველირის შემოწმების და შესწორების შემდეგი წესი:

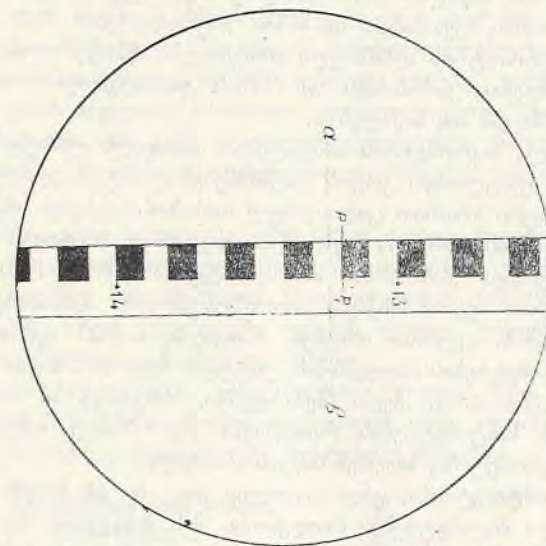
ნიველირს მოიყვანენ მუშა მდგომარეობაში (თარაზო ჭოგრის მარცხნივ), ელევაციური A ხრახნით (ნახ. 252) თარაზოს გაკვეთილ ბოლოებს ერთიმეორესთან შეათავსებენ (ნახ. 246) და ლარტყაზე, რომელიც დაყენებულია ნიველირიდან 40—45 მეტრის მანძილზე, აიღებენ n_1 ანათვალს. შემდეგ ჭოგრას შეატრიალებენ თავისი გეომეტრიული ღერძის გარშემო 180° -ით და ხელახლა აიღებენ n_2 ანათვალს. თუ ეს ანათვალის n_1 ტოლია n_2 ანათვალისა ($n_1 = n_2$), ეს იმას ნიშნავს, რომ პირობა დაცული ყოფილა. წინააღმდეგ შემთხვევაში (n_1 არ უდრის n_2) საჭიროა ნიველირის შესწორება. ამისათვის ნიველირის ისევ დააყენებენ სამუშაო მდგომარეობაში (თარაზო ჭოგრის მარცხნივ) და ელევაციური A ხრახნით ჭოგრის დამზერის ღერძს დააყენებენ საშუალო n_0 ანათვალზე ($n_0 = \frac{n_1 + n_2}{2}$). როგორც ზემოთაა აღნიშნული, ჭოგრის

დამზერის ღერძი დაემთხვევა ჰორიზონტალურ OH სხივს (ნახ. 253), ე. ი. იქნება ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, ხოლო თარაზოს გაკვეთილი ბოლოები ერთმანეთს ასცილდება (ნახ. 245) და შესწორების მიზნით ცილინდრული თარაზოს შემასწორებელი (ვერტიკალური) ხრახნებით თარაზოს ბუშტულას ისე გადაადგილებენ (ერთ-ერთი ბოლოს აწევ-დაწევით), რომ პრიზმაში ცქერისას ბუშტულას გაკვეთილი ბოლოები ერთმანეთს ემთხვეოდეს. ამის შედეგად პირობა დაცული იქნება, ე. ი. როდესაც თარაზოს გაკვეთილი ბუშტულას ბოლოები შეთავსებული მოგვეჩვენება (ნახ. 246), მაშინ ჭოგრის დამზერის ღერძი ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში იქნება. მაშასადამე, ასეთი ჰორიზონტალური სხივით უკვე შეგვიძლია ადგილზე დანიშნული წერტილების სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრა.

როგორც ზემოთ აღნიშნეთ, მუშაობის დროს ნიველირს აყენებენ სამუშაო მდგომარეობაში (თარაზო მოთავსებულია ჭოგრის მარცხენა მხარეზე) და ამ მდგომარეობისათვის ლარტყაზე ლეზულობენ ანათვლებს თარაზოს ბუშტულას ბოლოების შეთავსების შემდეგ.

ზემოვანხილული სისტემის ნიველირებში ანათვლებს ლარტყაზე იღებენ წარწერილი რიცხვების მიხედვით მილიმეტრის სიზუსტით. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 254), როგორც წარწერები ლარტყაზე გვიჩვენებს, ანათვალის ლარტყის ნულიდან ძალთა ბადის შუა ab ხაზამდე უდრის 1324 მილიმეტრს.

იმ მიზნით, რომ დავაზუსტოთ pp და ab ხაზებს შორის მოთავსებული მილიმეტრების რაოდენობა, ამ ხაზებს შორის მონაკვეთს (მილიმეტრებში) შეათვსებენ არა თვალთ, როგორც ჩვენს შემთხვევაში



ნახ. 254.

(4 მმ), არამედ ზომავენ სხვადასხვა საზომის საშუალებით. ერთ-ერთ ასეთ საზომს წარმოადგენს ჭოგრის ობიექტივთან მოთავსებული მინის ფირფიტა, რომლის დაყენება ჭოგრის დამზერის ღერძის მიმართ შეიძლება როგორც პერპენდიკულარულად, ისე დახრილად. ასეთი მოქმედება ხორციელდება ნიველირის ელევაციური ხრახნის გვერდით მოთავსებული მიკრომეტრის ბრუნვით თავის ღერძის ირგვლივ.

თუ ასეთი ბრუნვით ფირფიტას დაეყენებთ ჭოგრის დამზერის ღერძის პერპენდიკულარულად, მაშინ ანათვალის ლარტყაზე უცვლელი

დარჩება, ე. ი. იგივე, რაც იყო აღებული (ჩვენს შემთხვევაში 1324 მმ). თუკი მიკრომეტრის ბრუნვით მინის ფირფიტას სხვადასხვა დახრილობას მიეცემთ (დამზერის ღერძის მიმართ), მაშინ ჭოგრში ცქერისას შევაძენეთ, რომ ამ ბრუნვისთან ერთად ძაფთა ბადის ხაზი (ნახ. 254) აიწევს მაღლა ან დაიწვეს დაბლა, ე. ი. გადაადგილდება ვერტიკალური მიმართულებით.

მიკრომეტრის ხრახნი და მთელი მოწყობილობა ისეა გაანგარიშებული, რომ, როდესაც მიკრომეტრი შემობრუნდება თავის ღერძის გარშემო ერთხელ, ე. ი. შემობრუნდება 360° -ით, მაშინ ab ხაზი გადაადგილდება ვერტიკალურად 5 მილიმეტრით. მიკრომეტრის წრიული ზედაპირი დაყოფილია 100 ნაწილად და, მაშასადამე, მიკრომეტრის შემობრუნება ერთი დანაყოფით შეესაბამება ab ხაზის გადაადგილებას 0,05 მილიმეტრით. მიკრომეტრის აღნიშნული დანაყოფები წარწერილია რიცხვებით, რომლებიც გამოსახავს ab ხაზის გადაადგილების სიდიდეს მილიმეტრებში და მის ნაწილებში.

აღნიშნული მიკრომეტრის საშუალებით ანათვალს ლარტყაზე შემდეგი წესით ღებულობენ: ჭოგრს დაუმიზნებენ ლარტყას და ნიველირის ელევაციური ხრახნით ცილინდრულ თარაზოს აყენებენ ისე, რომ ჭოგრში ცქერისას თარაზოს ბუშტულას გაკვეთილი ბოლოები ერთმანეთს ემთხვეოდეს (ნახ. 246). ამ შემთხვევაში (იხ. § 128), ჭოგრის დამზერის ღერძი იქნება ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. შემდეგ ჭოგრში ცქერით აიღებენ ანათვალს, მაგრამ ჯერ არკვევენ მთელი სანტიმეტრების რაოდენობას ლარტყის ნულიდან ძაფთა ბადის ab ხაზამდე (ნახ. 254). ჩვენს შემთხვევაში, როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, მთელი სანტიმეტრების რაოდენობა ab ხაზამდე იქნება 132. აგრეთვე მიკრომეტრზე აიღებენ საწყის ანათვალს.

გარდა სანტიმეტრისა, უნდა ვიცოდეთ pp_1 და ab ხაზებს შორის მოთავსებული მილიმეტრების რაოდენობა. მის მისაღებად ასე ვიქცევით: მიკრომეტრის ბრუნვით ისე გადავადგილებთ ab ხაზს, რომ ჭოგრში ცქერისას ab ხაზი დაემთხვეს ლარტყის pp_1 ხაზს და მიკრომეტრის ზედაპირზე ხელახლა ავიღებთ ანათვალს. ამ ანათვალსა და საწყის ანათვალს შორის სხვაობა გამოსახავს pp_1 და ab ხაზებს შორის მანძილს მილიმეტრებში. ვთქვათ, აღნიშნულ ანათვალთა სხვაობა მივიღეთ 4,30 მილიმეტრი. მაშინ მთელი ანათვალი—ლარტყის ნულიდან ძაფთა ბადის შუა ab ხაზამდე (ნახ. 254) იქნება 1324,30 მმ.

ამგვარი ნიველირის ჭოგრს დიდი გამადიდებლობა და მგრძნობიარე თარაზო აქვს და ძირითადად გამოიყენებენ რეპერების და მარკების აბსოლუტურა სამაღლეების მისაღებად, ე. ი. ზუსტი ნიველირების წარმოებისას.

§ 132. სხვადასხვა ტიპის ნიველირების შედარება და მათი შეარჩევა

ნიველირების ოპტიკურ-მექანიკური თვისებების შედარების საფუძველზე შეიძლება ითქვას შემდეგი:

ევოს სისტემის ნიველირს (თარაზო მიმაგრებულია დგარზე და შეიძლება ჭოგრის გადაადგილება) ახასიათებს მარტივი კონსტრუქცია და მისი შემოწმება არავითარ სიძნელეს არ წარმოადგენს.

ამ ნიველირის დიდი ნაკლი ის არის, რომ ჭოგრი და თარაზო დამაგრების მხრივ უშუალოდ არ არის ერთიმეორესთან დაკავშირებული და ამის გამო ადვილად შეიძლება დარღვეულ იქნეს მთავარი პირობა, სახელობრ, ჭოგრისა და თარაზოს ღერძების პარალელობა. უნდა ითქვას, რომ ჩვენმა ქარხნებმა შეზღუდეს ევოს სისტემის ნიველირების გამოშვება. ხსენებული ნაკლისაგან განთავისუფლებულია ნიველირი, სადაც თარაზო უშუალოდ და მიმაგრებული ჭოგრზე. გარდა ამისა, ეს მეორე ტიპის ნიველირი ხასიათდება ძლიერი ჭოგრითა და მგრძნობიარე თარაზოთი. ამის გამო ეს ნიველირი უმთავრესად გამოიყენება ზუსტ სამუშაოებზე, როგორიცაა რეპერებისა და მარკების ნიშნულების განსაზღვრა.

ამჟამად დიდი გამოყენება აქვს ხშულ (ყრუ) ნიველირებს, რომლებიც მეტად მოხერხებულია რთულ პირობებში მუშაობის დროს. განსაკუთრებით მოხერხებულია სდოდოლკევიჩის ნიველირი ჭაობიან ადგილებში. ხშულ ნიველირებს იყენებენ აგრეთვე დასაყრდენი პუნქტების ნიშნულების განსაზღვრის მიზნით.

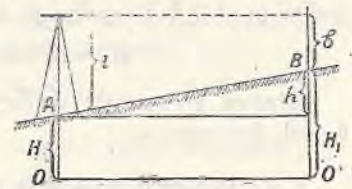
ცეისის ნიველირების კონსტრუქცია რთულია, რაც აძნელებს ამ ნიველირის შემოწმებას, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, აღნიშნული ტიპის ნიველირს დიდი გამოყენება აქვს ზუსტ სამუშაოებზე.

§ 133. წმარბილების სიმაღლეების განსაზღვრა

ვთქვათ, მოცემულია A წერტილის H სიმაღლე (აბსოლუტურა ან პირობითი) (ნახ. 255) და საჭიროა ნიველირების საშუალებით B წერტილის H_1 სიმაღლის განსაზღვრა. როგორც ნახაზიდან ჩანს:

$$H_1 = H + h. \quad (1)$$

ამ ფორმულაში შემავალ სიმაღლეთა სხვაობა h განისაზღვრება ნიველირების პირველი ან მეორე ხერხით და მას ექნება დადებითი ან უარყოფითი ნიშანი.



ნახ. 255.

თუ ნიველირება წარმოებულია 1-ლი ხერხით, ე. ი. ნიველირი ხაზის ბოლოზე დგას, მაშინ $h=i-b$ და (1) ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

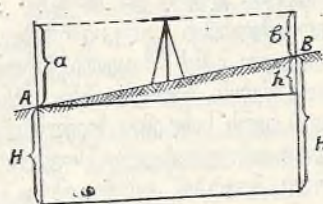
$$H_1 = H + h = H + i - b. \quad (2)$$

ამ ფორმულაში შემავალი ჯამი $H+i$, როგორც ნახაზიდან ჩანს, წარმოადგენს ნიველირის დამზერის ღერძის სიმაღლეს მოცემული OO_1 დონიდან. ამ სიმაღლეს იარაღის პორიზონტი ეწოდება და ინიშნება ორი ასოთი: ი. პ., ე. ი.

$$\text{ი. პ.} = H + i.$$

ამ შემთხვევაში (2) ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$H_1 = \text{ი. პ.} - b. \quad (3)$$



ნახ. 256.

ე. ი. რომელიმე წერტილის სიმაღლე (ნიშნული) H უდრის იარაღის პორიზონტს (ი. პ.), წინა ხედის (b) გამოკლებით.

თუ (1) ფორმულაში შემავალ სიმაღლეთა h სხვაობა განსაზღვრულია ნიველირების მეორე ხერხით, ე. ი. ნიველირით წერტილებს შორის დგომით (ნახ. 256), მაშინ:

$$h = a - b$$

და (1) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$H_1 = H + h = H + a - b,$$

სადაც $H+a$, როგორც ნახაზიდან ჩანს, წარმოადგენს იარაღის პორიზონტს (ი. პ.). მაშასადამე, ეს ფორმულა მიიღებს ცნობილ სახეს:

$$H_1 = H + a - b = \text{ი. პ.} - b. \quad (4)$$

ამრიგად, წერტილების ნიშნულებს გამოთვლიან ან (1) ან (4) ფორმულის მიხედვით.

§ 134. ჩაკეტილი (შეკრული) პოლიგონის წვერობის ნიშნულების განსაზღვრა

ვთქვათ, მოცემულია $ABC...MN$ შეკრული პოლიგონის (ნახ. 257) რომელიმე წვეროს, მაგალითად, A წვეროს, აბსოლუტური ან პირობითი სიმაღლე (ნიშნული) H_1 და საჭიროა განვსაზღვროთ პოლიგონის დანარჩენი წვეროების ნიშნულები.

ამისათვის პოლიგონის წვეროებს შორის ცნობილი წესით ვაწარ-

მოებთ ნიველირებას და გავიგებთ ამ წვეროების სიმაღლეთა სხვაობებს. ეს სხვაობები აღვნიშნოთ $h_1, h_2, h_3 \dots h_p$ ასოებით.

როგორც უკვე განვიხილეთ, B წვეროს ნიშნული H_2 უდრის A წვეროს H_1 ნიშნულს მიმატებული (ან გამოკლებული) A და B წერტილებს შორის სიმაღლეთა სხვაობა h_1 ე. ი.

$$H_2 = H_1 + h_1.$$

ანალოგიურად გამოვთვლით დანარჩენი წვეროების ნიშნულებს და მივიღებთ:

$$H_2 = H_1 + h_1$$

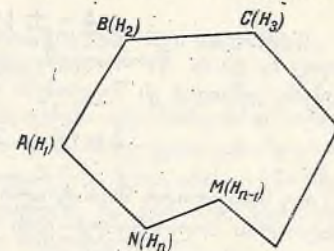
$$H_3 = H_2 + h_2$$

$$H_4 = H_3 + h_3$$

$$\dots$$

$$H_n = H_{n-1} + h_{n-1}$$

$$H_1 = H_n + h_n.$$



ნახ. 257.

შეგვირბოთ ამ ტოლობების მარცხენა და მარჯვენა ნაწილები და მსგავსი წვერები (H_1 და H_1 , H_2 და H_2 და ა. შ.) შევკვეცოთ. მაშინ მივიღებთ:

$$0 = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n$$

ანუ

$$\Sigma h = 0, \quad (1)$$

ე. ი. თუ პოლიგონი ჩაკეტილია, მაშინ წვეროების სიმაღლეთა სხვაობების ალგებრული ჯამი უდრის ნულს.

როგორც განვიხილეთ, რთულ ნიველირებაში (იხ. §125) ურთიერთდაშორებული წერტილების სიმაღლეთა სხვაობის ჯამი

$$\Sigma h = \Sigma a - \Sigma b.$$

თუ Σh -ის მნიშვნელობას ჩავსვამთ (1) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$\Sigma a - \Sigma b = 0.$$

ე. ი. თუ პოლიგონი ჩაკეტილია, მაშინ, თეორიულად რომ ვიმსჯელოთ ლარტყაზე აღებული უკანა (Σa) და წინა (Σb) ხედების ჯამების სხვაობა უნდა უდრიდეს ნულს. სინამდვილეში $\Sigma a - \Sigma b$ არ უდრის ნულს და ადგილი ექნება შეცდომას.

გამოვარკვევით ამ შეცდომის სიდიდე.

§ 135. ცდომილებები, რომლებიც დასაშვებია ნივთიერების წარმოებისას

როგორც ვიცით, ორ წერტილს შორის სიმაღლეთა სხვაობა h უდრის ლარტყაზე აღებულ a და b ანათვლების სხვაობას, ე. ი.

$$h = a - b.$$

მაშასადამე, h სიმაღლეთა სხვაობის საშუალო კვადრატული შეცდომა, თანახმად განაზომთა შეცდომების თეორიისა, უდრის:

$$\Delta = \pm \sqrt{t_a^2 + t_b^2},$$

სადაც t_a და t_b წარმოადგენს ლარტყაზე აღებული ანათვლების შეცდომებს. ვინაიდან ეს შეცდომები ურთიერთტოლია, ვწერთ:

$$\Delta = \pm \sqrt{2t^2} = \pm t\sqrt{2}.$$

თუ სანიველირო მაგისტრალი შეიცავს n სადგურს, მაშინ ამ მაგისტრალის ბოლო წერტილების სიმაღლეთა სხვაობის საშუალო კვადრატული შეცდომა, თანახმად განაზომთა შეცდომების თეორიისა, უდრის:

$$m = \pm \Delta \sqrt{n}.$$

თუ ამ ფორმულაში Δ -ს ნაცვლად ჩავსვამთ მის მნიშვნელობას ($\Delta = \pm t\sqrt{2}$), მივიღებთ:

$$m = \pm t\sqrt{2n},$$

სადაც n არის სადგურების რიცხვი და t —ლარტყაზე ანათვლის აღების სიზუსტე ($t=1$ მილიმეტრს, ე. ი. ლარტყაზე ანათვალს ვღებულობთ ერთი მილიმეტრის სიზუსტით).

თანახმად განაზომთა შეცდომების თეორიისა, ზღვრული შეცდომა M_{max} უდრის გასამკვეთელ საშუალო კვადრატულ შეცდომას, ე. ი.

$$M_{max} = 3m = 3t\sqrt{2n}.$$

ამ ფორმულის მიხედვით განისაზღვრება შეცდომა, რომელიც დასაშვებია ნიველირებაში. მაგალითად, თუ ჩაკეტილი პოლიგონი შეიცავს 10 სადგურს, მაშინ შეცდომა M_{max} არ უნდა აღემატებოდეს: $M_{max} = 3 \cdot t \cdot \sqrt{2n} = 3 \cdot 1 \cdot \sqrt{2 \cdot 10} = 13$ მილიმეტრს, ე. ი. განხილული ჩაკეტილი პოლიგონისათვის სიმაღლეთა სხვაობების ალგებრული ჯამი Σh , ანუ $\Sigma a - \Sigma b$ შეიძლება ნულის ნაცვლად მივიღოთ ± 13 მილიმეტრი. ტექნიკურ ნიველირებაში შეცდომა M_{max} ითვლება დასაშვებად, თუ

იგი არ აღემატება $\pm 30\sqrt{L}$ მილიმეტრს, სადაც L არის სანიველირო ხაზის სიგრძე კმ-ებით.

თუ შეცდომა არ აღემატება დასაშვებ სიდიდეს, მას გაანაწილებენ თანაბრად—პოლიგონის ყველა სადგურზე.

შესწორება შეგვაქვს შეცდომის შებრუნებული ნიშნით.

თ ა ვ ი XVI

ტექნიკური ნიველირების წარმოება და მარუდების დაკმალვა

ტექნიკურ ნიველირებას დიდი გამოყენება აქვს საინჟინრო საქმეში (იხ. § 124). გარდა დასაყრდენი წერტილების სიმაღლეების განსაზღვრისა, ტექნიკური ნიველირების მიზანია დედამიწის ზედაპირის უსწორმასწორობის (რელიეფის) გამოსახვა ქაღალდზე და აგრეთვე ზედაპირის პროფილის (ჭრილის) შედგენა საჭირო მიმართულებით.

ამ თავში განვიხილავთ ტექნიკური ნიველირების იმ სახეს, რომლის მთავარი მიზანია ზედაპირის პროფილის შედგენა საჭირო მიმართულებით და მრუდეების დაკვალვა. ასეთია გრძივი ნიველირება. შემდეგ თავში განვიხილავთ ზედაპირის ნიველირებას, რომლის მიზანია ზედაპირის რელიეფის გამოსახვა.

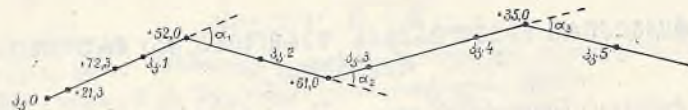
§ 136. სანიველირო ხაზის პიკეტაჟი

გრძივი ნიველირება ტექნიკური ნიველირების ერთ-ერთი სახეა და მისი მიზანია მოცემული მიმართულებით მახასიათებელი წერტილების სიმაღლეების (ნიშნულების) განსაზღვრა და მათ მიხედვით პროფილის აგება. თუ ადგილის რელიეფი მოითხოვს, გრძივი ნიველირებასთან ერთად აწარმოებენ ეგრეთ წოდებულ განივ ნიველირებას, რომლის საშუალებით გეგმულბენ მოცემული მიმართულების მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე რელიეფის მახასიათებელი წერტილების ნიშნულებს.

ნიველირების დაწყებამდე ახდენენ ხაზის პიკეტაჟს, რაც ტარდება ასე: ადგილზე დანიშნული ხაზის (ნახ. 258) საწყისი წერტილიდან ბაფთით გადაზომავენ ტოლ სიგრძეებს და ამგვარად მიღებულ წერტილებს დანიშნავენ პალოებით. აღნიშნულ წერტილებს პიკეტაჟები ეწოდება. პიკეტაჟს შორის მანძილად (ჰორიზონტალური პროექცია) მიღებულია 100 მეტრი. რიცხვი 100 მოხერხებულია იმით, რომ პიკეტის ნომერი გამოსახავს მანძილს—საწყისი წერტილიდან პიკეტამდე. მაგალითად, საწყისი წერტილიდან 43-ე პიკეტამდე მანძილი უდრის

4300 მეტრს, ანუ 4 კილომეტრს და 300 მეტრს. პიკეტებზე ამაგრებენ ორ პალოს: ერთს—თვით პიკეტზე და მეორეს—მის გვერდით (ნახ. 259). პირველ პალოზე (რომელიც მაგრდება მიწაში) მუშაობის დროს იდგმება ლარტყა, მეორე პალოზე კი იწერება პიკეტის ნომერი.

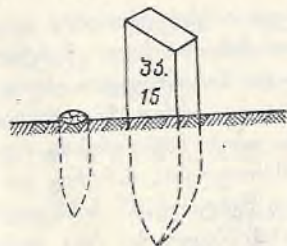
პალოებითვე ინიშნება სანიველირო ხაზზე მდებარე მახასიათებელი წერტილები, ე. ი. ისეთი წერტილები, სადაც იცვლება ადგილის ქანობი. აღნიშნულ წერტილებს პლუსები ეწოდება. პლუსის მდებარე-



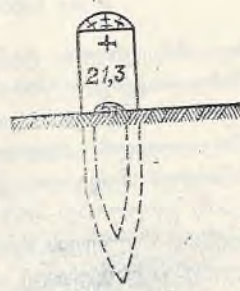
ნახ. 258.

ობა განისაზღვრება იმით, რომ იზომება მანძილი უკანა მოსაზღვრე პიკეტიდან პლუსამდე. აღნიშნული მანძილი იწერება პლუსზე დამაგრებულ პალოზე (ნახ. 260). სანიველირო ხაზის წვეროები ინიშნება პალოთი (ბოძით), რომელზედაც იწერება: წვეროს ნომერი (ნახ. 261), მანძილი მეზობელი პიკეტიდან წვერომდე და მოხვევის კუთხე (მარჯვენა ან მარცხენა), რომელიც იზომება თეოდოლიტით.

ამისათვის თეოდოლიტით ღებებიან კუთხის წვეროზე, მაგალითად, პიკ. 1+52,0-ზე (ნახ. 258), ლიშბს მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და 1-ლი ვერნიერის და ლიშბის ნულებს ერთიმეორესთან



ნახ. 259.

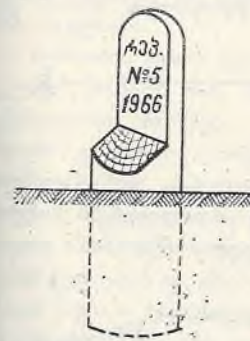


ნახ. 260.

შეათავსებენ და ალიდადს ჩაკეტავენ. შემდეგ ლიშბის და მასთან ერთად ალიდადს ბრუნვით ჭოგრს დაუმიზნებენ უკანა წერტილს (სვლის მიხედვით). ჩვენს შემთხვევაში დაუმიზნებენ 1-ლ პიკეტს და ლიშბის ჩაკეტვის შემდეგ ჭოგრს გადაიტანენ ზენიტზე. ჭოგრის დამზერის ღერძს ექნება გზის (არხის) სწორი უბნის მიმართულება და ანათვალი

1-ლი ვერნიერზე ნულის ტოლი იქნება. შემდეგ, თუ მარტო ალიდადს ბრუნვით (ლიშბი ჩაკეტილია) ჭოგრს დაუმიზნებთ წინა წერტილს (მე-2 პიკეტს) და 1-ლ ვერნიერზე ავიღებთ ანათვალს, ეს ანათვალი გამოსახავს მოხვევის მარჯვენა კუთხეს (სვლის მიხედვით). მარცხენა მოხვევის კუთხის შემთხვევაში, ე. ი. როდესაც გზა (არხი) მარცხნივ უხვევს, მაშინ ამ კუთხის მისაღებად 360 გრადუსს უნდა გამოვაკლოთ 1-ლ ვერნიერზე აღებული ანათვალი.

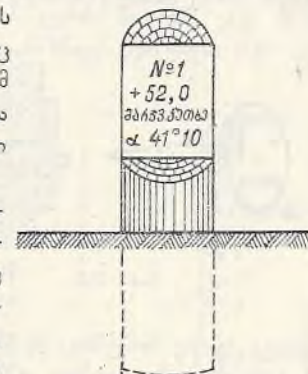
გარდა პიკეტების, პლუსებისა და წვეროებისა, სანიველირო ხაზის გარეთ ინიშნება მუდმივი წერტილები, რომლებსაც რეპერები ეწოდება. რეპერების ნიშნულები (სიმაღლეები ზღვის დონიდან), განისაზღვრება ან გრძივი ნიველირების დროს ან კიდევ ეს ნიშნულები წინასწარ განისაზღვრება ზუსტი ნიველირებით. რეპერების საშუალებით შეიძლება აღდგენილ იქნეს დაკარგული წერტილების სიმაღლეები. რეპერების სიმაღლეებთან დაკავშირებით შეიძლება აგრეთვე მიღებულ იქნეს ახალი ნიველირების ან სხვა საპირო წერტილების სიმაღლეები (ნიშნულები).



ნახ. 262.

გარდა ამისა, გზის (არხის) ან სხვა ნაგებობის მშენებლობის დროს რეპერების ნიშნულებთან დაკავშირებით ადგილზე განისაზღვრება საპროექტო წერტილები, ე. ი. საპროექტო ხაზზე მდებარე წერტილები. ეს არის რეპერების დანიშნულება. გზების გამოკვლევაზე რეპერი, ჩვეულებრივ, ინიშნება ხის ბოძით (ნახ. 262), რომელზედაც იწერება რეპერის ნომერი და ნიველირების წელი. მიღებულია აგრეთვე ლითონის რეპერები (მარკა), რომლებსაც ამაგრებენ შენობის კედლებში (ნახ. 263). თუ რელიეფი მოითხოვს, იდგილზე დანიშნავენ სანიველირო ხაზის მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე რელიეფის მახასიათებელ წერტილებსაც.

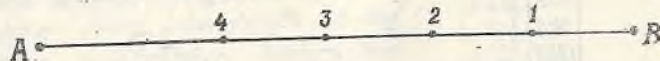
ზემოვანხილულ მოქმედებას, ე. ი. სანიველირო ხაზის დაყოფას პიკეტებად და პლუსებად, პიკეტაჟი ეწოდება.



ნახ. 261.

606. 263.

თუ A და B წერტილებს შორის ამოზურცული ადგილია და A წერტილიდან არ მოიპანს B წერტილი, მაშინ შეიძლება გამოვიყენოთ დასარკის შემდეგი ზუსტი მეთოდი: A და B წერტილებს შორის და-



636. 264.

506. 265.

302

Diagram showing a vertical line with points labeled 33.5, 33.4, 33.3, 33.2, 33.1, 72.3, 21.3, and 33.0. Angles are marked at points 33.5 ($\alpha = 22^\circ 40'$), 33.3 ($\alpha = 29^\circ 15'$), and 33.2 ($\alpha = 45^\circ 50'$). A dashed line is shown near point 33.4.

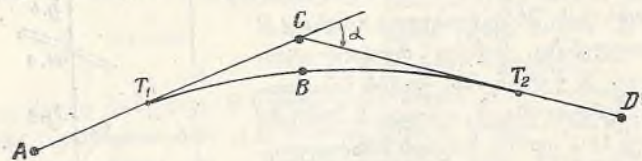
606. 266.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ნიველირების მიზანს შეადგენს არა პროფილის შედგენა, არამედ ადგილზე დანიშნული წერტილების (მაგალითად, რეპერების) ერთიმეორესთან დაკავშირება სიმაღლის მხრივ, პიკეტაჟის წარმოება საჭირო არ არის.

§ 137. მკუდრის დაკავალვა და მისი პიკეტაჟობა

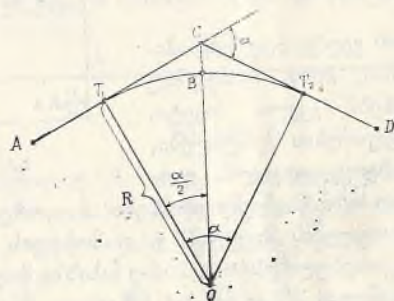
როდესაც მიმდინარეობს გზის (არხის) ტრასირება, ე. ი. გზის (არხის) ღერძის დანიშვნა ადგილზე გეოდეზიური ინსტრუმენტებით (იხ. თავი XXVII), საჭიროა ამ ღერძის სწორ უბნებს შორის წერილი მრუდების მოთავსება, რათა ტრანსპორტის მოძრაობა გზაზე არასახიფათო იყოს, ან წყალმა არ გარეცხოს არხის ნაპირები.

ვთქვათ, გზის ტრასა C წერტილში უხვევს მარჯვნივ α კუთხით (ნახ. 267) და ღებულობს CD მიმართულებას. ასეთ შემთხვევაში საჭიროა გზის (არხის) სწორ უბნებს შორის T_1BT_2 წერილი მრუდის მოთავსება. მრუდის საწყის T_1 წერტილს, შუა B წერტილს და ბოლო T_2 წერტილს მრუდის მთავარი წერტილები ეწოდება.



ნახ. 267.

ამ T_1 , B და T_2 წერტილების მდებარეობის მისაღებად საჭიროა ვიცოდეთ წრიული მრუდის რადიუსი R და მოხვევის კუთხე α . რა-



ნახ. 268.

დიუსი R მოცემულია გზის (არხის) კატეგორიის მიხედვით, ხოლო კუთხე იზომება თეოდოლიტით (იხ. § 136).

როგორც 267-ე ნახაზიდან ჩანს, იმ მიზნით, რომ ადგილზე ვიპოვოთ მთავარი T_1 , T_2 და B წერტილები, საჭიროა ვიცოდეთ სიგრძეები CT_1 (ან მისი ტოლი CT_2) და CB .

ამ სიგრძეების გამოსათვლელად T_1 და T_2 წერტილებში (ნახ. 268) წარმოვიდგინოთ წრიული მრუდის რადიუსი T_1O და T_2O , რომლებიც მართობებიან AC და CD ხაზებისა, აგრეთვე C წვეროში წარმოვიდგინოთ CO ბისექტრისა. აღნიშნული ხაზები შექმნის ორ მართკუთხა სამკუთხედს და ცენტრალური კუთხე T_1OT_2 ტოლი იქნება მოხვევის α კუთხის (ურთიერთმართობვერდებიანი კუთხეები).

საძიებელი T_1C და CB სიგრძეები გამოითვლება OT_1C მართკუთხა სამკუთხედიდან შემდეგი ფორმულებით:

$$T_1C = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$

$$CB = CO - BO = CO - R = \frac{R}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right). \quad (2)$$

T_1BT_2 მრუდის სიგრძე (აღნიშნოთ K -ასოთი) მიიღება ფორმულით:

$$K = \frac{2\pi R \alpha}{360} = \frac{\pi R \alpha}{180}. \quad (3)$$

T_1C სიგრძეს (ან მის ტოლ CT_2 -ს) ტანგენსი ეწოდება, რადგანაც ეს სიგრძე $\frac{\alpha}{2}$ კუთხის ტანგენსს წარმოადგენს; CB სიგრძეს კი ბისექტრისა ეწოდება, რადგანაც იგი CO ბისექტრისაზე მდებარეობს.

ვინაიდან მრუდის რადიუსი R და მოხვევის კუთხე α ცნობილია (ან იზომება თეოდოლიტით და R მოცემულია გზის კლასის მიხედვით), (1), (2) და (3) ფორმულებით შეიძლება გამოვთვალოთ მრუდის ელემენტები—ტანგენსი, ბისექტრისა და მრუდის სიგრძე. მაშასადამე, თუ C წვეროდან (ნახ. 268) CA და CD მხებზე ბაფთით გადავზომავთ CT_1 სიგრძეს (ტანგენსს), ადგილზე მივიღებთ მრუდის ბოლო T_1 და T_2 წერტილებს. აგრეთვე, თუ C წვეროდან ბისექტრისის მიმართულებით გადავზომავთ CB სიგრძეს, მივიღებთ მრუდის შუა B წერტილს.

ამრიგად, ადგილზე ვიპოვით მრუდის მთავარ წერტილებს, ე. ი. მოვახდენთ მრუდის დაკვალვას.

მუშაობის გასაადვილებლად (1), (2), (3) ფორმულების მიხედვით, სხვადასხვა ავტორის მიერ შედგენილია ცხრილები, რომლებშიც სხვადასხვა სიდიდის მოხვევის α კუთხის და R რადიუსისათვის მოყვანილია მრუდის ელემენტები—ტანგენსი T , ბისექტრისა B და მრუდის სიგრძე K .

ცხრილებით სარგებლობა. ვთქვათ, მოხვევის კუთხე $\alpha = 18^\circ 40'$ და მრუდის რადიუსი $R = 350$ მეტრს; საჭიროა მრუდის ელემენტების განსაზღვრა.

20 გრ. ხუნჯუა

305

55 + 40,0

54 + 87,71

ცხრილში ვპოულობთ:

თუ კუთხე $\alpha=8^{\circ}40'$ და $R=300$ მ, მაშინ $T=7,58 \cdot 3=22,74$ მ	
" " $\alpha=8^{\circ}40'$ და $R=50$ მ, " $T=0,76 \cdot 5=3,80$ მ	
კუთხე $\alpha=8^{\circ}40'$ და $R=350$ მ, ტანგენსი $T=26,54$ მ	
თუ კუთხე $\alpha=8^{\circ}40'$ და $R=300$ მ, მაშინ $B=0,29 \cdot 3=0,87$ მ	
" " " " $R=50$ მ, " $B=0,03 \cdot 5=0,15$ მ	
კუთხე $\alpha=8^{\circ}40'$ და $R=350$ მ, ბისექტრისა $=1,02$ მ	
თუ " $\alpha=8^{\circ}40'$ და $R=300$ მ, მაშინ $K=15,13 \cdot 3=45,39$ მ	
" " " " $R=50$ მ, " $K=1,51 \cdot 5=7,55$ მ	
კუთხე $\alpha=8^{\circ}40'$ და $R=350$ მ, მრუდის სიგრძე $K=52,94$ მ	

თუ C წვეროდან (ნახ. 268) A და D წერტილებისაკენ ბაფთით გადავზომავთ ტანგენსებს, ე. ი. 26,54 მეტრს, ადგილზე მივიღებთ მრუდის საწყის T_1 და ბოლო T_2 წერტილებს.

მრუდის შუა წერტილის მისაღებად C წვეროდან ბისექტრისის მიმართულებით გადავზომავთ 1,02 მეტრს.

როგორც § 136-ში განვიხილეთ, ხაზის პიკეტაჟი იმაში გამოისახება, რომ ყოველი ასი მეტრის მანძილზე ხაზზე ნიშნავენ წერტილებს (პიკეტებს). აგრეთვე პალოებით ნიშნავენ რელიეფის მახასიათებელ წერტილებს (პლუსებს) და კუთხეების წვეროებს.

ენახოთ, თუ როგორ აწარმოებენ პიკეტაჟს მრუდე ხაზების შემთხვევაში.

ვთქვათ, ტეხილა ხაზის წვერო C (ნახ. 269) მდებარეობს პიკეტ 24+62-ზე, ე. ი. საწყისი წერტილიდან (ნულპიკეტიდან) C წერტილი დაშორებულია 2462 მეტრით, და საჭიროა მრუდის დაკვალვა, ე. ი. საჭიროა ადგილზე ვიპოვოთ მრუდის ბოლო T_1 და T_2 წერტილები პიკეტებთან დაკავშირებით. დავუშვათ, რომ მოხვევის კუთხე α (თეოდოლიტით გაზომილი) მივიღეთ $22^{\circ}40'$ -ის ტოლი; მრუდის რადიუსი R , ვთქვათ, მოცემულია 300 მეტრის ტოლი.

აღნიშნული კუთხისა ($22^{\circ}40'$) და რადიუსის (300 მ) მიხედვით არსებულ ცხრილებში ვპოულობთ, რომ ტანგენსი $T=20,04 \cdot 3=60,12$ მეტრს და მრუდის სიგრძე $K=39,56 \cdot 3=118,68$ მეტრს. როგორც ვიცით, თუ C წვეროდან CA მიმართულებით გადავზომავთ ტანგენსის სიგრძეს, ე. ი. 60,12 მეტრს, ადგილზე მივიღებთ მრუდის საწყის T_1 წერტილს, რომლის პიკეტი იქნება $2462-60,12=2401,88$ მ, ანუ პიკ. 24+1,88.

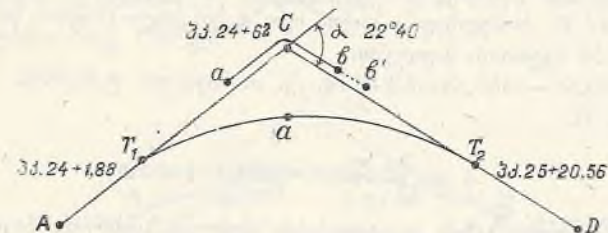
T_1 და T_2 წერტილებს შორის მოთავსებულ გზას (არხს) ექნება არა ტეხილი T_1CT_2 ხაზის მიმართულება, არამედ — T_1AT_2 რკალისა.

ამიტომ პიკეტაჟი ისე უნდა იყოს წარმოებული, რომ პიკეტაჟი-ზისას მიღებული მანძილები გამოსახავდეს გზის (არხის) სიგრძეს მრუდის მიმართულებით.

ცხადია, რომ მრუდის ბოლო T_2 წერტილის პიკეტის მისაღებად T_1 წერტილის პიკეტს ($24+1,88$) უნდა დავმატოთ არა T_1CT_2 ტეხილი ხაზის სიგრძე (გაორკეცებული ტანგენსი) არამედ K რკალის სიგრძე, ჩვენს შემთხვევაში რკალის სიგრძე $K=118,68$ მეტრს. მაშასადამე, T_2 წერტილის პიკეტი იქნება:

$$2401,88+118,68=2520,56 \text{ მ ანუ პიკ. } 25+20,56.$$

იმ მიზნით, რომ ადგილზე ვიპოვოთ T_2 წერტილის მდებარეობა, ვიქცევით ასე: C წვეროდან CD მიმართულებით ბაფთით გადავზომავთ ტანგენსის სიგრძეს (ჩვენს შემთხვევაში 60,12 მ) და ამ წერტილში დამაგრებულ პალოზე ვწერთ T_2 წერტილის პიკეტს, ე. ი. 25+20,56.



ნახ. 269.

T_2 წერტილის მიღება ადგილზე უფრო მოხერხებულია იმ წესით, რომელიც მიღებულია წარმოებაში.

არსებულ ცხრილებში, მოხვევის α კუთხისა და R რადიუსის მიხედვით, ვპოულობთ Δ -ს სხვაობას, გაორკეცებულ ტანგენსსა და რკალს შორის ($2T-K$), ე. ი. სხვაობას ტეხილ T_1CT_2 ხაზსა (ნახ. 269) და T_1AT_2 რკალს შორის.

ჩვენს შემთხვევაში $\alpha=22^{\circ}40'$ და $R=300$ მ და, როგორც არსებული ცხრილიდან ჩანს, აღნიშნული სხვაობა ($2T-K$), ე. ი. $\Delta=0,52 \cdot 3=1,56$ მეტრს.

სანიველირო ხაზის პიკეტაჟობას C წერტილამდე აწარმოებენ ჩვეულებრივი წესით, ხოლო მივლენ თუ არა C წერტილში, ბაფთის უკანა a ბოლოს (ნახ. 269) დაამაგრებენ ჩხირით და წინა b ბოლოს აყენებენ CD მიმართულებაზე. ამის შემდეგ, ბაფთას გასწვვენ წინ b' წერტილამდე ($2T-K$). მანძილით (1,56 მეტრით). ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 263) C წერტილი მდებარეობს პიკეტ 24+62-ზე, ე. ი. ამ C წერტილზე აღე-

ბული ანათვლი ბაფთაზე გამოსახავს 2462 მეტრს (საწყისი O პიკეტიდნ).

ბაფთის გაწევა წინ Δ მანძილათ (ჩვენს შემთხვევაში 1,56 მეტრით) იმას ნიშნავს, რომ ნაცვლად 2462 ანათვლისა, ბაფთა (წინ გაწევით) C წერტილში უნდა დაეყენოთ 2462—1,56=2460,44 ანათვალზე. მაშინ ბაფთის წინა ბოლო b იქნება უკვე b' წერტილში და აქედან განაგრძობენ პიკეტაჟობას CD მიმართულებით. იმ ადგილას, სადაც ბაფთაზე ანათვალა იქნება 2520,56 მეტრი (საწყისი O პიკეტიდნ), დაამაგრებენ პალოს, რომელიც იქნება მრუდის ბოლო T_2 წერტილი (პიკეტი 25+20,56). ამის შემდეგ, პიკეტაჟს განაგრძობენ შემდეგ კუთხემდე, სადაც ბაფთას ისევ წინ გასწევენ ($2T-K$) სიდიდით და ა. შ.

შემომოყვანილი მოქმედებიდან აშკარაა, რომ T_2 წერტილის მისაღებად საბოლოოდ C წვეროდან უნდა გადავზომოთ ტანგენსის სიგრძე ე. ი. 60,12 მეტრი. მართლაც, თუ T_2 წერტილის პიკეტს, ე. ი. პიკ. 25+20,56-ს გამოვაკლებთ C წვეროს იმ პიკეტის მნიშვნელობას (2461,44 მ). რომელზედაც ბაფთა იყო დაყენებული (ბაფთის წინ გაწევით 1,56 მეტრით), მივიღებთ:

2520,56—2460,44=60,12 მ, ე. ი. მივიღეთ ტანგენსის სიგრძე (60,12 მ).

§ 188. პიკეტაჟის დანიშნება მრუდზე

სანიველირო ხაზის პიკეტაჟობისას შეიძლება ზოგიერთი პიკეტი მოთავსდეს მრუდის ბოლო T_1 და T_2 წერტილებს შორის. ასეთ შემთხვევაში საჭიროა აღნიშნული პიკეტების დანიშნა არა ტენილ T_1CT_2 ხაზზე (ნახ. 270), არამედ T_1aT_2 მრუდზე, ე. ი. გზაზე (არხზე). აღნიშნული პიკეტების პოვნა მრუდზე მოხერხებულია კოორდინატების მეთოდით.

განვიხილოთ ეს მეთოდი შემდეგ მაგალითზე: ვთქვათ, მრუდის რადიუსი $R=200$ მ და შემომოყვანილი მეთოდით (§ 137) (კუთხე α და რადიუსი R ის მიხედვით) განსაზღვრული იყო მრუდის საწყისი T_1 წერტილის (ნახ. 270) მდებარეობა და მიღებული იყო პიკეტი 18+30-ზე.

დავუშვათ, რომ T_2 წერტილის მდებარეობა მივიღეთ პიკეტი 20+46-ზე. ამ შემთხვევაში, მრუდის ბოლო T_1 და T_2 წერტილებს შორის მოთავსდება ორი პიკეტი (a წერტილში პიკეტი 19 და b წერტილში პიკეტი 20).

a წერტილის (პიკ. 19) მდებარეობის მისაღებად, a წერტილიდან წარმოვიდგინოთ am და an ხაზები—რადიუსი T_1O -სა და მხები T_1C

ხაზის მართობულად. მართობი am ან მისი ტოლი T_1n სიგრძე წარმოადგენს საძიებელი a წერტილის X აბსცისას, ხოლო an მართობი ან მისი ტოლი T_1m არის Y ორდინატა. აღნიშნული X და Y კოორდინატები განისაზღვრება მართკუთხა Oma სამკუთხედიდან შემდეგი ფორმულებით:

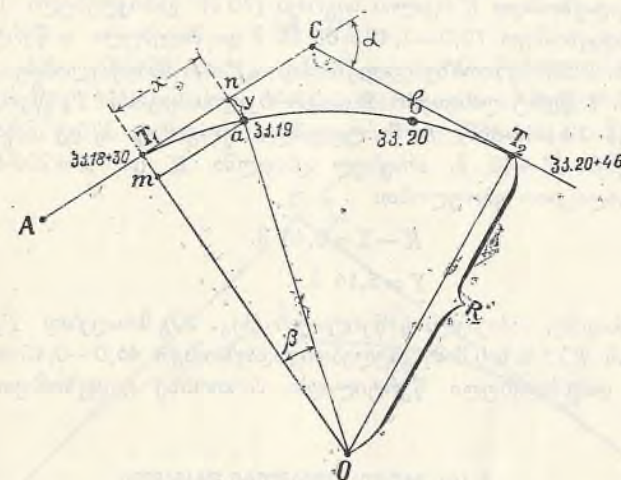
$$X=am=R \sin \beta. \quad (1)$$

$$Y=an=T_1O-mO=R-R \cos \beta=R(1-\cos \beta). \quad (2)$$

ამ ფორმულაში შემავალი კუთხე β , რომელიც შეესაბამება T_1a რკალს, თავის მხრივ, მიიღება ფორმულით:

$$\beta = \frac{K180}{\pi R},$$

სადაც K არის T_1a რკალი, რომელიც ცნობილია და ჩვენს შემთხვევაში $K=70$ მ (მანძილი T_1 წერტილიდან, ე. ი. პიკ. 18+30-დან a წერტილამდე, პიკ. 19-მდე).



ნახ. 270.

ამრიგად, 1-ლ და მე-2 ფორმულებში ცნობილი იქნება რადიუსი R და კუთხე β , ან რაც იგივეა, მისი შესაბამისი რკალი T_1a . მაშასადამე, ამ ფორმულების მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს საძიებელი კოორდინატები X და Y . მუშაობის გასაადვილებლად 1-ლი და მე-2 ფორმულების მიხედვით შედგენილია ცხრილები, რომლებშიაც მოყვა-

ნილია X და Y კოორდინატები სხვადასხვა სიდიდის R რადიუსებისა და K რკალისათვის.

მცირე რადიუსებისათვის (10-დან 80-მდე) X -ში და Y -ში მოყვანილია ცხრილში 2 მეტრით ერთიმეორისაგან დაშორებული წერტილებისათვის.

100 მეტრზე მეტი რადიუსებისათვის კი მოყვანილია 5—10 მეტრით დაშორებული წერტილებისათვის და ამ შემთხვევისათვის X -ის ნაცვლად ცხრილში მოყვანილია სხვაობა რკალსა და აბსცისას შორის ე. ი. სხვაობა $K-X$.

ჩვენს მაგალითში (ნახ. 270) a წერტილის (პიკ. 19) დაშორება T_1 წერტილიდან უდრის 70 მეტრს ($K=70$ მ) და მრუდის რადიუსი $R=200$ მ. ამ მონაცემების მიხედვით არსებულ ცხრილში ვპოულობთ:

$$K-X=1,42 \text{ მ.}$$

$$Y=12,13 \text{ მ.}$$

საძიებელი a წერტილის (პიკ. 19) მისაღებად T_1 წერტილიდან T_1C ხაზზე გადავზომავთ K რკალის სიგრძეს (70 მ) გამოკლებული 1,42 მ, ე. ი. გადავზომავთ $70,0-1,42=68,58$ მ და მიღებული n წერტილიდან (ნახ. 270) მართობზე გადავზომავთ Y -ის მნიშვნელობას, ე. ი. 12,13 მ. b წერტილისათვის (პიკ. 20) რკალის სიგრძე T_2 წერტილიდან (პიკ. 20+46-დან) b წერტილამდე, როგორც 270-ე ნახაზიდან ჩანს, იქნება $K=46$ მ. არსებულ ცხრილში K და $R=200$ -სათვის ინტერპოლაციით ვპოულობთ:

$$K-X=0,43 \text{ მ.}$$

$$Y=5,16 \text{ მ.}$$

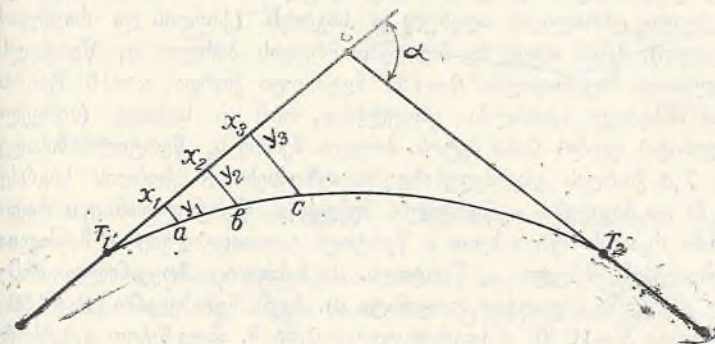
მაშასადამე, საძიებელი b წერტილის (პიკ. 20) მისაღებად T_2 წერტილიდან T_2C ხაზის მიმართულებით გადავზომავთ $46,0-0,43=45,57$ მეტრს და მიღებული წერტილიდან მართობზე გადავზომავთ 5,16 მეტრს.

§ 139. მრუდის დეტალური დაკვალვა

იმ მიზნით, რომ თვალსაჩინოდ და ზუსტად გამოვსახოთ მრუდის მოხაზულობა; გარდა მრუდის მთავარი T_1, B, T_2 წერტილებისა (ნახ. 271) საჭიროა დამატებითი $a, b, c...$ წერტილების დანიშვნა მრუდზე, ე. ი. მრუდის დეტალური დაკვალვა. რაც მეტი იქნება წერტილები მრუდზე, მით უფრო თვალსაჩინოდ გამოისახება მრუდი. დეტალურ დაკვალვას ძირითადად აწარმოებენ გზის (არხის) მშენებლობისას. არ-

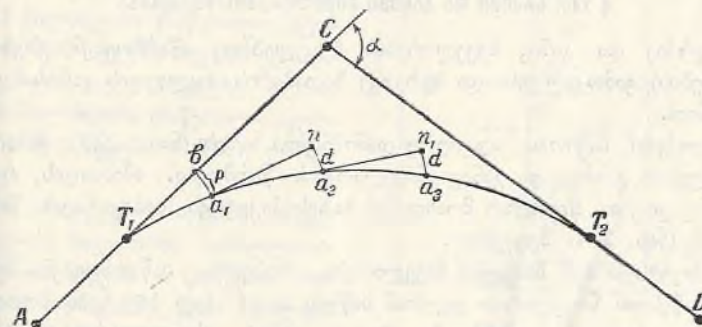
სებობს დეტალური დაკვალვის სხვადასხვა მეთოდი. მათგან გამოიარჩევა და მოხერხებულია კოორდინატების და ქორდების მეთოდი.

კოორდინატების მეთოდი. მოხვევის α კუთხის (ნახ. 271) და მრუდის R რადიუსის მიხედვით, ცნობილი წესით (იხ. § 137), პოულობენ მრუდის საწყის T_1 და ბოლო T_2 წერტილებს. დამატებითი $a, b, c...$



ნახ. 271.

წერტილების მდებარეობა კი განისაზღვრება ამ წერტილებს შორის მოცემულ K მანძილებსა და მრუდის R რადიუსის მიხედვით. ამ მონაცემების (K და R) მიხედვით არსებულ ცხრილებში $a, b, c...$ წერტილებს



ნახ. 272.

ბისათვის პოულობენ $X_1Y_1, X_2Y_2, X_3Y_3...$ კოორდინატებს (იხ. § 138). თუ მრუდის T_1 წერტილიდან T_1C ხაზზე გადავზომავთ $X_1, X_2, X_3...$ აბსცისებს, ხოლო პერპენდიკულარებზე $Y_1, Y_2, Y_3...$ ორდინატებს, მაშინ მივიღებთ მრუდზე მდებარე $a, b, c...$ წერტილებს.

ქორდების მეთოდი. მრუდის R რადიუსისა და მოხვევის α კუთხის იხედვით, ცნობილი წესით (იხ. § 137), პოულობენ მრუდის ბოლო T_1 და T_2 წერტილებს (ნახ. 272), შემდეგ T_1 წერტილიდან T_1C ხაზზე გადაზომანენ ქორდის სიგრძეს, რომელიც წინასწარ მოცემულია ჩვეულებრივ დებულებებს 5 ან 10 მეტრს) და ადგილზე მივიღებთ h წერტილს. თუ ამ წერტილში გატარებულ მართობზე გადავზომავთ არსებული ცხრილიდან აღებულ p სიგრძეს (ქორდის და რადიუსის მიხედვით), მაშინ ადგილზე მივიღებთ მრუდის პირველ a_1 წერტილს. მაგალითად, თუ რადიუსი $R=150$ მეტრს და ქორდა $S=10$ მეტრს, მაშინ არსებულ ცხრილში ვპოულობთ, რომ p სიდიდე (პირველი ორდინატა) უდრის 0,33 მეტრს. მრუდის მეორე a_2 წერტილის მისაღებად T_1a ქორდის გაგრძელებაზე გადავზომავთ S ქორდის სიგრძეს (10 მ) და მივიღებთ n წერტილს. შემდეგ a_1 წერტილიდან a_1n რადიუსიანი რკალის შემოხაზვით n წერტილს გადაადგილებენ d მანძილით და მიიღებენ მრუდის a_2 წერტილს. d მანძილიც მოყვანილია არსებულ ცხრილში (შუალედის ორდინატა d). ჩვენს შემთხვევაში ($R=150$ მ და ქორდა $S=10$ მ), d სიგრძე უდრის 0,66 მ. ამავე წესით a_1a_2 ქორდის გაგრძელებით S მანძილზე მივიღებთ n_1 წერტილს, a_2 წერტილიდან a_2n_1 რადიუსიანი რკალის შემოხაზვით n_1 წერტილს გადავადგილებთ d მანძილით (0,66 მ) და მივიღებთ მრუდის a_3 წერტილს და ა. შ.

§ 140. გრაფიკი და განივი ნიველირების წარმოება

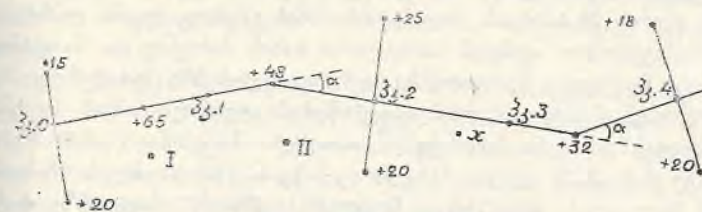
გრძივ და განივ ნიველირებას ჩვეულებრივ აწარმოებენ გზების (არხების) გამოკვლევისა და აგრეთვე ზედაპირის რელიეფის გამოსახვის მიზნით.

გუქვით, საჭიროა ადგილზე დანიშნული ხაზის (ნახ. 273) მიმართულებით გრძივი და განივი ნიველირების წარმოება. ამისათვის, როგორც ვიცით, წინასწარ მოახდენენ ხაზის პიკეტაჟს საპიკეტაჟო წიგნაკის (ნახ. 274) შედგენით.

პიკეტაჟს თან მიჰყვება ნიველირება, რომელსაც აწარმოებენ შემდეგი წესით: ნიველირით დგებიან საწყის 0 და 1-ელ პიკეტებს შორის, დაახლოებით შუა მანძილზე (I სადგურზე) — სანიველირო ხაზზე ან ხაზის გარეთ, სადაც უფრო მოხერხებული იქნება; ამწვეი ხრახნებით თარაზოს მოიყვანენ პორიზონტალურ მდგომარეობაში და ჭოგრში ცქერით აიღებენ ანათვლებს ლარტყებზე, რომლებიც წინასწარ დაყენებულია 0 და 1-ელ პიკეტებზე.

სანიველირო ლარტყები (ნახ. 237) დაყოფილია სანტიმეტრებად, ხოლო ლარტყებზე ანათვალს (ლარტყის ძირიდან ჭოგრის პორიზონ-

ტალზე და ძაღის გადაკვეთამდე) მივიღებთ მილიმეტრებით. მაგალითად, თუ ჩვენს თარაზული ძაფი ჭოგრში ცქერის დროს კვეთს ლარტყას 00 ს. ს. ლარტყ (იხივე 237 ნახაზი), მაშინ ანათვალი იქნება 437 მი-



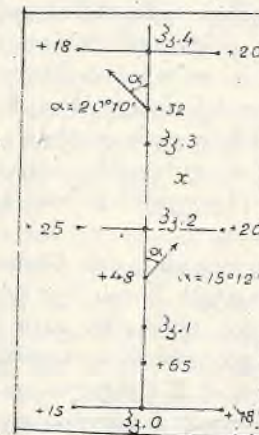
ნახ. 273.

ლიმეტრი (ანათვლის ბოლო რიცხვს — 7 მილიმეტრს შევავსებთ თვალთ).

ანათვლის აღებამდე უცქერენ თარაზოს. თუ მისი ბუშტულა არ დგას ზედაპირის შუაზე, ამწვეი ხრახნებით ბუშტულას მოიყვანენ ნულ-პუნქტზე.

აღნიშნული ანათვლები იწერება სპეციალურ სანიველირო ჟურნალში, რომლის ნიმუში მოყვანილია 22-ე ცხრილში. როგორც ამ ჟურნალიდან ჩანს, ანათვალი 0 პიკეტზე უდრის 1543 მილიმეტრს (ჩაწერილია ჟურნალის მე-2 სვეტში — უკანა ლარტყაზე) და 1-ელ პიკეტზე უდრის 1274 მილიმეტრს (ჩაწერილია ჟურნალის მე-3 სვეტში — წინა ლარტყაზე).

ამ ანათვლების აღების შემდეგ შეცვლიან ნიველირის სიმაღლეს — შტატივის აწევით ან დაწევით (სიმაღლის ოდნავ შეცვლა შეიძლება ამწვეი ხრახნებითაც). ამის შემდეგ ჭოგრს გადაადგილებენ დგარებში (გარდა ხშული ნიველირისა), თარაზოს მოიყვანენ პორიზონტალურ მდგომარეობაში და აიღებენ ანათვლებს იმავე 0 და 1-ელ პიკეტებზე დაყენებულ ლარტყებზე. ეს ანათვლები იწერება პირველად აღებული ანათვლების ქვემოთ და, როგორც ჟურნალიდან ჩანს, უდრის 1519 და 1248.



ნახ. 274.

თეორიულად რომ ვიმსჯელოთ, ანათვლების სხვაობა O პიკეტზე (1543—1519=24) უნდა უდრიდეს (სიდიდით და ნიშნით) 1-ელ პიკეტზე მიღებული ანათვლების სხვაობას (1274—1248=26).

შეცდომა დასაშვებია 2 მილიმეტრამდე. ჩვენს შემთხვევაში შეცდომა უდრის $26-24=2$ მილიმეტრს. ამის შემდეგ უკანა ლარტყას თანამიმდევრობით აყენებენ სანიველირო ხაზის მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე რელიეფის წერტილებზე. აგრეთვე პლუსებზე და ლარტყებზე ლეზულობენ ანათვლებს, რომლებიც იწერება ჟურნალის მე-4 სვეტში (შუალედებში). ჩვენს შემთხვევაში ანათვალი მარცხენა (+15) წერტილზე (ნახ. 273) უდრის 758, მარჯვენაზე—2570 და პლუს 65-ზე—1435 მილიმეტრს. ამის შემდეგ ნიველირს აყენებენ II სადგურზე (ნახ. 273) 1-ელ და მე-2 პიკეტებს შორის, დაახლოებით შუა მანძილზე. უკანა ლარტყა გადადის მე-2 პიკეტზე; წინა ლარტყა კი რჩება თავის ადგილას (1-ელ პიკეტზე) და იგი უკვე წარმოადგენს უკანა ლარტყას.

II სადგურზე მუშაობას აწარმოებენ იმავე წესით, როგორც I სადგურზე, ე. ი. თარაზოს პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ აიღებენ ანათვლებს უკანა (1-ელ პიკ.) და წინა (მე-2 პიკ.) ლარტყებზე. ჩვენს შემთხვევაში ეს ანათვლები 1842 და 2338-ის კონტროლის მიზნით, როგორც ვიცით, შეცვლიან იარაღის სიმაღლეს და თარაზოს ბუშტულას ნულპუნქტში მოყვანის შემდეგ ხელახლა აიღებენ ანათვლებს უკანა და წინა ლარტყებზე (1810 და 2304).

ამის მერე უკანა ლარტყა გადადის განივ წერტილებსა და პლუსებზე და ამ ლარტყებზე აღებულ ანათვლებს წერენ ჟურნალის მე-4 სვეტში (შუალედებში), რის შემდეგ გადადიან III სადგურზე და ასე შემდეგ.

ნიველირების დროს ხშირია შემთხვევა, როდესაც დიდი ქანობის გამო პიკეტებს შორის შუა მანძილზე დგომით არ შეიძლება ანათვლების აღება ლარტყაზე. ასეთ შემთხვევაში სანიველირო ხაზზე ან მის გარეთ ლეზულობენ ისეთ დამხმარე X წერტილს (ნახ. 273), რომ ნიველირით ამ X წერტილსა და უკანა პიკეტს შორის შუაზე დგომით შეიძლება აღება ანათვლების აღება როგორც უკანა ლარტყაზე, ისე იმ ლარტყაზე, რომელიც დაყენებულია X წერტილზე. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 273) X წერტილი აღებულია მე-2 და მე-3 პიკეტებს შორის და ნიველირით მე-2 პიკეტსა და X წერტილს შორის დგომით მიღებულია ანათვლები 2358 (მე-2 პიკეტზე) და 369 (X წერტილზე).

ამ სადგურზე მუშაობის შემოწმების შემდეგ (იარაღის სიმაღლის შეცვლით) ნიველირით დგებიან X წერტილსა და მე-3 პიკეტს შორის შუა მანძილზე და ცნობილი წესით მოახდენენ ნიველირებას. აღნიშნული X წერტილი წარმოადგენს დამაკავშირებელ წერტილს,

რადგანაც ეს წერტილი სიმაღლის მხრივ მე-2 პიკეტს აკავშირებს მე-3 პიკეტთან, ისე როგორც 1-ელი პიკეტი სიმაღლის მხრივ ერთიმეორესთან აკავშირებს O და მე-2 პიკეტებს. დამაკავშირებელი X წერტილის როლს შეიძლება ასრულებდეს პლუსებიც. არის შემთხვევა (დიდი ქანობი), როდესაც პიკეტებს შორის საჭიროა რამდენიმე X წერტილის აღება.

იმ შემთხვევაში, როდესაც საწყისი, ან ბოლო პიკეტის, ან სხვა წერტილის ახლოსაა რეპერი, ხაზის ნიველირებას უკავშირებენ ამ რეპერს იმ მიზნით, რომ ყველა წერტილისათვის აბსოლუტური სიმაღლეები მივიღოთ. გარდა ამისა, როგორც შემდეგ ვნახავთ, რეპერების საშუალებით შეიძლება შემოწმდეს ხაზის ნიველირება.

ნიველირების დამთავრების შემდეგ გამოთვლიან დამაკავშირებელი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობებს და შემდეგ—სიმაღლეებსაც.

ჟურნალის მე-5 და მე-6 სვეტში იწერება დამაკავშირებელ წერტილებზე აღებული საშუალო ანათვალი. პირველი სადგურისათვის საშუალო ანათვლები იქნება 1531 და 1261. როგორც ვიცით, ამ საშუალო ანათვლების სხვაობები წარმოადგენს დამაკავშირებელი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობებს, რომლებიც თავიანთი ნიშნებით იწერება ჟურნალის მე-7 და მე-8 სვეტებში. ჩვენს შემთხვევაში O და 1-ელ პიკეტებს შორის სიმაღლეთა სხვაობა იქნება +270 მილიმეტრი.

ამავე წესით გამოითვლება დანარჩენი დამაკავშირებელი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობები. აღნიშნულ სიმაღლეთა სხვაობების მიხედვით შეიძლება შემოწმდეს იქნეს მთელი სავსე მუშაობა. აქ შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ასეთ შემთხვევებს:

პირველი შემთხვევა. სანიველირო ხაზის საწყისი და ბოლო წერტილების ნიშნულები წინასწარ ცნობილია (მაგალითად, არსებულ რეპერებთან დაკავშირებით). ამ შემთხვევაში, თეორიულად რომ ვიმსჯელოთ, ნიველირებით მიღებული საწყისი და ბოლო წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა უნდა უდრიდეს იმავე წერტილების სიმაღლეთა სხვაობას—მიღებულს ამ წერტილების ცნობილი სიმაღლეების მიხედვით.

თანახმად § 135-ში მოყვანილი ფორმულებისა, ტექნიკურ ნიველირებაში შეცდომა M დასაშვებია, თუ იგი არ აღემატება $3t \cdot \sqrt{2n}$ -ს ე. ი.

$$M = 3t\sqrt{2n},$$

სადაც t არის ლარტყაზე ანათვლის აღების სიზუსტე ($t=1$ მილიმეტრს) და n —სადგურთა რიცხვი.

აგრეთვე, ტექნიკურ ნიველირებაში შეცდომა M ითვლება დასაშვებად, თუ იგი არ აღემატება სიდიდეს:

$$M \leq 30 \sqrt{L} \text{ მილიმეტრს,}$$

სადაც L არის სანიველირო ხაზის სიგრძე კილომეტრებით.
მეორე შემთხვევა. იმ რაიონში, სადაც აწარმოებენ ნიველირებას, არ არის რეპერები.

ცხრილი 22

სანიველირო წერტილები	ანათლები ლარ- ტყაზე			საშუალო ანათვალი		სიმაღლეთა სხვაობა h		იარაღის პორბის ტი (ბ. 3)	ნიშნულები მეტრებით
	უკანა ტყა	წინა ტყა	შუალედნი	უკანა ტყა	წინა ტყა	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
პკ. 0	1543 1519			1531				501,519	500,000
მარცხ. + 15			758						500,761
მარჯვ. + 20			2570						498,949
+ 65			1435						500,084
პკ. 1.		1274 1248			1261	270			500,270
პკ. 1	1842 1810			1826				502,080	500,270
+ 48,8			1238				495		500,842
პკ. 2		2338 2304			2321				499,775
მარცხ. + 25			1428						500,652
მარჯვ. + 20			2835						499,245
პკ. 2	2358 2310			2334					499,775
X		369 323			346	1988			501,763
X	2896 2364			2880					501,763
პკ. 3		497 465			481	2389			504,162
პკ. 3	1748 1706			1727				505,868	504,162
+ 32			1928						503,940
პკ. 4		1066 1026			1046	661			504,843
მარცხ. + 28			426						504,442
მარჯვ. + 20			1248						504,620
						5368	495		

ამ შემთხვევაში, მუშაობის შემოწმების მიზნით, ნიველირებით ბრუნდებიან საწყის წერტილში და, თანახმად § 134-ში მოყვანილი (1) ფორმულისა, სიმაღლეთა სხვაობის ალგებრული ჯამი უნდა იყოს ნულის ტოლი, ე. ი.

$$\sum h = 0.$$

სინამდვილეში აღვნიშნავთ, რომელიც დასაშვებია, თუ იგი არ აღემატება სიდიდეს:

$$M \leq 30 \sqrt{L} \text{ მილიმეტრს,}$$

სადაც L არის სანიველირო ხაზის სიგრძე კილომეტრებში. კონტროლის მიზნით ნიველირება შეიძლება გაწარმოოთ ორი ნიველირით. პირველი ნიველირით აწარმოებენ ხაზის ნიველირებას ჩვეულებრივი მეთოდით (პიკეტაჟის წარმოებით), მეორეთი კი მხოლოდ დამაკავშირებელი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობებს განსაზღვრავენ და შემდეგ ცალკე შედეგების შედარებით არაკვევენ, თუ სად რა სიდიდის შეცდომაა დაშვებული და განსაზღვრავენ მთლიან შეცდომას, რომელიც არ უნდა აღემატებოდეს ზემოთაღნიშნულ ნორმებს.

იმ შემთხვევაში, როდესაც შეცდომა დასაშვებია, მას ანაწილებენ თანაბრად ყველა დამაკავშირებელი წერტილის სიმაღლეთა სხვაობებზე. ვთქვათ, სანიველირო ხაზი შეიცავს 15 სადგურს და შეცდომა ტოლია +30 მმ. დავუშვათ, რომ ეს შეცდომა დასაშვებია, მაშინ ყოველ სადგურზე, ე. ი. ყოველ სიმაღლეთა სხვაობაში, უნდა შევიტანოთ შესწორება 2 მილიმეტრის ტოლი (შესწორებას შეიტანენ შეცდომის შებრუნებული ნიშნით).

აღნიშნული შესწორებები ჩვეულებრივ იწერება სათანადო სიმაღლეთა სხვაობების ზემოთ—მე-7 და მე-8 სვეტებში (ჟურნალში არ არის ნაჩვენები).

ამის შემდეგ უკვე შესწორებულ სიმაღლეთა სხვაობების მიხედვით გამოთვლიან ყველა დამაკავშირებელი წერტილის ნიშნულებს (სიმაღლეებს) ცნობილი ფორმულით:

$$H_n = H_{n-1} + h_{n-1}, \quad (\text{იხ. § 134})$$

ე. ი. რომელიმე წერტილის სიმაღლე H_n უდრის მომდევნო წერტილის სიმაღლეს H_{n-1} მიმატებული (თავისი ნიშნით) ამ წერტილებს შორის სიმაღლეთა სხვაობა.

საწყისი O პიკეტისათვის შეიძლება მოცემული იყოს აბსოლუტური ნიშნული (რეპერთან დაკავშირებული). აგრეთვე შეგვიძლია ავიღოთ პირობითი სიმაღლე. ჩვენს შემთხვევაში O პიკეტისათვის აღებულია სიმაღლე 500,000 მეტრის ტოლი (ჩაწერილია ჟურნალის მე-10 სვეტში).

ამ სიმაღლესთან დაკავშირებით 1-ლი პიკეტის სიმაღლე, თანახმად ზემომოყვანილი ფორმულისა

$$H_1 = H_0 + h_0 = 500,000 + 0,270 = 500,270 \text{ მ}$$

(გველისხმობთ, რომ 0,270 არის შესწორებულ სიმაღლეთა სხვაობა).

მე-2 პიკეტის ნიშნულის მისაღებად 1-ლი პიკეტის ნიშნულს (500,270) უნდა გამოვაკლოთ სიმაღლეთა სხვაობა 495 მილიმეტრის, რადგანაც ამ სიმაღლეთა სხვაობას უარყოფითი ნიშანი აქვს. ამავე წესით განისაზღვრება დანარჩენი დამაკავშირებელი წერტილების ნიშნულები.

პლუსებისა და განივი წერტილების ნიშნულები კი განისაზღვრება იარაღის ჰორიზონტის საშუალებით, შემდეგი ფორმულით:

$$H = \text{ი. პ.} - b, \quad (\text{იხ. § 133})$$

ე. ი. საძიებელი სიმაღლე H უდრის იარაღის ჰორიზონტს (ი. პ.) გამოკლებული საძიებელ წერტილზე აღებული b ანათვალი. თავის მხრივ, იარაღის ჰორიზონტი უდრის დამაკავშირებელი წერტილის სიმაღლეს, მიმატებული ამ წერტილზე აღებული მეორე ანათვალი (იარაღის სიმაღლის შეცვლის შემდეგ). ჩვენს შემთხვევაში პირველი სადგურისათვის იარაღის ჰორიზონტი იქნება:

$$\text{ი. პ.} = 500,000 + 1,519 = 501,519 \text{ მ.}$$

ეს სიდიდე ჩაწერილია ჟურნალის მე-9 სვეტში O პიკეტის პირდაპირ.

მეორე სადგურისათვის იარაღის ჰორიზონტი იქნება 1-ლი პიკეტის სიმაღლეს (500,270) მიმატებული ამ პიკეტზე აღებული მეორე ანათვალი (1810), ე. ი.

$$\text{ი. პ.} = 500,270 + 1,810 = 502,080.$$

იმავე ჰორიზონტს მივიღებთ, თუ მე-2 პიკეტის ნიშნულს (499,775) მივუმატებთ ამ პიკეტზე აღებულ მეორე ანათვას (2,304), ე. ი.

$$\text{ი. პ.} = 499,775 + 2,304 = 502,079$$

(შეცდომა დასაშვებია 2—3 მილიმეტრამდე).

იარაღის ჰორიზონტის გამოთვლის შემდეგ შეგვიძლია უკვე გამოვთვალოთ განივი წერტილებისა და პლუსების ნიშნულები ზემომოყვანილი ფორმულით ($H = \text{ი. პ.} - b$). ჩვენს შემთხვევაში განივი (მარცხენა + 15) წერტილისათვის.

$$H = \text{ი. პ.} - b = 501,519 - 0,758 = 500,761 \text{ მ.}$$

+ 65 წერტილისათვის

$$H = \text{ი. პ.} - b = 501,519 - 1,435 = 500,084 \text{ მ.}$$

ამავე წესით განისაზღვრება დანარჩენი პლუსების სიმაღლეები. ჟურნალის ყოველ ფურცელზე შეგვიძლია მოვახდინოთ დამაკავშირებელი წერტილების სიმაღლეთა გამოთვლის შემოწმება. ამისათვის ჟურნალის ყოველი ცალკე ფურცლის ბოლოში ვწერთ მე-7 და მე-8 სვეტებში ჩაწერილ სიმაღლეთა სხვაობების ჯამს, ჩვენს შემთხვევაში

ცხრილი 23

სანიველირო ჟურნალი (მიღებული წარმოებაში)

სანიველირო წერტილები	ანათვლები ლარტყაზე			საშუალო ანათვლები		სიმაღლეთა სხვაობები		იარაღის ჰორიზონტი (ი. პ.)	ნიშნულები (მეტრებით)
	უკანა ლარტყაზე	წინა ლარტყაზე	შუალედვი	უკანა ლარტყაზე	წინა ლარტყაზე	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
პკ. 0	1548 1519			1531				501,519	500,000
მარცხ. + 15			758						500,761
მარჯვ. + 18			2570						498,949
+ 65			1435						500,084
პკ. 1	1842 1810	1274 1248		1826	1261	270		502,089	500,270
+ 48			1238						500,892
პკ. 2	2358 2310	2338 2304		2324	2321		495		494,775
მარცხ. + 25			1428						500,652
მარჯვ. + 20			2835						499,245
X	2896 2864	369 323		2880	346	1988			504,162
პკ. 3	1748 1706	497 465		1727	481	2399		505,868	504,162
+ 32			1928						503,940
პკ. 4		1066 1026			1046	681			504,843
მარცხ. + 20			426						505,442
მარჯვ. + 20			1248						504,620
						5338	495		

+ 5338 და — 495. აღნიშნულ სიმაღლეთა სხვაობების ალგებრული ჯამი ($5,338 - 0,495 = 4,843$) უნდა უდრიდეს ამ ფურცელზე ჩაწერილი კიდური დამაკავშირებელი წერტილების ნიშნულების სხვაობას (ჩვენს

შემთხვევაში 0 და 4 პიკეტის ნიშნულებისა), ე. ი. დაცული უნდა იყოს შემდეგი ტოლობა:

$$5,338 - 0,495 = 504,843 - 500,000 = 4,843.$$

იმ მიზნით, რომ გასაგები და ნათელი იყოს ნიველირების მთელი პროცესი, აღნიშნულ ჟურნალში (22-ე ცხრილში) ყოველი სადგური ცალკეა გამოყოფილი და მათთვის ცალ-ცალკეა ჩაწერილი დამაკავშირებელი წერტილები და ანათვლები ამ წერტილებზე, ე. ი. დამაკავშირებელი წერტილები ორჯერაა ჩაწერილი ჟურნალში. წარმოებაში სანიველირო წერტილები ჟურნალში იწერება თანმიმდევრობით, ე. ი. სადგურები ცალ-ცალკე არ გამოიყოფა და ყოველი დამაკავშირებელი წერტილის პირდაპირ იწერება ორი მოსაზღვრე სადგურიდან მიღებული ანათვლები, ე. ი. ყოველი დამაკავშირებელი წერტილის პირდაპირ იწერება როგორც უკანა ლარტყაზე, ისე წინა ლარტყაზე აღებული ანათვლი. ამგვარი ჩანაწერები ნაჩვენებია ჟურნალში (23-ე ცხრილი). ანათვლები და სანიველირო წერტილები აღებულია იგივე, რაც ზემო-მოყვანილ ჟურნალში (22-ე ცხრილი).

მარტივი სახის ჟურნალი. როდესაც ნიველირების მიზანს შეადგენს ზედაპირის რელიეფის გამოსახვა ან არაზუსტი საგამოკლე-ვო ხასიათის სამუშაოს ჩატარება, სავალდებულო არაა ყოველ სადგურზე მუშაობის შემოწმება ნიველირის სიმაღლის შეცვლით. ასეთ შემთხვევაში სანიველირო ჟურნალი მიიღებს გამარტივებული ჟურნალის სახეს (24-ე ცხრილი).

ცხრილი 24

გამარტივებული სახის ჟურნალი

სანიველირო წერტილები	ანათვლები ლარტყ.			იარაღის პორიზონტი (ი. პ.)	ნიშნულები მეტრებით	შ ე ნ ი შ ე ნ ა
	წინა	უკანა	შუალედ.			
პკ. 0 + 65 პკ. 1	1058	875	1148	501,058	500,000 499,910 500,183	
პკ. 1 + 48 პკ. 2	1638	1945	1484	501,821	500,183 500,337 499,876	
პკ. 2 პკ. 3.	2745	918		502,621	499,876 501,703	

როგორც ამ ჟურნალიდან ჩანს, დამაკავშირებელ წერტილებზე აღებულია თითო ანათვალი, რადგანაც იარაღის სიმაღლე არ იცვლება.

გარდა ამისა, განხილულ შემთხვევაში არაა სავალდებულო წერტილების სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრა.

ყოველი სანიველირო წერტილის ნიშნული, როგორც ჟურნალიდან ჩანს, განსაზღვრულია იარაღის პორიზონტის საშუალებით შემდეგი ცნობილი ფორმულით:

$$H = i. პ. - b.$$

ჩვენს შემთხვევაში იარაღის პორიზონტი პირველ სადგურზე ტოლია საწყისი ნულოვანი პიკეტის სიმაღლეს (500,000) მიმატებული ამ პიკეტზე აღებული ანათვალი (1058), ე. ი.

$$i. პ. = 500,000 + 1,058 = 501,058 \text{ მ.}$$

ამ პორიზონტთან დაკავშირებით +65 წერტილის ნიშნული იქნება:

$$H = i. პ. - b = 501,058 - 1,148 = 499,910.$$

1-ლი პიკეტის ნიშნული კი იქნება:

$$H = 501,058 - 0,875 = 500,183 \text{ მ.}$$

მეორე სადგურისათვის იარაღის პორიზონტი უდრის 1-ლი პიკეტის სიმაღლეს (500,183) მიმატებული ამ პიკეტზე აღებული ანათვალი (1638). ამ პორიზონტთან დაკავშირებით გამოთვლილია +48-ის და პკ. 2-ის ნიშნულები. ამავე წესით განისაზღვრება დანარჩენი წერტილების ნიშნულები.

§ 141. გრძივი ნიველირების წარმოება ორივე მხარეზე დაყოფილი ლარტყებით

წინა პარაგრაფში განხილულ გრძივ ნიველირებაში გამოყენებული იყო ლარტყები, რომლებზეც დანაყოფები (სანტიმეტრები) დატანილი იყო ლარტყების მხოლოდ ერთ მხარეზე.

ასეთი ლარტყებით მუშაობისას, უკანა და წინა ლარტყებზე a და b ანათვლების აღების შემდეგ, როგორც ვიცით, შეცვლიან ნიველირის სიმაღლეს, თარაზოს ბუშტულას დაყენებენ ნულბუნიქტში და ზელახლა აიღებენ ლარტყებზე a' და b' ანათვლებს. პირველად აღებული ანათვლების სხვაობა ($a-b$) უნდა იყოს ტოლი მეორედ აღებული ანათვლების სხვაობისა ($a'-b'$) დასაშვები ცდომილების ფარგლებში. ასე ამოწმებენ მუშაობას ყოველ სადგურზე.

იმ მიზნით, რომ ყოველ სადგურზე არ მოგვიხდეს ინსტრუმენტის სიმაღლის შეცვლა, შეიძლება გამოვიყენოთ ლარტყები, რომლების ორივე მხარეზე დატანილია სანტიმეტრებიანი დანაყოფები შავ და წითელ ფერში.

წარწერები ასეთ ლარტყებზე ასეა დალაგებული:

ორივე ლარტყის შავ მხარეზე ლარტყების ძირი ვ. ი. საწყისი ანათვალის წარწერილია ნულით. წითელ მხარეებზე კი ერთი ლარტყის ძირი წარწერილია ანა ნულით, არამედ ეს წარწერა შეესაბამება რაიმე დიდ ანათვალს, მაგალითად 4540-ს (ჩვეულებრივ ამ რიცხვს ღებულობენ 4000-ზე მეტს). მეორე ლარტყის წითელ მხარეზე ის ანათვალი, რომელიც შეესაბამება ამ ლარტყის ძირს, განსხვავებულია პირველი ლარტყის წითელი მხარის ანათვალისაგან (4540) ასი მილიმეტრით. მაშასადამე, ამ ლარტყის ძირი შეესაბამება 4440 ან 4640 ანათვალს.

ასეთი ლარტყებით ნიველირებას რომელიმე სადგურზე, მაგალითად I სადგურზე (0 და I პიკეტებს შორის) აწარმოებენ შემდეგი წესით:

თარაზის ბუშტულის მოიყვანენ ნულბუნქტში და უკანა ლარტყის (პკ. 0) შავ მხარეზე აიღებენ ანათვალს, მაგალითად 1383 მმ, შემდეგ ღებულობენ ანათვალს წინა ლარტყის (პკ. 1) შავ მხარეზე, მაგალითად 551 მმ. ეს ანათვლები იწერება ქვემოთყვანილი ჟურნალის (ცხრილი 25) მე-2 და მე-3 სვეტებში. შემდეგ ანათვალს ღებულობენ წინა ლარტყის წითელ მხარეზე, მაგალითად 5238 მმ. და ბოლოს, იღებენ ანათვალს უკანა ლარტყის წითელ მხარეზე (6172). ეს წითელი ანათვლები იწერება ჟურნალის მე-6 და მე-5 სვეტებში. ყველა ანათვლის გვერდით ფრჩხილებში მოყვანილი ციფრები—(1), (2), (3)... გვიჩვენებს მუშაობის თანმიმდევრობის რიგს.

მუშაობას ამოწმებენ იმით, რომ შავი ანათვლების სხვაობა (1383—551), რომელიც გვიჩვენებს 0 და 1 პიკეტების სიმაღლეთა სხვაობას და ჩაწერილია ჟურნალის მე-7 სვეტში (+832 მმ), უნდა იყოს განსხვავებული უკანა და წინა წითელი ანათვლების სხვაობისაგან (6172—5238) ასი მილიმეტრით, რადგანაც ლარტყების წითელი მხარეების საწყისი ანათვლები ერთმეორისაგან განსხვავდებიან 100 მილიმეტრით. ჩვენს შემთხვევაში წითელი ანათვლების სხვაობა უდრის 934 მმ და ჩაწერილია ჟურნალის მე-7 სვეტში სხვაობა 832-ის ქვემოთ. ცდომილება დასაშვებია 2 მილიმეტრამდე. ჟურნალის მე-9 და მე-10 სვეტებში იწერება წერტილების საშუალო სიმაღლეთა სხვაობები თავისი ნიშნით. ჩვენს შემთხვევაში 0 და 1 პიკეტების სიმაღლეთა სხვაობის საშუალო მნიშვნელობა იქნება 833 მილიმეტრი დადებითი ნიშნით და ჩაწერილია 25-ე ცხრილის მე-9 სვეტში.

I სადგურზე მუშაობის შემოწმების შემდეგ (შავი და წითელი ანათვლების ადებით) უკანა ლარტყა თანმიუდებრით იდგება საბუთ-სო წერტილებში, მაგალითად, +15, +20, +65... და ღებულობენ ანათვლებს ლარტყის შავ მხარეზე (758, 2345 და 1137), რომლებიც იწერება ჟურნალის მე-4 სვეტში (შუალედები).

სანიველირო ჟურნალი (გამოყენებულია ორივე მხარეზე დავითილი ლარტყებით)

სანიველირო წერ- ტილები	ანათვლები ლარტყე- ბის შავ მხარეზე			წითელ მხარეზე		სიმაღლეთა სხვაობები				ინსტრუმენტის პო- ზიციონტი (მ. პ.)	ნიშნულები (მეტ- რებში)	შენიშვნა
	უკანა ლარ- ტყაზე	წინა ლარ- ტყაზე	შუალედი	უკანა ლარ- ტყაზე	წინა ლარ- ტყაზე	მა- მთვე- ლილი		საშუა- ლო				
						+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
პიკ. 0	1383(1)			6172(4)						501,383	500,000	
მარცხ. +15			758(5)								500,625	
მარჯვ. +20			2345(6)								499,038	
+ 65			1137(7)								500,246	
პიკ. 1		551(2)			5238(3)	832					500,833	
						934		833				500,833
პიკ. 1	1843			5843						502,676	500,833	
+ 49,5			2018								500,658	
+ 75,3			2141				574				500,535	
პიკ. 2		2417			6315		472		573		500,260	

I სადგურზე მუშაობის დამთავრების შემდეგ უკანა ლარტყა გადა-
დის სანიველირო ხაზის შემდეგ დამაკავშირებელ წერტილში, ჩვენს შემ-
თხვევაში პკ. 2-ზე, ხოლო წინა ლარტყა რჩება თავის ადგილას (პკ.
1-ზე) და II სადგურისათვის უკვე წარმოადგენს უკანა ლარტყას. II
და დანარჩენ სადგურებზე მუშაობას აწარმოებენ იმავე წესით, რო-
გორც I სადგურზე.

ჟურნალის ბოლო მე-12 სვეტში იწერება წერტილების აბსოლუ-
ტური ან პირობითი სიმაღლეები (ნიშნულები), მიღებული საწყისი
წერტილის (პკ. 0) სიმაღლის მიხედვით. ჩვენს შემთხვევაში საწყისი
პკ. 0-ის პირობითი სიმაღლე აღებულია 500,000 მ ტოლი. ამ სიმაღ-
ლესთან დაკავშირებით პკ. 1-ის სიმაღლე H_1 იქნება:

$$H_1 = 500,000 + 0,833 = 500,833 \text{ მ.}$$

პკ. 2-ის სიმაღლე H_2 იქნება:

$$H_2 = 500,833 - 0,573 = 500,260 \text{ მ}$$

და ასე შემდეგ.

საპლუსო წერტილების (+15; +20; +65) სიმაღლეები მიიღება ცნობილი ფორმულით:

$$H = \text{ი. პ.} - \text{ხ.} \quad (\text{იხ. §136})$$

ვინაიდან ინსტრუმენტის სიმაღლე ჩვენს შემთხვევაში არ იყო შეცვლილი, ამიტომ ინსტრუმენტის პორიზონტი I სადგურზე იქნება:

$$\text{ი. პ.} = 500,000 + 1,383 = 501,383 \text{ მ.}$$

და +15 წერტილის სიმაღლე H_{15} იქნება:

$$H_{15} = \text{ი. პ.} - \text{ხ} = 501,383 - 0,758 = 500,625 \text{ მ.}$$

+20 წერტილის სიმაღლე H_{20} იქნება:

$$H_{20} = \text{ი. პ.} - 2,345 = 501,383 - 2,345 = 499,038 \text{ მ.}$$

+65 წერტილის სიმაღლე H_{65} იქნება:

$$H_{65} = \text{ი. პ.} - 1,137 = 501,383 - 1,137 = 500,246 \text{ მ.}$$

ეს სიმაღლეები იწერება ჟურნალის ბოლო მე-12 სვეტში.

II სადგურზე ინსტრუმენტის პორიზონტი იქნება:

$$\text{ი. პ.} = 500,833 + 1,843 = 502,676 \text{ მ.}$$

მთელ ნიველირებას ამოწმებენ შემოვანხილული წესით—სანიველირო ხაზის ბოლო წერტილების დაკავშირებით არსებულ რეპერებთან ან ნიველირებით ბრუნდებიან საწყის წერტილში (იხ. § 140).

§ 142. პრივი პროფილის აგება სანიველირო ჟურნალის საფუძველზე

პიკეტებისა და საპლუსო წერტილების სიმაღლეების გამოთვლის შემდეგ ქალაქზე აკებენ ადგილის ზედაპირის პროფილს სანიველირო ხაზის მიმართულებით ე. ი. გრძივ პროფილს. აკებენ აგრეთვე განივ პროფილს სანიველირო ხაზის ყოველი მახასიათებელი წერტილისათვის. რათა გრძივი პროფილი თვალსაჩინო იყოს, მის ასაგებად ღებულობენ. ორ მასშტაბს: ერთს—პორიზონტალური მანძილებისათვის (პიკეტები-სათვის) და მეორეს (უფრო გადიდებულს)—ვერტიკალური მანძილები-სათვის (ნიშნულებისათვის). ვერტიკალურ მასშტაბს ღებულობენ 10-ჯერ მსხვილს, ვიდრე პორიზონტალურს.

რკინიგზის პროფილებისათვის პორიზონტალურ მასშტაბად მიღებულია 1:10000 და ვერტიკალურ მასშტაბად—1:1000.

განივი პროფილებისათვის ღებულობენ ერთ მასშტაბს (1:1000 ან

1:500), როგორც პორიზონტალური, ისე ვერტიკალური მანძილები-სათვის.

გრძივ პროფილს აკებენ შემდეგი წესით: მილიმეტრებიან ქალაქზე პორიზონტალური მასშტაბით სწორ ხაზზე დანიშნავენ პიკეტებს (ყოველ 100 მეტრზე) და პლუსებს, საპიკეტაჟო წიგნაკის მიხედვით. ყოველ პიკეტზე იწერება მისი ნომერი (ნახ. 275) და ყოველი მათვე პიკეტი, რომელიც წარმოადგენს კილომეტრს, ინიშნება პირობითი ნიშნით, რომელსაც აქვს წარწერა კილომეტრის შესაბამისად (ჩვენს შემთხვევაში წარწერილია 24, 25 და 26 კილომეტრი). თუ პიკეტებს შორის მდებარეობს საპლუსო წერტილები, მათ შორის იწერება მანძილები. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 275) 240 და 241 პიკეტებს შორის მდებარეობს საპლუსო წერტილი, დაშორებული 240 პიკეტიდან 65 მეტრით, ხოლო 241 პიკეტიდან—35 მეტრით. ეს მანძილები იწერება პროფილის პირველ სტრიქონში (პორიზონტალური მანძილები). თუ პიკეტებს შორის მდებარეობს რამდენიმე საპლუსო წერტილი, მათ შორის ყველა მანძილი იწერება. თუკი პიკეტებს შორის არ არის პლუსები, მაშინ პიკეტებს შორის მანძილი (100 მეტრი) არ იწერება პროფილზე.

პრაქტიკაში არის შემთხვევა, როდესაც სანიველირო ხაზის (გზის, არხის) პიკეტაჟს და თვით ნიველირებას აწარმოებენ ხაზის საწყისი და ბოლო წერტილებიდან ურთიერთშეხვედრამდე. ასეთ შემთხვევაში შეხვედრის ადგილას, როგორც წესი, არ მოთავსდება ნორმალური პიკეტი, ე. ი. ცალკე უბნებს შორის მანძილი შეხვედრის ადგილას იქნება 100 მეტრზე ნაკლები. ასეთ არანორმალურ პიკეტს გაჭრილი (არასრული) პიკეტი ეწოდება. გაჭრილ პიკეტს პროფილზე უთმო-ბენ იმდენ ადგილს, რამდენიც აქვს დათმობილი ნორმალურ პიკეტს და ასეთი პიკეტი ინიშნება პირობითი ნიშნით (მსხვილი ზედა და ქვედა ხაზებით). ჩვენს შემთხვევაში არანორმალური (გაჭრილი) პიკეტი მდებარეობს 256-სა და 257-ე პიკეტებს შორის (ნახ. 275) და მისი სიგრძეა 70 მეტრი.

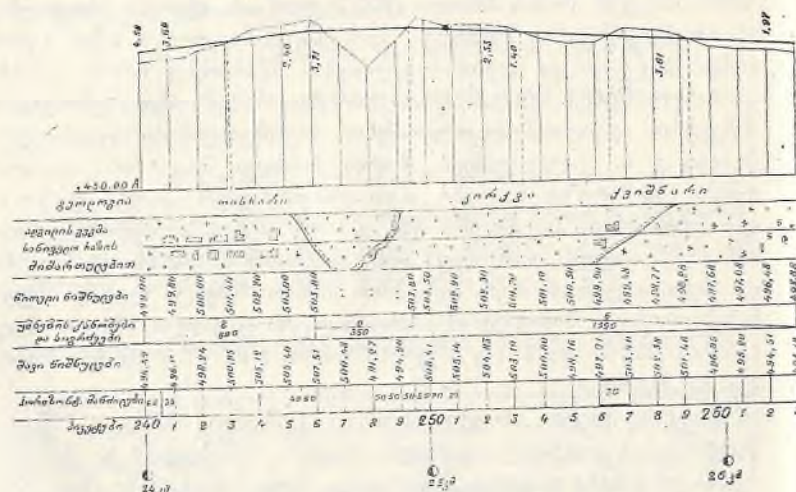
როგორც ვიცით, პიკეტის ნომერი გვიჩვენებს მანძილს საწყისი წერტილიდან პიკეტამდე. გაჭრილი პიკეტის შემთხვევაში ეს მდგომარეობა არ იქნება დაცული. მაგალითად, ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 275) საწყისი პიკეტიდან 257 პიკეტამდე მანძილი იქნება არა 25700 მეტრი, არამედ $25600 + 70 = 25670$ მეტრი. ამრიგად, გაჭრილი პიკეტების შემდეგ მდებარე პიკეტების ნომრები არ გამოსახავს შესაბამის მანძილებს საწყისი პიკეტიდან. ასეთ დროს კილომეტრების მაჩვენებელ ნიშნებს ვაღაადგილებენ ისე, რომ ამ ნიშნებს შორის მანძილი ტოლი იყოს ერთი კილომეტრისა. ამ შემთხვევაში ეს ნიშნები უკვე სწორად გამოსახავს სანიველირო ხაზის ცალკე კილომეტრებს. 275-ე ნახაზზე

26 კალომეტრის მაჩვენებელი ნიშანი დაშორებულია 260 პიკეტიდან 30 მეტრით. ამ შემთხვევაში 25 და 26 ნიშნებს შორის მანძილი იქნება ერთი კალომეტრი ($600 + 70 + 300 + 30 = 1000$ მ). გზის მშენებლობის ან ექსპლოატაციის დროს უკვე შეიძლება კალომეტრების გადაადგილებულ ნიშნებს შორის ადგილზე დაინიშნოს ნორმალური (100 მეტრიანი) ათი პიკეტი.

პროფილის მეორე სტრიქონში იწერება პიკეტებისა და პლუსების ნიშნულები. ამ ნიშნულებს ღებულობენ სანიველირო ჟურნალიდან და მათ შავი ნიშნულები ეწოდება.

შავი ნიშნულების ზემოთ ტოვებენ ადგილს 7—8 სანტიმეტრამდე (წითელი ნიშნულების, ქანობებისა და სხვა ელემენტების ჩასაწერად) და მიღებული AB ხაზიდან (ნახ. 275) ვერტიკალური მასშტაბით გადაზომავენ შავ ნიშნულებს.

AB ხაზს აძლევენ ისეთ პირობით სიმაღლეს, რომ პროფილის ხაზი დაახლოებით 5—6 სანტიმეტრით იყოს დაშორებული ალ AB ხაზიდან.



ნახ. 275.

ჩვენს შემთხვევაში AB ხაზის სიმაღლედ აღებულია 450 მეტრი. მაშალად, 240 პიკეტის (რომლის შავი ნიშნულია 494,42) მისაღებად AB ხაზიდან ვერტიკალური მასშტაბით უნდა გადავზომოთ $494,42 - 450,0 = 44,42$ მ.

ამავე წესით AB ხაზიდან გადავზომილია ყველა პიკეტისა და პლუსის შავი ნიშნულები და მიღებულია წერტილების მდებარეობა ვერტი-

კალურ სიბრტყეზე. ამ წერტილების შეერთებით (სწორი ხაზებით) მიიღება სანიველირო ხაზის პროფილი. განივ პროფილებსაც ააგებენ განხილული წესით, ხოლო მათთვის, როგორც ვთქვით, ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ მასშტაბებს ღებულობენ ერთსა და იმავეს. 276-ე ნახაზზე მოყვანილია განივი პროფილი 245 პიკეტზე. ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ პიკეტის მარჯვნივ და მარცხნივ გადავზომილია 18 და 15 მეტრი (ამოღებულია საპიკეტაჟო წიგნაკიდან). ვერტიკალური მიმართულებით საწყისი ab ხაზიდან (რომლის სიმაღლე აღებულია 490 მეტრი) გადავზომილია სანიველირო ჟურნალიდან აღებული 245 პიკეტისა და მარჯვენა და მარცხენა მახასიათებელი წერტილების შავი ნიშნულები (505,40; 506,85 და 503,20) და მიღებული წერტილების შეერთებით გამოისახება განივი პროფილი. ამავე წესით ააგებენ დანარჩენ განივ პროფილებს.

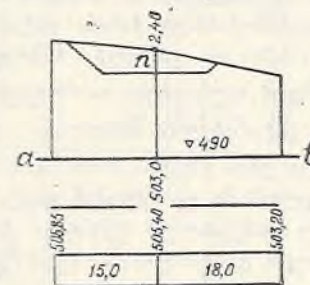
გრძივი და განივი პროფილების აგების შემდეგ, გრძივ პროფილზე დანიშნავენ საპროექტო (წითელ) ხაზს, რომელიც შეესაბამება გასაჭრელი გზის, არხის ან სხვა ნაგებობის ზედაპირს. მაშალად, საპროექტო (წითელი) ხაზი გვიჩვენებს, თუ სად რა სიმაღლის ყრილი ან რა სიღრმის ჭრილია საჭირო ნაგებობის ზედაპირის მისაღებად.

საპროექტო ხაზს ატარებენ მისი ქანობების მიხედვით. როგორც ვიცით, AB ხაზის (ნახ. 277) ქანობი (აღინიშნება ასო i -თი) არის h სიმაღლის შეფარდება ჰორიზონტალურ AC მანძილთან. ეს შეფარდება წარმოადგენს AB ხაზის დახრის α კუთხის ტანგენსს, ე. ი.

$$i = \frac{h}{AC} = \operatorname{tg} \alpha.$$

ქანობი i საერთოდ გამოისახება ათწილადებით. მაგალითად, ქანობი 0,003 ნიშნავს იმას, რომ ყოველ ათის მეტრზე წერტილის სიმაღლე მატულობს (ან კლებულობს) სამი მეტრით.

საპროექტო ხაზის ქანობი საერთოდ მოცემულია გზის კატეგორიის მიხედვით. ვთქვათ, ჩვენს შემთხვევაში საპროექტო ხაზის მაქსიმალური ქანობი მოცემულია 0,008-ის ტოლი, ე. ი. საპროექტო ხაზის წერტილების სიმაღლეები ყოველ 1000 მეტრზე მატულობს (ან კლებულობს) 8 მეტრით.



ნახ. 276.

საპროექტო ხაზს ატარებენ იმ მოსაზრებით, რომ ის მიწა, რომელიც მოსაპროექტო იქნება, გამოყენებულ იქნეს ყრილზე, ე. ი. კრილი დაახლოებით უდრადეს ყრილს. გრძელ პროფილს ჩვეულებრივ დაყოფენ ცალკეულ უბნებად და ამ უბნებისათვის, რელიეფის მიხედვით, ღებულობენ სხვადასხვა ქანობს (მაქსიმალურს ან მასზე ნაკლებს). ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 275) გრძელი პროფილი დაყოფილია სამ უბნად. პირველ უბანზე (სიგრძით 600 მ) აღებულია 0,008 ქანობი, მეორე უბანზე (სიგრძით 350 მ) აღებულია ქანობი ნული, ე. ი. საპროექტო ხაზი გატარებულია ჰორიზონტალურად და მესამე უბანზე (სიგრძით 1320 მ) ქანობი აღებულია უარყოფითი—0,006.

საპროექტო ხაზების გატარება მოხერხებულია ცელულოიდის გამჭვირვალე სამკუთხედითა და სახაზავით. პროფილის ზემოთ წინასწარ ფანქრით გაატარებენ სხვადასხვა ქანობის რამდენიმე ხაზს. შემდეგ სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით რომელიმე მათგანს ჩამოიტანენ ქვემოთ (თავისი მიმართულების პარალელურად) და მისი აწვედაწვევით არკვევენ, თუ რამდენად მიზანშეწონილია (მიწის სამუშაოების მხრივ) ჩამოტანილი ხაზის გატარება, როგორც საპროექტო ხაზისა. თუ ეს ხაზი არ გამოდგა, ჩამოიტანენ სხვა ხაზს და ასე, სანამ არ შეარჩევენ ხელსაყრელ საპროექტო ხაზს. 275-ე ნახაზზე საპროექტო ხაზი გატარებულია მსხვილად.

აქვე უნდა ითქვას, რომ საპროექტო (წითელი) ხაზის გატარებისას მხედველობაში ღებულობენ ყველა იმ მოთხენილებას, რომელიც მოყვანილია სპეციალურ ტექნიკურ პირობებში. ამ საკითხს იხილავს სპეციალური დისციპლინა—გზების კვლევა და დაპროექტება. ჩვენ ამ პარაგრაფში მხოლოდ ზოგადად გავცანით საპროექტო ხაზის გატარების მეთოდს.

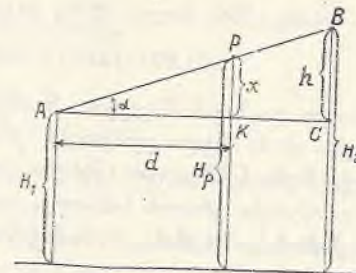
საპროექტო ხაზის გატარების შემდეგ განსაზღვრავენ ამ ხაზის წერტილების ნიშნულებს. მათ წითელი ნიშნულები ეწოდება და იწერება შავი ნიშნულების ზემოთ.

საწყისი პიკეტის წითელი ნიშნული ან წინასწარაა ცნობილი, ან მიიღება გრაფიკულად (ნახაზიდან. მასშტაბის მიხედვით). ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 275) ეს ნიშნული უდრის 499,00 მეტრს. დანარჩენი პიკეტის ნიშნულები განისაზღვრება არა გრაფიკულად, არამედ გამოთვლით—მანძილისა და ქანობის მიხედვით. ჩვენთან საპროექტო ხაზის ქანობი პირველ უბანზე აღებულია 0,008, ე. ი. ყოველ ათას მეტრზე წერტილის სიმაღლე მატულობს 8 მეტრით. ყოველ პიკეტზე, ე. ი. ყოველ 100 მეტრზე კი სიმაღლე იმატებს 0,8 მეტრით. მაშასადამე, 1-ლი პიკეტის წითელი ნიშნული იქნება: $499,00 + 0,80 = 499,80$ მ,

მე-2 პიკეტის წითელი ნიშნული იქნება $499,80 + 0,8 = 500,60$ მ-ის ტოლი და ა. შ. ამ უბნის ბოლო 6 პიკეტის წითელი ნიშნული იქნება: $503,00 + 0,80 = 503,80$ მ.

მეორე უბანზე ყველა პიკეტის წითელი ნიშნულები ტოლია 503,80 მეტრისა, ვინაიდან ამ უბანზე ქანობი აღებულია ნულის ტოლი. მესამე უბანზე აღებულია უარყოფითი ქანობი (—0,006), მაშასადამე, ყოველ ას მეტრზე (ე. ი. ყოველ პიკეტზე) წერტილის სიმაღლე კლებულობს 0,6 მეტრით.

ზოგადად რომ ვიმსჯელოთ, წითელი ნიშნულები განისაზღვრება ქვემოთყვანილი მე-2 ფორმულით—ქანობისა და მანძილების მიხედვით. ეს ფორმულა მიიღება შემდეგი მსჯელობიდან: ვთქვათ, მოცემულია A წერტილის ნიშნული H_1 (277) და საჭიროა განვსაზღვროთ საპროექტო AB ხაზზე მდებარე P წერტილის ნიშნული H_p . d ასოთი აღვნიშნოთ AK ჰორიზონტალური მანძილი A და P წერტილებს შორის. როგორც ნახაზიდან ჩანს, საძიებელი ნიშნული



ნახ. 277.

$$APK \text{ სამკუთხედიდან} \quad H_p = H_1 + X. \quad (1)$$

$$X = d \cdot \operatorname{tg} \alpha = d \cdot i$$

(i ასოთი აღნიშნულია ქანობი, ე. ი. $\operatorname{tg} \alpha$).

(1) ფორმულაში ჩავსვათ X -ის მნიშვნელობა, მაშინ მივიღებთ:

$$H_p = H_1 + d \cdot i \quad (2)$$

ამ ფორმულის მიხედვით შეგვიძლია განვსაზღვროთ პიკეტების და პიკეტების წითელი ნიშნულები— d მანძილისა და i ქანობის მიხედვით. მაგალითად, ჩვენს შემთხვევაში 241 პიკეტის (ნახ. 275) ნიშნული, თანახმად (2) ფორმულისა, იქნება ტოლი 240-ე პიკეტის ნიშნულს (H_0) მიმატებული $d \cdot i$ სიდიდე, ე. ი.

$$H_1 = H_0 + d \cdot i = 499,00 + 100 \cdot 0,008 = 499,80 \text{ მ}$$

(პირველ უბანზე ქანობი i უდრის 0,008-ს). მივიღეთ იგივე ნიშნული (499,80), რაც ზემოთ იყო მიღებული. 240 და 241 პიკეტებს შორის მდებარე +65 წერტილის ნიშნული იქნება:

$$H = H_0 + di = 499,00 + 65 \cdot 0,008 = 499,52 \text{ მ}$$

(+65 წერტილისათვის d უდრის 65 მეტრს), ამავე წესით მიიღება ყველა პიკეტისა და პლუსის წითელი ნიშნული და ისინი იწერება პროფილის მეოთხე სტრიქონში (ნახ. 275).

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ სიზუსტის დასაცავად პირველ რიგში გამოთვლიან ცალკე უბნების ბოლო წერტილების წითელ ნიშნულებს, შემდეგ კი უბნებზე მდებარე პიკეტებისა და საპლუსო წერტილების წითელ ნიშნულებს. ჩვენს შემთხვევაში პირველი უბნის ბოლო წერტილის (246 პიკეტის) წითელი ნიშნული იქნება:

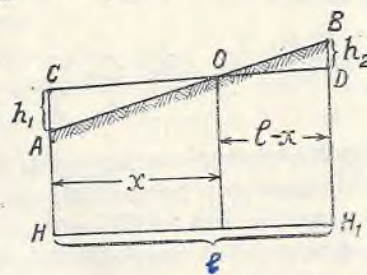
$$499,00 + 600 \cdot 0,008 = 503,80 \text{ მ,}$$

ხოლო მესამე უბნის ბოლო 263-ე პიკეტის წითელი ნიშნული

$$503,80 - 1320 \cdot 0,006 = 495,88 \text{ მ.}$$

წითელ და შავ ნიშნულებს შორის სხვაობას მუშა ნიშნული ეწოდება. ეს ნიშნული გვიჩვენებს კრილის სიღრმეს ან ყრილის სიმაღლეს. მუშა ნიშნულები იწერება პროფილი ხაზის ზემოთ ან ქვემოთ. ზემოთ იწერება ყრილის სიმაღლე, ხოლო ქვემოთ—კრილის სიღრმე. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 275) წარწერილია ზოგიერთი პიკეტის მუშა ნიშნულები.

წითელი ნიშნულების ზემოთ ათავსებენ აღდგომის გეგმას სანიველირო ხაზის მიმართულებით, ხოლო მის ზემოთ—აღდგომის გეოლოგიას ნულოვანი წერტილები. წერტილს, რომელშიც საპროექტო ხაზი კვეთს პროფილის ხაზს, ნულოვანი წერტილი ეწოდება, ვინაიდან ასეთ წერტილში მუშა ნიშნული უდრის ნულს.



ნახ. 278.

საჭიროა, რომ გრძელ პროფილზე ნაჩვენები იყოს მანძილი ნულოვანი წერტილიდან მოსაზღვრე პიკეტამდე (ან პლუსამდე).

აღნიშნული მანძილი შეიძლება მიღებულ იქნეს თვით პროფილიდან მასშტაბის მიხედვით. უფრო ზუსტია მისი

მიღება გამოთვლით.

უთქვამთ. AB ხაზი (ნახ. 278) წარმოადგენს პროფილის ხაზს, ხოლო CD —საპროექტო ხაზს და საჭიროა ნულოვანი O წერტილიდან A წერტილამდე ჰორიზონტალური X მანძილის გამოთვლა. A და B წერტი-

ლებს შორის მანძილი (ჰორიზონტალური) აღენიშნოთ l ასოთი. CA მონაკვეთი, რომელიც წარმოადგენს მუშა ნიშნულს, აღენიშნოთ h_1 -ით. h_2 -ით კი აღენიშნოთ მუშა ნიშნული B წერტილზე, ე. ი. მონაკვეთი BD .

COA და BOD სამკუთხედები მსგავსებია. ამის გამო ვწერთ პროპორციას:

$$X : (l - X) = h_1 : h_2.$$

ანუ

$$X \cdot h_2 = (l - X) \cdot h_1.$$

გავხსნათ ფრჩხილები და საძიებელი X მოვათავსოთ მარცხენა ნაწილში, მაშინ მივიღებთ:

$$Xh_2 + Xh_1 = lh_1.$$

აქედან საძიებელი მანძილი

$$X = \frac{l \cdot h_1}{h_2 + h_1}.$$

ვინაიდან ცნობილია l , h_1 და h_2 , ამ ფორმულის მიხედვით შეგვიძლია განვსაზღვროთ საძიებელი X მანძილი.

განვიპრობოთ ნაგებობის ზედაპირის დანიშვნა. იმ შემთხვევაში, როდესაც ნიველირება წარმოებულა გზის (არხის) გამოკვლევის მიზნით და სანიველირო ხაზი წარმოადგენს გზის ღერძს, გრძელი პროფილის (ნახ. 275) ქვემოთ ატარებენ სწორ ხაზს, რომელზედაც ინიშნება ბრუდის საწყისი და ბოლო წერტილი და აგრეთვე იწერება მრუდის ელემენტები: მოხვევის კუთხე, რადიუსი, ტანგენსი და ბისექტრისა.

გზის (არხის) საპროექტო ზედაპირის დაგეგმარება წარმოებს განვიპრობოთ მუშა ნიშნულების მიხედვით. როგორც მაგალითი, ავიღოთ 276-ე ნახაზში მოყვანილი განვიპრობოთ პროფილი 245-ე პიკეტზე.

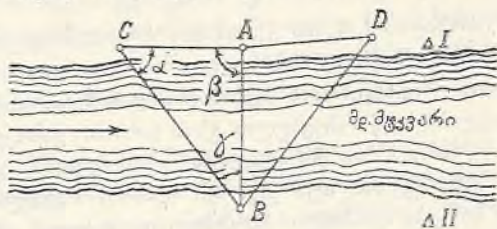
როგორც გრძელი პროფილიდან (ნახ. 275) ჩანს, 245-ე პიკეტზე მუშა ნიშნული უდრის 2,40 მეტრს—უარყოფითი ნიშნით. მაშასადამე, რომ მივიღოთ გზის ზედაპირის გამოსახულება 245-ე პიკეტის განვიპრობოთ (ნახ. 276), ამ პროფილის n წერტილიდან, რომელიც შეესაბამება შავ ნიშნულს (505,40), მასშტაბის მიხედვით ქვემოთ უნდა გადავზოგოთ მუშა ნიშნული, ე. ი. 2,40 მ და მიღებულ ზედაპირზე (ჰორიზონტალურ ხაზზე) გზის სიგანისა და ყამირის მიხედვით დავავიკებოთ გზის განვიპრობოთ ზედაპირი. ამავე წესით წარმოებს საპროექტო ზედაპირის დაგეგმარება დანარჩენ განვიპრობოთ პროფილებზე.

მიწის მოცულობის განსაზღვრა. ამის შემდეგ უკვე შეგვიძლია განვსაზღვროთ მიწის სამუშაოები, ე. ი. გამოვიანგარიშოთ მიწის მოცულობა როგორც კრილისათვის, ისე ყრილისათვის. ამისათვის, უპირვე-

ლეს ყოვლისა, საჭიროა განესაზღვროთ კრილისა და ყრილის ფართობი პლანიმეტრით (პალეტით) ან გამოთვლით — ყოველი განივი პროფილისათვის. ორ მოსაზღვრე განივ პროფილს შორის კრილის (ან ყრილის) მოცულობის მისაღებად ამ პროფილებს შორის მანძილს (პორიზონტალურ პროექციას) გაამრავლებენ აღნიშნული პროფილების საშუალო ფართობზე (ცალკე კრილისათვის და ცალკე ყრილისათვის). ჩვეულებრივ მიწის მოცულობის განსაზღვრას მოათავსებენ საპეციალურ ქურნალში.

§ 148. სიმაღლის გადაცემა მდინარის ერთი ნაპირიდან მეორეზე

ვთქვათ, რომ სანიველირო ხაზი კვეთს ღრმა მდინარეს ან ხრამს და საჭიროა ნაპირებზე მდებარე A და B წერტილების (ნახ. 279) სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრა, ე. ი. საჭიროა ამ წერტილების ერთმანეთთან დაკავშირება სიმაღლის მხრივ. ამისათვის მდინარის ნაპირებზე დაენიშნავთ ისეთ I და II სადგურებს, რომ მანძილები $I-B$ და $II-A$ დაახლოებით ტოლები იყოს. შემდეგ ნიველირით ვღებებით



ნახ. 279

I სადგურზე და თარაზოს პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ ავიღებთ ანათვლებს A და B წერტილებზე დაყენებულ ლარტყებზე.

ცხადია, რომ ანათვლების სხვაობა გამოსახავს A და B წერტილების სიმაღლეთა სხვაობას.

შემოწმების მიზნით შევცვლით იარაღის სიმაღლეს და ხელმეორედ ავიღებთ ანათვლებს. ამ ანათვლების სხვაობა უნდა უდრიდეს პირველად აღებული ანათვლების სხვაობას. ცდომილება დასაშვებია 2—3 მილიმეტრამდე.

ამის შემდეგ იარაღით გადავდივართ II სადგურზე (ტოგრის ფოკუსირების შეუცვლელად) და ამავე წესით განესაზღვრავთ A და B წერტილების სიმაღლეთა სხვაობას. პირველ ანათვალს ვღებულობთ A ლარტყაზე, მეორეს — B -ზე (სხვა ფოკუსირებით).

თეორიულად რომ ვიმსჯელოთ, უნდა მივიღოთ სიმაღლეთა იგივე

სხვაობა, რაც I სადგურიდან. სინამდვილეში კი მივიღებთ სხვა სიდიდეს, ე. ი. ადგილი ექნება ცდომილებას, რომელიც დასაშვებია, თუ იგი არ აღემატება 8—10 მილიმეტრს. ამ შემთხვევაში შეცდომა უმთავრესად გამოწვეულია იმით, რომ სადგურები არ მდებარეობს A და B წერტილების შუა მანძილზე.

მიღებულ სიმაღლეთა სხვაობის საშუალო არითმეტიკული იქნება საბოლოო მნიშვნელობა.

იმ მიზნით, რომ დავაზუსტოთ ანათვლების აღება ლარტყაზე, შეიძლება ლარტყას გავუკეთოთ მოძრავი ნიშანი და ტოგრი დავემზიწოთ ამ ნიშანს. ამ შემთხვევაში ანათვალს აიღებს ის მომუშავე, რომელიც ლარტყასთანაა. თვით ლარტყას აყენებენ შვეულად მრგვალი თარაზოთი.

მდინარის შემთხვევაში რომ გაწარმოთ სანიველირო ხაზის პიკეტაჟი, საჭიროა ვიცოდეთ მანძილი A და B წერტილებს შორის. თუ მდინარე არაა განიერი, ამ მანძილის გასაგებად A და B წერტილებს შორის მდინარეზე გავჭიმავთ მავთულს ან წერილ ბაგირს, რომელზედაც დაენიშნავთ აღნიშნულ წერტილებს.

ამის შემდეგ იმავე მავთულს (ან ბაგირს) იმავე ძალით გავჭიმავთ ნაპირზე და ბაფთით გავზომავთ თარაზულ მანძილს — მავთულზე დაინიშნულ A და B წერტილებს შორის.

თუკი მდინარე ღრმა და განიერია, ვიქცევით ასე:

მდინარის ნაპირზე ავიღებთ AC ხაზს (ნახ. 279), რომელიც დაახლოებით უდრის AB სიგრძეს და ბაფთით ორჯერ გავზომავთ. შემდეგ თეოდოლიტით ვზომავთ α , β და γ კუთხეებს. მათი ჯამი უნდა უდრიდეს 180° -ს. შეცდომა დასაშვებია $2t$ -მდე, სადაც t არის ვერნიერის სიზუსტე.

საძიებელი მანძილი AB განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით (სინუსების ფორმულა):

$$AB = \frac{AC \sin \alpha}{\sin \gamma}$$

შემოწმების მიზნით ადგილზე შეარჩევენ მეორე AD ხაზს და საძიებელ AB მანძილს გამოთვლიან უკვე ABD სამკუთხედიდან. ფარდობითი ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს AB სიგრძის $1/1500$.

§ 144. მდინარის ცოცხალი კვეთის ნიველირება

მდინარის კალაპოტის განივ კრილს, სადაც გამოსახულია წყლის დონე, ცოცხალი კვეთი ეწოდება. საინჟინრო საქმეში ცოცხალი კვეთი ემთავრება საჭიროა წყლის ხარჯის გამოსაანგარიშებლად, აგრეთვე ხიდის ან კაშხლის დაგეგმარების მიზნით.

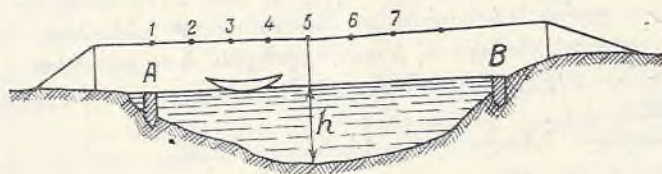
თუ მდინარის კალაპოტი წარმოადგენს გაშლილ რიყს, რომელშიც გაფანტულია თხელი წყალი, მაშინ ცოცხალი კვეთის ნიველირებას აწარმოებენ ცნობილი წესით, ე. ი. სანიველირო ხაზზე ღებულობენ კალაპოტის მახასიათებელ წერტილებს, ანუ პლუსებს, რომელზედაც თანმიყოლებით აყენებენ სანიველირო ლარტყას და ჭოგრში ცქერით ღებულობენ ანათვლებს ამ ლარტყებზე.

თუ შესაძლებელია, ნიველირის სადგურს შეარჩევენ რიყზე, დაახლოებით დამაკავშირებელ წერტილებს შორის შუა მანძილზე. თუკი ნიველირის დაყენება რიყზე შეუძლებელია, მაშინ სადგურებს შეარჩევენ მდინარის ნაპირებზე.

როდესაც მდინარე ჩქარია და ღრმა, ცოცხალი კვეთის ნიველირებას აწარმოებენ ასე:

სანიველირო ხაზის მიმართულებით მდინარეზე გაჭიმავენ მავთულს ან წვრილ ბაგირს, რომელზედაც ყოველ 2—5 მეტრზე (კალაპოტის პროფილის მიხედვით) წინასწარ ამაგრებენ რაიმე ნიშნებს—1, 2, 3, 4... (ნახ. 280). შემდეგ ნავით მიჰყვებიან სანიველირო ხაზს და ყოველ 1, 2, 3... ნიშნის ქვეშ ლარტყით ან ზონარზე ჩამოკიდებული სიმძიმით (ლოტით) ზომავენ მდინარის სიღრმეს სანტიმეტრებით.

აღნიშნული სიღრმეების მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს ყველა წერტილის ნიშნულები—ნაპირებზე დამაგრებულ A და B წერტილებს.



ნახ. 280.

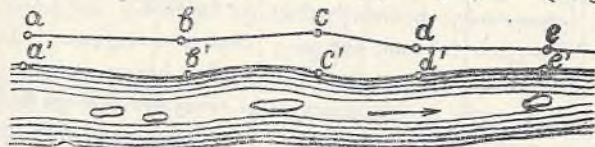
ბის ნიშნულებთან დაკავშირებით. მაგალითად, მდინარის კალაპოტის მე-5 წერტილის (ნახ. 280) ნიშნული ტოლი იქნება A წერტილის ნიშნულს გამოკლებული h სიღრმე. თვით A და B წერტილების ნიშნულები კი განისაზღვრება გრძელ ნიველირებასთან დაკავშირებით.

კალაპოტის ყველა მახასიათებელი წერტილის ნიშნულების განსაზღვრის შემდეგ, მოცემულ მასშტაბში ააგებენ მდინარის კალაპოტის პროფილს, ანუ ცოცხალ კვეთს, რომელზედაც ინიშნება წყლის მაქსიმალური და მინიმალური დონე.

§ 145. მდინარის ქანობის განსაზღვრა

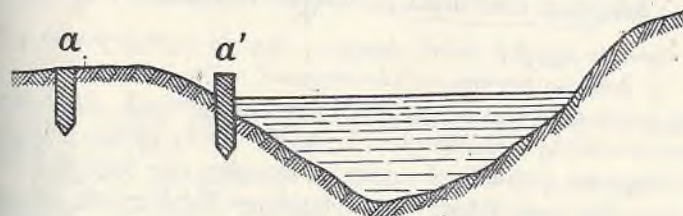
საინჟინრო საქმეში ხშირია მდინარის ქანობის განსაზღვრის შემთხვევა (მაგალითად, წყლის ხარჯის მისაღებად).

აღნიშნული ქანობის განსაზღვრის მიზნით მდინარის ნაპირზე შეარჩევენ $abcd...$ მაგისტრალს (ნახ. 281) და ტექნიკური ნიველირებით განსაზღვრავენ მაგისტრალის $a, b, c, d...$ წვეროების ნიშნულებს. მაგისტრალის წვეროების პირდაპირ, წყლის ნაპირზე, ამაგრებენ $a', b', c', d'...$ პალოებს (ნახ. 281 და 282) ისე, რომ მათი თავები 5—10 სანტიმეტრით მაღლა იყოს წყლის დონეზე. შემდეგ, ნიველირებით განსაზღვრავენ ამ პალოების თავების ნიშნულებს მაგისტრალის a, b, c, d წერტილებთან დაკავშირებით. ამის შემდეგ ყოველ პალოზე ერთდროულად, ფანქრით (ან დანით), დანიშნავენ წყლის დონეს, თუ მილიმეტრიანი სახაზავით ყოველ პალოზე გავზომავეთ სიგრძეს პალოს თავიდან ფანქრით დანიშნულ ხაზამდე, მივიღებთ მდინარის ზედაპირის ნიშნულებს იმ ადგილებისათვის, სადაც პალოებია დამაგრებული.



ნახ. 281.

აღნიშნული ნიშნულების მიხედვით გავიგებთ მდინარის ცალკე უბნების სიმაღლეთა სხვაობებს ($h_1, h_2, h_3...$). ეს უბნები, ე. ი. პალოებს შორის.



ნახ. 282.

ბის მანძილები (იზომება მანძილზომით ან ბაფთით), აღვნიშნოთ $d_1, d_2, \dots, d_n$ ასოებით. ყოველი ცალკე უბნის ქანობი i ტოლი იქნება

$$i = \frac{h}{d}$$

მთელი $a'e'$ მანძილისათვის (ნახ. 281) მდინარის საშუალო ქანობი მიიღება როგორც ცალკე უბნების ქანობების საშუალო არითმეტიკული.

აქვე უნდა ითქვას, რომ ყოველ პალოზე წყლის დონის ერთდროულად (წინასწარ შეთანხმებულ მომენტში) დანიშვნა წარმოებს იმ მოსაზრებით, რომ ქანობი მივიღოთ წყლის გარკვეული დონისათვის, რადგანაც დროის განმავლობაში შესაძლოა მთელ სიგრძეზე მოხდეს წყლის დონის არათანაბარი ცვალებადობა, რაც გავლენას მოახდენს ქანობის განსაზღვრაზე.

თ ა 3 0 XVII

ფართობის ნიშნულირება

დავაკებული ფართობების მორწყვის ან დაწრობის პროექტის შესაღვენად, აეროდრომების მოსაწყობად და საერთოდ ადგილის ზედაპირის მოშანდაკების მიზნით, აგრეთვე სხვა მოთხოვნათა დასაკმაყოფილებლად, საჭიროა ისეთი გეგმის შედგენა, სადაც კარგად იქნება გამოსახული ადგილის მიკრორელიეფი. ამ ამოცანას ისახავს ფართობის ნიშნულირება. ფართობის სიდიდისა და მისი რელიეფის მიხედვით გამოიყენება ნიშნულირების შემდეგი ძირითადი მეთოდები:

1. კვადრატების მეთოდი,
2. პარალელური ხაზების მეთოდი,
3. პოლიგონის მეთოდი.

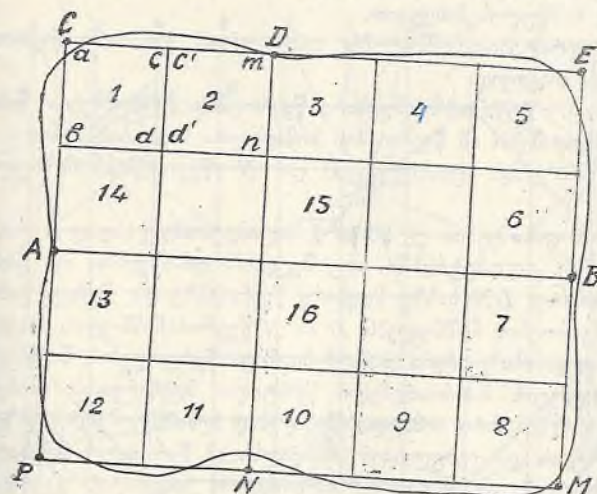
§ 146. ფართობის ნიშნულირება კვადრატების (უჯრადების) მეთოდით

ამ მეთოდს იყენებენ მაშინ, როდესაც ადგილი ვაკისებურადაა გაშლილი და მარტივი რელიეფით ხასიათდება.

ნიშნულირების მიზნით მოცემულ ფართობზე შეარჩევენ AB ხაზს—ფართობის ნაპირზე ან დაახლოებით შუაზე (ნახ. 283). შემდეგ A წერტილიდან ბაფთით გადაზომავენ ტოლ მანძილებს (20 მეტრიდან 100 მეტრამდე, რელიეფის მიხედვით) და მიღებული წერტილიდან ორსართიანი ეკერით ან თვითნებურად აღმართავენ პერპენდიკულარებს (ორივე მხარეზე), რომელზედაც გადაზომავენ ამავე მანძილებს, რაც AB ხაზზე. ამგვარად მიღებულ წერტილებზე დაამაგრებენ პალოებს. თუ ამ პალოებს წარმოვიდგენთ შეერთებულად, მივიღებთ კვადრატებს. ქალაქებს სპემატურად დასაზავენ კვადრატების ბაღებს და მათ დანომრავენ ისე, როგორც 283-ე ნახაზზეა ნაჩვენები (ჰერ ინომრება განაპირა კვადრატები, შემდეგ შიგა კვადრატები—სვეტების გამოტოვებით).

ამის მერე შეუდგებიან ნიშნულირებას, რომელსაც აწარმოებენ შემდეგი წესით:

ნიშნულირით დგებიან 1-ლი კვადრატის დაახლოებით შუა ადგილას, თარაზოს მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და ჰოგრაში ცქერით აიღებენ ანათვლებს იმ ლარტყეებზე, რომლებიც დაყენებულია 1-ლი კვადრატის წვეროებში. აღნიშნული a , b , c და d ანათვლები იწერება 1-ლი კვადრატის წვეროებზე, ასე რომ, სქემა ასრულებს სანიშნულირო ჟურნალის როლს. ამის შემდეგ ნიშნულირით გადადიან მე-2 კვადრატში; ლარტყებს a და b წვეროდან გადაიტანენ მე-2 კვადრატის m და n წვეროებში; c და d ლარტყები კი რჩება თავის ადგილას. შემდეგ თარაზოს მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეო-



ნახ. 283.

ბაში და აიღებენ c' , d' , m , n ანათვლებს, რომლებსაც წერენ სქემაში (მე-2 კვადრატში).

მუშაობის შემოწმება იმაში გამოიხატება, რომ 1-ლი კვადრატიდან მიღებული ანათვალთა სხვაობა ($c-d$) უნდა უდრიდეს (სიდიდით და ნიშნით) მე-2 კვადრატიდან მიღებულ იმავე წერტილების ანათვალთა სხვაობას ($c'-d'$), ე. ი. დაცული უნდა იყოს ტოლობა:

$$c-d=c'-d'$$

ან რაც იგივეა:

$$c+d'=c'+d.$$

შეცდომა დასაშვებია 2—3 მილიმეტრამდე. ამავე წესით აწარმოებენ და ამოწმებენ მუშაობას ყოველ დანამრჩელ კვადრატში. მთელ მუშაობას ამოწმებენ იმით, რომ სქემაში ჩაწერილი ანათვლების მიხედვით გამოთვლიან განაპირა $CDE...PA$ წერტილების (ნახ. 283) სიმაღლეთა სხვაობებს. მათი ალგებრული ჯამი უნდა უდრიდეს ნულს. რადგანაც პოლიგონი ჩაკეტილია. შეცდომა დასაშვებია $\pm 30\sqrt{L}$ მილიმეტრამდე, სადაც L არის $CDE...PA$ სწორკუთხედის პერიმეტრი კილომეტრებში.

თუ შეცდომა დასაშვებია, მას თანაბრად ანაწილებენ კვადრატების განაპირა წვეროებზე, რის შემდეგაც გამოთვლიან ამ განაპირა წვეროების ნიშნულებს—საწყისი C წვეროს პირობითი ან აბსოლუტური (თუ ცნობილია) ნიშნულის მიხედვით.

შიგა კვადრატების ნიშნულებს გამოთვლიან განაპირა წვეროების ნიშნულების მიხედვით.

მაგალითად, DN ხაზზე მდებარე წვეროების ნიშნულების მისაღებად ჯერ შევჩამებთ ამ წვეროების სიმაღლეთა სხვაობებს. მათი ალგებრული ჯამი უნდა უდრიდეს D და N წვეროების ნიშნულების სხვაობას.

შეცდომა დასაშვებია $\pm 30\sqrt{L}$ მილიმეტრამდე, სადაც L არის DN ხაზის სიგრძე კილომეტრებში. თუ შეცდომა დასაშვებია, მას განაწილებენ თანაბრად DN ხაზზე მდებარე წვეროებზე და შემდეგ გამოთვლიან ამ წვეროების ნიშნულებს D ან N წვეროს ნიშნულის მიხედვით. ამავე წესით განისაზღვრება დანარჩენი შიგა წერტილების ნიშნულები.

თუ რელიეფის მახასიათებელი წერტილი მდებარეობს რომელიმე კვადრატში, მაშინ მისი სიმაღლის მისაღებად აღნიშნულ წერტილზე აყენებენ ლარტყას და ლებულობენ ანათვალს. ამ წერტილის მდებარეობა კი განისაზღვრება აბსცისითა და ორდინატით კვადრატის გვერდებთან დაკავშირებით. აბსცისითა და ორდინატებით აწარმოებენ აგრეთვე ფართობის მოზაზულობის და ყველა ობიექტის აგეგმვას.

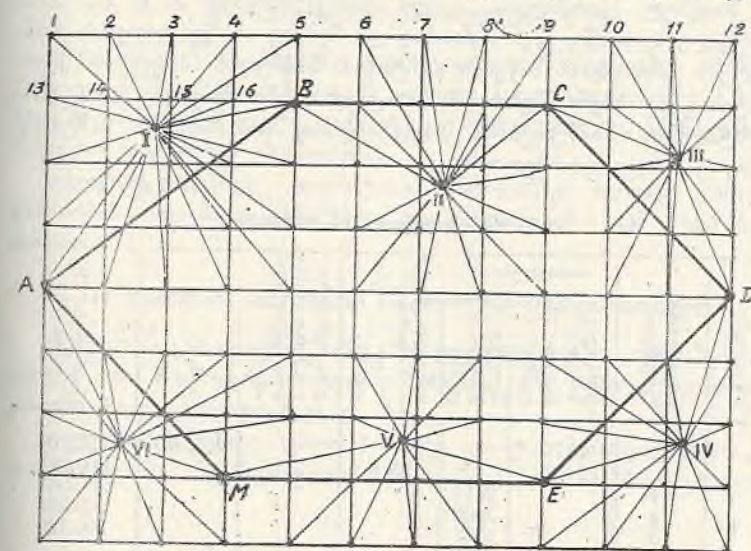
საველე მუშაობის დამთავრების შემდეგ მოცემული მასშტაბით ქალაქზე ააგებენ კვადრატებს. ყველა წვეროს მიუწერენ ნიშნულებს და ცნობილი წესით (იხ. § 118) გაატარებენ იზოჰეტებს.

კვადრატების გვერდებთან დაკავშირებით მასშტაბით გამოისახება აგრეთვე ადგილობრივი საგნები და საბოლოოდ მიიღება ადგილის გეგმა მიკრორელიეფის გამოსახვით.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ადგილის რელიეფი ტალღისებრი და ოდნავ ბორცვიანი, საჭიროა ადგილზე დაინიშნოს მახასიათებელი წერტილების დიდი რაოდენობა. ამისათვის კვადრატებს ლებულობენ მცირე ზომისას (10—20 მეტრიანი გვერდებით). ასეთ შემთხვევაში ინომ-

რება არა ცალკეული კვადრატი, როგორც ზემოთ (ნახ. 283), არამედ კვადრატების წვეროებზე ჩასიბილი პალოები (ნახ. 284). ქალაქზე შეადგენენ კვადრატების სქემას წვეროების დანომვრით ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია 284-ე ნახაზზე. კვადრატების ზოგიერთ წვეროს ლებულობენ როგორც დამაკავშირებელ წერტილს. ჩვენს შემთხვევაში I და II სადგურებისათვის დამაკავშირებელ წერტილს წარმოადგენს B წერტილი, II და III სადგურებისათვის— C წერტილი და ა. შ. აღნიშნული დამაკავშირებელი წერტილებით შეიქმნება ჩაკეტილი $ABCD...MA$ პოლიგონი.

ნიველირებას აწარმოებენ ასე: ნიველირით დგებიან I სადგურზე, თარაზის მოყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და აიღებენ



ნახ. 284.

ანათვლებს იმ ლარტყებზე, რომლებიც დაყენებულია A და B დამაკავშირებელ წერტილებზე. ეს ანათვლები (2575 და 2362) იწერება სპეციალურ ჟურნალში, რომლის ნიმუში მოყვანილია 26-ე ცხრილში. შემდეგ შეცვლიან ნიველირის სიმაღლეს და ხელახლა ლებულობენ ანათვლებს (2457 და 2246) იმავე A და B წერტილებზე. პირველი ანათვლების სხვაობა (2575—2362=213) უნდა უდრიდეს მეორე ანათვლების სხვაობას (2457—2246=211). შეცდომა დასაშვებია 2—3 მილიმეტრამდე.

ამის შემდეგ ლარტყები თანმიყოლებით იღებება I სადგურის ირგვლივ მდებარე კვადრატების წვეროებზე (1, 2, 3, 4...) და ამ წერტილებზე ღებულობენ ანათვლებს (2412, 2396, 2361...). ეს ანათვლები იწერება ჟურნალის შუალედ სვეტში. შემდეგ ნიველირით გადადიან II სადგურზე. B და C დამაკავშირებელ წერტილებზე ანათვლების აღებისა და შემოწმების შემდეგ ღებულობენ ანათვლებს II სადგურის ირგვლივ მდებარე 6, 7, 8... წერტილებზე. გადადიან III სადგურზე და ა. შ. მთელ მუშაობას ამოწმებენ იმით, რომ ჩაკეტილი ABCD...MA პოლიგონის (ნახ. 284) სიმაღლეთა სხვაობების ალგებრული ჯამი უნდა იყოს ნულის ტოლი. ცდომილება დასაშვებია $\pm 30\sqrt{L}$ მილიმეტრი, სადაც L არის ABC...MA პოლიგონის პერიმეტრი კილომეტრებში.

მიღებულ ცდომილებას ყველა დამაკავშირებელ A, B, C, D... წერტილებზე ანაწილებენ თანაბრად და შემდეგ ამ წერტილების ნიშნულებს გამოთვლიან საწყისი წერტილის ნიშნულის მიხედვით. კვადრატების დანარჩენი წვეროების ნიშნულები განისაზღვრება A, B, C... წერტილების ნიშნულებთან დაკავშირებით, პორიზონტის საშუალებით, ცნობილი ფორმულით:

ცხრილი 26

ფართობის ნიველირების ჟურნალი

სადგურები	სანიველირო წერტილები	ანათვლები ლარტყებზე		საშუალო ანათვლები დამაკავშირებელ წერტილებზე	საშუალო ანათვლები დამაკავშირებელ წერტილებზე	დამაკავშირებელი წერტილის სიმაღლეთა სხვაობები	ი. პ.	ნიშნულები (H)
		დამაკავშირებელ წერტილებზე	შუალედ წერტილებზე					
I	A	2575					202,457	200,000
	1	2457		2516				200,045
	2		2412					200,061
	3		2396					200,096
	4		2361					200,129
	13		2328					
			2448					
	B	2362		2304		+212		200,212
		2246						
II	B	1842		1775			201,922	200,212
	6	1710						200,137
	7		1628					200,294
			1440					
	C	1218		1153		+523		200,735
		1088						

$$H = a. \text{ პ. } - b.$$

სადაც ინსტრუმენტის პორიზონტი (ი. პ.) უდრის დამაკავშირებელი წერტილის ნიშნულს მიმატებული მეორე ანათვალი, აღებული ამ დამაკავშირებელ წერტილზე.

მაგალითად, როგორც ჟურნალიდან ჩანს, I სადგურისათვის

$$i. \text{ პ. } = 200,000 + 2,457 = 202,457.$$

მაშასადამე, 1-ლი წერტილის ნიშნული

$$H_1 = i. \text{ პ. } - b = 202,457 - 2,412 = 200,045.$$

მეორე წერტილის ნიშნული

$$H_2 = 202,457 - 2,396 = 200,061 \text{ მ.}$$

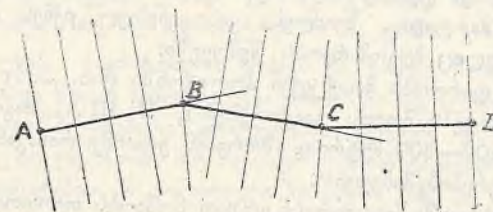
ამავე წესით განისაზღვრება ყველა კვადრატის წვეროების ნიშნულები. ამ ნიშნულების გამოთვლის შემდეგ ქალაქში მოცემულ მასშტაბში დალაგებენ ყველა კვადრატს და მათი წვეროების ნიშნულების მიხედვით გაატარებენ იზოჰიფსებს.

აღვილზე დანიშნულ კვადრატებს გამოიყენებენ აგრეთვე მთელი ფართობის ასაგვემავად—აბსცისისა და ორდინატების (ან სხვა) მეტოდით.

§ 147. ფართობის ნიველირება პარალელური ხაზების მეთოდით

ამ მეთოდს გამოიყენებენ მაშინ, როდესაც ფართობი სიგრძეზეა გაჭიმული და რელიეფიც მარტივია. ასეთია, მაგალითად, მდინარის განიერი რიყე, გაშლილი ხევი და სხვ.

ნიველირების მიზნით ფართობის შუა ადგილას შეარჩევენ ABC... ღია პოლიგონს, ანუ მაგისტრალს (ნახ. 285) და ამ მაგისტრალის



ნახ. 285.

მარჯვნივ და მარცხნივ თეოდოლიტით ან ორსარკიანი ეკერით აღმართავენ მართობ ხაზებს. მართობი ხაზების ნაცვლად შეიძლება მაგისტრალის

რალის მარჯვნივ და მარცხნივ თეოდოლიტით გაატარონ ტეხილი ხაზები რელიეფის მახასიათებელი მიმართულებით. აღნიშნულ ტეხილ ხაზებს შორის ღებულობენ ისეთ მანძილს, რომ ფართობის რელიეფი კარგად გამოისახოს გეგმაზე. მარტივი რელიეფის შემთხვევაში ეს მანძილი შეიძლება აღებულ იქნეს 300 მეტრამდე. ნიველირით აწარმოებენ როგორც $ABCD\dots$ მაგისტრალის ნიველირებას (პიკეტაჟის წარმოებით), ისე მის მარჯვნივ და მარცხნივ გატარებული ხაზების ნიველირებას. ამის შედეგად მიიღებენ მაგისტრალზე მდებარე პიკეტებისა და პლუსების ნიშნულებს, აგრეთვე მაგისტრალის მარჯვნივ და მარცხნივ მოთავსებული მახასიათებელი წერტილების ნიშნულებს. განხილულ შემთხვევაში, გარდა ნიველირისა, მუშაობს თეოდოლიტი, რომლითაც შემთხვევაში, გარდა ნიველირისა, მუშაობს თეოდოლიტი, რომლითაც იზომება მაგისტრალის საწყისი გვერდის აზიმუტი და ყველა კუთხე როგორც მაგისტრალის, ისე მის მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე ტეხილი ხაზებისა.

თვით აღცილის აგეგმვა შეიძლება მოეხდინათ მაგისტრალისა და ტეხილი ხაზების საფუძველზე, აბსცისითა და ორდინატებით ან პოლარული მეთოდით.

ვინაიდან ცნობილი იქნება მაგისტრალის საწყისი გვერდის აზიმუტი, ყველა კუთხე და გვერდი, შეგვიძლია განვსაზღვროთ მაგისტრალისა და ტეხილი ხაზების წვეროების კოორდინატები. ამ კოორდინატების მიხედვით ქაღალდზე, მოცემულ მასშტაბში დალაგებენ მაგისტრალსა და მის მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე ტეხილ ხაზებს, მიუწერენ მახასიათებელი წერტილების ნიშნულებს და მათ მიხედვით გაატარებენ იზოჰიფსებს.

§ 148. ფართობის ნიველირება პოლიგონის მეთოდით

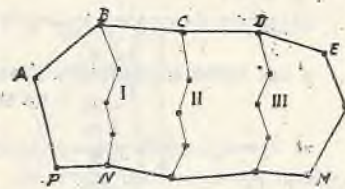
თუ ასაგეგმავი ტერიტორიის ფართობი არ აღემატება 2—3 კმ² და რელიეფი მარტივია, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს პოლიგონის მეთოდი, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში:

ასაგეგმავ ფართობს მოაქცევენ პოლიგონში (ნახ. 286) და ამ პოლიგონის წვეროებს შორის გაატარებენ I, II, III... მაგისტრალებს, რომლებსაც 200—300 მეტრით აშორებენ ერთმანეთისაგან რელიეფისა და კონტურების მიხედვით.

ასეთ შემთხვევაში ნიველირთან ერთად მუშაობს თეოდოლიტი, რომლითაც ერთი სრული ილეთით იზომება პოლიგონისა და მაგისტრალების კუთხეები. გაზომილი კუთხეები იწერება იმავე სახის ჟურნალში, რომელიც მიღებულია თეოდოლიტით აგეგმვისას (იხ. § 80). გარდა ამისა, თეოდოლიტით იზომება საწყისი გვერდის აზიმუტი (იხ. § 76).

კუთხეების გაზომვებთან ერთად აწარმოებენ პოლიგონის გრძივ და განივ ნიველირებას. ამისათვის, როგორც ვიცით, მოახდენენ პოლიგონის პიკეტაჟს, ე. ი. პოლიგონზე დანიშნავენ პიკეტებს (ყოველ ას მეტრზე), პლუსებს და პოლიგონის ორივე მხარეზე მდებარე რელიეფის მახასიათებელ წერტილებს; ამის შემდეგ იწყებენ პოლიგონის გრძივ და განივ ნიველირებას ზემოვანხილული მეთოდით (იხ. § 140).

პოლიგონის დამაკავშირებელი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობების აღგებრული ჯამი უნდა უდრიდეს ნულს. შეცდომა დასაშვებია $\pm 30\sqrt{L}$ მილიმეტრამდე, სადაც L არის პოლიგონის პერიმეტრი, გამოსახული კილომეტრებში. დასაშვებ შეცდომას ანაწილებენ ჩვეულებრივი მეთოდით (პოლიგონის ყველა დამაკავშირებელ წერტილზე თანაბრად) და ამის შემდეგ პოლიგონის საწყისი წერტილის ნიშნულის მიხედვით (მოცემულია ან ვლებულობა პირობით ნიშნულს) გამოთვლიან პოლიგონის გრძივი და განივი წერტილების ნიშნულებს.



ნახ. 286.

მაგისტრალების მიმართულებითაც აწარმოებენ პიკეტაჟს, რომლის შემდეგ მოახდენენ მის გრძივ და განივ ნიველირებას მარტივი სახის ჟურნალის შედგენით (იხ. § 140).

მაგისტრალის ნიველირებას ამოწმებენ მთავარი $ABC\dots PA$ პოლიგონის (ნახ. 286) წვეროების ნიშნულების საშუალებით. მაგალითად, B და N წვეროებს შორის დალაგებული მაგისტრალის ნიველირების შემოწმება იმაში გამოიხატება, რომ I მაგისტრალის დამაკავშირებელი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობების აღგებრული ჯამი უნდა უდრიდეს პოლიგონის B და N წერტილების ნიშნულების სხვაობას. შეცდომა დასაშვებია $\pm 30\sqrt{L}$ მილიმეტრამდე, სადაც L არის BN მაგისტრალის სიგრძე კილომეტრებში. შეცდომის განაწილების შემდეგ გამოთვლიან I მაგისტრალის გრძივი და განივი წერტილების ნიშნულებს. ამავე წესით გამოითვლება დანარჩენი მაგისტრალის სიმაღლეები. პოლიგონში მდებარე კონტურების აგეგმვის წარმოება შეიძლება როგორც პოლიგონთან, ისე მაგისტრალებთან დაკავშირებით, აბსცისითა და ორდინატებით ან პოლარული მეთოდით (იხ. §§ 81 და 83).

პოლიგონის კუთხეების გაზომვების შემოწმებას მოახდენენ ცნობილი წესით (იხ. § 86) და შეცდომის განაწილების შემდეგ საწყისი გვერდის აზიმუტისა და პოლიგონის შესწორებული კუთხეების მიხედვით გამოთვლიან პოლიგონის დანარჩენი გვერდების აზიმუტებს. აზიმუ-

ტებს გადაიყვანენ რუმბებში. ამ რუმბებისა და გვერდების მიხედვით, ცნობილი წესით (ნდ 94, 95), გამოთვლიან პოლიგონის წვეროების კოორდინატებს. მაგისტრალების კუთხეებსაც შეამოწმებენ ნ 91-ში გან-
ხილული წესით, რის შემდეგ გამოთვლიან მაგისტრალების აზიმუტებს, რუმბებს და საბოლოოდ მიიღებენ მაგისტრალების წვეროების კოორ-
დინატებს (იხ. ნ 98).

გამოთვლილი კოორდინატების საშუალებით ქალაქზე აგებენ პოლიგონს და მაგისტრალებს ნოცემულ მასშტაბში (იხ. § 96). შემდეგ დაალაგებენ ყველა პიკეტს, პლუსებს და აგრეთვე საკონტურო წერტილებს, მიუწერენ მათ ნიშნულებს და გაატარებენ იზოპიფსებს (იხ. § 118).

ამგვარად მივიღებთ ადგილის გეგმას რელიეფის გამოსახვით.

§ 149. დიდი ბრიტანეთის კომბინირებული აგეგმვა თეოდოლიტით და ნივთიერით

ამ მეთოდს უძმათერესად იყენებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც ასაგეგმავი ტერიტორიის ფართობი დიდია, ხოლო მისი რელიეფი მარტივი (დაფაკებული) და ამ ფართობზე მდებარეობს დასახლებული ადგილები, გზები, ვაკე ნაკვეთები და სხვა.

ასეთი ტერიტორიის ადგილის მიზნით. მთელ ტერიტორიაზე წინასწარ დანიშნავენ I, II, III, IV... წერტილებს (ნახ. 287), რომლებსაც დაეყრდნობა ადგილის როგორც პორიზონტალური, ისე ვერტიკალური აგეგმვა. აღნიშნული პუნქტების მდებარეობა, ე. ი. მათი კოორდინატები, განისაზღვრება პოლიგონების ან ტრიანგულაციის მეთოდით.

ამ დასაყრდენ I, II, III, IV... პუნქტებს შორის აწარმოებენ გეომეტრიულ ნიველირებას და განსაზღვრევენ მათ აბსოლუტურ სიმაღლეებს არსებულ რეპერებთან დაკავშირებით.

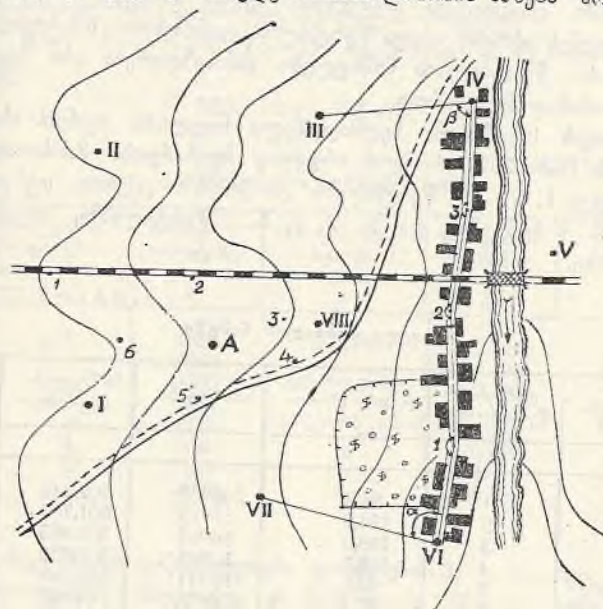
ტერიტორიის აგეგმვას იწყებენ რომელიმე პუნქტიდან, მაგალითად, I პუნქტიდან (ნახ. 287), რომელზედაც აყენებენ თეოფოლიტს, დაცენტრავენ მას და მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. შემდეგ მოახდენენ ლიშბის ორიენტირებას.

ჩვენს შემთხვევაში ცნობილია დასაყრდენი წერტილების კოორდინატები და ამ წერტილებს შორის მიმართულებების აზიმუტები. ამიტომ ლიშის ორიენტირებას მოახდენენ არა ბუსოლით, არამედ ამ აზიმუტების საშუალებით. ვთქვათ, რომ დასაყრდენი I—II მიმართულების (ნახ. 287) აზიმუტი უდრის $8^{\circ}42'$. ლიშის ორიენტირების მიზნით I გერნიერის ნულს დავაყენებთ იმ ანათვალზე, რომელიც შეესაბამება I—II მიმართულების აზიმუტს, ე. ი. დავაყენებთ $8^{\circ}42'$ -ზე და აღიღადას დავამაგრებთ დასამაგრებელი ხრახნით. ამის შემდეგ ლიშის

(მასთან ერთად აღიდადას) ტრიალით ჭოგრის დამზერის ღერძს მიემართავთ II პუნქტისაკენ და ლიმბს ჩაგვეტავთ. ამ შემთხვევაში ლიმბი ორიენტირებული იქნება.

ლომბის ორიენტაციების შემდეგ მარტო აღიდადა ტრიალით (ლიმბი დამაგრებულია) ჭოგრის თანმიმყოლობით დაუმიზნებენ გზებისა და რელიეფის მაჩასათებელ 1, 2, 3, 4, 5, 6... წერტილებს, რომლებზედაც თანმიმდევრობით იდგმება ლარტყა.

პირველ ვერნიერზე აღებული ანათვლები გამოსახავს I—1, I—2, I—3... მიმართულებების აზიმიტებს. ჭოგრში ცქერით ვლებულობთ აგრეთვე ლარტყებზე ანათვლებს—მანძილშომის ხაზებს შორის.



586. 287.

ვინაიდან ასაგვემევი ტერიტორია საერთოდ წარმოადგენს ვაე ად-
გილს, ვერტიკალური კუთხის გაზომვა (მანძილების პროექციის მისა-
ღებად) არ არის საჭირო (თუ დახრის კუთხე არ აღემატება 2° -ს).

27-ე ცხრილში მოყვანილია სავსე ჟურნალის ნიმუში, რომლის პირველ სვეტში იწერება სადგურები და მათი ნიშნულები. მეორე სვეტში იწერება დამზერბილი წერტილები. ჩვეს შემხებევაში ჩაწერილია გზებისა და რელიეფის წერტილები (1, 2, 3, 4, 5...). მესამე სვეტში იწერება მანძილები სადგურიდან აღნიშნულ წერტილებამდე და მეოთხეში—I—1, I—2, I—3... მიმართულების აზიმაუტები.

ამ აზიმუტების ნაცვლად შეიძლება კუთხეების გაზომვა I—II (ან სხვა) მიმართულებასა და მახასიათებელ I—1, I—2, I—3... მიმართულებებს შორის. ამისათვის, როგორც ვიცით, პირველი ვერნიერის და ლიშის ნულებს ერთმეორესთან შეთანხმებენ და ალიდადას ჩაქეტავენ. ლიშის და მასთან ერთად ალიდადას ბრუნვით ჭოგრის დაუმოზნებენ II პუნქტზე დაყენებულ სარს და ლიშს ჩაქეტავენ. ამის შემდეგ მართო ალიდადას ბრუნვით (ლიში ჩაქეტილია) ჭოგრის თანმიყოლებით დაუმოზნებენ მახასიათებელ 1, 2, 3... წერტილებს (ნახ. 287) და პირველ ვერნიერზე აიღებენ ანათვლებს, რომლებსაც წერენ 27-ე ცხრილის მე-4 სვეტში. ცხადია, ეს ანათვლები იქნება საძიებელი კუთხეები. ველზე ადგენენ აბრისს ყველა წერტილის დანიშვნით. მახასიათებელი 1, 2, 3, 4... წერტილების ნიშნულები განისაზღვრება არა თეოდოლიტით, არამედ ნიველირით.

ამისათვის სამუშაოთა ხელმძღვანელი ნიველირს აყენებს ისეთ A სადგურში (ნახ. 287), რომლის ირგვლივ ზღვარეობს მახასიათებელი (სალარტყე) 1, 2, 3... წერტილები და ჭოგრში ცქერით ღებულობს ანათვლებს I პუნქტზე და 1, 2, 3, 5... წერტილებზე დაყენებულ ლარტყებზე.

ცხრილი 27

საველე ჟურნალის ნიმუში

სადგურები	დაშვარის წერტილები	მანძილები მეტრებით (პორიზონტ. პროექც.)	აზიმუტები	ნიშნულები მეტრებით	შენიშვნა
1	2	3	4	5	
Δ 1 H=502,420	1	91,3	348°57'	502,444	H=502,420
	2	124,8	38°45'	501,783	
	3	158,0	56°17'	501,885	
	4	118,0	54°23'	500,630	
	5	62,0	89°41'	501,698	
	6	92,3	100°54'	501,843	
	7	78,4	165°24'	502,753	
	8	81,5	205°49'		

ამ ანათვლებს წერენ სპეციალურ სანიველირო ჟურნალში, რომელიც მოყვანილია 28-ე ცხრილში.

ჟურნალის პირველ სვეტში იწერება სანიველირო წერტილები. მეორე სვეტში ჩაწერილია ანათვლები I, 1, 2, 3... წერტილებზე დაყენებულ ლარტყებზე.

მახასიათებელი წერტილების ნიშნულები (H) განისაზღვრება ცნობილი ფორმულით:

$$H = \text{ი. პ.} - b,$$

(იხ. § 133)

სადაც b არის მახასიათებელ წერტილებზე აღებული ანათვალი და (ი. პ.)—იარაღის პორიზონტი, რომელიც უდრის დასაყრდენი პუნქტის ნიშნულს მიმატებული ამ დასაყრდენ პუნქტზე აღებული ანათვალი. ჩვენს შემთხვევაში I პუნქტის სიმაღლე მოცემულია 502,420 მეტრის ტოლი და იარაღის პორიზონტი იქნება $502,420 + 1,358 = 503,778$ მ.

ეს პორიზონტი იწერება ჟურნალის მესამე სვეტში. მახასიათებელი წერტილების ნიშნულების მისაღებად იარაღის პორიზონტს (503,778) ვაკლებთ ანათვალს, რომელიც აღებულია მახასიათებელ წერტილზე. მაგალითად, 1-ლი სალარტყე წერტილის ნიშნული:

$$H = \text{ი. პ.} - b = 503,778 - 1,334 = 502,444 \text{ მ; მე-2 წერტილის ნიშნული:}$$

$$503,778 - 1,995 = 501,783 \text{ მ.}$$

ცხრილი 28

სანიველირო ჟურნალის ნიმუში

სანიველირო წერტილები	ანათვლები ლარტყაზე	იარაღის პორი- ზონტი (ი. პ.)	ნიშნულები მეტრებით	შენიშვნა
1	2	3	4	
Δ 1	1358	503,778	502,420	H=502,420
1	1334		502,444	
2	1995		501,783	
3	2563		501,885	
4	3148		500,630	
5	2085		501,698	
6	1945		501,843	
7	1025		502,753	

ამავე წესით განისაზღვრება დანარჩენი 3, 4, 5, 6... სალარტყე წერტილების ნიშნულები, ეს ნიშნულები იწერება ჟურნალის მე-4 სვეტში. აგრეთვე აღნიშნულ ნიშნულებს გადაიტანენ პირველი ჟურნალის (27-ე ცხრილი) მე-5 სვეტში.

ამავე წესით აწარმოებენ მუშაობას დანარჩენ დასაყრდენ პუნქტებზე. თუ ასაგვამავი ტერიტორიის რომელიმე ნაწილის რელიეფი რთულია და ამის გამო სიმაღლეების განსაზღვრა ნიველირით ძნელი და უხერხულია, მაშინ გამოიყენებენ თეოდოლიტს, რომლის ვერტიკალური წრედით განისაზღვრება ასეთი ადგილების სიმაღლეები (იხ. § 152). თეოდოლიტის ნაცვლად მუშაობა შეიძლება აგრეთვე ტაქეომეტრი-ავტომატით (იხ. § 156). საველე მუშაობის დამთავრების შემდეგ შეუღებებიან ასაგვამავი ტერიტორიის გეგმის შედგენას. ამისათვის ქა-

ლოლზე, მოცემულ მასშტაბში, დაალაგებენ დასაყრდენ I, II, III ... პუნქტებს მათი კოორდინატების მიხედვით, რომლებიც ცნობილია ტრიანგულაციიდან ან პოლიგონომეტრიიდან, შემდეგ ამ წერტილებთან დაკავშირებით დაალაგებენ კონტურებისა და რელიეფის წერტილებს— აზიმუტებისა და მანძილების მიხედვით. ყველა წერტილს მიუწერენ სიმაღლეებს და ცნობილი წესით (იხ. § 118) გაატარებენ იზოჰიფსებს.

განხილული მეთოდის ღირსება იმაში მდგომარეობს, რომ მუშაობის დაჩქარების მიზნით შეიძლება ადგილის აგეგმვის ერთდროულად წარმოება სხვადასხვა პუნქტიდან, ე. ი. განხილული მეთოდით სავსე მუშაობა შეიძლება ერთდროულად აწარმოოს რამდენიმე მომუშავემ.

287-ე ნახაზზე ნაჩვენებია დასახლებული ადგილის აგეგმვის მიზნით სხვა დასაყრდენ პუნქტებთან ერთად ადგილზე დანიშნავენ და განსაზღვრავენ ისეთი პუნქტების კოორდინატებსა და სიმაღლეებს, რომელთა საფუძველზე შესაძლებელია დასახლებული ადგილის აგეგმვა.

ჩვენს შემთხვევაში დასახლებული ადგილის ქუჩაზე დანიშნულია IV—VI პუნქტები (ნახ. 287) და აგეგმვა წარმოებულია ამ პუნქტებს შორის დალაგებული თეოდოლიტური სვლის (მაგისტრალის) საფუძველზე. თუ აგეგმვის მასშტაბია 1:2000, მაშინ თეოდოლიტური სვლა უნდა იყოს დაშორებული შენობების ფსადის ხაზიდან 6 მეტრამდე მანძილზე; თუკი აგეგმვის მასშტაბია 1:1000, მაშინ—არა უმეტესი 4 მეტრისა. მაშასადამე, განიერ ქუჩებზე საჭირო იქნება თეოდოლიტური სვლის გატარება ქუჩის ორივე ნაპირზე. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 287) დასაყრდენ VI და IV პუნქტებს შორის გატარებულია ერთი სვლა (VI, 1, 2, 3, IV).

თეოდოლიტით იზომება ამ სვლის დამაკავშირებელი α და β კუთხეები და აგრეთვე 1, 2, 3 კუთხეები. გარდა ამისა, ბაფთით იზომება (ორჯერ) სვლის გვერდები. გვერდების გაზომვისას ბაფთის ბოლოებს ნიშნავენ ფერადი ფანქრით, ნაცვლად ჩხირებისა. α , β , 1, 2, 3 კუთხეების გაზომვებს ამოწმებენ ცნობილი წესით (იხ. § 91).

დასახლებული ადგილის (შენობების) აგეგმვას აწარმოებენ თეოდოლიტური სვლების საფუძველზე პერპენდიკულარების მეთოდით. ამისათვის შენობების ფსადების მახასიათებელი წერტილებიდან ორსააკიანი ვეკრით სვლის გვერდებზე დაუშვებენ მართობებს. მართობების ფუძეებს პოულობენ ბაფთაზე, რომელსაც აგეგმვის პროცესში აყენებენ სვლის გვერდებზე. მანძილები სვლის წვეროდან მართობების ფუძემდე წარმოადგენს აბსცისებს. ორდინატები (მართობები) იზომება ფოლადის ხვეულით.

გზაჯვარედინზე მდებარე შენობების კუთხეები განისაზღვრება სამი წერტილიდან გაზომვის მეთოდით. ეს გამოისახება იმაში, რომ თეო-

დოლიტურ სვლაზე დაყენებულ ბაფთაზე აიღებენ სამ წერტილს შენობის კუთხესთან ახლოს და ხვეულით ზომავენ მანძილებს ამ სამი წერტილიდან შენობის კუთხემდე. ეს გაზომვები საკმარისია, რომ გვემაზე გადაკვეთის მეთოდით ვიპოვოთ შენობის კუთხე (იხ. § 81). დასახლებული ადგილის ეზოების აგეგმვასაც უკავშირებენ თეოდოლიტურ სვლას. აქ ხშირია შემთხვევა, როდესაც თეოდოლიტური სვლის მიხედვით წერტილიდან შეიკრებიან ეზოში ერთ-ან ორგვერდიანი სვლით და მასთან დაკავშირებით აწარმოებენ ეზოს აგეგმვას პერპენდიკულარების ან სხვა მეთოდით.

ზემოგანხილული მეთოდის გამოყენებისას თეოდოლიტთან ერთად მუშაობენ ნიველირით, რომლითაც განისაზღვრება რელიეფის მახასიათებელი წერტილების სიმაღლეები. ამისათვის დასაყრდენ პუნქტებს (რომელთა სიმაღლეები ცნობილია) შორის ატარებენ სანიველირო სვლებს და ამ სვლებთან დაკავშირებით, ზემოთ განხილული წესით, განსაზღვრავენ რელიეფის წერტილების სიმაღლეებს. ასეთ შემთხვევაში სვლის პიკეტაჟის წარმოება არ არის საჭირო, ენიდან რელიეფის მახასიათებელი წერტილების მდებარეობა განისაზღვრება ადგილის აგეგმვის დროს, თეოდოლიტურ სვლასთან დაკავშირებით. სანიველირო ეჟრნალის ფორმა ამ შემთხვევაში არ განსხვავდება 26-ე ცხრილში ნაჩვენები ფორმისაგან. სანიველირო სვლის შემოწმების მიზნით, აიღებენ დასაყრდენ პუნქტებს შორის მოთავსებულ დამაკავშირებელი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობების ალგებრულ ჯამს. ეს ჯამი უნდა იყოს ტოლი იმავე დასაყრდენი პუნქტების სიმაღლეთა სხვაობისა. შეცდომა დასაშვებია, თუ იგი არ აღემატება $\pm 30\sqrt{L}$ მმ, სადაც L არის დასაყრდენ წერტილებს შორის მანძილი კილომეტრებში. აგეგმვის პროცესში ველზე აღვყენებ ადგილის სქემას (აბრისს), რომელზედაც თვალზომით გამოისახება ცალკე შენობები და მახასიათებელი წერტილები (რელიეფის წერტილები, ქუჩები, ეზოები, ბალები და სხვა). აბრისზე იწერება ყველა განაზომი (აბსცისები, ორდინატები და სხვ.).

საველე მუშაობის დამთავრების შემდეგ გამოთვლიან თეოდოლიტური სვლების წვეროების კოორდინატებს დასაყრდენი პუნქტების კოორდინატების მიხედვით. კოორდინატების გამოთვლებს ამოწმებენ § 93-ში განხილული წესით. შემდეგ ქალაქზე მოცემულ მასშტაბში დაალაგებენ დასაყრდენ პუნქტებს მათი კოორდინატების მიხედვით და აგრეთვე თეოდოლიტურ სვლებს. ველზე შედგენილი აბრისების მიხედვით, სვლების საფუძველზე, გამოისახვენ ქუჩებს, შენობებს, ეზოებს და სხვა ობიექტებს. რელიეფის წერტილებს მიუწერენ სიმაღლეებს და გაატარებენ იზოჰიფსებს. ამის შედეგად მიიღება ასაგეგმავი ტერატორიის გეგმა რელიეფის გამოსახვით.

ტაქსონომიური აგეგმვა

§ 150. ტაქტიკური პოლიტიკის არსი და ინსტრუმენტები

სიტყვა ტაქეომეტრია ბერძნულია და ნიშნავს ჩქარ გაზომვებს, იმ გაგებით, რომ ტაქეომეტრიულ აგეგმვაში ერთდროულად განისაზღვრება წერტილის მდებარეობა და მისი სიმაღლე. ტაქეომეტრიული აგეგმვა შეიცავს ადგილის რთვორც პოროზონტალურ, ისე ვერტიკალურ აგეგმვას და მისი მიზანია ადგილის გეგმის მიღება ზედაპირის უსწორ-მასწორების, ანუ რელიეფის იზოპიქსებით გამოხატვით. რთვორც § 118-ში განვიხილეთ, იმ მიზნით, რომ რელიეფი გამოვსახოთ პორო-ზონტალებით, საჭიროა ვიცოდეთ რელიეფის მახასიათებელი წერტი-ლების აბსოლუტური ან პირობითი სიმაღლეები (წერტილის სიმაღლეს ზღვის დონიდან აბსოლუტური სიმაღლე ეწოდება, ხოლო პირობითი დონიდან—პირობითი სიმაღლე). ტაქეომეტრიულ აგეგმვაში წერტილე-ბის სიმაღლეები განისაზღვრება თეოდოლიტით, რომელსაც აქვს ვერ-ტიკალური წრედი (ნახ.-ბი: 113, 114, 115) და აგრეთვე ტაქეომეტრი-ავეტრმატებით (ნახ. 292).

ამგვარ აგეგმვაში გამოყენებულია გეოდეზიური, ანუ ტრიგონომეტ-
რიული ნიველირების პრინციპი (იხ. § 124), ე. ი. სიმაღლეების გან-
საზღვრა დახრილი სხივით.

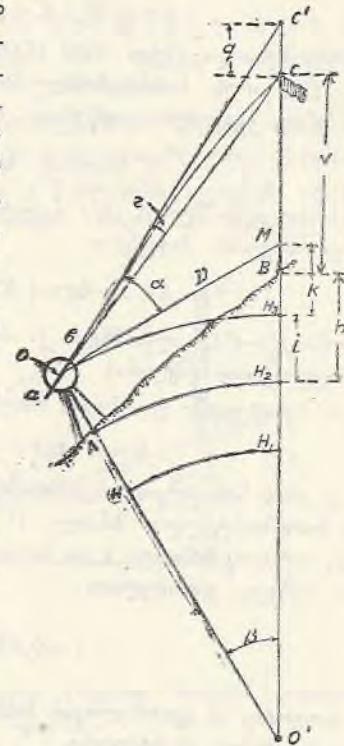
ენიდიან ტაქეომეტრიული აგეგმვაში მთავარ როლს (ლიმბის გარდა) ასრულებს ვერტიკალური წრადი, სასურველია, რომ თეოდოლიტის ვერტიკალური წრედის სიზუსტე ტოლი იყოს ლიმბის სიზუსტისა. აგრეთვე საჭიროა, რომ ჭოგრში მოთავსებული იყოს მანძილზომი და თეოდოლიტს ჰქონდეს ბუსოლი.

საერთოდ უნდა ითქვას, რომ თეოდოლიტით და ტაქიომეტრით-აგტო-
მატებით განისაზღვრება წერტილების არა აბსოლუტური ან პირაობით
სიმაღლეები, არამედ წერტილების სიმაღლეა სხვაობები, რომლებიც
გვიჩვენებს, თუ რამდენად მაღლა ან დაბლაა ერთი წერტილი მეორეს-
თან შედარებით. წერტილების სიმაღლეა სხვაობების მიხედვით ადგი-
ლად მიიღება წერტილების აბსოლუტური ან პირაობით სიმაღლეები.
სიმაღლეა სხვაობების განსაზღვრის დროს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს
ორ შემთხვევას: პირველი, როდესაც წერტილები ისეთი მანძილით არის
ერთმეორისაგან დაშორებული, რომ საჭიროა მხედველობაში მივიღოთ
დედამიწის სფერული სახე, და მეორე, როდესაც წერტილები მცირე
მანძილითაა ერთმეორისაგან დაშორებული და ამის გამო სფერული
სახის მიღება არ არის საჭირო.

ორივე შემთხვევა განვიხილოთ ცალ-ცალკე.

§ 151. წმინტილუბის სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრა დედამიწის სფერული ფორმისა და რეზერვუარების მხედველობაში მიღებით

თქვეათ, დედამიწის ზედაპირზე მოცემულია დიდი მანძილით დაშორებული A და B წერტილები (ნახ. 288) და საჭიროა განვსაზღვროთ B წერტილის სიმაღლე A წერტილთან შედარებით, ე. ი. სიმაღლეთა სხვაობა h . ამისათვის A წერტილში ვაყენებთ თეოდოლიტს, B წერტილში სარს (შვეულად). თუ დგომის A წერტილიდან წარმოვიდგენთ AH_2 ხაზს, რომელიც პარალელურია დონებრივი (ოქანის) HH_1 ზედაპირისა, მაშინ სიდიდე BH_2 იქნება საძიებელ სიმაღლეთა სხვაობა h . აგრეთვე, ვერტიკალური წრედის O ცენტრიდან წარმოვიდგინოთ ორი ხაზი: ერთი OH_2 , რომელაც პარალელურია დონებრივი ზედაპირისა, და მეორე—ჰორიზონტალური OM ხაზი. ამ შემთხვევაში, სიდიდე MH_2 (აღნიშნულია K ასოთი) წარმოადგენს დედამიწის სფერული სახის გავლენას (დედამიწის ზედაპირის სფერული სახე რომ არ ჰქონოდა, OH_2 ხაზი დაემთხვეოდა მის მხებ OM ხაზს). იარაღის სიმაღლე OA ან მისი ტოლი სიმაღლე H_2H_3 აღვნიშნოთ i ასოთი, ხოლო BC სარის სიგრძე v ასოთი.



б.б. 238.

მუშაობის დროს ჭოგრით ვუც-
ქერით სარის ბოლო C წერტილს,
შავრამ, გინაიდან C წერტილიდან
ჭოგრისაკენ მომავალი სხივი ვაივ-
ლის ატმოსფეროს სხვადასხვა ფე-
ნას, რომელთა გარდატეხის კოე-
ფიციენტები სხვადასხვაა, აღნიშნული სხივი მიიღებს CO მრუდე ზაზის
მიმართულებას და ჭოგრის დამზერის ღერძი ab იქნება მისი მხეზი.
ამის გამო, დამზერის ab ღერძი უფრო აწეული იქნება, ვიდრე OC
სწორი ზაზი და ჭოგრში მზერის დროს სარის ბოლო C წერტილი
მოგვეჩვენება უფრო მაღლა— C' წერტილში. ამ მოვლენას რეფრაქ-
ცია ეწოდება, ხოლო $C'OC$ კუთხე, რომელიც აღნიშნულია r ასოთი,

არის რეფრაქციის კუთხე. სიდიდე CC' წარმოადგენს რეფრაქციის გავლენას.

ჰოგრის დამზერის ab ღერძის დახრის კუთხე, ე. ი. კუთხე ჰოგრის ab ღერძსა და პორიზონტალურ OM ხაზს შორის, აღნიშნოთ α -თი (იხილეთ თეოდოლიტის ვერტიკალური წრედით).

როგორც ნახაზიდან ჩანს, საძიებელ სიმაღლეთა სხვაობა

$$h = C'M + K + i - CC' - v. \quad (1)$$

შეგვიძლია დავუშვათ, რომ $C'OM$ სამკუთხედი მართკუთხაა, რადგანაც OM არის პორიზონტალური ხაზი და $C'M$ —შვეული ხაზი. მაშასადამე, შეგვიძლია დავწეროთ, რომ კათეტი

$$C'M = OM \cdot \operatorname{tg} \alpha = D \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

(D ასოთი აღნიშნულია OM კათეტი). CM' -ის მნიშვნელობა ჩავსვათ (1) ფორმულაში. მივიღებთ:

$$h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha + K + i - CC' - v.$$

სხვაობა $K - CC'$ აღნიშნოთ f ასოთი (დედამიწის სფერული სახისა და რეფრაქციის გავლენა).

ამ შემთხვევაში ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha + f + i - v. \quad (2)$$

ეს არის სიმაღლეთა სხვაობის ფორმულა. ამ ფორმულაში ცნობილია პორიზონტალური მანძილი D (იხილეთ ადგილზე), დახრის კუთხე α , იარაღის სიმაღლე i და სარის სიგრძე v . წევრი f განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$f = 0,43 \frac{D^2}{R}. \quad (3)$$

როგორც ამ ფორმულიდან ჩანს, f დამოკიდებულია A და B წერტილებს შორის D მანძილზე.

მაგალითად, თუ $D = 400$ მეტრს, მაშინ $f = 0,43 \frac{400^2}{6370000} = 0,0118$

(დედამიწის რადიუსი R აღებულია 6370 კილომეტრის ტოლი). თუ $D = 1000$ მეტრს, მაშინ f , გამოთვლილი იმავე (3) ფორმულით, ტოლი იქნება 7 სანტიმეტრისა. ამრიგად, დედამიწის სიძრუდისა და რეფრაქციის გავლენა f უმნიშვნელოა და ტაქიომეტრიულ აგეგმვაში f წევრს მხოლოდ მაშინ ღებულობენ მხედველობაში, როდესაც D

მანძილი აღემატება 300 მეტრს (300 მეტრისათვის $f = 1$ სანტიმეტრს).

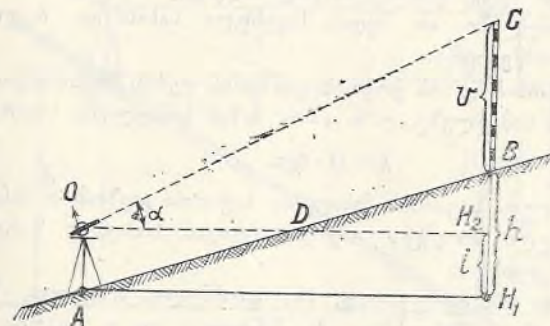
ამრიგად, მე-2 ფორმულით შეგვიძლია განვსაზღვროთ საძიებელ სიმაღლეთა სხვაობა h .

§ 152. მცირე მანძილით დაუმორგებელი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრა

ვთქვათ, რომ ადგილზე მოცემულ A და B წერტილებს (ნახ. 289) შორის მანძილი მცირეა (არ აღემატება 300 მეტრს) და საჭიროა ამ წერტილების სიმაღლეთა h სხვაობის განსაზღვრა.

ამ შემთხვევაში, როგორც უკვე აღნიშნეთ, მხედველობაში არ ღებულობენ არც დედამიწის სფერულ სახეს და არც რეფრაქციას.

სიმაღლეთა სხვაობის მისაღებად A წერტილში აყენებენ თეთლიტს და B წერტილში—სარს, რომლის ბოლო C წერტილისაკენ



ნახ. 289.

შემართავენ ჰოგრს და ვერტიკალური წრედით ზომავენ დამზერის ღერძის დახრის α კუთხეს (იხ. § 72, 73).

ღეომის A წერტილიდან და ვერტიკალური წრედის O ცენტრიდან წარმოვიდგინოთ AH_1 და OH_2 პორიზონტალური ხაზები, ე. ი. დონეობრივი (ოკეანის) ზედაპირის პარალელური ხაზები.

ვინაიდან განხილულ შემთხვევაში დედამიწის ზედაპირის სფერულ სახეს მხედველობაში არ ვღებულობთ, აღნიშნული OH_2 და AH_1 ხაზები წარმოადგენენ სწორ ხაზებს, რომელთა მართობი იქნება CB სარი.

A და B წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა BH_1 აღნიშნოთ h
23 გრ. ხუნჯუა

ასოთი და იარაღის სიმაღლე OA ან მისი ტოლი H_2H_1 -ს სიდიდე i ასოთი. აგრეთვე, სარის სიგრძე CB აღვნიშნოთ v ასოთი.

როგორც 289-ე ნახაზიდან ჩანს, საძიებელ სიმაღლეთა სხვაობა

$$h = CH_1 - v. \quad (1)$$

CH_1 -ის ნაცვლად ჩავსვათ მისი ტოლი სიდიდე $CH_2 + i$, მაშინ მივიღებთ:

$$h = CH_2 + i - v. \quad (2)$$

მართკუთხა OCH_2 სამკუთხედიდან ცხადია, რომ კათეტი

$$CH_2 = OH_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha = D \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

სადაც α არის ჯოგრის დახრის კუთხე და $D = AB$ ხაზის ჰორიზონტალური პროექცია. CH_2 -ის მნიშვნელობა ჩავსვათ (2) ფორმულაში; მაშინ ფორმულა მიღებს ასეთ სახეს:

$$h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha + i - v, \quad (3)$$

ე. ი. მივიღეთ იგივე ფორმულა, რაც მიღებული იყო წინა პარაგრაფში. ამ ფორმულაში არ შედის სფერული სხისა და რეფრაქციის გამომსახველი წევრი f .

თუ მუშაობის დროს ჯოგრის დამზერის ღერძს მივმართავთ ლარტყას იარაღის სიმაღლეზე, ე. ი. $i = v$, მაშინ სიმაღლეთა სხვაობა

$$h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (4)$$

ე. ი. სიმაღლეთა სხვაობის მისაღებად საჭიროა გავზომოთ მანძილი D (ჰორიზონტალური პროექცია) თეოდოლიტიდან საძიებელ წერტილამდე და დახრის კუთხე α .

მუშაობის გასაადვილებლად, (4) ფორმულის მიხედვით, შედგენილია ცხრილები, რომლებშიც D მანძილისა და α დახრის კუთხის მიხედვით ვპოულობთ სიმაღლეთა სხვაობას.

მაგალითად, თუ მანძილი $D = 100$ მეტრს და კუთხე $\alpha = 5^\circ 30'$, მაშინ ცხრილში ვპოულობთ, რომ $h = 9,63$ მეტრს.

ზემომოყვანილი (3) ფორმულა მიღებულია იმ შემთხვევისათვის, როდესაც h სიმაღლეთა სხვაობას აქვს დადებითი ნიშანი (ნახ. 289), ე. ი. როდესაც B წერტილი უფრო მაღალია, ვიდრე დგომის A წერტილი.

იმ შემთხვევაში კი, როდესაც h -ს აქვს უარყოფითი ნიშანი, ე. ი. B წერტილი უფრო დაბლაა, ვიდრე A წერტილი (ნახ. 290), მაშინ როგორც ნახაზიდან ჩანს, საძიებელი

$$h = H_1C + v - i.$$

OH_1C სამკუთხედიდან

$$H_1C = D \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

H_1C -ს მნიშვნელობა ჩავსვათ მოყვანილ ფორმულაში. მაშინ მივიღებთ:

$$h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha - i + v.$$

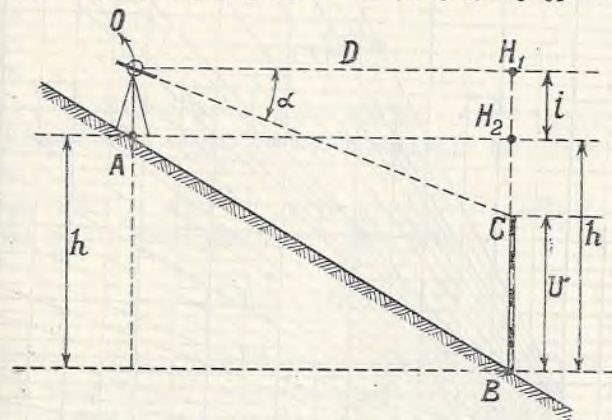
ეს ფორმულა ზემომოყვანილი (3) ფორმულისაგან განსხვავდება მხოლოდ i და v -ს ნიშნებით.

ვინაიდან h -ს აქვს უარყოფითი ნიშანი, შეგვიძლია ფორმულას მივცეთ ასეთი სახე:

$$h = -(D \operatorname{tg} \alpha - i + v) = -D \operatorname{tg} \alpha + i - v. \quad (5)$$

ამგვარად, მივიღეთ (3) ფორმულის სახე, ხოლო $D \operatorname{tg} \alpha$ -ს უკვე უარყოფითი ნიშანი აქვს.

მაგალითი. ვთქვათ, A და B წერტილებს შორის მანძილი (ჰორიზონტალური პროექცია) $D = 50$ მეტრს და $\alpha = -4^\circ 30'$ ე. ი. B წერტილი უფრო დაბლაა, ვიდრე დგომის A წერტილი. ვთქვათ, აგრეთვე,



ნახ. 290.

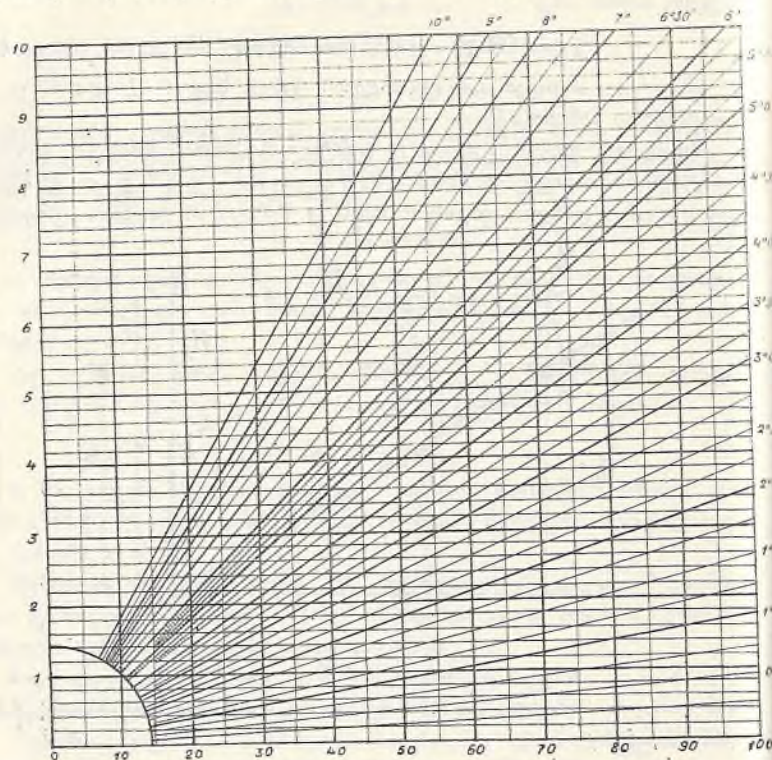
რომ იარაღის სიმაღლე $i = 1,20$ მეტრს და სარის (ლარტყის) სიგრძე $v = 3,50$ მეტრს.

არსებულ ცხრილში α და D -ს მიხედვით ვპოულობთ, რომ $D \operatorname{tg} \alpha = 7,08$ მეტრს. მაშინ, საძიებელ სიმაღლეთა სხვაობა $h = -7,08 + 1,20 - 3,50 = -9,38$ მ.

§ 153. ნომოგრამა, რომლითაც განისაზღვრება სიმაღლეთა სხვაობები

სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრა (D და α -ს მიხედვით) შეიძლება აგრეთვე გრაფიკულად სიმაღლის ნომოგრამის (მასშტაბის) საშუალებით.

ამ ნომოგრამის ასაგებად სწორ ხაზზე გადავზომავთ ტოლ მონაკვეთებს და მივუწერთ 10, 20, 30...100 მეტრს (ნახ. 291). შემდეგ, მიღებულ წერტილებში გავატარებთ მართობ ხაზებს და განაპირა (მარჯვენა) მართობზე მსხვილ მასშტაბში გადავზომავთ სიმაღლეთა სხვაობებს ($h = D \operatorname{tg} \alpha$), რომლებიც წინასწარ გამოთვლილია 100 მეტრი მანძილისა და სხვადასხვა კუთხისათვის. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 291) გა-



ნახ. 291.

მოთვლილია $0^{\circ}30'$; $1^{\circ}0'$; $1^{\circ}30'$; $1^{\circ}45'$; $2^{\circ}0'$; $2^{\circ}30'$... კუთხეებისათვის. ამის შემდეგ მარცხენა (განაპირა) მართობზე გადავზომავთ ტოლ მანძილებს (1, 2, 3... მეტრებს) სიმაღლის მასშტაბში (ე. ი. იმ მასშტაბში, რა მასშტაბშიც გადავზომეთ სიმაღლეები განაპირა მარჯვენა მართობზე) და ვუკეთებთ სათანადო წარწერებს (1, 2, 3, 4...), რომლებიც გვიჩვენებს სიმაღლეებს (მეტრებში). მარჯვენა განაპირა მართობზე მიღებულ წერტილებს შევადრებთ საწყის—ნულოვან O წერტილთან. აგრეთვე

სიმაღლეების მაჩვენებელი წერტილებიდან (მარცხენა მართობზე) გავატარებთ ხაზებს გრაფიკის ფუძის პარალელურად ($O-100$ ხაზისა).

ვთქვათ, პორიზონტალური პროექცია $D=85$ მეტრს და ხაზის დახრის კუთხე $\alpha=3^{\circ}15'$:

აღნიშნული მანძილისა (85) და $3^{\circ}15'$ კუთხისათვის გრაფიკის მარცხენა (განაპირა) მართობზე ვკითხულობთ სიმაღლეთა სხვაობას—4,80 მეტრს.

§ 154. სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრა მანძილშომის გამოყენებით

§ 152-ში მოყვანილ (4) ფორმულაში ($h = D \operatorname{tg} \alpha$) ჩავსვათ D -ს მნიშვნელობა მანძილშომის ფორმულიდან ($D = cn \cos^2 \alpha$... იხ. § 56), მაშინ მივიღებთ:

$$h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha = cn \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha = cn \cos^2 \alpha \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = cn \cos \alpha \sin \alpha = \\ = \frac{1}{2} cn \sin 2\alpha, \quad (1)$$

სადაც c არის მანძილშომის კოეფიციენტი და n ანათვალ ლარტყაზე, ე. ი. მანძილშომის ძაფებს შორის მოთავსებულ დანაყოფთა რიცხვი ლარტყაზე.

კოეფიციენტი c საერთოდ უდრის ერთს (მისი განსაზღვრა იხილეთ § 55-ში) და (1) ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$h = \frac{1}{2} n \cdot \sin 2\alpha, \quad (2)$$

ე. ი. სიმაღლეთა სხვაობის მისაღებად საკმარისია გავზომოთ დახრის კუთხე α და ლარტყაზე ავიღოთ ანათვალ n . ცხადია, რომ ამ შემთხვევაში ჭოგრი უნდა იყოს მიმართული იარაღის სიმაღლეზე.

მუშაობის გასაადვილებლად (2) ფორმულის მიხედვით შედგენილია ცხრილები, რომლებშიც მოყვანილია h -ის მნიშვნელობა სხვადასხვა α და n -სათვის.

მაგალითი. ვთქვათ, მანძილშომის ძაფებს შორის ანათვალ $n=120$ და დახრის კუთხე $\alpha=7^{\circ}30'$. მაშინ ცხრილში ვპოულობთ, რომ $h=15,50$ მეტრს.

§ 155. სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრის სიუხტე

A და B წერტილებს შორის სიმაღლეთა სხვაობა h უნდა მივიღოთ ერთი და იგივე, დამოუკიდებლად იმისა, A წერტილიდან განისაზღვრება იგი, თუ B წერტილიდან (მარტო ნიშნებით იქნებიან განს-

ხეაგებული). სინამდვილეში კი მივიღებთ სიმაღლეთა სხვაობის სხვა-
დასხვა მნიშვნელობას, ე. ი. ადგილი ექნება Δ შეცდომას.

ტაქსომეტრიულ აგეგმვაში შეცდომა Δ განისაზღვრება შემდეგი
ფორმულით:

$$\Delta = \frac{t' \cdot D}{3438}, \quad (1)$$

სადაც t არის ვერტიკალური წრედის ვერნიერის სიზუსტე და D წერ-
ტილებს შორის მანძილი.

აგრეთვე, ტაქსომეტრიულ აგეგმვაში შეცდომა Δ განისაზღვრება
შემდეგი ფორმულით:

$$\Delta = 4 \text{ სმ}, \quad (2)$$

სადაც k არის ასეულთა რიცხვი, რომელსაც შეიცავს D მანძილი.

მაგალითი. ვთქვათ, რომ A და B წერტილებს შორის სიმაღლეთა
სხვაობა h , განსაზღვრული A წერტილიდან, მივიღეთ 8,28 მეტრის
ტოლი და განსაზღვრული B წერტილიდან — 8,33 მეტრის ტოლი.
გამოვარკვეოთ, დასაშვებია თუ არა შეცდომა.

დავუშვათ, რომ ამ წერტილებს შორის მანძილი D ტოლია 176
მეტრისა, ხოლო ვერტიკალური წრედის ვერნიერის სიზუსტე $t = 1'$ -ს.
თანახმად (2) ფორმულისა, დასაშვები შეცდომა

$$\Delta = 4 \text{ სმ} = 4.1,76 = 7,04 \text{ სმ}.$$

ჩვენს შემთხვევაში მიღებული შეცდომა ტოლია: $8,33 - 8,28 = 5$ სმ.
ეს შეცდომა დასაშვებია, ვინაიდან ნაკლებია, ვიდრე მე-2 ფორმულით
მიღებული შეცდომა (7,04 სმ).

§ 158. ტაქსომეტრი-ავტომატი

ამჟამად წარმოებაში გამოიყენება ტაქსომეტრება, რომლებიც ავტო-
მატურად (გამოთვლების გარეშე) იძლევიან წერტილების სიმაღლეებს
და მანძილებს. ნახ. 292-ზე ნაჩვენებია ასეთი ტაქსომეტრი-ავტომატი
„დალს“, რომლის კონსტრუქცია ეკუთვნის ჰოლანდიელ ინჟინერ
დალს. ეს ტაქსომეტრი წარმოადგენს ოპტიკურ თეოდოლიტს, რომე-
ლიც გამოიყენება როგორც ავტომატი და როგორც ჩვეულებრივი
თეოდოლიტი (წრიული ტაქსომეტრი). ლიზბი და ვერტიკალური წრედი
გაკეთებულია მინისაგან და ანათვლებს ორივე წრედზე ღებულობენ
სკალებიანი მიკროსკოპით, რომლის ოკულარი O_1 მოთავსებულია ჭოგ-
რის O_2 ოკულარის გვერდით.

ჭოგრში ცქერისას, გარდა ძაფთა ბადისა, დავინახავთ დიაგრამას
(ნახ. 293), რომელზედაც დატანილია შემდეგი მრუდები:

1. ძირითადი (ნულოვანი) AB მრუდი,

2. მანძილების CD მრუდი,

3. სიმაღლეთა სხვაობების ექვსი მრუდი. სამი მათგანი მოთავსე-
ბულია ძაფთა ბადის შვეული ძაფის მარჯვენა მხარეზე და სამი — მარც-
ხენა მხარეზე. მარცხენა მრუდებს
აქვს წარწერა $+10$, $+20$ და
 $+100$, ხოლო მარჯვენას -10 , -20
და -100 , ყველა მრუდი დატანი-
ლია თხელი მინის ფირფიტაზე,
რომელიც უძრავადაა დამაგრებული
ჭოგრის თარაზულ ღერძზე. სპე-
ციალური პრიზმების საშუალებით
აღნიშნული მრუდების (დიაგრამის)
გამოსახულება გადაეცემა ჭოგრში.
თუ ჭოგრს მივმართავთ ადგილზე
დაყენებული ლარტყისაკენ, მაშინ
ლარტყასთან ერთად ჭოგრში დავი-
ნახავთ დიაგრამას (ნახ. 294).

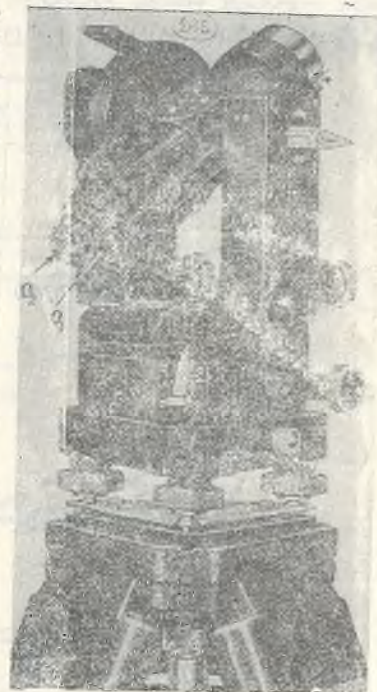
ვინაიდან დიაგრამა უძრავადაა
დამაგრებული და ჭოგრი კი ვერ-
ტიკალურ წრედთან ერთად ბრუ-
ნავს, ამიტომ, თუ ჭოგრს მივცემთ
სხვადასხვა დახრილობას, მაშინ
ჭოგრში ცქერისას დიაგრამის სხვა-
დასხვა სახე მოგვეჩვენება.

მაგალითად, თუ ჭოგრის დახ-
რილობა დადებითია (ობიექტივი
აწეულია), მაშინ დიაგრამის გამო-
სახულება მოგვეჩვენება ისე, რო-
გორც ეს მოყვანილია 294-ე ნახაზ-
ზე, სადაც სიმაღლეების მრუდები წარწერილია დადებითი ციფრებით
($+10$, $+20$ და $+100$).

295-ე ნახაზზე ნაჩვენებია დიაგრამა შეესაბამება უარყოფით კუთ-
ხეებს და სიმაღლის მრუდებზე წარწერილია უარყოფითი ციფრებით
(-10 , -20 და -100).

თუ ჭოგრი ჰორიზონტალურ მდგომარეობაშია. მაშინ დიაგრამა
მოგვეჩვენება ისე, როგორც ეს მოყვანილია 293-ე ნახაზზე.

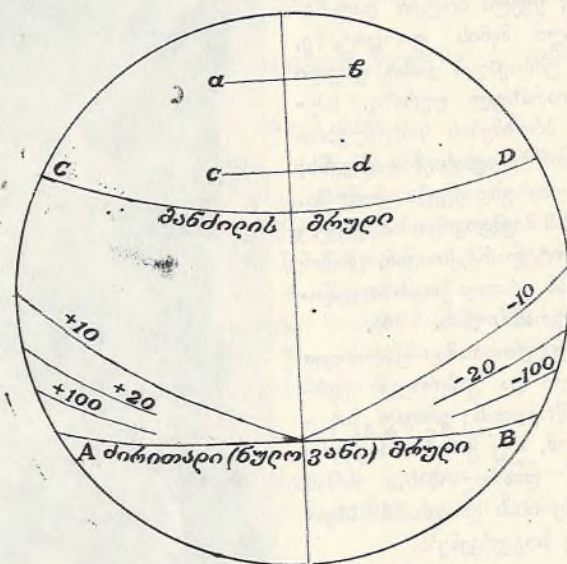
დიაგრამის მრუდები ისეა გაანგარიშებული, რომ ამ მრუდების სა-
შუალებით შეიძლება განისაზღვროს მანძილი (ჰორიზონტალური პრო-



ნახ. 292.

ექცია) დგომის წერტილიდან ლარტყამდე და აგრეთვე წერტილების სიმაღლეები დგომის წერტილთან შედარებით.

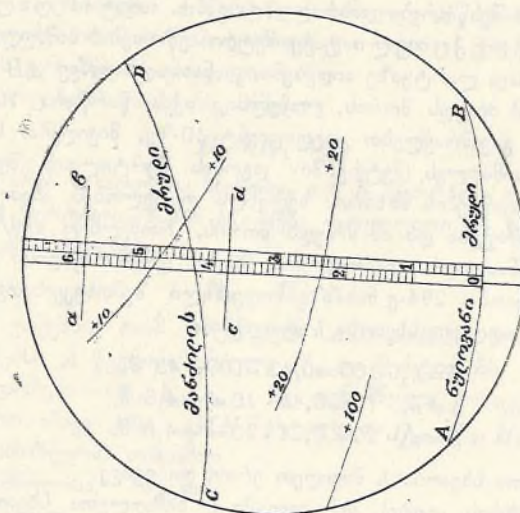
აღნიშნული სიდიდეების განსაზღვრა წარმოებს შემდეგი წესით: ტაქეომეტრით დგებიან მოცემულ წერტილზე (პოლიგონის ან თეოდოლიტური სვლის წერტილზე) და საძიებელ წერტილზე შვეულად აყენებენ ლარტყას. ლიშებს მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და ჭოგრის მიმართავენ ლარტყისაკენ ისე, რომ ძაფთა ბადის შვეული



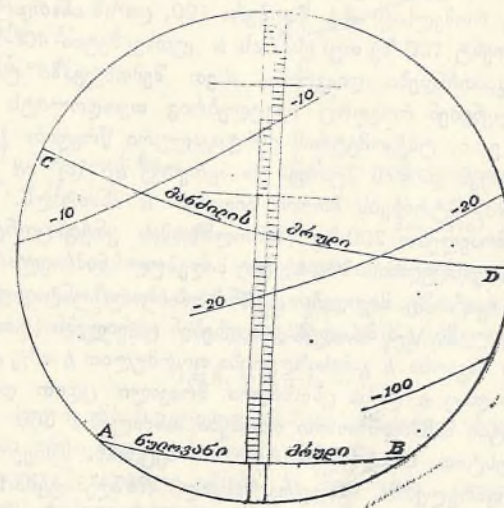
ნახ. 293.

ძაფი კვეთდეს ლარტყას შუაზე (ნახ. 294). მუშაობის გასაადვილებლად სასურველია, რომ ლარტყის ნული დაყენებული იყოს ინსტრუმენტის სიმაღლეზე. ამისათვის ლარტყის უკანა მხარეზე შეიძლება მოძრავად დაემაგრათ ვიწრო ძელი და მისი შეწევით ან გამოწევით (ლარტყის უკანა პირზე) ლარტყის ნული დაეაყენოთ იარაღის სიმაღლეზე, ხოლო დიაგრამის ნულოვანი AB მრუდი (ნახ. 294 და 295) შვეუთავსოთ ლარტყის ნულს.

ჭოგრის დამზერის შემდეგ ლარტყაზე აიღებენ ანათვალს, ე. ი. გაიგებენ, თუ ლარტყის რამდენი დანაყოფია მოთავსებული დიაგრამის ნულოვან AB მრუდსა და სამანძილო CD მრუდს შორის. ანათვალი n_1 , გამრავლებული 100-ზე (მანძილშომოს კოეფიციენტზე), მოგვცემს



ნახ. 294.



ნახ. 295.

მანძილს დგომის წერტილიდან ლარტყამდე. ეს მანძილი წარმოადგენს არა დახრილ მანძილს, არამედ მის ჰორიზონტალურ პროექციას. ამრიგად, ტაქეომეტრი ახდენს მანძილების რედუცირებას, ე. ი. დახრილ მან-

ძილში შეაქვს შესწორება დახრილობის გამო. ამიტომ დალტა ტაქტომეტრის რედუქციული ტაქტომეტრი ეწოდება. სიმაღლეთა სხვაობის მისაღებად ლარტყაზე აიღებენ n_2 ანათვალს იმავე AB ნულოვან მრუდსა და იმ მრუდს შორის, რომელსაც აქვს წარწერა 10. თუ ამ n_2 ანათვალს გავამრავლებთ კოეფიციენტ 10-ზე, მივიღებთ საძიებელი წერტილის სიმაღლეს (მეტრებში) დგომის წერტილიდან შედარებით. მუშაობის შემოწმების მიზნით, ხელახლა ლებულობენ ანათვალს ნულოვან AB მრუდსა და იმ მრუდს შორის, რომელსაც აქვს წარწერა 20. თუ ამ ანათვალს გავამრავლებთ 20-ზე, უნდა მივიღოთ იგივე სიმაღლეთა სხვაობა. 294-ე ნახაზზე მოყვანილი შემთხვევისათვის, მანძილი d და სიმაღლეთა სხვაობა h ტოლებია:

$$\begin{aligned} d &= n_1 \cdot 100 = 0,43 \cdot 100 = 43 \text{ მ}, \\ h &= n_2 \cdot 10 = 0,48 \cdot 10 = +4,8 \text{ მ}, \\ h &= n_3 \cdot 20 = 0,24 \cdot 20 = +4,8 \text{ მ}. \end{aligned}$$

სიმაღლეთა სხვაობა h მივიღეთ ერთი და იგივე.

დიდი დახრის კუთხის შემთხვევაში h სიმაღლეთა სხვაობის მისაღებად ანათვალს აიღებენ ნულოვან AB მრუდსა (ნახ. 294) და იმ მრუდს შორის, რომელსაც აქვს წარწერა 100, და ამ ანათვალს ამრავლებენ კოეფიციენტ 100-ზე. თუ დახრის α კუთხე მეტია 40° -ზე, მაშინ ჭოგრში არ გამოჩნდება დიადრამა. ასეთ შემთხვევაში ტაქტომეტრ დალტას გამოიყენებენ როგორც ჩვეულებრივ თეოდოლიტს (წრიულ ტაქტომეტრს), ე. ი. ტაქტომეტრის ვერტიკალური წრედით (ცნობილი მეთოდით) ზომავენ დახრის კუთხეს და აგრეთვე ab და cd მანძილ-ზომის (ნახ. 293) შტრიხებს შორის აიღებენ n ანათვალს. თუ ამ n ანათვალს გავამრავლებთ 200-ზე (მანძილზომის კოეფიციენტი ab და cd შტრიხებისათვის უდრის 200-ს) და მიღებულ ნამრავლს ხელახლა გავამრავლებთ $\cos^2 \alpha$ -ზე, მივიღებთ d მანძილს (პირიზონტალურ პროექციას). სინამდვილეში d -ს მისაღებად იყენებენ ცხრილებს ($d = cn \cos^2 \alpha$).

სიმაღლეთა სხვაობა h განისაზღვრება ფორმულით $h = \frac{1}{2} cn \sin 2\alpha$ (იხ. § 152), სადაც n და α ცნობილია. მრავალი ცდით დადასტურდა, რომ დალტას მანძილზომით იზომება მანძილები 300 მეტრამდე 1/300-ის სიზუსტით. სიმაღლეთა სხვაობის შეცდომა მერყეობს 5—20 სანტიმეტრის ფარგლებში, როდესაც მანძილი არ აღემატება 100 მეტრს.

§ 157. წერტილების აბსოლუტური ან პირობითი სიმაღლეების განსაზღვრა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, წერტილის სიმაღლეს ზღვის დონიდან აბსოლუტური სიმაღლე ეწოდება, ხოლო პირობითი დონიდან — პირობითი სიმაღლე.

ვთქვათ, ცნობილია A წერტილის სიმაღლე H_1 (ნახ. 296) ზღვის ან რომელიმე პირობითი ab დონიდან და საჭიროა B წერტილის H_2 სიმაღლის განსაზღვრა იმავე დონიდან. როგორც ნახაზიდან ჩანს, სიმაღლე

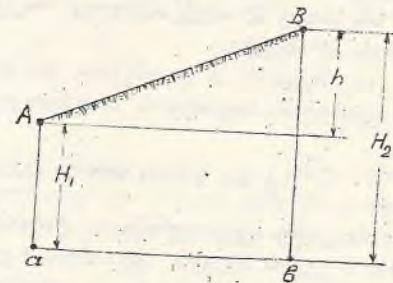
$$H_2 = H_1 + h,$$

სადაც h არის სიმაღლეთა სხვაობა. თუ B წერტილი უფრო დაბლაა, ვიდრე A წერტილი, მაშინ h იქნება უარყოფითი და ზოგად ფორმულას ექნება ასეთი სახე:

$$H_2 = H_1 \pm h.$$

ახლა ვთქვათ, რომ მოცემულია $ABC \dots MN$ პოლიგონის (ნახ. 297) საწყისი A წერტილის სიმაღლე H_1 და წერტილებს შორის სიმაღლეთა სხვაობები — $h_1, h_2, h_3 \dots h_n$. აღნიშნული მონაცემების მიხედვით საჭიროა იმავე $ABC \dots MN$ წერტილების $H_2, H_3, H_4 \dots H_n$ სიმაღლეების განსაზღვრა. თანახმად ზემოაღნიშნულისა, შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\begin{aligned} H_2 &= H_1 + h_1 \\ H_3 &= H_2 + h_2 \\ H_4 &= H_3 + h_3 \\ &\dots \dots \dots \\ H_n &= H_{n-1} + h_{n-1} \\ H_1 &= H_n + h_n \end{aligned}$$



ნახ. 296.

(ამ ტოლობებში იგულისხმება h -ის დადებითი ან უარყოფითი მნიშვნელობა).

თუ მოყვანილ ტოლობებს შევკრებთ და მარცხენა და მარჯვენა ნაწილებს გამოვაკლებთ ერთნაირნიშნებიან წევრებს, მივიღებთ:

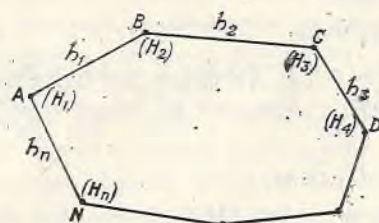
$$0 = h_1 + h_2 + h_3 + h_n,$$

ე. ი. თუ პოლიგონი ჩაკეტილია, მაშინ სიმაღლეთა სხვაობების ალგებრული ჯამი უნდა უდრიდეს ნულს ($\Sigma h = 0$).

სინამდვილეში ადგილი ექნება Δ შეცდომას. როგორც § 155-ში განვიხილეთ, ტაქტომეტრიულ ავეჯში შეცდომა Δ დასაშვებია, თუ იგი არ აღემატება $\frac{P \cdot t}{3438}$ -ს, ე. ი.:

$$\Delta \leq \frac{P \cdot t}{3438},$$

სადაც P არის პოლიგონის პერიმეტრი და t ვერტიკალური წრედის ვერნიერის სიზუსტე. მაგალითად, თუ პოლიგონის პერიმეტრი $P=1685$ მეტრს და ვერტიკალური წრედის ვერნიერის სიზუსტე $t=1'$ -ს, მაშინ



ნახ. 297.

შეცდომა Δ იქნება დასაშვები, თუ იგი არ აღემატება $\frac{1685 \cdot 1}{3438} = 0,49$ მეტრს, ე. ი.

ამ პოლიგონის წვეროების სიმაღლეთა სხვაობების ალგებრული ჯამი, ნაცვლად ნულისა, შეგვიძლია მივიღოთ $\pm 0,49$ მ.

არახელსაყრელი პირობების შემთხვევაში შეცდომა Δ

ითვლება დასაშვებად, თუ იგი არ აღემატება 4. K სმ, ე. ი. $\Delta \leq 4$. K სმ. სადაც K არის ასეულთა რიცხვი, რომელსაც შეიცავს პოლიგონის პერიმეტრი.

თუ შეცდომა Δ დასაშვებია, მას ანაწილებენ პოლიგონის წვეროებზე გვერდების სიგრძეების პროპორციულად.

§ 158. ვიწრო ზოლის ტაქსომეტრიული აგეგმვა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ტაქსომეტრიული აგეგმვის მიზანია აღგოლის გეგმის შედგენა ზედაპირის რელიეფის გამოსახვით.

არსებობს ტაქსომეტრიული აგეგმვის ორი სახე:

1. ვიწრო ზოლის აგეგმვა და
2. ცალკეული ტერიტორიის აგეგმვა.

ამ პარაგრაფში განვიხილავთ ვიწრო ზოლის აგეგმვას.

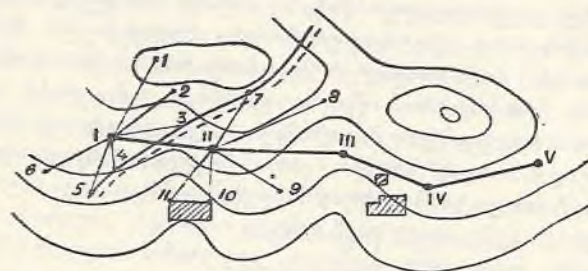
ამგვარ აგეგმვას უმთავრესად იყენებენ გზების გამოკვლევებზე, როდესაც რთული ტოპოგრაფიული პირობების გამო საჭიროა იზოპიქსებიანი გეგმის შედგენა, ასეთ გეგმაზე გზის რამდენიმე ვარიანტის დანიშვნა და მათი შედარებით გზის ხელსაყრელი მიმართულების შერჩევა.

ვთქვათ, საჭიროა I, II, III... მაგისტრალის (ნახ. 298) მიმართულებით ვიწრო ზოლის ტაქსომეტრიული აგეგმვა.

მუშაობას იწყებენ I საღებურზე, სადაც დგებიან თეოდოლიტით, მოაყვანენ მას ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და მოახდენენ ლიშების ორიენტირებას ბუსოლით. ამისათვის, როგორც ვიცით (იხ. § 76), ალიდადს პირველი ვერნიერის ნულს შეათავსებენ ლიშის ნულთან,

დაამაგრებენ ალიდადს და ლიშის (მასთან ერთად ალიდადს) ტრიალით, ბუსოლის წრედის ნულს დააყენებენ მაგნიტური ისრის ჩრდილოეთის ბოლოს პირდაპირ და ლიშის დაამაგრებენ (ობიექტივი უნდა იყოს მიმართული ისრის ჩრდილოეთ ბოლოსაკენ). ამ შემთხვევაში ჭოგრის დამზერის ღერძს ექნება მაგნიტური მერიდიანის მიმართულება, ე. ი. ლიშები იქნება ორიენტირებული.

ამის შემდეგ მართო ალიდადს ბრუნვით (ლიშები დამაგრებულია) ჭოგრის თანმიმდევრობით მიმართავენ II საღებურისაკენ (ნახ. 298) და



ნახ. 298.

დგომის წერტილის ირგვლივ შერჩეული რელიეფისა და კონტურების მახასიათებელი 1, 2, 3... წერტილისაკენ და პირველ ვერნიერზე აიღებენ ანათვლებს. ეს ანათვლები განოსახავს აღებული მიმართულებების აზიმუტებს.

დამზერის დროს აღნიშნულ მახასიათებელ წერტილებზე თანმიყოლებით იღებენ ლარტყა და ამის გამო ამ წერტილებს სალარტყე წერტილები ეწოდება.

მუშაობის პროცესში ადგენენ ქურნალს (ცხრილი 29). გაზომილი აზიმუტები იწერება ამ ქურნალის მე-5 სვეტში.

აზიმუტებთან ერთად მანძილზომით იზომება მანძილები დგომის I წერტილიდან სალარტყე 1, 2, 3... წერტილებამდე. ამისათვის მანძილზომის ძაფებს შორის ღებულობენ ანათვლებს იმ ლარტყებზე, რომლებსაც, როგორც ვთქვით, თანმიყოლებით აყენებენ მახასიათებელ წერტილებზე. აღნიშნული ანათვლები იწერება ქურნალის მე-3 სვეტში; მე-7 სვეტში იწერება მანძილები (ჰორიზონტალური პროექციები), რომლებსაც ღებულობენ არსებული ცხრილებიდან ($D = cn \cos^2 \alpha$).

ის მაქსიმალური მანძილი X, რომელზე მეტის გაზომვა არაა დასაშვები მანძილზომით, განისაზღვრება ფორმულით:

$$X = 300 \cdot t,$$

სადაც t არის მასშტაბის გაორკეცებული სიზუსტე (მანძილზომით მუშაობა იხ. § 58).

მაგისტრალის გვერდები იზომება ბაფთით (ორჯერ—პირდაპირი და შებარებული მიმართულებით).

როგორც ჟურნალიდან ჩანს, I—II გვერდის სიგრძე, გაზომილი ბაფთით, უდრის 125,48 მეტრს.

ლარტყაზე ანათვლების ალების შემდეგ ვერტიკალური წრედით იზომება დახრის კუთხეები. ამისათვის ჰოგრის დამზერის ღერძს მიმართავენ II სადგურსა და მახასიათებელი წერტილებისაკენ (იარალის სიმაღლეზე) და ვერტიკალურ წრედზე აიღებენ ანათვლებს. ანათვლების ალების წინ საჭიროა ვერტიკალურ წრედზე მოთავსებული H თარაზოს (ნახ. 141) ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანა N ხრახნით. ჟურნალის მე-4 სვეტში იწერება აღნიშნული ანათვლები და მე-6 სვეტში—დახრის კუთხეები მათი ნიშნებით. დახრის კუთხეები სალარტყე წერტილებისათვის იზომება ერთი წრედით, მარჯვენა R -ით ან მარცხენა L -ით და გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$\alpha = R \text{ ა. (მარჯვენა წრედისათვის),}$$

$$\alpha = L \text{ ა. — } B \text{ (მარცხენა წრედისათვის).}$$

ჩვენს შემთხვევაში α კუთხე გაზომილია მარჯვენა წრედით (R). თვით ნულადგილი გამოითვლება ფორმულით:

$$\text{ნ. ა.} = \frac{R+L}{2}.$$

როგორც ჟურნალიდან ჩანს, ნულადგილი I სადგურზე მიღებულია:

$$\text{ნ. ა.} = \frac{1^{\circ}32' + 360^{\circ} + 358^{\circ}20'}{2} = 359^{\circ}56'.$$

ჩვეულებრივ, ნულადგილი განისაზღვრება ყოველ სადგურზე (ნულადგოლისა და დახრის კუთხეების გამოთვლა იხ. §§ 72, 74).

დახრის კუთხეები სადგურებისათვის იზომება ორი წრედით და გამოითვლება ფორმულით:

$$\alpha = \frac{R-L}{2}.$$

ჩვენს შემთხვევაში დახრის α კუთხე, გაზომილი I სადგურზე, II სადგურის მიმართ უდრის:

$$\alpha = \frac{1^{\circ}32' + 360^{\circ} - 358^{\circ}20'}{2} = +1^{\circ}36'.$$

თანახმად § 72-ში მოყვანილი წესისა, L ანათვალს წინასწარ ვუმატებთ 360° .

აგეგმვის პროცესში ყოველ სადგურზე აღგენენ ასაგეგმავი ადგილის სქემას (კროკს), რომელზედაც თვალზომით ინიშნება ყველა მახასიათებელი (რელიეფის და კონტურის) წერტილი. სქემაზე ატარებენ აგრეთვე ისრებს იმ წერტილებს შორის, სადაც უნდა გატარდეს იზოჰიფსები და გამოისახოს რელიეფის ესა თუ ის სახე. 299-ე ნახ.-ზე მოყვანილია სქემა (კროკი), შედგენილი II სადგურზე, 298-ე ნახ.-ის მიხედვით,

ამრიგად, როგორც ზემოაღნიშნულიდან ჩანს, აგეგმვის დროს ყოველ სადგურზე ჰოგრს მიმართავენ მახასიათებელი წერტილებისაკენ და აიღებენ სამ ანათვალს: ღიშზე, ლარტყაზე და ვერტიკალურ წრედზე; ხოლო იმ მიზნით, რომ სავსე მუშაობა იყოს უფრო ეფექტური და ჩქარი, ანათვლებს ღებულობენ ასეთი თანამიმდევრობით: ჯერ აიღებენ ლარტყაზე, შემდეგ—ვერტიკალურ წრედზე და ბოლოს—ღიშზე. ამით დამთავრდება მუშაობა I სადგურზე.

ჟურნალის მე-8 სვეტში იწერება სალარტყე წერტილებისა და სადგურების სიმაღლეთა სხვაობები დგომის წერტილთან შედარებით. სალარტყე წერტილების სიმაღლეთა სხვაობებს ღებულობენ არსებული ცხრილიდან—ლარტყაზე აღებული n ანათვლისა და დახრის α კუთხის მიხედვით ($h = \frac{1}{2} n \sin 2 \alpha$).

ტაქსომეტრიული აგეგმვის ჟურნალი

ცხრილი 29

სადგურები	დამზერის წერტილები	ანათვლები			დახრის კუთხეები	მანძილები	სიმაღლეთა სხვაობები	ნიშნულები (სიმაღლეები)	შენიშვნა
		ლაარტყაზე	ვერტიკალურ წრედზე	ღიშზე (აღმართზე)					
1	II		$R=1^{\circ}32'$ $L=358^{\circ}20'$ (R)	78°12'	+1°36'	125,48	+1,17	501,17	
II=500 ა.	1	85	5°20'	15°10'	+5°21'	84,4	+7,96	507,96	
	2	72	3°12'	32°15'	+3°16'	71,0	+4,10	504,10	
	3	70	1°15'	68°20'	+1°19'	70,0	+1,62	501,62	
	4	68	358°38'	135°42'	-1°18'	68,0	-1,54	498,46	
	5	64	357°20'	159°35'	-2°36'	63,9	-2,81	497,19	
	6	59	356°25'	201°1'	-3°11'	58,8	-3,26	496,74	
ნ. ა. = 359°56'									
									$\frac{361^{\circ}32' + 358^{\circ}20'}{2}$
									ნ. ა.

სადგურების სიმაღლეთა სხვაობებს ღებულობენ არსებული ცხრილიდან D მანძილისა და დახრის α კუთხის მიხედვით ($h = D \operatorname{tg} \alpha$).

თუ მანძილი D აღემატება 300 მეტრს, მაშინ მხედველობაში უნდა მივიღოთ დედამიწის სფერული სახე და რეფრაქცია (იხ. § 151).

ჟურნალის მე-9 სვეტში იწერება წერტილების ნიშნულები (სიმაღლეები). I სადგურის სიმაღლე საერთოდ მოცემულია ან ღებულობენ პირობით სიმაღლეს. ჩვენს შემთხვევაში აღებულია 500 მეტრი. ამ სიმაღლესთან დაკავშირებით განსაზღვრულია II სადგურის სიმაღლე (501,17) და აგრეთვე ყველა სალარტყე წერტილის სიმაღლეები.

I სადგურზე მუშაობის დამთავრების შემდეგ თეოდოლიტით გადავიდა II სადგურზე, სადაც მუშაობას აწარმოებენ იმავე წესით, როგორც I სადგურზე, ოღონდ იმ განსხვავებით, რომ II სადგურზე ლიმი-



ნახ. 299.

ბის შებრუნებულ აზიმუტს (უდრის I—II გვერდის აზიმუტს $\pm 180^\circ$). ჩვენს შემთხვევაში (იხ. ჟურნალი) I ვერნიერის ნულს დააყენებენ $78^\circ 12' + 180^\circ = 258^\circ 12'$ ანათვალზე და აღიდადს დაამატებენ მისი დასამატებელი ხრახნით.

ამის შემდეგ, ლიმიტის (მასთან ერთად აღიდადს) ტრიალით ჭოგრის მიმართავენ უკანა I სადგურისაკენ (ნახ. 299). ამ შემთხვევაში ლიმიტი იქნება ორიენტირებული. თუ ახლა ლიმიტს დავამატებთ და მართო აღიდადს ტრიალით ჭოგრის თანამიმდევრობით მივმართავთ III სადგურისაკენ და იმ მახასიათებელი 7, 8, 9... წერტილებისაკენ, რომლებიც შერჩეულია II სადგურის ირგვლივ, მაშინ I ვერნიერზე აღებული ანათვლები გამოსახავს II—III გვერდისა და 7, 8, 9... მიმართულებების აზიმუტებს. იმ ანათვლების სხვაობა, რომლებიც შეესაბამება ჭოგრის მიმართულებას III და I სადგურისაკენ, გამოსახავს II—III და II—I გვერდებს შორის მდებარე კუთხეს.

თუ ლიმიტის ორიენტირებას ყოველ სადგურზე მოვახდენთ ბუსოლით, მაშინ ყოველ სადგურზე აზიმუტების გაზომვაში მივიღებთ შეცდომას 15 მინუტამდე (მაგნიტური ისრის სიზუსტე), ხოლო თუ ლიმიტის

ორიენტირებას მოვახდენთ შებრუნებული აზიმუტების მეთოდით, მაშინ აღნიშნულ შეცდომას ადგილი არ ექნება, ვინაიდან ამგვარ ორიენტირებაში, როგორც უკვე განვიხილეთ, ბუსოლი არ ღებულობს მონაწილეობას. ეს არის შებრუნებული აზიმუტების მეთოდით ლიმიტის ორიენტირების უპირატესობა და ღირსება. ლიმიტის ორიენტირებას ბუსოლით ახდენენ მართო საწყის სადგურზე, დანარჩენ სადგურებზე კი ორიენტირებას მოახდენენ შებრუნებული აზიმუტებით.

აზიმუტების გაზომვის შემდეგ (ცნობილი წესით) იზომება მანძილები II სადგურიდან სალარტყე 7, 8, 9... წერტილებამდე (მანძილ-ზომით) და II—III გვერდის სიგრძე (ბაფთით). გარდა ამისა, იზომება დახრის კუთხეები აღნიშნული წერტილებისაკენ და გამოითვლება სიმაღლეთა სხვაობები როგორც III სადგურის, ისე 7, 8, 9... სალარტყე წერტილებისა.

მუშაობას II სადგურზე ამოწმებენ იმით, რომ I და II სადგურების სიმაღლეთა სხვაობა h_1 განსაზღვრული I სადგურიდან, უნდა იყოს ტოლი იმავე წერტილების სიმაღლეთა h_2 სხვაობისა, რომელიც მიღებულია II სადგურიდან (მართო ნიშნებით იქნებოან განსხვავებულნი). აღნიშნულ სიმაღლეთა სხვაობები არ იქნება ურთიერთ ტოლები და ადგილი ექნება Δ შეცდომას. ტაქეომეტრიულ აგეგმვაში შეცდომა Δ არ უნდა აღემატებოდეს 4. K სმ-ს, ე. ი.

$$\Delta \leq 4 \cdot K \text{ სმ,}$$

სადაც K არის ასეულთა რიცხვი, შემავალი I—II გვერდის სიგრძეში. ჩვენს შემთხვევაში I—II გვერდის სიგრძეა 125,48 მეტრი და K უდრის 1.25. მაშასადამე, შეცდომა Δ არ უნდა აღემატებოდეს $1,25 \cdot 4 = 5,0$ სანტიმეტრს.

დანარჩენ III, IV, V... სადგურებზედაც ადგილის აგეგმვას აწარმოებენ იმავე წესით, როგორც II სადგურზე.

მთელ მუშაობას, ე. ი. I, II, III... მაგისტრალის გვერდების აზიმუტების გაზომვებს ამოწმებენ იმით, რომ დაცული უნდა იქნეს შემდეგი ტოლობა:

$$\Sigma \alpha - n \cdot 180 = f_0 - f_n, \quad (1)$$

სადაც $\Sigma \alpha$ არის მაგისტრალის მარჯვენა კუთხეების ჯამი (ყოველი კუთხე მიიღება როგორც სათანადო გვერდების აზიმუტების სხვაობა); n — წვეროების რიცხვი; f_0 და f_n — მაგისტრალის საწყისი და ბოლო გვერდების აზიმუტები. f_0 არის I—II გვერდის (ნახ. 298) აზიმუტი, f_n კი IV—V გვერდის აზიმუტი. ეს აზიმუტები (f_0 და f_n) მიღებულია ადგილზე გაზომვით. შეიძლება, აგრეთვე, რომ f_0 და f_n აზიმუტები ცნობილი იყოს მთავარი პოლიგონიდან ან ტრიანგულაციიდან.

24 გრ. ხუნჯუა

ეს მაშინ, როდესაც ადგილის აგეგმვის მიზნით პოლიგონის წვეროებს შორის გატარებულია I, II, III... მაგისტრალი (იხ. § 91).

სინამდვილეში (1) ტოლობა არ იქნება დაცული და იარსებებს შეცდომა Δ , რომელიც არ უნდა აღემატებოდეს $3t\sqrt{n}$, ე. ი.

$$\Delta \leq 3t\sqrt{n},$$

სადაც t არის ვერნიერის სიზუსტე და n მაგისტრალის წვეროების რიცხვი.

შეცდომა Δ -ს (თუ იგი დასაშვებია) ანაწილებენ თანაბრად ყველა კუთხეზე.

საველე მუშაობის დამთავრების შემდეგ შეუდგებიან კამერალურ მუშაობას, ე. ი. გეგმის შედგენას. ამისათვის მაგისტრალის გვერდებისა და მათი აზიმუტების მიხედვით. ცნობილი წესით (იხ. § 98), გამოთვლიან I, II, III... სადგურების კოორდინატებს და მათი საშუალებით ქალაქზე ააგებენ I, II, III... მაგისტრალს მოცემულ მასშტაბში. ქალაქზე ააგებენ I, II, III... მაგისტრალს მოცემულ მასშტაბში. ქალაქზე ააგებენ I, II, III... მაგისტრალს მოცემულ მასშტაბში.

ამგვარად მიიღება ადგილის გეგმა რელიეფის გამოსახვით.

იმ შემთხვევაში, როდესაც თეოდოლიტზე არ არის მოწყობილი ბუსოლი, ადგილის აგეგმვის წარმოება ზემოგანხილული წესისაგან განსხვავდება მხოლოდ იმით, რომ ყოველ სადგურზე აზიმუტების ნაცვლად თეოდოლიტით იზომება კუთხეები, რომლებიც მოთავსებულია მაგისტრალის გვერდებსა და სალარტყე წერტილების მიმართულ ლენტებს შორის. გარდა ამისა, იზომება მაგისტრალის გვერდებს შორის მდებარე კუთხეებიც (მარჯვენა ან მარცხენა).

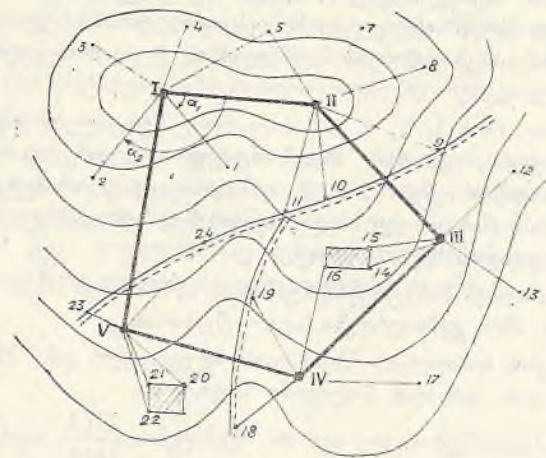
§ 159. ცალკე ტერიტორიის ტაქსომეტრიული აგეგმვა

თუ ასაგეგმავი ტერიტორია შეიცავს შედარებით მცირე ფართობს, მაშინ ამ ტერიტორიას მოაქცევენ ისეთ პოლიგონში, რომელზედაც შემდეგ დაეყრდნობა ადგილის აგეგმვა. ჩვენს შემთხვევაში აღებულია I, II, III, IV, V პოლიგონი (ნახ. 300).

ამ პოლიგონის აგეგმვას აწარმოებენ § 80-ში განხილული მეთოდით, ე. ი. თეოდოლიტით ზომავენ პოლიგონის ყოველ კუთხეს (ერთი სრული ილეთით) და საწყისი I—II გვერდის აზიმუტს. დანარჩენი გვერდების აზიმუტები არ იზომება, ისინი მიიღება გამოთვლით—საწყისი გვერდის აზიმუტისა და პოლიგონის შიგა კუთხეების მიხედვით

(იხ. § 89 და 90). აგრეთვე, ბაფთით (ორჯერ) ზომავენ გვერდების სიგრძეებს. ყველა განაზომს წერენ ისეთივე სახის ჟურნალში, როგორიც მიღებულია თეოდოლიტით აგეგმვისას.

გაზომილი კუთხეების შემოწმების შემდეგ [მათი ჯამი უნდა უდრიდეს $180^\circ(n-2)$. შეცდომა დასაშვებია $3t\sqrt{n}$] გამოთვლიან ყველა გვერდის აზიმუტებს—საწყისი გვერდის აზიმუტისა და პოლიგონის შესწორებული კუთხეების მიხედვით. აზიმუტებს გადაიყვანენ რუკებში და ცნობილი წესით (იხ. § 95) გამოთვლიან პოლიგონის წვეროების კოორდინატებს, რომელთა მიხედვით მოცემული მასშტაბით ქალაქზე ააგებენ პოლიგონს (იხ. § 96).



ნახ. 300.

თვით ადგილის ტაქსომეტრიულ აგეგმვას აწარმოებენ I, II, III... პოლიგონის კუთხეების გაზომვებთან ერთად, ე. ი. თეოდოლიტით დგებიან საწყისი I სადგურზე და ერთი სრული ილეთით ზომავენ პოლიგონის შიგა კუთხეს; ამის მერე იწყებენ ტაქსომეტრიულ აგეგმვას, რომელსაც აწარმოებენ შემდეგი წესით: I სადგურის ირგვლივ შეარჩევენ რელიეფისა და კონტურების მახასიათებელ 1, 2, 3... წერტილებს (ნახ. 300) და ნახევარი ილეთით ზომავენ პირიზონტალურ კუთხეებს, მოთავსებულს—I—II, ან I—V გვერდსა და 1, 2, 3... მახასიათებელ მიმართულებებს შორის. ამისათვის პირველი ვერნიერის ნულს შეათავსებენ ლიშის ნულთან და ალიდადას ჩაკეტავენ. შემდეგ ლიშის ბრუნვით (ალიდადასთან ერთად) ჰოვარს დაუშვებენ II წერტილს და ლიშს ჩაკეტავენ. თუ ახლა ალიდადას ბრუნვით (ლიშში ჩაკეტილია)

ჭოგრს თანმიყოლებით დავუმოწმებთ მახასიათებელ $1, 2, 3, \dots$ წერტილებს და პირველ ვერტიკალურ ხაზზე ავიღებთ ანათვლებს, ეს ანათვლები წარმოადგენს პოლიგონის I—II გვერდსა და $1, 2, 3, 4, \dots$ მიმართულებებს შორის მოთავსებული კუთხეების ჰორიზონტალურ პროექციებს.

ჭოგრით დამზერის დროს მახასიათებელ წერტილებზე თანმიყოლებით იდგმება ლარტყა.

ჰორიზონტალური კუთხეების გაზომვების შემდეგ მანძილშომით იზომება მანძილები I სადგურიდან $1, 2, 3, \dots$ სალარტყე წერტილებამდე და ვერტიკალური წრედით იზომება დახრის კუთხეები როგორც I—II გვერდის, ისე სალარტყე $1, 2, 3, \dots$ წერტილებისათვის.

მანძილები (ჰორიზონტალური პროექციები), დახრის კუთხეები და სიმაღლეთა სხვაობები იწერება ჟურნალის 6, 7 და 8 სვეტებში (იხ. ცხრილი 29).

იმ მიზნით, რომ $1, 2, 3, 4, \dots$ სალარტყე წერტილები დავუკავშიროთ I სადგურს, ცხადია, ჰორიზონტალური კუთხეების ნაცვლად შეიძლება გაზომილ იქნეს $1, 2, 3, \dots$ მიმართულებების აზიმუტები.

მუშაობის დროს ყოველ სადგურზე ადგენენ ზემოგანხილული სახის (ნახ. 299) ადგილის სქემას (კროკს).

II და დანარჩენ სადგურებზე მუშაობას აწარმოებენ ისე, როგორც I სადგურზე. ამით დამთავრდება საველე მუშაობა.

სადგურების სიმაღლეთა სხვაობების აღგებრული ჯამი (Σh) უნდა უდრიდეს ნულს, ვინაიდან პოლიგონი ჩაკეტილია.

შეცდომა დასაშვებია, თუ იგი არ აღემატება $\frac{P \cdot t}{3438}$, სადაც P არის პოლიგონის პერიმეტრი და t ვერტიკალური წრედის ვერნიერის სიზუსტე.

თუ შეცდომა დასაშვებია, მას ანაწილებენ ყველა სადგურზე გვერდების სიგრძეების პროპორციულად და შემდეგ გამოთვლიან სადგურების აბსოლუტურ ან პირობით სიმაღლეებს I სადგურის სიმაღლის მიხედვით. სალარტყე წერტილების სიმაღლეებს გამოთვლიან სადგურების სიმაღლეებთან დაკავშირებით. აღნიშნული სიმაღლეები იწერება 29-ე ცხრილის ბოლო სვეტში.

თუ ადგილის აგეგმვა მოითხოვს (დასახლებული ადგილი და სხვ.), მაშინ I, II, III... პოლიგონის წვეროებს შორის ატარებენ თეოდოლიტურ სვლას (ერთს ან რამდენიმეს), რომელზედაც დაეყრდნობა პოლიგონის შიგა ადგილის აგეგმვა. ამ შემთხვევაში იზომება თეოდოლიტური სვლის გვერდებს შორის მდებარე კუთხეები (ერთი ილეთით) და

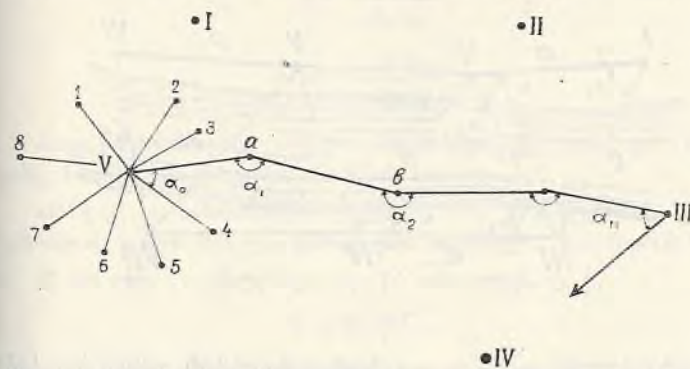
გვერდები (ბაფთით). ამ კუთხეების გაზომვებს ამოწმებენ ისე, როგორც ეს განხილულია § 91-ში.

მაგისტრალის (თეოდოლიტური სვლის) ყოველ წვეროზე მოახდენენ ტაქტომეტრიულ აგეგმვას ზემოგანხილული წესით (როგორც პოლიგონის წვეროზე).

საველე მუშაობის დამთავრებისა და შემოწმების შემდეგ შეუდგებიან კამერალურ სამუშაოს, ე. ი. გეგმის შედგენას.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, I, II, III პოლიგონს აკვებენ ქალაქზე (მოცემული მასშტაბით) კოორდინატების საშუალებით, სალარტყე წერტილებს კი დაიტანენ აზიმუტების (ან კუთხეების) და სიგრძეების მიხედვით (ტრანსპორტირით). შემდეგ ყველა წერტილს მიუწერენ ჟურნალიდან ამოღებულ ნიშნულებს (სიმაღლეებს) და ცნობილი წესით (იხ. § 118) გაატარებენ იზოჰისებს ადგილზე შედგენილი კროკების გამოყენებით.

ამგვარად, მიიღება ადგილის გეგმა რელიეფის გამოსახვით. იმ შემთხვევაში, როდესაც ასაგეგმავი ტერიტორია შეიცავს დიდ ფართობს, ამ ტერიტორიაზე წინასწარ შეარჩევენ ისეთ I, II, III... პუნქტებს (ნახ. 301), რომლებზედაც შემდგომ დაეყრდნობა ადგილის როგორც ჰორიზონტალური, ისე ვერტიკალური აგეგმვა.



ნახ. 301.

ამ პუნქტების კოორდინატები განისაზღვრება ტრიანგულაციის ან პოლიგონომეტრიის მეთოდით. მათი სიმაღლეები განისაზღვრება გეოშეტრიული ან გეოდეზიური ნიველირებით. თვით აგეგმვის მიზნით აღნიშნულ პუნქტებს შორის ატარებენ მაგისტრალებს და აგეგმვას აწარმოებენ ისე, როგორც განხილული იყო ზემოთ. ლიშის ორიენ-

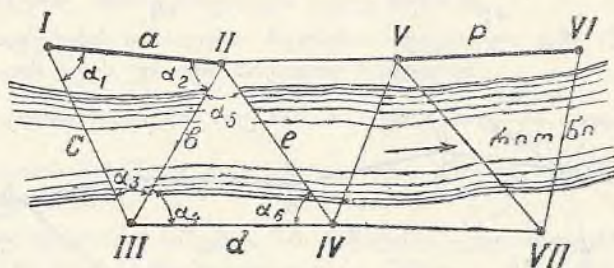
ტირებას დასაყრდენ პუნქტზე მოახდენენ ტრიანგულაციის რომელიმე (უფრო მოხერხებული) გვერდის აზიმუტის მიხედვით. მაგალითად, V პუნქტზე ლიშის ორიენტირება რომ მოვახდინოთ, ამისათვის პირველი ვერნიერის ნულს დავაყენებთ იმ ანათვალზე, რომელიც შეესაბამება შერჩეული გვერდის, მაგალითად V—I გვერდის (ნახ. 301) აზიმუტს და ალიდადას ჩავკეტავთ. შემდეგ ლიშის (მასთან ერთად ალიდადას) ტრიალით ჭოგრის დავუმზეროთ I პუნქტს.

ამ შემთხვევაში ლიში იქნება ორიენტირებული და ამის შემდეგ, თუ მარტო ალიდადას ტრიალით (ლიში დამაგრებულია) ჭოგრის მიმართავეთ სალარტყე 1, 2, 3... წერტილებისაკენ, I ვერნიერზე აღებული ანათვლები გამოსახავს 1, 2, 3... მიმართულების აზიმუტებს.

§ 160. ღიფი და განიერი მდინარისა და მისი ხეობის ტაქსომეზური აგებნა ტრიანგულაციის საფუძველზე

ეს მეთოდი მდგომარეობს შემდეგში: მდინარის ნაპირებზე წინასწარ ინიშნება ისეთი I, II, III, IV... წერტილები (ნახ. 302), რომელთა შეერთება იძლევა სამკუთხედებს.

მდინარის აგეგმვას ახდენენ აღნიშნული I, II, III... წერტილებიდან პოლარული მეთოდით ან სანაპირო გვერდების საფუძველზე პერპენ-



ნახ. 302.

დიკულარების მეთოდით, ხოლო მდინარის აგეგმვის დაწყებამდე საჭიროა დასაყრდენი I, II, III, IV... წერტილების კოორდინატების განსაზღვრა.

ამისათვის თეოდოლიტით იზომება ყოველი სამკუთხედის სამივე $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3...$ კუთხე, აგრეთვე ბაფთით იზომება განაპირა სამკუთხედების თითო გვერდი. ამ a და p გვერდებს ბაზისები ეწოდება.

ღიფი სიზუსტის მისაღებად ბაზისი შეიძლება გაზომილ იქნეს სკალეზიანი ბაფთით, ხოლო კუთხეები—წრიული მეთოდით.

თეორიულად რომ ვიმჯგულოთ, ყოველ სამკუთხედში სამივე კუთხის ჯამი უნდა უდრიდეს 180° -ს. სინამდვილეში არსებობს Δ ცდომილება, რომელიც არ უნდა აღემატებოდეს ინსტრუმენტიში მოყვანილ სიდიდეს.

ყოველ სამკუთხედში მიღებულ Δ ცდომილებას (გადახრას 180° -დან) თანაბრად გავანაწილებთ სამივე კუთხეზე და მივიღებთ შესწორებულ კუთხეებს.

ამის შემდეგ საწყისი a ბაზისის და შესწორებული $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3...$ კუთხეების მიხედვით სინუსების თეორემით გამოვთვლით ყველა სამკუთხედის გვერდებს. მაგალითად, პირველი სამკუთხედის გვერდი b გამოითვლება ფორმულით:

$$b = \frac{a \cdot \sin \alpha_1}{\sin \alpha_3}$$

იმავე სამკუთხედის მეორე გვერდი c კი გამოითვლება ფორმულით:

$$c = \frac{a \cdot \sin \alpha_2}{\sin \alpha_3}$$

მეორე სამკუთხედში უკვე ცნობილია b გვერდი და α_4, α_5 და α_6 კუთხეები. მაშასადამე, ამ სამკუთხედის e და d გვერდები გამოითვლება ფორმულით:

$$e = \frac{b \cdot \sin \alpha_4}{\sin \alpha_6}$$

$$d = \frac{b \cdot \sin \alpha_5}{\sin \alpha_6}$$

ამავე წესით მიიღება ყოველი სამკუთხედის გვერდები და, მაშასადამე, ბოლო სამკუთხედის p ბაზისის სიგრძეც.

ამრიგად, p ბაზისისათვის გვექნება ორი მნიშვნელობა: ერთი—გაზომვით, ხოლო მეორე—გამოთვლით მიღებული. მათ შორის სხვაობა K არ უნდა აღემატებოდეს $\eta \cdot \sqrt{n}$ სიდიდეს, ე. ი.

$$K \leq \eta \cdot \sqrt{n},$$

სადაც n არის სამკუთხედების რიცხვი და η —ის ცდომილება, რომელიც დაშვებულია ბაზისის გაზომვაში. თუ ბაზისი გაზომილია ჩვეულებრივი ბაფთით, მაშინ ცდომილება η არ უნდა აღემატებოდეს ბაზისის სიგრძის $1/2000$, ხოლო თუ გაზომილია სკალეზიანი ბაფთით, ისე როგორც იზომება ბაზისები, მაშინ—ბაზისის $1/20000$ ნაწილს.

ეს იქნება მთელი მუშაობის შემოწმება.

ამრიგად, საბოლოოდ გვეცოდინება სამკუთხედე ბის ყველა გვერდი

და კუთხე. მაშასადამე, საწყისი α გვერდის აზიმუტის (იზომება თეოდოლიტით) და შესწორებული კუთხეების მიხედვით შეგვიძლია გამოვთვალოთ ყოველი გვერდის აზიმუტი და რუმბი. შემდეგ რუმბებისა და სამკუთხედების გვერდების მიხედვით § 94—95-ში განხილული მეთოდით ადვილად განვსაზღვრავთ I, II, III... წერტილების კოორდინატებს. ამ კოორდინატების მიხედვით კი, მოცემულ მასშტაბში, ქალაქზე გადავიტანთ I, II, III... წერტილებს და ამით ქალაქზე გამოისახება დასაყრდენი სამკუთხედების ქსელი.

თვით მდინარის ხეობის ტაქეომეტრიულ აგეგმვას აწარმოებენ აღნიშნულ I, II, III... პუნქტებიდან § 158 და 159-ში განხილული მეთოდით. დასაყრდენი პუნქტების და რელიეფის მახასიათებელი წერტილების სიმაღლეები მიიღება XVIII თავში განხილული მეთოდით. ამის შედეგად მიიღებენ მდინარის და მისი ხეობის გეგმას რელიეფის გამოსახვით იზოპიქსებით.

ამგვარი გეგმის მიღება შეიძლება აგრეთვე მენზულური აგეგმვით (იხ. XX თავი). ამ შემთხვევაში ადვილზე დანიშნული I, II, III... პუნქტების (ნახ. 302) მდებარეობა პლანშეტზე მიიღება გრაფიკული მეთოდით — გეომეტრიული ქსელის შედგენით. თვით მდინარის ხეობის ტაქეომეტრიულ აგეგმვას აწარმოებენ გეომეტრიული ქსელის საფუძველზე (§ 173).

განხილული მეთოდით მიღებული გეგმა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ხილებისა და კაშხალების დაპროექტებისას და თვით მშენებლობაზე.

თ ა ვ ი XIX

მენზულით აგეგმვა

§ 161. ზოგადი მიმოხილვა

მთავარი ღირსება მენზულით აგეგმვისა ისაა, რომ გეგმის შესადგენად არაა საჭირო რთული კამერალური მუშაობის ჩატარება, როგორც თეოდოლიტით აგეგმვისას. აქ გეგმა საველე მუშაობის პროცესში გრაფიკულად მიიღება.

საპირფარეო ფოტოაგეგმვის განვითარებამდე მენზულით აწარმოებდნენ დიდი ტერიტორიების აგეგმვებს წვრილ მასშტაბში (1:25000; 1:50000 და უფრო წვრილ მასშტაბში) და მიღებული მასალების მიხედვით ადგენდნენ ტოპოგრაფიულ რუკებს. ამჟამად ტოპოგრაფიულ რუკებს ადგენენ საპირფარეო ფოტოაგეგმვის საფუძველზე. მენზულას კი გამოიყენებენ მცირე ფართობების ასაგეგმავად მსხვილ მასშტაბში (1:10000-

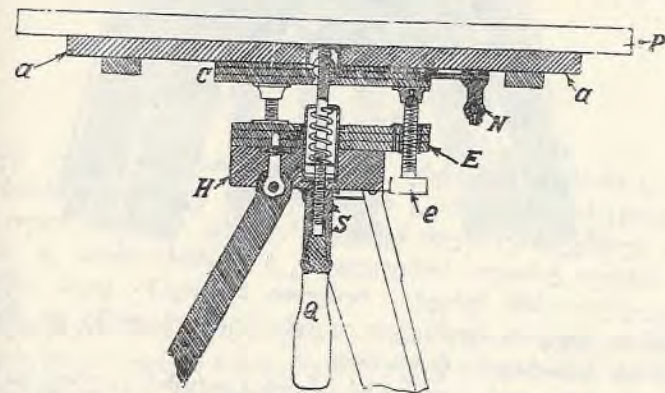
ში და უფრო მსხვილში). გარდა ამისა, მენზულას იყენებენ მიწათმოქმედებასა და საინჟინრო საქმეში. მაგალითად, საამშენებლო მოედნებისა და მდინარეების კალაპოტების ასაგეგმავად მთავარიან ადგილებში. მენზულას იყენებენ აგრეთვე რელიეფის მისაღებად ფოტოაგეგმების საფუძველზე.

როგორც ყოველგვარი აგეგმვა, ისე მენზულით აგეგმვაც ეყრდნობა წინასწარ განსაზღვრულ პუნქტებს. აღნიშნული პუნქტების კოორდინატები განისაზღვრება ტრიანგულაციის და პოლიგონომეტრიის მეთოდით ან გრაფიკული მეთოდით — გეომეტრიული ქსელის შედგენით (იხ. § 168).

თვით აგეგმვას აწარმოებენ მენზულით და კიპრეგელით.

§ 162. მენზულა და მისი უპირობოება

მენზულის მთავარი ნაწილებია პლანშეტი (დაფა), სადგარი და შტატივი. არსებობს მენზულის სხვადასხვა ტიპი, რომლებიც ერთიმეორისაგან განირჩევა სადგარის მასალითა და კონსტრუქციით. 303 და 304-ე ნახაზებზე ნაჩვენებია მენზულა ხის სადგარით, რომელიც შედ-

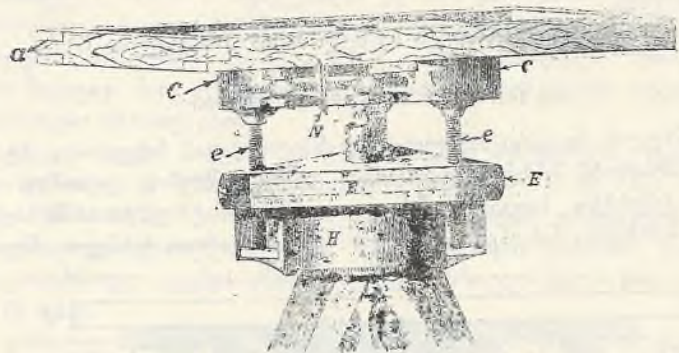


ნახ. 303

გება მართკუთხა a ჩარჩოსა, მუხის C წრედისა და მუხის სქელი E სამკუთხედისაგან. ამ ნაწილების შუაგულში გადის ზამბარაკიანი S ხრახნი (ნახ. 303), რომლითაც სადგარი მაგრდება შტატივზე. E სამკუთხედის სისქეში გადის ამწევი სამი ხრახნი (e), რომელთა ზედა ბრტყელი ბოლოები ებჯინება C წრედს. აღნიშნული e ხრახნებითა და თარაზოთი P პლანშეტი მოჰყავთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში.

მუშაობის დროს პლანშეტი P მაგრდება სადგარის a ჩარჩოზე ხრახნიანი ძელაკებით. სადგარის a ჩარჩო და C წრედი ბრუნავს S ღერძის ირგვლივ. ამ S ღერძის ბოლოზე წამოცმულია დახრახნილი Q ქანჩი, რომლის მოჭერით შეიძლება სადგარის და მასთან ერთად P პლანშეტის ბრუნვის შეწყვეტა. პლანშეტის უმნიშვნელო ბრუნვა ხორციელდება N მიკროხრახნით.

305-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ლითონის სადგარი, რომელიც წაგავს თვოდოლიტის სადგარს. პლანშეტი მაგრდება ლითონის C წრედზე



ნახ. 304.

სამი d ხრახნით. C წრედზე მიღებულია იარაღის შვეული ღერძი, რომელიც მოთავსებულია A მილში. შვეული ღერძისა და მასთან ერთად პლანშეტის ტრიალის შეწყვეტა ხდება a ხრახნით, ხოლო მისი უმნიშვნელო ტრიალი ხორციელდება b მიკროხრახნით. A მილზე მიღებულია სამი ბერკეტი, რომელთა ბოლოებში გადის ამწვევი e ხრახნები. სადგარი პლანშეტით იღებება შტატივის თავზე და მიემარება მას ზამბარაკიანი Q ხრახნით.

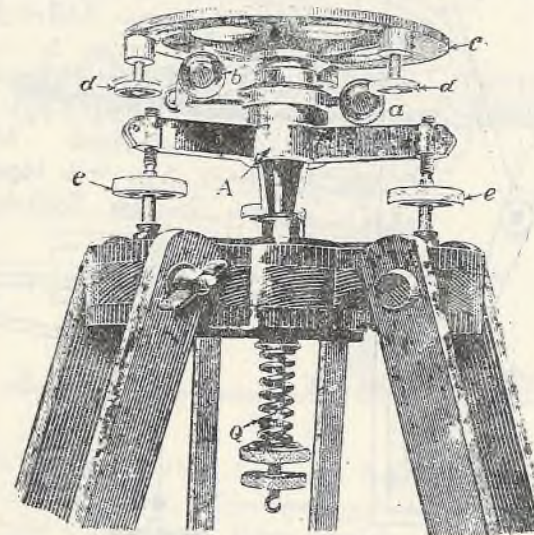
მუშაობის დროს პლანშეტზე აკრავენ (კვერცხის ცილითა და სახამებლით) კარგი ხარისხის ქაღალდს. ამ ქაღალდზე ველზე მუშაობის პროცესში მიიღება ადგილის გეგმა. იმ მიზნით, რომ ქაღალდის დეფორმირება უმნიშვნელო იყოს, მას (განსაკუთრებით ფოტოგეგმებს) წინასწარ აკრავენ ალუმინის ან ხის თხელ ფირფიტაზე (ფანერზე) და მუშაობის დროს ფირფიტას ამაგრებენ პლანშეტზე. პლანშეტის ზომაა 60×60 სმ.

ყოველ მენზულას თან ერთვის ორიენტირ ბუსოლი (ნახ. 306) და ორთითა (ნახ. 307).

ორიენტირ ბუსოლით ახდენენ პლანშეტის ორიენტირებას, ე. ი. პლანშეტზე გატარებულ ხაზს აძლევენ მერიდიანის მიმართულებას. ორთითათი კი ახდენენ მენზულის დაცენტრებას, ე. ი. მენზულის ისე დააყენებენ, რომ პლანშეტზე დანიშნული წერტილი და მისი შესაბამისი წერტილი ადგილზე ერთ შვეულ ხაზზე იყოს.

მენზულა უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობებს:

1. პლანშეტის ზედაპირი იარაღის ბრუნვის შვეული ღერძის პერპენდიკულარული უნდა იყოს.

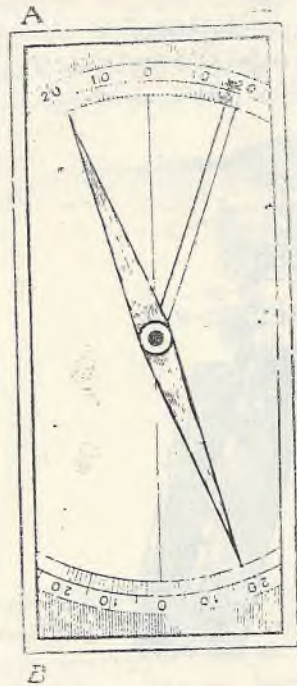


ნახ. 305.

შემოწმების მიზნით პლანშეტს მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში კიპრეგელის სახაზავზე მიმაგრებული თარაზითი, რომელიც შემოწმებულია, და პლანშეტს შემოაბრუნებენ იარაღის შვეული ღერძის ირგვლივ. ამ შემთხვევაში, თუ თარაზოს ბუშტულა ნულადგილიდან არ გადაადგილდა, ეს იმას ნიშნავს, რომ პირობა დაცულია: წინააღმდეგ შემთხვევაში, თუ საგრძნობ გადახრას აქვს ადგილი (თარაზოს 2—3 დანაყოფამდე), საჭირო იქნება იარაღის შესწორება გეოდეზიურ სახელოსნოში.

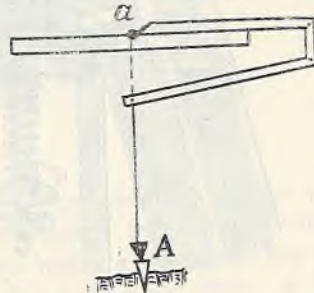
2. მენზულა უნდა იყოს მდგრადი. შემოწმების მიზნით, იარაღის ამწვევი ხრახნებით პლანშეტს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, კიპრეგელის ჭოგრის დამზერის ღერძს მივმართავთ

რომელიმე N წერტილისაკენ და სახაზავის დაცერებული გვერდით გაუტარებთ ხაზს. ამის შემდეგ პლანშეტის კუთხეზე თითის ოდნავი დაჭერით დამზერის ღერძს ავადენთ ადგილის N წერტილს. შემდეგ თითს მოვაშორებთ პლანშეტს და ჭოგრში ცქერით ვარკვევთ, დამზერის ღერძი ისევ N წერტილისაკენ არის მიმართული თუ არა. თუ მიმართულია, ეს იმას ნიშნავს, რომ მენზულა საკმარისად მდგრადია (ურყევია). წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭიროა მენზულის შესწორება სახელსნოში.



ნახ. 306.

3. პლანშეტის ზედაპირი უნდა წარმოადგენდეს სიბრტყეს. შემოწმების მიზნით, პლანშეტის ზედაპირის სხვადასხვა ადგილას მიადებენ შესწორებული



ნახ. 307.

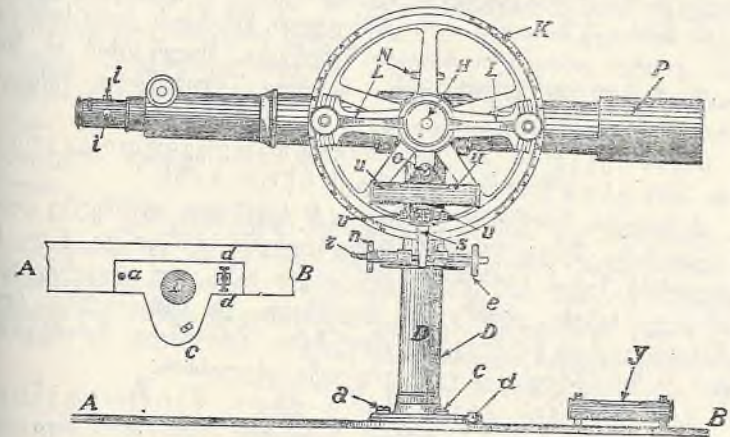
სახაზავის წიბოს. თუ მათ შორის სინათლე არ გადის, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ პლანშეტის ზედაპირი წარმოადგენს სიბრტყეს.

§ 163. კიპრეგელი და მისი შემოწმება

კიპრეგელი მუშაობის დროს იდგმება მენზულის პლანშეტზე და მისი საშუალებით გრაფიკულად ლეზულობენ მიმართულებას ადგილზე დანიშნული წერტილებისაკენ. კიპრეგელის ვერტიკალური წრედით იზომება ხაზის დახრის კუთხე, ჭოგრში მოთავსებული მანძილზომით კ—მანძილები (ჰორიზონტალური პროექცია).

კიპრეგელი (ნახ. 308) შედგება AB სახაზავისაგან, რომელსაც აქვს დაცერებული გვერდი. სახაზავზე მიმაგრებულია ცილინდრული Y თა

რაზო პლანშეტის ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოსაყვანად. სახაზავზე ხრახნებით მიმაგრებულია D სვეტი, რომლის ზედა ნაწილში მიდუღებულია თარაზული მილი. ამ მილში გადის იარაღის ჰორიზონტალური H ღერძი, რომლის ერთ ბოლოზე მჭიდროდაა დამაგრებული მანძილზომიანი ჭოგრი P , ხოლო მეორე ბოლოზე—ვერტიკალური K წრედი, რომელიც ჭოგრთან ერთად ბრუნავს. ჭოგრის ბრუნვის შეწყვეტა ხდება დასამაგრებელი N ხრახნით. მისი უმნიშვნელო ტრიალი წარმოებს პიკრომეტრიული e ხრახნით.



ნახ. 308.

თარაზულ H ღერძზე წამოცმულია მოგრძობერკეტიანი ალიდადა L , რომლის ბოლოებზე მოწყობილია ვერნიერები. ალიდადის S ბერკეტის ქვედა ბოლო ერთი მხრივ ებჯინება ზამბარაკიან r ღეროს, მეორე მხრივ— e მიკროხრახნს, რომლითაც შეიძლება L ალიდადა უმნიშვნელოდ ($0-5^{\circ}$ -ის ფარგლებში) შევატრიალოთ H ჰორიზონტალური ღერძის ირგვლივ. S ბერკეტის O წერტილში მიმაგრებულია ცილინდრული u თარაზო, რომლის უმნიშვნელო ტრიალი O წერტილის ირგვლივ ხდება შემასწორებელი u ხრახნებით.

მიკრომეტრიული e ხრახნის დანიშნულება ის არის, რომ ვერტიკალური კუთხის გაზომვის დროს e ხრახნით უმნიშვნელოდ შეატრიალებენ L ალიდადის (H ღერძის გარშემო) და ამით u თარაზოს ბუშტულას მოიყვანენ ნულპუნქტში.

ვერტიკალური წრედის კონსტრუქცია და დახრის კუთხის გაზომვა ვერტიკალურ განხილულში § 72—75-ში. გარდა დახრის კუთხეების გაზომვისა, კიპრეგელის დანიშნულებაა თარაზული კუთხეების გასაზღვ-

რა გრაფიკული მეთოდით. ის მოსაზრება, რომელზედაც დამყარებულია კუთხის გაზომვა თეოდოლიტით (იხ. § 64), მთლიანად ვრცელდება მენზულასა და კიპრეგელზე. მხოლოდ ამ შემთხვევაში პორიზონტალური სიბრტყის როლს ასრულებს პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანილი მენზულის პლანშეტი და ვერტიკალური სიბრტყის როლს — კიპრეგელის ჭოგრის კოლიმაციური სიბრტყე, ე. ი. ის სიბრტყე, რომელიც წარმოიქმნება ჭოგრის დამზერის ღერძის ტრიალით იარაღის პორიზონტალური ღერძის ირგვლივ. მაშასადამე, კუთხის გაზომვაში შეცდომის ასაცილებლად საჭიროა, რომ ჭოგრის კოლიმაციური სიბრტყე მართობი იყოს კიპრეგელის სახაზავის ქვედა სიბრტყისა. ეს არის კიპრეგელის მთავარი შემოწმება, ხოლო სანამ ამ პირობის შემოწმებას გავარჩევდეთ, საჭიროა შევამოწმოთ შემდეგი პირობები.

I. კიპრეგელის AB სახაზავის დაცერებული გვერდი (ნახ. 308) უნდა წარმოადგენდეს სწორ ხაზს.

ამ პირობის შემოწმების მიზნით AB სახაზავით პლანშეტზე გავატარებთ ხაზს. შემდეგ სახაზავს შემოვბრუნებთ 180° -ით და A და B წერტილებს შორის ხელმეორედ გავატარებთ ხაზს. თუ ამგვარად გავატარებული ხაზები ერთიმეორეს დაემთხვევა, ეს იმას ნიშნავს, რომ სახაზავის გვერდი წარმოადგენს სწორ ხაზს. წინააღმდეგ შემთხვევაში სახაზავი შესასწორებლად უნდა გადაეცეს სახელოსნოს.

II. სახაზავის ქვედა პირი უნდა წარმოადგენდეს სიბრტყეს. შემოწმების მიზნით, სახაზავის ქვედა პირს მივადებთ შემოწმებული სახაზავის გვერდს სხვადასხვა მიმართულებით და თუ მათ შორის სინათლე არ გადის, ცხადია, რომ სახაზავის ქვედა პირი წარმოადგენს სიბრტყეს.

III. სახაზავზე მიმაგრებული თარაზოს HH_1 ღერძი (ნახ. 309) ab სახაზავის ქვედაპირის პარალელური უნდა იყოს. ამ პირობას ვამოწმებთ § 66-ში განხილული მეთოდით, ე. ი. კიპრეგელს მოვათავსებთ პლანშეტზე, დაახლოებით ორი ამწევი ხრახნის პარალელურად. ამ ამწევი ხრახნებით თარაზოს ბუშტულას დავაყენებთ ზედაპირის შუაგულში (ნულპუნქტი) და სახაზავით გავატარებთ ხაზს. შემდეგ კიპრეგელს შემოვბრუნებთ 180° -ით და სახაზავის გვერდს მივადებთ იმავე ხაზს. ამ შემთხვევაში, თუ თარაზოს ბუშტულა ისევ ნულპუნქტზე დადგა, ეს იმას ნიშნავს, რომ თარაზოს ღერძი პარალელური ყოფილა ab სახაზავისა; წინააღმდეგ შემთხვევაში თარაზოს შემასწორებელი P ხრახნით ბუშტულას ვაყენებთ საშუალო მდგომარეობაში, ე. ი. გადახრის ნახევარზე. მეორე ნახევარზე კი ბუშტულას გადავადგილებთ მენზულის ამწევი ხრახნებით. ამ შემთხვევაში

HH_1 ღერძი პარალელური იქნება ab სახაზავისა და ამავე დროს პორიზონტალურ მდგომარეობაშიც იქნება მოყვანილი.

განხილულ შემოწმებას და შესწორებას იმეორებენ რამდენიმეჯერ, სანამ პირობა არ იქნება დაცული.

ამის შემდეგ განვიხილოთ მთავარი პირობა:

IV. ჭოგრის კოლიმაციური სიბრტყე უნდა იყოს სახაზავის ქვედაპირის პერპენდიკულარული.

როგორც 310-ე ნახაზიდან ჩანს, ის სიბრტყე, რომელიც წარმოიქმნება დამზერის ed ღერძის ბრუნვით პორიზონტალური kp ღერძის გარშემო (კოლიმაციური სიბრტყე), პერპენდიკულარული იქნება ab სახაზავის ქვედა პირისა იმ შემთხვევაში, თუ დაცულია შემდეგი ორი პირობა:

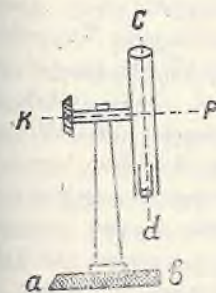


ნახ. 309.

1) ed დამზერის ღერძი პერპენდიკულარულია kp პორიზონტალური ღერძისა და 2) პორიზონტალური kp ღერძი პარალელურია ab სახაზავის ქვედა პირისა. ამგვარად, კიპრეგელის მთავარი შემოწმება იყავა ორ ნაწილად. აღნიშნული ნაწილები განვიხილოთ ცალ-ცალკე.

შემოწმების პირველი ნაწილი. ჭოგრის დამზერის ed ღერძი პერპენდიკულარული უნდა იყოს kp ღერძისა (ნახ. 310).

შემოწმების მიზნით, მენზულით ვდგვებით რომელიმე წერტილზე და ინსტრუმენტის ამწევი ხრახნებით პლანშეტს მოვიყვანთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში. ამისათვის კიპრეგელის სახაზავს მოვათავსებთ პლანშეტზე, დაახლოებით პარალელურად რომელიმე ორი ამწევი ხრახნისა, და ამ ხრახნებით სახაზავზე მიმაგრებული თარაზოს ბუშტულას მოვიყვანთ ნულპუნქტზე. შემდეგ სახაზავს დავაყენებთ დაახლოებით პირველი მიმართულების პერპენდიკულარულად, ე. ი. შესაძლოა ამწევი ხრახნის მიმართულებით და მართკუთხა ხრახნით თარაზოს ბუშტულას მოვიყვანთ ნულპუნქტზე. ამ შემთხვევაში პლანშეტი პორიზონტალურ მდგომარეობაში იქნება.

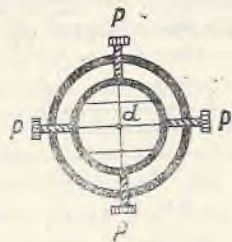


ნახ. 310.

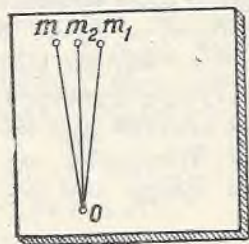
პლანშეტის პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ ჭოგრის დამზერის ed ღერძს მივმართავთ ადგილის რომელიმე დამოკიდებულ M წერტილს და სახაზავის დაცერებული გვერდით პლანშეტ-

ზე გავატარებთ om ხაზს (ნახ. 312). (სასურველია, რომ ადგილზე შერჩეულ M წერტილს დაახლოებით ჰქონდეს დგომის წერტილის სიმაღლე).

ამის შემდეგ ჭოგრის გადავიტანთ ზენიტზე და სახაზავის ტრიალით (O წერტილის ირგვლივ) ჭოგრის დამზერის ღერძს ხელმეორედ მივმართავთ იმავე M წერტილს და სახაზავის დაცერებული გვერდით გავატარებთ ხაზს. თუ ეს ხაზი დაემთხვა პირველად გატარებულ om ხაზს,



ნახ. 311.



ნახ. 312.

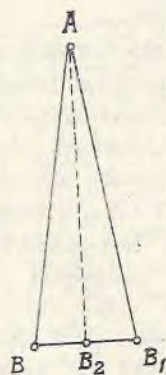
დამზერის ed ღერძი პერპენდიკულარული ყოფილა პორიზონტალურ kp ღერძისა. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ე. ი. თუ პლანშეტზე მივიღეთ სხვა om_1 ხაზი, პირობა არ ყოფილა დაცული და კუთხე mom_1 გამო-სახავს გაორკეცებულ კოლიმაციურ შეცდომას.

შესწორების მიზნით პლანშეტზე გავატარებთ საშუალო om_2 ხაზს (ნახ. 312). სახაზავის დაცერებულ გვერდს მივადებთ ამ ხაზს და ძაფთა ბადის (ნახ. 311) შემასწორებელი P ხრახნებით ძაფთა ბადეს გადავადგილებთ ისე, რომ ჭოგრის დამზერის ღერძს დაფების გადაკვეთის d წერტილი ფარავდეს ადგილის M წერტილს. ამ შემთხვევაში ჭოგრის დამზერის ed ღერძი მიიღებს მიმართულებას, რომელიც პერპენდიკულარული იქნება kp ღერძისადმი.

შემოწმების მეორე ნაწილი. თარაზული kp ღერძი (ნახ. 310) პარალელური უნდა იყოს ab სახაზავის ქვედა პირისა.

ამ პირობას გამოწმებთ შემდეგი წესით:

მენზულის ამწევი ხრახნებით პლანშეტს მოვიყვანთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში და ჭოგრის დამზერის ღერძს მივმართავთ რომელიმე ახლო მანძილზე მდებარე მაღალ წერტილს, მაგალითად, კედლის A



ნახ. 313.

წერტილს (ნახ. 313). ობიექტის დაწვეთ დაბლა და თანაშემწე, ჩვენი მითითებით, ფანქრით კედელზე დანიშნავს ისეთ B წერტილს, რომელსაც ფარავს ძაფების გადაკვეთის წერტილი. ამის შემდეგ ჭოგრის გადავიტანთ ზენიტზე, დამზერის ღერძს ხელმეორედ მივმართავთ იმავე A წერტილს და ისევ დაწვეთ ობიექტის. ამ შემთხვევაში, თუ ძაფების გადაკვეთის d წერტილი (ნახ. 311) გადის B წერტილში, თარაზული kp ღერძი (ნახ. 310) პარალელურია ab სახაზავის ქვედა პირისა. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ე. ი. თუ ობიექტის დაწვეთის დროს ძაფების გადაკვეთის წერტილმა დაფარა სხვა B_1 წერტილი (B წერტილის დონეზე მდებარე), kp თარაზული ღერძი არ ყოფილა პარალელური სახაზავის ქვედა პირისა და საჭიროა ინსტრუმენტის შესწორება.

შესწორების მიზნით დამზერის ღერძს დაფუძნებით კედლის იმავე A წერტილს (ნახ. 313) და შემასწორებელი e ხრახნით (ნახ. 308), რომლითაც D სვეტი მიმაგრებულია სახაზავზე, მთელ სვეტს გადავწევთ ერთ ან მეორე მხარეზე ისე, რომ, როდესაც ობიექტის დაწვეთ დაბლა, ძაფების გადაკვეთის d წერტილი გადიოდეს საშუალო B_2 წერტილში. ამ შემთხვევაში ჭოგრის კოლიმაციურ სიბრტყეს ექნება AB_2 სვეული ხაზის მიმართულება და, მაშასადამე, პერპენდიკულარული იქნება სახაზავის ქვედა პირისა.

გარდა ზემოთყვანილი პირობებისა, კიბრეგელი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობას:

V. კიბრეგელის სახაზავის დაცერებული ab გვერდი უნდა მოთავსდეს ჭოგრის კოლიმაციურ სიბრტყეში ან იყოს ამ სიბრტყის პარალელური.

ამ პირობას გავლენა არა აქვს კუთხის აგებაზე, თუ მუშაობას ვაწარმოებთ ერთი რომელიმე წრედით (მარჯვენათი ან მარცხენათი).

აღნიშნული პირობის შემოწმება ხდება შემდეგი წესით: პლანშეტის პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ ჭოგრის დამზერის ღერძს მივმართავთ ადგილის რომელიმე დაშორებული N წერტილისაკენ და სახაზავის დაცერებული გვერდით გავატარებთ ხაზს, რომლის ბოლოებზე დავამაგრებთ ქინძისთავეებს. შემდეგ ამ ქინძისთავეების საშუალებით (როგორც დიოპტრებით) ვარკვევთ—ამ ხაზის გაგრძელებაზე მდებარეობს თუ არა ადგილის N წერტილი. თუ მდებარეობს, ცხადია, რომ სახაზავის გვერდი პარალელური ყოფილა კოლიმაციური სიბრტყისა. წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭიროა ინსტრუმენტის შესწორება, რაც ხდება ასე:

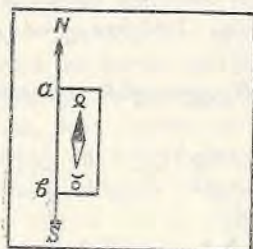
მენზულის მიკრომეტრული ხრახნით პლანშეტს შემოვამბრუნებთ ისე, რომ ქინძისთავეები ფარავდეს ადგილის N წერტილს, რის შემდეგ სახაზავზე მოთავსებული შემასწორებელი d ხრახნებით (ნახ. 308) D

სვეტს და მასთან ერთად ჭოგრის შემოვარუნებთ ისე, რომ დამზერის ღერძს ჰქონდეს მიმართულება ადგილის N წერტილისაკენ. ამ შემთხვევაში სახაზავის დაცვრებული გვერდი იქნება ჭოგრის კოლიმაციურ სიბრტყეში. ამ შესწორებით შეიძლება დაირღვეს IV შესწორების მეორე ნაწილი, ე. ი. თარაზული $k\rho$ ღერძის (ნახ. 318) პარალელობა სახაზავის ქვედა პირის მიმართ. მაშასადამე, საჭირო იქნება ამ პირობის ხელახლა შემოწმება.

§ 184. მენზულის ორიენტირება

მენზულის ორიენტირება გულისხმობს პლანშეტის დაყენებას ისე, რომ პლანშეტზე გატარებული ხაზები პარალელური იყოს ადგილის შესაბამისი ხაზებისა. ორიენტირება შეიძლება მოვახდინოთ ბუსოლით ან პლანშეტზე გატარებული ხაზებით.

ორიენტირება ბუსოლით. ორიენტირების მიზნით პლანშეტზე წინასწარ ატარებენ NS ხაზს (ნახ. 314) პლანშეტის ერთ-ერთი გვერდის პარალელურად და ამ ხაზს აძლევენ მერიდიანის მიმართულებას. ამისათვის ბუსოლს თავისი ds გვერდით მიადებენ NS ხაზს. პლანშეტს მოიყვანენ პორიზონტალურ მდგომარეობაში, მოუშვებენ როგორც ბუსოლის ისარს, ისე პლანშეტის დასამაგრებელ ხრახნს. შემდეგ პლანშეტის ტრიალით (იარაღის ბრუნვით ღერძის ირგვლივ) მაგნიტურ ისარს დაახლოებით დააყენებენ ბუსოლის ნულოვან დიამეტრზე და პლანშეტის დასამაგრებელ ხრახნს მოუჭერენ.



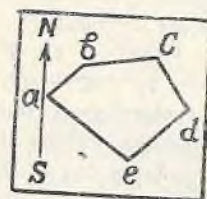
ნახ. 314.

ამის შემდეგ მენზულის მიკრომეტრული ხრახნით უმნიშვნელოდ შეაბრუნებენ პლანშეტს და ისრის ჩრდილო ბოლოს ზუსტად დააყენებენ ბუსოლის წრედის 0° -ის პირდაპირ. ამ შემთხვევაში ბუსოლის ნულოვან დიამეტრს და, მაშასადამე, NS ხაზს ექნება მაგნიტური მერიდიანის მიმართულება, ე. ი. პლანშეტი იქნება ორიენტირებული. თუ ცნობილია მაგნიტური ისრის მიხრილობა, შეგვიძლია NS ხაზს მივცეთ გეოგრაფიული მერიდიანის მიმართულება—ისრის ჩრდილოეთ ბოლოს დაყენებით იმ ანათვალზე, რომელიც შესაბამისაა ისრის მიხრის კუთხეს.

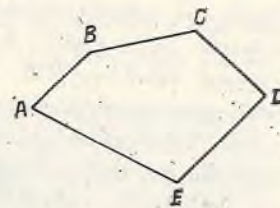
პლანშეტის ორიენტირების შემდეგ, თუ კიპრეგელით ავიღებთ სხვადასხვა მიმართულებებს და პლანშეტზე გავატარებთ ხაზებს, ეს უკანასკნელები დაკავშირებული იქნება NS მერიდიანთან. ბუსოლით ორიენტირება არ არის საკმარისად ზუსტი, ვინაიდან თვით ბუსოლი, როგორც ვიცით (§ 32), იძლევა შეცდომას 15 მინუტამდე.

ორიენტირება პლანშეტზე გატარებული ხაზებით. ვთქვათ, პლანშეტზე გამოსახული $abcde$ პოლიგონი (ნახ. 315) შესაბამისაა ადგილზე მდებარე $ABCDE$ პოლიგონს (ნახ. 316) და საჭიროა მენზულის დაყენება პოლიგონის რომელიმე წვეროზე (მაგალითად, E წვეროზე) ისე, რომ $abcde$ პოლიგონის გვერდები პარალელური იყოს ადგილის $ABCDE$ პოლიგონის შესაბამისი გვერდების, ე. ი. საჭიროა პლანშეტის ორიენტირება.

ამისათვის მენზულით ვდგებით E წვეროზე და პლანშეტს დაგაყენებთ ისე, რომ ea გვერდს დაახლოებით ჰქონდეს ადგილის EA გვერდის მიმართულება, რის შემდეგ, დავცენტრავთ იარაღს (ორთითათი, თუ გვემის მასშტაბი მოითხოვს) და პლანშეტს მოვიყვანთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში. ამის შემდეგ კიპრეგელის სახაზავის დაცვრებულ გვერდს მივადებთ ea ხაზს და პლანშეტის ბრუნვით (იარაღის



ნახ. 315.



ნახ. 316.

ბრუნვით ღერძის ირგვლივ) ჭოგრის დამზერის ღერძს (ჭერ დაახლოებით და მერე ზუსტად) მიკროხრახნით მივმართავთ A წერტილზე დაყენებული ისარისაკენ, ამ შემთხვევაში ea ხაზს ექნება EA გვერდის მიმართულება. მაშასადამე, $abcde$ პოლიგონის გვერდები პარალელური იქნება $ABCDE$ პოლიგონის შესაბამისი გვერდებისა, ე. ი. პლანშეტი იქნება ორიენტირებული.

თუ ახლა სახაზავის დაცვრებულ გვერდს მივადებთ ed ხაზს, მაშინ ჭოგრის დამზერის ღერძი მიმართული იქნება ადგილის D წვეროსაკენ.

ხაზით ორიენტირების სიზუსტე დამოკიდებულია თვით ხაზის სიგრძეზე და, როგორც ცდები და კვლევა გვიჩვენებს, თუ ხაზის სიგრძე პლანშეტზე უდრის 5 სანტიმეტრს, მაშინ შეცდომა ორიენტირებაში აღწევს 8', 5, ხოლო 40 სანტიმეტრიანი ხაზისათვის შეცდომა არ აღემატება 2'-ს.

ზემოაღნიშნულის გამო, იმ მიზნით, რომ შეცდომა იყოს მინიმალური, სწორი ორიენტირა ხაზებს ავრძელებენ პლანშეტის ჩარჩოს გარეთ.

§ 165. ახალი ტიპის მენზულა და კიპრეგელი

იმ მიზნით, რომ ველზე მუშაობის დროს პლანშეტის მდგომარეობა ურყევე იყოს, საბჭოთა კონსტრუქტორებმა შეიქმნა და ვილემმა წარმოადგინეს ახალი ტიპის მენზულა და კიპრეგელი. ამ ტიპის მენზულას სრულებით არა აქვს მიკროხრაზნი და ამის გამო პლანშეტის ორიენტირებას ზუსტად ვერ აწარმოებენ, ახდენენ მხოლოდ მის დაახლოებით ორიენტირებას თვალდათვალ, და ამის შემდეგ პლანშეტს დაამაგრებენ მენზულის დასამაგრებელი ხრახნით.

ზუსტი ორიენტირების მიზნით კიპრეგელის სვეტში მოწყობილია მიკროხრაზნი, რომლითაც შეიძლება სვეტისა და მასთან ერთად ჭოგრის მობრუნება მარჯვნივ და მარცხნივ. პლანშეტის დაახლოებით ორიენტირების შემდეგ კიპრეგელის სახაზავის დაცერებულ გვერდს მიადებენ პლანშეტზე დანიშნული ღგომისა და რომელიმე სხვა წერტილს, შერჩეულს ორიენტირებისათვის. შემდეგ, კიპრეგელის მიკროხრაზნით ჭოგრას მოაბრუნებენ მარჯვნივ ან მარცხნივ და დამზერის ღერძს აძლევენ მიმართულებას ადგილის იმ წერტილისაკენ, რომელიც შერჩეულია ორიენტირებისათვის და რომელზედაც მიღებულია სახაზავი. ამ შემთხვევაში კიპრეგელი მოყვანილი იქნება სამუშაო მდგომარეობაში და, თუ კიპრეგელის სახაზავს მივადებთ ღგომის წერტილს და პლანშეტზე დანიშნულ რომელიმე დასაყრდენ წერტილს, მაშინ ჭოგრის დამზერის ღერძი მიმართული იქნება აღნიშნული დასაყრდენი პუნქტისაკენ, რომელზედაც მიღებულია სახაზავი. მაშასადამე, კიპრეგელის ასეთ მდგომარეობაში დაყენების შემდეგ შეგვიძლია ღგომის წერტილიდან გაწარმოთ ადგილის აგეგმვა, მაგრამ ამ შემთხვევაში უნდა გვახსოვდეს, რომ სანამ მუშაობას არ დავამთავრებთ ღგომის წერტილზე, ჭოგრის გადატანა ზენიტზე არ შეიძლება, ვინაიდან ზენიტზე გადატანით დაირღვევა ის სამუშაო მდგომარეობა, რომელშიც დაყენებული იყო კიპრეგელი.

ჩვეულებრივ კიპრეგელში, როგორც ვიცით, ვერსიერები უძრავია, ხოლო ვერტიკალური წრედი ჭოგრთან ერთად ბრუნავს. ახალი კონსტრუქციის კიპრეგელში კი, პირიქით, ვერტიკალური წრედი, რომელიც შეცვლილია სექტორით, უძრავადაა მიმაგრებული სვეტზე, ხოლო ვერსიერები, რომლებიც შეცვლილია მიკროსკოპით, ჭოგრთან ერთად მოძრაობს. მიკროსკოპი მოთავსებულია ჭოგრის ოკულარის გვერდით და მუშაობის დროს მიკროსკოპში ცქერით ღებულობენ ანათვალს (გრადუსებს და მინუტებს) ვერტიკალურ სექტორზე, ხოლო სანამ აიღებდნენ ამ ანათვალს, საჭიროა სექტორზე მოთავსებული თარაზოს მოყვანა ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში (მიკროხრაზნით). ამით სექტორის

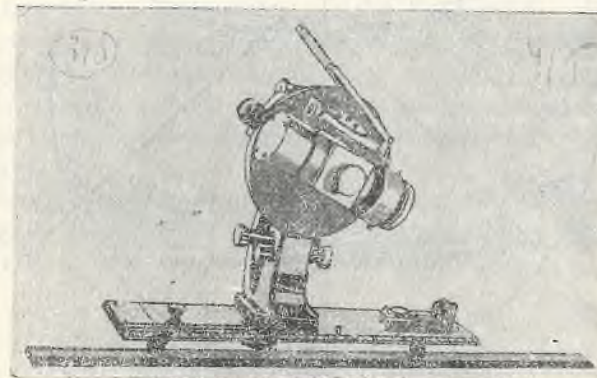
ნულშტრიხებს აყენებენ გარკვეულ მდგომარეობაში, ისე როგორც ჩვეულებრივ კიპრეგელში (ნახ. 308), თარაზოს ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანით ვერსიერის ნულებს აძლევენ გარკვეულ მიმართულებას.

ახალი ტიპის კიპრეგელის ჭოგრი შიგაფოკუსირებაშია (იხ. § 51) და ამის გამო კიპრეგელი გაცილებით უფრო მსუბუქი და მცირე ზომისაა, ვიდრე ჩვეულებრივი კიპრეგელი.

§ 166. კიპრეგელი-ავტომატი КБ1

ამჟამად ჩვენი ქარხნები უშვებენ ახალი კონსტრუქციის კიპრეგელ-ავტომატებს, სახელწოდებით КБ1 (ნახ. 317). ამ კიპრეგელს აქვს მოკლე ჭოგრი შიგა ფოკუსირებით. ჭოგრში ცქერისას, გარდა ძაფთა ბადისა, დავინახავთ დიაგრამას (ნახ. 318), რომელზედაც გადატანილია შემდეგი მრუდები:

1. ძირითადი (ნულოვანი) AB მრუდი,
2. მანძილის OD მრუდი,
3. სიმაღლეების ექვსი მრუდი (სამი დალაგებულია შუა ძაფის მარჯვნივ და სამი—მარცხნივ). ამ მრუდებს აქვს წარწერები 10, 20 და 100



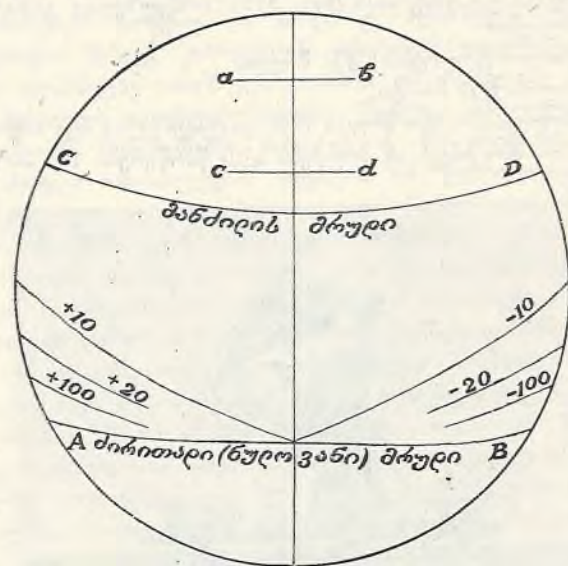
ნახ. 317.

(დადებითი და უარყოფითი ნიშნებით). აღნიშნული მრუდები გაანგარიშებულია დალტას ტაქეომეტრი-ავტომატის პრინციპზე (იხ. § 156) და მათი საშუალებით იზომება ჰორიზონტალური მანძილები და სიმაღლეები ისე, როგორც დალტას ტაქეომეტრით. ეს საკითხი განხილულია § 156-ში და ამიტომ აქ აღარ ვიმეორებთ.

კიპრეგელით მუშაობას აწარმოებენ მარცხენა წრედით, რადგანაც მარჯვენა წრედის შემთხვევაში აღნიშნული მრუდები ჭოგრში ცქერისას

არ გამოჩნდება. მარცხენა წრედის შემთხვევაშიც კი მრუდები არ ჩანს, თუ დახრის კუთხე აღწევს 44° -ს. ასეთ შემთხვევაში მანძილები (პო-რიზონტალური პროექციები) და სიმაღლეთა სხვაობები განისაზღვრება ჩვეულებრივი მეთოდით, ე. ი. დახრის კუთხეებისა და ლარტყაზე აღე-ბული ანათვლების მიხედვით. დახრის კუთხეები იზომება KB1 კიპრე-გელის ვერტიკალური წრედით და ანათვალს ლარტყაზე ღებულობენ მანძილზომის ab და cd ძაფებს შორის. მანძილზომის კოეფიციენ-ტია 200.

მუშაობის დროს შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ჩვეულებრივი მანძილ-ზომის ლარტყა, ხოლო უფრო მოხერხებულია ლარტყა, სადაც მისი



ნახ. 318.

ნულის დაყენება ინსტრუმენტის სიმაღლეზე შეიძლება ლარტყის აწვე-დაწვევით სპეციალურ ძელზე (იხ. § 156).

კიპრეგელს აქვს ორი სახაზავი: ერთი—განიერი (უძრავი), რომელ-ზედაც დამაგრებულია კიპრეგელის სვეტი ჭოგრიტა და ვერტიკალური წრედით, მეორე—ვიწრო, მოძრავი სახაზავი, რომელიც ორი მოკლე ბერკეტით სახრისმაგვარადაა დაკავშირებული განიერ სახაზავთან და ამით იქმნება პარალელოგრამი.

ასეთი კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა ვიწრო სახაზავი გადავად-გილოთ პლანშეტზე განიერი (უძრავი) სახაზავის პარალელურად და ამით ვიწრო სახაზავი დავაშოროთ განიერ სახაზავს ან მივუახლოვოთ მას. მაშასადამე, მუშაობის დროს შეგვიძლია KB1 კიპრეგელის ჭოგრი დავუმინხოთ ადგილის წერტილს და ამის შემდეგ ვიწრო სახაზავი ისე გადავადგილოთ პლანშეტზე (განიერი სახაზავის პარალელურად), რომ მისი დაცურებული გვერდი შეეხოს პლანშეტზე დანიშნულ დგომის წერტილს. თუ ამ შემთხვევაში ვიწრო სახაზავით პლანშეტზე გავატა-რებთ ხაზს, ამ ხაზს ექნება საძიებელი მიმართულება.

ეს გარემოება აადვილებს მუშაობას, ვინაიდან ჭოგრის დამზერის შემდეგ არაა საჭირო მთელი კიპრეგელის გადაწევა პლანშეტზე, სანამ სახაზავს არ შეუთავსდება პლანშეტზე დანიშნული დგომის წერტილი.

KB1 კიპრეგელის ჭოგრზე დამაგრებულია ცილინდრული თარაზო, რომელიც საშუალებას იძლევა კიპრეგელი გამოვიყენოთ როგორც ნიველირი. თუ ასაგვემავი ტერიტორია მთავორიანიცაა და ვაქე ადგი-ლებსაც შეიცავს, მაშინ მთავორიანი ნაწილის აგვემავს აწარმოებენ KB1 კიპრეგელით, ხოლო ვაქე ადგილებში კიპრეგელს გამოვიყენებენ რო-გორც ნიველირს და ნიველირებით გაიგებენ წერტილების სიმაღლეებს. KB1 კიპრეგელთან ერთად ჩვენი ქარხნები უშვებენ ლითონის სადგა-რიან მენზულას. ეს სადგარი შედგება ზედა და ქვედა ნაწილებისაგან. ზედა ნაწილზე მაგრდება პლანშეტი და ეს ნაწილი პლანშეტთან ერთად ბრუნავს შვეული ღერძის ირგვლივ. სადგარის ქვედა ნაწილი მაგრდება შტატივზე.

გარდა ჩვეულებრივი აგვემავისა, KB1 კიპრეგელი თავისი მენზულით გამოიყენება რელიეფის მისაღებად ფოტოაგვემავის საფუძველზე (იხ. § 176).

თ ა 8 0 XX

მენზულური აგვემავის წარმოება

§ 167. ზოგადი ცნება

როგორც § 161-ში აღვნიშნეთ, მენზულურ აგვემავს წინ უძღვის გეოდეზიური საფუძვლის შექმნა. ამისათვის ასაგვემავ ტერიტორიაზე დანიშნავენ მთელ რიგ წერტილებს, რომლებსაც, ქვემოთ განხილული მეთოდით, დაალაგებენ პლანშეტზე მოცემული მასშტაბით. ამ წერტი-ლების საფუძველზე აწარმოებენ ადგილის აგვემავს მენზულით და კიპ-რეგელით.

როდესაც ასაგვემავი ტერიტორია შეიცავს დიდ ფართობს, ტრიანგულაციის ან პოლიგონომეტრიის მეთოდით განსაზღვრავენ აღნიშნული დასაყრდენი წერტილების კოორდინატებს. ამ კოორდინატების მიხედვით წერტილებს დაალაგებენ პლანშეტზე და მათ საფუძველზე აწარმოებენ მენზულურ აგვემას.

როდესაც ასაგვემავი ტერიტორია შეიცავს მცირე ფართობს (1 კვ. კმ-მდე), პლანშეტზე დასაყრდენი წერტილების მდებარეობის განსაზღვრას გრაფიკული მეთოდით აწარმოებენ, ეგრეთ წოდებული გეომატრიული ქსელის შედგენით.

ამ თავში განხილულია დასაყრდენი წერტილების მდებარეობის განსაზღვრა პლანშეტზე როგორც გეომეტრიული ქსელის შედგენით, ისე ცალკე წერტილების განსაზღვრა პოტენოტის ამოცანის ამოხსნით და გადაკვეთის მეთოდით. განხილულია აგრეთვე მენზულური აგვემის წარმოება როგორც გეომეტრიული ქსელის საფუძველზე, ისე სატრიანგულაციო პუნქტების საფუძველზე.

§ 188. დასაყრდენი პუნქტების განსაზღვრა გეომეტრიული ქსელის შედგენით

ვთქვათ, ასაგვემავ ტერიტორიაზე დანიშნულია ისეთი $A, B, C, D...$ პუნქტები (ნახ. 319), საიდანაც კარგად მოჩანს ასაგვემავი ობიექტები. საჭიროა აღნიშნული პუნქტების სიმალეების და მათი მდებარეობის განსაზღვრა პლანშეტზე გეომეტრიული ქსელის შედგენით და შემდეგ ამ პუნქტების საფუძველზე ტერიტორიის მენზულური აგვემის წარმოება.

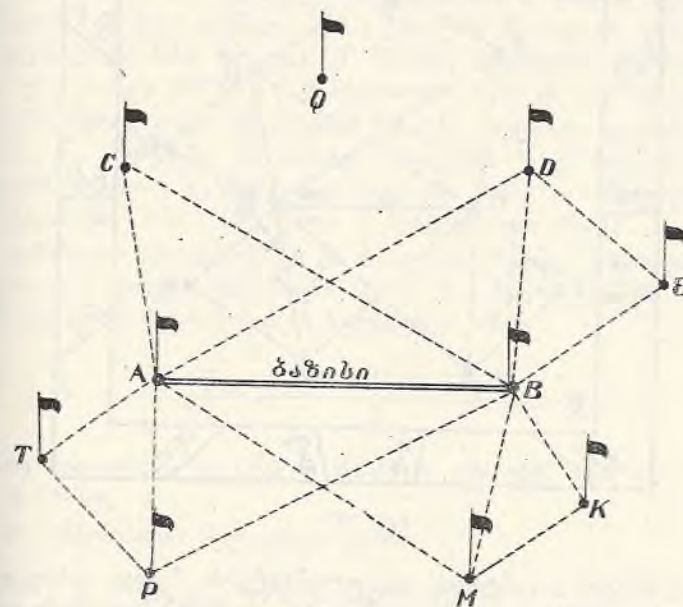
აღნიშნული პუნქტებიდან ორ პუნქტს დანიშნავენ ასაგვემავი ტერიტორიის დაახლოებით შუაში, ისე რომ ამ ორი პუნქტიდან კარგად მოჩანდეს დანარჩენი პუნქტების უმრავლესობა და თვით ამ პუნქტებს შორის მანძილის გაზომვა ბაფთით ადვილი იყოს. ამ პუნქტების შემართებულ ხაზს ბაზისი ეწოდება.

ბაზისს იღებენ ისეთი სიგრძისას, რომ ეს სიგრძე, აღებული აგვემის მასშტაბში, იყოს არა ნაკლებ 7—8 სასანტიმეტრისა.

ჩვენს შემთხვევაში AB ხაზი წარმოადგენს ბაზისს.

გეომეტრიული ქსელის შედგენა მდგომარეობს შემდეგში: შემოწმებული მენზულით და კიპრეგელით დგებიან ბაზისის A პუნქტზე, პლანშეტს, რომელზედაც დაკრულია კარგი ხარისხის ქაღალდი, მოიყვანენ პორიზონტალურ მდგომარეობაში კიპრეგელის სახაზავზე მოთავსებული თარაზოთი და მოახდენენ პლანშეტის ორიენტირებას. ამისათვის პლანშეტზე წინასწარ აგებულ ჩარჩოს ერთ-ერთ გვერდს, მაგალითად, NS

გვერდს (ნახ. 320) მიადებენ ორიენტირი ბუსოლის გვერდს, აუშვებენ მაგნიტურ ისარს და პლანშეტის ბრუნვით (ჯერ ხელით, ხოლო შემდეგ მიკროხრახნით) მაგნიტური ისარის ჩრდილო ბოლოს შეათავსებენ ბუსოლის ნულოვან დიამეტრთან. ამ შემთხვევაში ჩარჩოს NS გვერდი შიილებს მაგნიტური მერიდიანის მიმართულებას და პლანშეტი ორიენტირებული იქნება. შემდეგ დგომის A წერტილს ფანქრით დანიშნავენ პლანშეტის ისეთ ადგილას (a წერტილში) და იმ ვარაუდით, რომ დანარჩენი დასაყრდენი $B, C, D...$ პუნქტები, განსაზღვრული დგომის A წერტილთან დაკავშირებით, მოთავსდნენ პლანშეტზე აგებულ ჩარჩოს

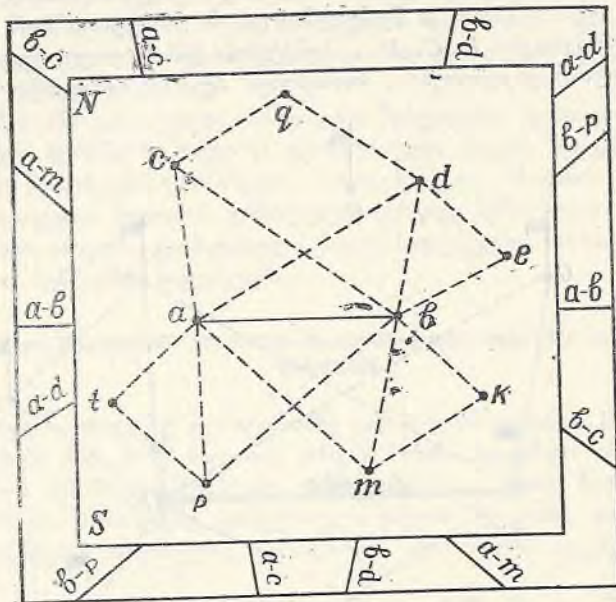


ნახ. 319.

ფარგლებში. ორთითათი არკვევენ, მდებარეობენ თუ არა პლანშეტზე დანიშნული a წერტილი და ადგილზე დამარებული A წერტილი ერთ შვეულ ხაზზე. თუ არ მდებარეობენ, მაშინ საჭირო იქნება პლანშეტის გადაადგილება ისე, რომ a და A წერტილები იყვნენ ერთ შვეულზე. ამ შემთხვევაში საჭირო იქნება პლანშეტის ხელახლა მოყვანა პორიზონტალურ მდგომარეობაში და მისი ორიენტირება. ამ მოქმედებას მენზულის დაცენტრვა ეწოდება.

თუ რა სიზუსტით უნდა იყოს წარმოებული პლანშეტის დაცენტრვა, დამოკიდებულია აგვემის მასშტაბზე. მაგალითად, თუ აგვემის

მასშტაბია 1:1000, მაშინ საჭიროა დაცენტრება ორთითათი, 1—2 სანტიმეტრის სიზუსტით. მასშტაბი 1:10000-ის შემთხვევაში საჭიროა დაცენტრება 7—8 სანტიმეტრის სიზუსტით. ასეთი სიზუსტით დაცენტრება შეიძლება თვალზომიერად და ამიტომ ასეთი და უფრო წვრილი მასშტაბების შემთხვევაში ორთათას არ გამოიყენებენ.



ნახ. 320.

პლანშეტის დაცენტრების და ორიენტაციების შემდეგ კიპრეგელის სახაზავს დაცერებული გვერდით მიაღებენ პლანშეტზე დანიშნულ დგომის *a* წერტილს და კიპრეგელის ჭოგრში ცქერით, ჭოგრს თანმიყოლებით დაუმიზნებენ *B*, *C*, *D*... დასაყრდენ პუნქტებზე დამაგრებულ სარებს და სახაზავის გვერდით ფანქრით გაატარებენ ხაზებს. ამ ხაზების გაგრძელებას ატარებენ ჩარჩოს გარეთ და უკეთებენ წარწერებს (ნახ. 320), რომლებიც გვიჩვენებს, თუ რომელ პუნქტებს შორისაა გატარებული ხაზები.

იმაში დასარწმუნებლად, რომ მუშაობის დროს პლანშეტის ორიენტირება არ დარღვეულა, კიპრეგელის სახაზავის გვერდს მიაღებენ *ab* ხაზს და იცქირებიან ჭოგრში. თუ დამზერის ღერძი მიმართულია *B* სარისაკენ, ცხადია, პლანშეტის ორიენტირება არ ყოფილა დარღვეული.

წინააღმდეგ შემთხვევაში მოგვიხდება გატარებული ხაზების შემოწმება და უფარვისების შესწორება, ე. ი. ხელახლა გატარება.

ამის შემდეგ კიპრეგელის ვერტიკალური წრედით ზომავენ დახრის კუთხეებს ყველა დასაყრდენი პუნქტებისათვის. ამისათვის, როგორც ვიცით (იხ. § 73, 74), ჭოგრს თანმიყოლებით დაუმიზნებენ დასაყრდენ *B*, *C*, *D*... პუნქტებზე (ნახ. 319) დამაგრებული სარების ზედა ბოლოებს და ვერტიკალურ წრედზე აიღებენ ანათვლებს, ხოლო ყოველი ანათვლის აღების წინ ვერტიკალური წრედის თარაზო მიკროხრანით მოჰყავთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში. წრედზე აღებული ანათვლები იწერება ჟურნალის (30-ე ცხრილის) მე-3 სვეტში. როგორც ამ ჟურნალიდან ჩანს, მარჯვენა (*R*) წრედზე ანათვლები მიღებულია *B* პუნქტისათვის $358^{\circ}40'$, *C* პუნქტისათვის $5^{\circ}35'$ და ასე შემდეგ.

ამის შემდეგ ჭოგრს გადაიყვანენ ზენიტზე, ხელახლა დაუმიზნებენ *B*, *C*, *D*... პუნქტებს და აიღებენ ანათვლებს უკვე მარცხენა (*L*) წრედზე. როგორც ჟურნალის მე-4 სვეტიდან ჩანს, ეს ანათვლები *B* პუნქტისათვის არის $1^{\circ}10'$, ხოლო *C* პუნქტისათვის $354^{\circ}15'$.

აღნიშნული ანათვლების (*R* და *L*) აღების შემდეგ განსაზღვრავენ ნულადგლის ყოველი დასაყრდენი *B*, *C*, *D*... წერტილისათვის. ჩვენს შემთხვევაში *B* წერტილისათვის ნულადგილი იქნება:

$$B. a. = \frac{R+L}{2} = \frac{358^{\circ}40' + (1^{\circ}10' + 360^{\circ})}{2} = 359^{\circ}55'.$$

მცირე ანათვალს, ე. ი. $1^{\circ}10'$ -ს წინასწარ უმატებენ 360° -ს (ახსნა იხ. § 73-ში).

C პუნქტისათვის ნულადგილი უდრის:

$$C. a. = \frac{R+L}{2} = \frac{(5^{\circ}35' + 360^{\circ}) + 354^{\circ}15'}{2} = 359^{\circ}55'.$$

ასე მიიღება ნულადგილები დანარჩენი პუნქტებისათვის და იწერება ჟურნალის მე-5 სვეტში. ყველა პუნქტისათვის უნდა მივიღოთ ნულადგლის ერთი და იგივე მნიშვნელობა. ეს იმის მაჩვენებელია, რომ ჭოგრის დამიზნებისას, ვერტიკალურ წრედზე ანათვლები სწორად ყოფილა აღებული. მაშასადამე, დახრის კუთხეები და თვით სიმაღლეებიც სწორად იქნება განსაზღვრული. ეს მეტისმეტად საჭიროა დასაყრდენი პუნქტებისათვის, რომლებთან დაკავშირებით განისაზღვრება ამ პუნქტების გარშემო მდებარე რელიეფის მახასიათებელი წერტილების სიმაღლეები. მახასიათებელი წერტილებისათვის დახრის კუთხეები იზომება ერთი წრედით (მარჯვე-

ნათი ან მარცხენათი), რადგანაც ამ წერტილების სიმაღლეებში დაშვებული ცდომილება არ გადაეცემა სხვა მახასიათებელ წერტილებს.

თუ რომელიმე სადგურზე მუშაობისას გეომეტრიული ქსელის პუნქტებისათვის მივიღეთ სხვადასხვა სიდიდის ნულადგილი, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ ვერტიკალური წრედი ან მასზე მოთავსებული თარაზო განიცდის რყევადობას და საჭიროა სათანადო ხრახნების მოჭერა ან კიპრეგელის გადაცემა შესაკეთებლად.

აქვე უნდა ითქვას, რომ არაა საველდებულო სხვადასხვა სადგურზე ნულადგილი იყოს ერთი და იგივე. აქ მთავარი ის არის, რომ ყოველ ცალკე სადგურზე სხვადასხვა დასაყრდენი პუნქტებისათვის განსაზღვრული ნულადგილი მივიღოთ ერთი და იგივე (ვერნიერის გაორკეცებული სიზუსტის ფარგლებში).

ნულადგილების განსაზღვრის შემდეგ განისაზღვრება დახრის კუთხეები $B, C, D \dots$ დასაყრდენი პუნქტებისათვის ქვემოთმოყვანილი ფორმულით:

$$\alpha = R - 6. \text{ ა. მარჯვენა წრედისათვის,}$$

$$\alpha = 6. \text{ ა. } -L \text{ მარცხენა წრედისათვის.}$$

ჩვენს შემთხვევაში დახრის კუთხე B წერტილისათვის, განსაზღვრული მარჯვენა წრედის ფორმულით, ტოლია:

$$\alpha = R - 6. \text{ ა. } = 358^{\circ}40' - 359^{\circ}55' = -1^{\circ}15'.$$

განსაზღვრული მარცხენა წრედის ფორმულით ტოლია:

$$\alpha = 6. \text{ ა. } -L = 359^{\circ}55' - (1^{\circ}10' + 360^{\circ}) = -1^{\circ}15'.$$

მივიღეთ იგივე, რაც ზემოთ.

შეიძლება აგრეთვე დახრის კუთხის განსაზღვრა ფორმულით:

$$\alpha = \frac{R - L}{2} = \frac{358^{\circ}40' - (1^{\circ}10' + 360^{\circ})}{2} = -1^{\circ}15'.$$

C წერტილისათვის დახრის α კუთხე ტოლია:

$$\alpha = R - 6. \text{ ა. } = 5^{\circ}35' + 360^{\circ} - 359^{\circ}55' = +5^{\circ}40',$$

$$\alpha = 6. \text{ ა. } -L = 359^{\circ}55' - 354^{\circ}15' = +5^{\circ}40'.$$

D წერტილისათვის დახრის α კუთხე ტოლია:

$$\alpha = R - 6. \text{ ა. } = 8^{\circ}21' + 360^{\circ} - 359^{\circ}57' = +8^{\circ}24',$$

$$\alpha = 6. \text{ ა. } -L = 359^{\circ}57' - 351^{\circ}33' = +8^{\circ}24'.$$

აღნიშნული დახრის α კუთხეები იწერება 30-ე ცხრილის მე-6 სვეტში.

ამის შემდეგ ბაფთით ორჯერ ზომევენ AB ბაზისის სიგრძეს და მათ საშუალოს (თუ ცდომილება დასაშვებია) წერენ ჟურნალის მე-7 სვეტში.

თუ ბაზისს აქვს დახრილობა (2° -ზე მეტი), გამოთვლიან მის ჰორიზონტალურ პროექციას.

ჩვენს შემთხვევაში AB ბაზისის სიგრძე უდრის 186,21 მეტრს. ამ სიგრძეს გეგმის მასშტაბში ფარგლით გადაზომევენ პლანშეტზე დანიშნულს დგომის a წერტილიდან ab მიმართულებით და პლანშეტზე მიიღებენ b წერტილს (ნახ. 320), რომელიც შეესაბამება ადგილის B პუნქტს (ნახ. 319). შემდეგ მენზულით გადადიან ადგილის B წერტილში, სადაც ჯერ დაახლოებით (თვალდათვალ) მოახდენენ პლანშეტის ორიენტირებას და დაცენტრავენ მას ორთითათი (თუ აგეგმვის მასშტაბი მოითხოვს). პლანშეტს მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და უკვე ზუსტად მოახდენს მის ორიენტირებას არა ბუსოლით, არამედ ba ხაზით (ნახ. 320), რისთვისაც კიპრეგელის დაცერებულ გვერდს მიადებენ ba ხაზს (მის გაგრძელებას, გატარებულს ჩარჩოს გარეთ) და პლანშეტის ტრიალით (მენზულის ბრუნვითი ღერძის გარშემო) ჭოგრს დაუმიზნებენ A პუნქტზე დაყენებულ სარს. ჯერ დაუმიზნებენ მიახლოებით და როდესაც ჭოგრის მხედველობის არეში გამოჩნდება სარი, პლანშეტს ჩაეკტავენ მისი დასამაგრებელი ხრახნით. შემდეგ, უკვე მიკროხრახნით, ჭოგოს ზუსტად დაუმიზნებენ B სარს. ამ შემთხვევაში პლანშეტზე იქნება ზუსტად ორიენტირებული, ე. ი. პლანშეტზე გატარებული ხაზები პარალელური იქნება ადგილის შესაბამისი ხაზებისა.

პლანშეტის ორიენტირების შემდეგ კიპრეგელის სახაზავს მიადებენ დგომის b წერტილს და მის გარშემო ტრიალით ჭოგრს თანამიმდევრობით დაუმიზნებენ ადგილის $C, D, E, K, N \dots$ პუნქტებს (იმ პუნქტებს, რომლებიც მოჩანს B წერტილიდან) და სახაზავით გაატარებენ ხაზებს (მათ გაგრძელებას ატარებენ ჩარჩოს გარეთ). აღნიშნული $bc, bd, bm \dots$ ხაზები გადაკვეთს a წერტილიდან გატარებულ $ac, ad, am \dots$ ხაზებს $c, d, m \dots$ წერტილებში (ნახ. 320), რომლებიც შეესაბამება ადგილის $C, D, M \dots$ პუნქტებს (ნახ. 319).

შემოგანაილული წესით (მარჯვენა და მარცხენა წრედით) იზომება დახრის α კუთხეები ყველა იმ პუნქტისათვის, რომლებიც მოჩანს დგომის B პუნქტიდან.

შემდეგ მენზულით გადადიან რომელიმე პუნქტზე, მაგალითად C -ზე (ნახ. 319), სადაც ჯერ დაახლოებით (თვალდათვალ) მოახდენენ პლანშეტის ორიენტირებას, დაცენტრავენ მას და მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. შემდეგ კი ზუსტად მოახდენენ პლანშეტის ორიენტირებას ca ან cb ხაზით (ნახ. 320). ამისათვის, როგორც ვიცით, კიპრეგელის

სახაზავს მიაღებენ უფრო გრძელ *eb* ხაზს და პლანშეტის ტრიალით (მიკროხრაზნით) ჭოგრის ზუსტად დაუმზენებენ *B* პუნქტზე დამაგრებულ სარს. მაშინ პლანშეტი ორიენტირებული იქნება. კიპრეგელის სახაზავს მიაღებენ *ea* ხაზს და ჭოგრის მზერით არკვევენ, დამზერის ღერძი მიმართულია თუ არა ადგილის *A* პუნქტისაკენ. თუ მიმართულია, ეს იმას ნიშნავს, რომ დგომის *e* პუნქტი ზუსტად არის განსაზღვრული და ამ პუნქტს საბოლოოდ დანიშნავენ პლანშეტზე ნემსის წვერით (დარჩეულვით).

წინააღმდეგ შემთხვევაში, ე. ი. თუ ჭოგრის ღერძი არ გადის *A* წერტილში და გადახრა (შეცდომა) მეტია, ვიდრე მასშტაბის სიზუსტე, მაშინ საჭირო იქნება *C* პუნქტის ხელახლა განსაზღვრა *A* და *B* პუნქტებიდან.

C პუნქტის შემოწმების შემდეგ შეგვიძლია შევამოწმოთ ქსელის ის პუნქტები, რომლებიც კარგად მოჩანს *C* პუნქტიდან. მაგალითად, რომ შევამოწმოთ *D* პუნქტის (ნახ. 320) მდებარეობა პლანშეტზე სწორადაა განსაზღვრული თუ არა, კიპრეგელის სახაზავს მივადებთ *cd* ხაზს და, ჭოგრის ღერძი თუ მიმართულია *D* სარისაკენ, მაშინ *D* პუნქტი ზუსტად ყოფილა განსაზღვრული პლანშეტზე. მაშასადამე, შეიძლება დანიშვნა ნემსის წვერით. წინააღმდეგ შემთხვევაში ჭოგრის ზუსტად დაუმზენებენ *D* სარს და სახაზავით გაატარებენ *cd* ხაზს. შემდეგ ამ მიმართულებას გადაკვეთენ ქსელის სხვა მოხერხებული პუნქტიდან. ამავე წესით შეგვიძლია *C* პუნქტიდან შევამოწმოთ დანარჩენი პუნქტები.

გარდა ამისა, თუ *C* პუნქტიდან გამოჩნდა რომელიმე ახალი პუნქტები, მაგალითად *Q* პუნქტი (ნახ. 319), მაშინ *C* პუნქტიდან კიპრეგელის სახაზავით პლანშეტზე გაატარებენ ხაზს ამ ახალი *Q* პუნქტისაკენ და ამ მიმართულებას შემდეგ გადაკვეთენ სხვა მოხერხებული პუნქტიდან, მაგალითად, *D* პუნქტიდან.

ყოველივე ამის შემდეგ *C* პუნქტიდან იზომება დახრის კუთხეები (მარჯვენა და მარცხენა წრედით) ყველა იმ პუნქტებისათვის, რომლებიც მოჩანს *C* პუნქტიდან.

ამავე წესით აწარმოებენ მუშაობას (პუნქტების შემოწმებას, ახლის განსაზღვრას და დახრის კუთხეების გაზომვას) ქსელის დანარჩენი პუნქტებზე.

ყოველ პუნქტზე დგომისას გამოთვლიან სიმაღლეთა სხვაობებს დგომის პუნქტსა და მის გარშემო მდებარე პუნქტებს შორის. აღნიშნული სიმაღლეთა სხვაობები განისაზღვრება § 151-ში მოყვანილი ფორმულით:

$$h = Dtg\alpha + f + i - v. \quad (1)$$

დგომის წერტილები	ანათელები, ვერტი- კალსურ წრედზე		სიმაღლე	მნიშვნელობა D	სიმაღლე h=D _წ	სიმაღლე H	სარის სიგრძეები, ქსელის პუნქტებზე: A-ზე 2,6 მ B-ზე 2,7 მ C-ზე 2,85 მ D-ზე 2,65 მ		
	R	L							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A i=1,30 მ	B	358°40'	1°10'	359°55'	-1°15'	186,21	-4,26		
	C	5°35'	354°15'	359°55'	+5°40'	158,40	+15,68		
	D	8°21'	351°33'	359°57'	+8°24'				
	M								
	P								
B i=1,45 მ	A	1°15'	358°41'	359°58'	+1°17'	186,21	+4,32		
	C	3°58'	356°48'	359°58'	+3°10'	300,05	+16,59		
	D								
	E								
	K								
P									

თუ დახრის კუთხე α უარყოფითია, მაშინ $Dtg\alpha$ წვერს ექნება უარყოფითი ნიშანი. ფორმულაში შემავალი წვერი i არის იარაღის სიმაღლე დგომის წერტილში (მიწის ზედაპირიდან კიბრეგელის ვერტიკალური წრედის ცენტრამდე). როგორც ჟურნალიდან (30-ე ცხრილიდან) ჩანს, A წერტილში $i=1,30$ მ, ხოლო B წერტილში $i=1,45$ მ. ფორმულაში შემავალი წვერი v არის ქსელის პუნქტებზე დაყენებული სარების სიგრძე. როგორც ჟურნალის მე-10 სვეტიდან ჩანს, სარის სიგრძე B პუნქტზე არის 2,7 მ, C -ზე—2,85 მ, D -ზე—2,65 მ.

თუ ჭოგრის დაფუძნება არა სარების ზედა ბოლოებს, არამედ იარაღის სიმაღლეზე ($i=v$), მაშინ (1) ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$h = Dtg\alpha + f. \quad (2)$$

ჩვენს შემთხვევაში ჟურნალის მე-8 სვეტში მოყვანილი სიმაღლეთა სხვაობა ($-4,26; +15,68...$) განსაზღვრულია (2) ფორმულით, D მანძილებისა და დახრის α კუთხეების მიხედვით (არსებული ცხრილების გამოყენებით).

(1) ფორმულაში შემავალი წვერი f , რომელიც წარმოადგენს დე-დამიწის სფერული სახის და რეფრაქციის გავლენას, არ მიიღება მხედველობაში, თუ ქსელის პუნქტებს შორის მანძილი არ აღემატება 300 მეტრს. ამ მანძილისათვის f ტოლია 1 სანტიმეტრისა, 550 მეტრისათვის — 2 სანტიმეტრისა, 675 მეტრისათვის — 3 სანტიმეტრისა და ა. შ., ე. ი. უმნიშვნელო სიდიდეა.

სიმაღლეთა სხვაობების შემოწმების მიზნით ყოველი ორი მეზობელი წერტილისათვის სიმაღლეთა სხვაობას გამოთვლიან ორჯერ—პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით. ჩვენს შემთხვევაში, როგორც ჟურნალის მე-8 სვეტიდან ჩანს, A პუნქტიდან განსაზღვრული A და B წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა უდრის 4,26 მეტრს უარყოფითი ნიშნით, ხოლო B პუნქტიდან განსაზღვრული უდრის 4,32 მეტრს დადებითი ნიშნით. მათ შორის სხვაობა, რომელიც წარმოადგენს Δ ცდომილებას, არ უნდა აღემატებოდეს ინსტრუქციაში მოყვანილ სიდიდეს (იხ. § 155).

საბოლოოდ იღებენ მეზობელი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობების საშუალო არითმეტიკულს (4,29 მ), რომელიც იწერება გეომეტრიული ქსელის სქემაზე (ნახ. 321) და ამ სქემაზე ჩაწერილ სიმაღლეთა სხვაობების მიხედვით განსაზღვრავენ გეომეტრიული ქსელის პუნქტების აბსოლუტურ ან პირობით სიმაღლეებს.

§ 169. გეომეტრიული ქსელის კონსტრუქციის სიმაღლეების განსაზღვრა

როგორც წინა პარაგრაფში აღნიშნული, გეომეტრიული ქსელის ყოველი ორი მეზობელი პუნქტისათვის სიმაღლეთა სხვაობა განისაზღვრება ორჯერ—პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით, თუ ცდომილება დასაშვებია ($\Delta \leq 4 \cdot K$ სმ.), იღებენ მათ საშუალო მნიშვნელობას. ნახ. 321-ზე ქსელის მეზობელი პუნქტების საშუალო სიმაღლეთა სხვაობები აღნიშნულია h ასოებით, სათანადო წარწერებით ($h_{1,2}; h_{1,3}; h_{1,4}...$). იმ მიზნით, რომ გავიგოთ, თუ რა ცდომილებაა დაშვებული მთელი გეომეტრიული ქსელის სიმაღლეთა სხვაობებში და აგრეთვე განვსაზღვროთ ქსელის პუნქტების აბსოლუტური (ან პირობითი) სიმაღლეები, გიქცევით ასე: ქსელიდან გამოვყოფთ II, III, IV, V, VI, VII, II პოლიგონს, რომლის შიგნით მდებარეობს I პუნქტი (ბაზისის ერთი ბოლო) და ამ პუნქტის სიმაღლესთან დაკავშირებით განვსაზღვრავეთ პოლიგონის წვეროების სიმაღლეებს. I პუნქტის სიმაღლე შეგვიძლია ნებისმიერი ავიღოთ, თუ არაა ცნობილი მისი აბსოლუტური სიმაღლე. აღვნიშნოთ I პუნქტის სიმაღლე H_1 ასოთი, მაშინ, როგორც 321-ე ნახაზიდან ჩანს, II პუნქტის სიმაღლე იქნება:

$$H_2 = H_1 + h_{1,2}.$$

ცხადია, სიმაღლეთა სხვაობა $h_{1,2}$ -ს ავიღებთ თავისი ნიშნით.

ამის შემდეგ განვსაზღვრავეთ III პუნქტის სიმაღლეს როგორც I პუნქტიდან, ისე II პუნქტიდან.

I პუნქტის მიხედვით III პუნქტის სიმაღლე H_3 იქნება:

$$H_3 = H_1 + h_{1,3},$$

ხოლო II პუნქტის მიხედვით იქნება:

$$H_3 = H_2 + h_{2,3}.$$

უნდა მივიღოთ იგივე, რაც I პუნქტიდან. ცდომილება Δ დასაშვებია, თუ არ აღემატება ინსტრუქციაში მოყვანილ სიდიდეს (იხ. § 155).

თუ ცდომილება დასაშვებია, III პუნქტისათვის იღებენ განსაზღვრული სიმაღლეების საშუალო მნიშვნელობას.

შემდეგ განსაზღვრავენ IV პუნქტის სიმაღლე H_4 -ს, როგორც I ისე III პუნქტიდან და IV პუნქტისათვის მიიღებენ სიმაღლის ორ მნიშვნელობას. საბოლოოდ ღებულობენ საშუალო H_4 მნიშვნელობას, თუ ცდომილება დასაშვებია.

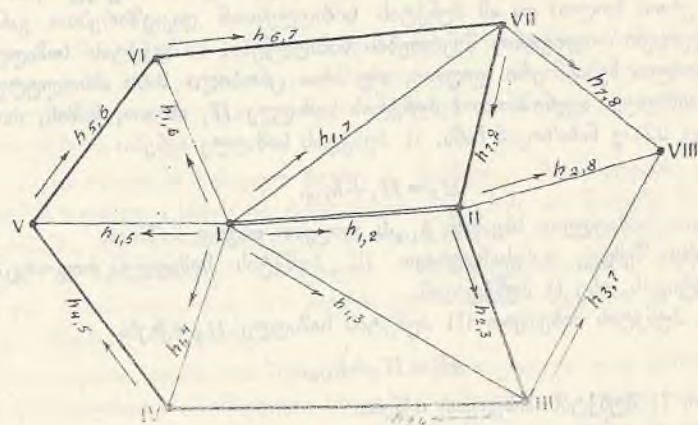
ამავე წესით განისაზღვრება პოლიგონის დანარჩენი V, VI და VII წვეროების საშუალო სიმაღლეები I პუნქტის სიმაღლისა და პოლიგონის სათანადო წვეროს საშუალო სიმაღლის მიხედვით.

დასასრულს განისაზღვრება II პუნქტის სიმაღლე პოლიგონის VII პუნქტის საშუალო H_7 სიმაღლის მიხედვით:

$$H_2 = H_7 + h_{7,2}$$

ამრიგად, II პუნქტისათვის გვექნება I პუნქტიდან და VII პუნქტიდან მიღებული სიმაღლის ორი მნიშვნელობა. მათ შორის სხვაობა წარმოადგენს ცდომილებას, რომელიც მიეკუთვნება მთელ II, III, IV, V, VI, VII პოლიგონს (ნახ. 321). ეს ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს ინსტრუმენტიში მოყვანილ სიდიდეს (იხ. § 155).

თუ ცდომილება დასაშვებია, მას ანაწილებენ პოლიგონის წვეროების სიმაღლეთა სხვაობებზე ($h_{2,3}$; $h_{3,4}$; $h_{4,5}$... $h_{7,2}$) პოლიგონის გვერდების სიგრძეების პროპორციულად და მიიღებენ აღნიშნულ სიმაღ-



ნახ. 321.

ლეთა სხვაობების შესწორებულ მნიშვნელობებს. ამ შესწორებულ სიმაღლეთა სხვაობების მიხედვით გამოთვლიან პოლიგონის წვეროების შესწორებულ სიმაღლეებს I პუნქტის ცნობილ H_1 სიმაღლესთან დაკავშირებით.

321-ე ნახაზზე ნაჩვენებია VIII პუნქტის სიმაღლე H_8 განისაზღვრება VII, II და III პუნქტების შესწორებული სიმაღლეებისა და $h_{7,8}$; $h_{2,8}$ და $h_{3,8}$ სიმაღლეთა სხვაობის მიხედვით. საბოლოოდ VIII პუნქტისათვის აიღებენ განსაზღვრული სიმაღლეების საშუალო არითმეტიკულს.

ამით დამთავრდება გეომეტრიული ქსელის პუნქტების სიმაღლეების განსაზღვრა, ე. ი. მენზულური აგეგმვის ვერტიკალური (სიმაღლეების) საფუძვლის შექმნა.

§ 170. დამატებითი პუნქტების განსაზღვრა პლანშეტზე გადაკვეთის მეთოდით

გეომეტრიული ქსელის პუნქტების რაოდენობა საერთოდ არაა საკმარისი, რომ ამ პუნქტებზე მენზულური დგომით შეიძლებოდეს მთელი საჭირო ტერიტორიის აგეგმვა. ამის გამო ტერიტორიის ამა თუ იმ ნაწილის აგეგმვის პროცესში საჭირო ხდება დამატებითი პუნქტების განსაზღვრა პლანშეტზე და ამ პუნქტებიდან აგეგმვის წარმოება.

აღნიშნული დამატებითი პუნქტების განსაზღვრა შეიძლება გადამკვეთის მეთოდით და აგრეთვე პოტენციის ამოცანის ამოხსნით. ამ პარაგრაფში განხილულია პირველი მეთოდი.

ვთქვათ, ასაგეგმავი ტერიტორიის რომელიმე ნაწილის აგეგმვის მიზნით, გარდა გეომეტრიული ქსელის $A, B, C...$ პუნქტებისა (ნახ. 322), საჭიროა ადგილზე დანიშნული M წერტილის მდებარეობის განსაზღვრა პლანშეტზე და აგრეთვე ამ წერტილის სიმაღლის განსაზღვრა.

ამისათვის მენზულური, რომლის პლანშეტზე § 168-ში განხილული მეთოდით დალაგებულია გეომეტრიული ქსელის $a, b, c...$ პუნქტები (ნახ. 323), ვდგებით ქსელის A პუნქტზე, საიდანაც კარგად ჩანს M წერტილი; დაახლოებით მოვახდენთ პლანშეტის ორიენტირებას ab ხაზით, დავცენტრავთ მენზულას ორთითადი (თუ აგეგმვის მასშტაბი მოითხოვს) და პლანშეტს მოვიყვანთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში.

კიპრეგელის სახაზავს მივადებთ პლანშეტზე დანიშნულ a და b წერტილებს, რომლებიც შეესაბამება ქსელის A და B პუნქტებს, და პლანშეტის ტრიალით ჭოგრის დაფუძინებით ქსელის B პუნქტს. ამ შემთხვევაში პლანშეტი ზუსტად იქნება ორიენტირებული. კიპრეგელის სახაზავს მივადებთ დგომის a წერტილს, ჭოგრის დაფუძინებით M წერტილს და სახაზავით გავატარებთ (ფანქრით) $a-k$ ხაზს (ნახ. 323). ამის შემდეგ ინსტრუმენტით გადავდივართ საძიებელ M წერტილში, სადაც მიახლოებით ვახდენთ პლანშეტის ორიენტირებას $k-a$ ხაზით, აგრეთვე მიახლოებით დავცენტრავთ მენზულას და პლანშეტს მოვიყვანთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში, კიპრეგელის სახაზავს მივადებთ პლანშეტზე გატარებულ $k-a$ ხაზს,

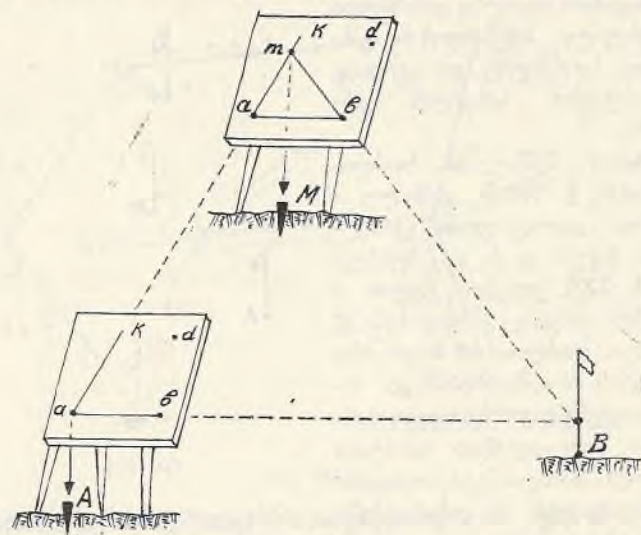


ნახ. 322.

პლანშეტის ტრიალით ჭოგრის დაუმიზნებთ ადგილის A პუნქტს და პლანშეტს დავამაგრებთ. ამ შემთხვევაში პლანშეტი ორიენტირებული იქნება. მაშასადამე, თუ ჭოგრის ისე დაუმიზნებთ ადგილის B პუნქტზე დაყვანილ სარს, რომ კიპრეგელის სახაზავი ეხებოდეს პლანშეტზე დანიშნულ b წერტილს და სახაზავით გავატარებთ ხაზს, ეს ხაზი გადაკვეთს $a-k$ ხაზს m წერტილში (ნახ. 323), რომელიც შეესაბამება ადგილზე დანიშნულ საძიებელ M წერტილს.

თუ აგვემგის მასშტაბი მსხვილია, ორთითათი უნდა შევამოწმოთ, მიღებული m წერტილი პლანშეტზე და მისი შესაბამისი წერტილი M ადგილზე მდებარეობენ თუ არა შვეულ ხაზზე.

თუ არ მდებარეობენ, მაშინ ორთითათი მოვახდენთ პლანშეტის დაცენტრებას ისე, რომ m და M წერტილები იყვნენ ერთ შვეულ ხაზზე.



ნახ. 323.

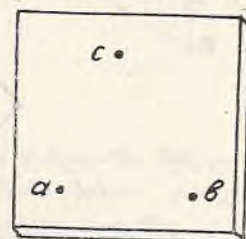
ზე. ამ შემთხვევაში დაირღვევა პლანშეტის ორიენტირება და საჭირო იქნება მისი ხელახლა მოყვანა პორიზონტალურ მდგომარეობაში და ორიენტირება ma ხაზით. ამის შემდეგ ჭოგრის ხელახლა დაუმიზნებენ ადგილის B პუნქტს, ისე რომ კიპრეგელის სახაზავი ეხებოდეს პლანშეტის b წერტილს. თუ ახლა კიპრეგელის სახაზავით გავატარებთ ხაზს, ეს ხაზი გადაკვეთს ak ხაზს ახალ წერტილში, რომელიც უკვე იქნება საძიებელი m წერტილის სწორი მდებარეობა.

საძიებელი M წერტილის სიმაღლის მისაღებად ამ წერტილიდან კიპრეგელის ვერტიკალური წრედით იზომება დახრის კუთხეები ქსელის A და B პუნქტებისათვის. აგრეთვე გრაფიკულად, აგვემგის მასშტაბის მიხედვით ღებულობენ D_1 და D_2 მანძილებს პლანშეტის m წერტილიდან a და b წერტილებამდე. აღნიშნული დახრის კუთხეებისა და ამ მანძილების მიხედვით არსებულ ცხრილებში პოულობენ $M-A$ და $M-B$ პუნქტების h_1 და h_2 სიმაღლეთა სხვაობებს ($Dtga$). ქსელის A და B პუნქტების სიმაღლეები ცნობილია. მაშასადამე, ამ სიმაღლეებისა და h_1 და h_2 სიმაღლეთა სხვაობების მიხედვით განისაზღვრება საძიებელი M წერტილის სიმაღლის ორი მნიშვნელობა, საბოლოოდ იღებენ ამ სიმაღლეების საშუალო მნიშვნელობას, თუ ცდომილება დასაშვებია (იხ. § 155). განხილულ მეთოდებს ეწოდება შებენებული გადაკვეთის მეთოდი.

წერტილის განსაზღვრა შეიძლება აგრეთვე პირდაპირი გადაკვეთის მეთოდით, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში: მენზულით დგებიან ჯერ A წერტილში (ნახ. 323), შემდეგ B -ში და ორივე შემთხვევაში პლანშეტის ორიენტირების შემდეგ, ჭოგრის დაუმიზნებენ საძიებელ M წერტილს და პლანშეტზე სახაზავით გაატარებენ ხაზებს, რომელთა გადაკვეთაში იქნება საძიებელი M წერტილი.

§ 171. პოტანოვის ამოცანა — სამი წერტილის საშუალებით მეოთხე წერტილის განსაზღვრა პლანშეტზე (ამ მეოთხე წერტილზე ღვრივით)

ვთქვათ, გეომეტრიული ქსელის შედგენით (§ 168) ან სხვა მეთოდით პლანშეტზე მიღებულია სამი წერტილი a , b და c (ნახ. 324), რომლებსაც შეესაბამება ადგილის A , B და C წერტილები (ნახ. 325). საჭიროა ადგილზე დანიშნულ M წერტილის მდებარეობის განსაზღვრა პლანშეტზე, მენზულით და კიპრეგელით ამ წერტილზე ღვრივით.

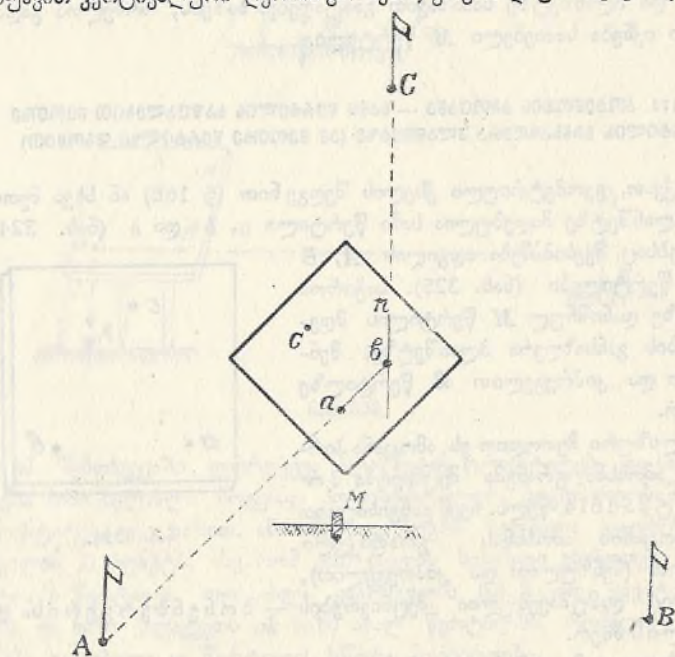


ნახ. 324.

ანალოზური მეთოდით ეს ამოცანა პირველად ამოხსნა ფრანგმა მეცნიერმა პოტენოტმა 1614 წელს. ჩვენ განვიხილავთ ამ ამოცანის ამოხსნას გრაფიკული მეთოდით (მენზულით და კიპრეგელით), რომელიც დამუშავებულია მეცნიერების — ბონენბერგერისა და ბესელის მიერ.

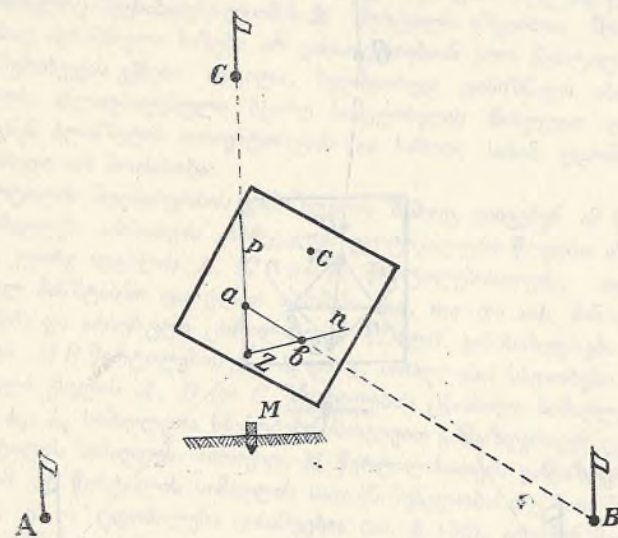
ეს მეთოდი მდგომარეობს შემდეგში:

მენზულით დგებიან საძიებელ M წერტილზე და წინასწარ არჩევენ მარჯვენა, მარცხენა და საშუალო წერტილის დგომის M წერტილის მიმართ (ჩვენს შემთხვევაში ადგილზე დანიშნული C წერტილი (ნახ. 325) მივიჩნიოთ როგორც შუა წერტილი. მაშინ B წერტილი იქნება მარჯვენა წერტილი, ხოლო A წერტილი—მარცხენა წერტილი). პლანშეტს მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და კიპრეგელის სახაზავს მიადებენ პლანშეტზე დანიშნულ მარცხენა a და მარჯვენა b წერტილებს (ნახ. 326) ისე, რომ ჭოგრის ობიექტივი მოექცეს მარცხენა წერტილისაკენ. შემდეგ პლანშეტის ტრიალით (მენზულის ბრუნვით ვერტიკალური დერძის გარშემო) ჭოგრის დაუმიზნებენ ადგილის



ნახ. 325.

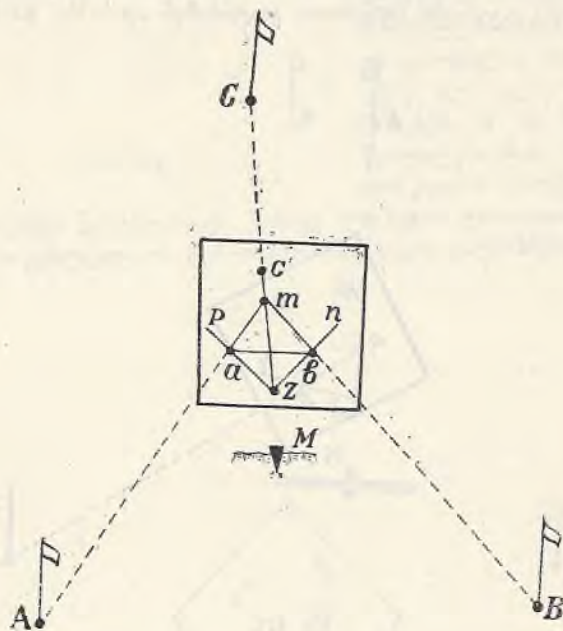
მარცხენა A წერტილში დაყენებულ სარს და პლანშეტს ჩაქეტავენ მენზულის დასამაგრებელი ხრახნით. კიპრეგელის სახაზავს მიადებენ მარჯვენა b წერტილს, ჭოგრის დაუმიზნებენ ადგილის შუა C წერტილზე დაყენებულ სარს და სახაზავით (ფანქრით) გაატარებენ cm ხაზს (ნახ. 326). ამის შემდეგ კიპრეგელის სახაზავს მიადებენ პლანშეტის მარჯვენა b და მარცხენა a წერტილებს (ნახ. 327) ისე, რომ ჭოგრის ობიექტივი მოექცეს მარჯვენა b წერტილისაკენ. პლანშეტის ტრიალით ჭოგრის დაუმიზნებენ ადგილის მარჯვენა B წერტილში დაყენებულ სარს და პლანშეტს ჩაქეტავენ. სახაზავს მიადებენ მარცხენა a წერტილს, ჭოგრის დაუმიზნებენ ადგილის შუა C წერტილში დაყენებულ სარს და სახაზავის გვერდით (ფანქრით) გაატარებენ ap ხაზს. ეს ხაზი გა-



ნახ. 326.

დაკეთოს პლანშეტზე გატარებულ nb ხაზს x წერტილში. შემდეგ x და c წერტილებს (ნახ. 328) შეაერთებენ სწორი ხაზით, კიპრეგელის სახაზავს მიადებენ xc ხაზს ისე, რომ ობიექტივი იყოს შუა C წერტილისაკენ მიმართული. პლანშეტის ტრიალით ჭოგრის დაუმიზნებენ C წერტილში დაყენებულ სარს და პლანშეტს დაამაგრებენ (ნახ. 328). ამ შემთხვევაში პლანშეტი ორიენტირებული იქნება. შემდეგ სახაზავს მიადებენ მარცხენა a წერტილს, ჭოგრის დაუმიზნებენ ადგილის მარცხენა A წერტილს და სახაზავით

გატარებენ ხაზს, რომელიც გადაკვეთს xc ხაზს m წერტილში. m წერტილი შეესაბამება დგომის M წერტილს. მუშაობის შემოწმების მიზნით კიპრეგელის სახაზავს მიაღებენ მარჯვენა b წერტილს, ჭოგრის დაუმიზნებენ ადგილის მარჯვენა B წერტილს და სახაზავით გაატარებენ ხაზს, რომელმაც უნდა გადაკვეთოს xc ხაზი იმავე m წერტილში. ეს იმის მაჩვენებელია, რომ მუშაობა სწორად ყოფილა წარმოებული. თუ მუშაობის პროცესში ჭოგრის დამიზნება ადგილის წერტილებისაკენ ზუსტად არ იყო წარმოებული, მაშინ აღნიშნული ხაზები (aA და bB) არ გადაიკვეთებიან ერთ m წერტილში და მივიღებთ ეგრეთ წო-



ნახ. 328.

ლებულ ცდომილების სამკუთხედს. თვით საძიებელი m წერტილი იქნება ამ სამკუთხედის შიგნით. ეს იმ შემთხვევაში, როდესაც ადგილის M წერტილიც მდებარეობს ABC სამკუთხედის შიგნით.

თუ M წერტილი არ მდებარეობს ადგილის ABC სამკუთხედის შიგნით, მაშინ m წერტილიც არ იქნება ცდომილების სამკუთხედის შიგნით და ამ წერტილს დაახლოებით დანიშნავენ ისე, რომ მისგან

მანძილები ცდომილების სამკუთხედის გვერდებამდე დაახლოებით იყოს პროპორციული მანძილებისა დგომის M წერტილიდან ადგილის A , C და B წერტილებამდე (იხ. § 172).

ასეთი წესით ახალი m_1 წერტილის დანიშნის შემდეგ კიპრეგელის სახაზავს მიაღებენ დანიშნულ m_1 და C წერტილებს. მენზულის მიკრობრახნით ჭოგრის ზუსტად დაეუმიზნებთ ადგილის შუა C წერტილზე დამაგრებულ სარს. ამ შემთხვევაში პლანშეტის ორიენტირება დაზუსტებული იქნება. მაშასადამე, თუ სახაზავს მივადებთ ჯერ მარცხენა a წერტილს, შემდეგ მარჯვენა b წერტილს და ორივე შემთხვევაში ჭოგრის დაუმიზნებთ ადგილის A და B წერტილებს და სახაზავით გაატარებთ ხაზებს, ეს ხაზები უკვე გადაიკვეთებიან ჩვენ მიერ დანიშნულ m_1 წერტილში, რომელიც შეესაბამება დგომის M წერტილს. იშვიათია შემთხვევა, როდესაც აღნიშნული ხაზები არ გადაიკვეთებიან ერთ წერტილში. თუ ასეთ შემთხვევას ექნება ადგილი, ხელშეორედ დანიშნავენ ახალ m წერტილს ახლადმიღებული მცირე სამკუთხედის მიხედვით და ისევ მოახდენენ პლანშეტის ორიენტირებას cx ხაზით, სანამ ცდომილების სამკუთხედი არ მოისპობა.

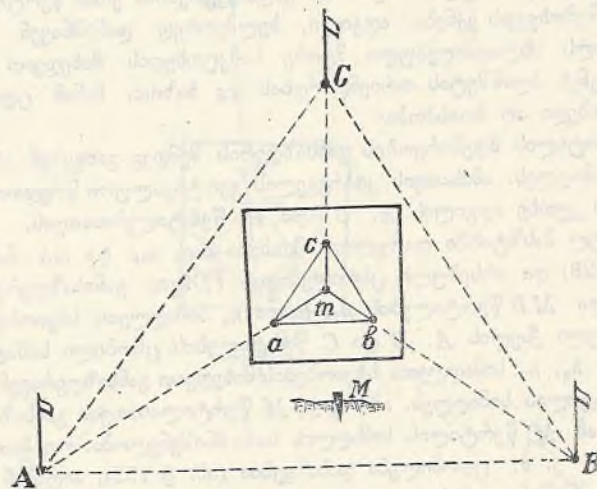
წერტილის მდებარეობის განსაზღვრის შემდეგ გაიგებენ ამ წერტილის სიმაღლეს. ამისათვის კიპრეგელის ვერტიკალური წრელით იზომება ღებრის კუთხე ადგილის A , C და B წერტილებისათვის, აგრეთვე მოცემულ მასშტაბში ფარგლით იზომება ma , mc და mb მანძილები. (ნახ. 328) და არსებული ცხრილებიდან ($Dtg\alpha$) განისაზღვრება MA , MC და MB წერტილების h_1 , h_2 და h_3 სიმაღლეთა სხვაობები. გეომეტრიული ქსელის A , B და C წერტილების ცნობილი სიმაღლეებისა და h_1 , h_2 , h_3 სიმაღლეთა სხვაობების მიხედვით განსაზღვრავენ დგომის M წერტილის სიმაღლეს. ამრიგად, M წერტილისათვის განსაზღვრული იქნება ამ M წერტილის სიმაღლის სამი მნიშვნელობა. თუ მათ შორის სხვაობა, ე. ი. ცდომილება დასაშვებია (იხ. § 155), აიღებენ მათ საშუალო მნიშვნელობას.

§ 172. პოტენომის ამოცანის ამოხსნა ლეჰანის მეთოდით

პოტენომის ამოცანის ამოხსნის მიზნით გერმანელმა მეცნიერმა ლეჰმანმა გამოიყენა შემდეგი დებულება: თუ დგომის M წერტილში (ნახ. 329) მენზულა ორიენტირებულია, ე. ი. პლანშეტი ისეა დაყენებული, რომ მასზე გატარებული ac , cb და ba ხაზები პარალელურია ადგილზე დანიშნული შესაბამისი (AC , CB და BA) მიმართულებებისა, მაშინ, თუ კიპრეგელით პლანშეტის a , b და c წერტილებიდან გავატარებთ Aa , Bb და Cc მიმართულებებს, აღნიშნული მიმართულებები გადაიკვეთებიან ერთ m წერტილში, რომელიც შეესაბამება დგომის M

წერტილს. ამ დებულების მიხედვით, ლემანის მეთოდით, საძიებელი წერტილის მდებარეობა პლანშეტზე განისაზღვრება ასეთი წესით:

მენზულით დგებიან საძიებელ M წერტილში და პლანშეტის პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ, მოახდენენ პლანშეტის ორიენტირებას ბუსოლით. ამისათვის ორიენტირ-ბუსოლის გვერდს წმიადებენ პლანშეტზე აგებული ჩარჩოს იმ გვერდს (ნახ. 329), რომელიც გამოსახავს მერიდიანის მიმართულებას, აუშვებენ მაგნიტურ ისარს და პლანშეტის ბრუნვით ისარს ისე დააყენებენ, რომ იგი დაემთხვეს ბუსოლის ნულოვან დიამეტრს. ამ შემთხვევაში პლანშეტი ორიენტირებული იქნება, ე. ი. პლანშეტის ac , cb და ab ხაზები ადგილის შესაბამისი AC , CB და AB მიმართულებების პარალელური იქნება. მაშასადამე, თანახმად ზემოთყვანილი დებულებისა, თუ პლან-



ნახ. 329.

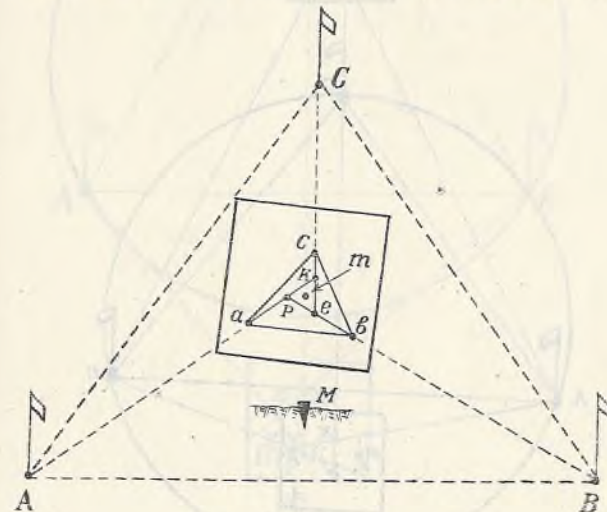
შეტის a წერტილიდან კიპრეგელს დაეუმოზნებთ ადგილის A წერტილს, შემდეგ პლანშეტის c წერტილიდან დაეუმოზნებთ ადგილის C წერტილს, ბოლოს პლანშეტის b წერტილიდან დაეუმოზნებთ ადგილის B წერტილს და კიპრეგელის სახაზავით გავატარებთ aA , cC და bB მიმართულებებს, აღნიშნული მიმართულებები უნდა გადაიკვეთონ ერთ M წერტილში (ნახ. 329), რომელიც შეესაბამება დგომის M წერტილს. სინამდვილეში კი, ვინაიდან პლანშეტის ორიენტირება ბუსოლით არ არის ზუსტი, ამიტომ აღნიშნული aA , cC და bB მიმართულებები

(ნახ. 330) არ გადაიკვეთებიან ერთ წერტილში და მივიღებთ ცდომილების pke სამკუთხედს.

ლემანმა წარმოადგინა დებულებანი, რომელთა მიხედვით შეიძლება ცდომილების pke სამკუთხედის საშუალებით დაინიშნოს საძიებელი m წერტილის სწორი მდებარეობა პლანშეტზე. აღნიშნული დებულებების არსი ასეთია:

I. თუ დგომის წერტილი M მდებარეობს ადგილის ABC სამკუთხედის შიგნით (ნახ. 330), მაშინ M წერტილის გამოსახულება m ცდომილების pke სამკუთხედის შიგნით იქნება.

II. თუ დგომის M წერტილი მდებარეობს ადგილის ABC სამკუთხედის გარეთ, მაგრამ A , B და C წერტილებში გამავალი წრის შიგნით (ნახ. 331—I), ან ამ წრის გარეთ, მაგრამ ჰრომელიმე წვერის



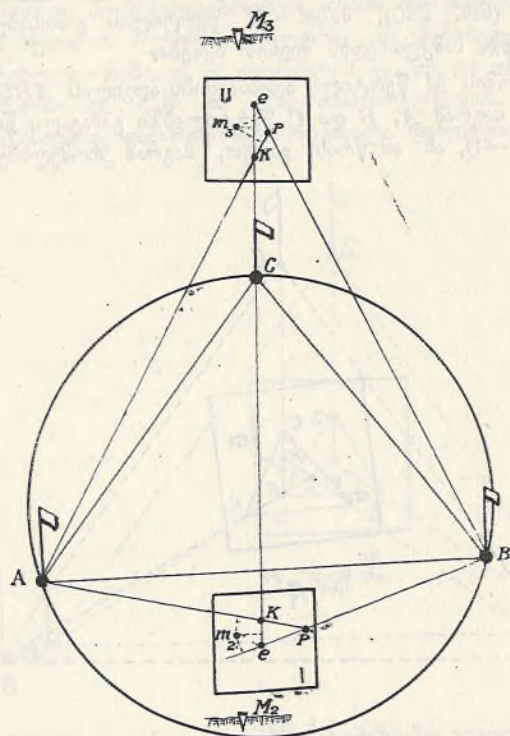
ნახ. 330.

პირდაპირ, მაგალითად, C წვერს პირდაპირ (ნახ. 331—II), მაშინ დგომის წერტილის მდებარეობა პლანშეტზე (m_1 ან m_2) მიიღება ცდომილების pke სამკუთხედის გარეთ და, როგორც ნახაზზეა ნაჩვენები, m_1 და m_2 წერტილები და ცდომილების pke სამკუთხედი მოთავსდება შუა C წერტილისაგან გატარებული kC ხაზის მიმართ სხვადასხვა მხარეზე.

III. თუ დგომის M წერტილი მდებარეობს A , B და C წერტილებში გამავალი წრის გარეთ, მაგრამ ABC სამკუთხედის ერთი გვერ-

დის პირდაპირ, მაგალითად, AB გვერდის პირდაპირ (ნახ. 332), მაშინ დგომის წერტილის გამოსახულება m_4 და ცდომილების pke სამკუთხედი მოთავსდება ადგილის შუა C წერტილისაკენ გატარებული IC ხაზის მიმართ ერთ მხარეზე.

IV. ყოველ განხილულ შემთხვევაში პლანშეტზე მიღებული დგომის M წერტილის გამოსახულება m დაშორებული იქნება ცდომილების



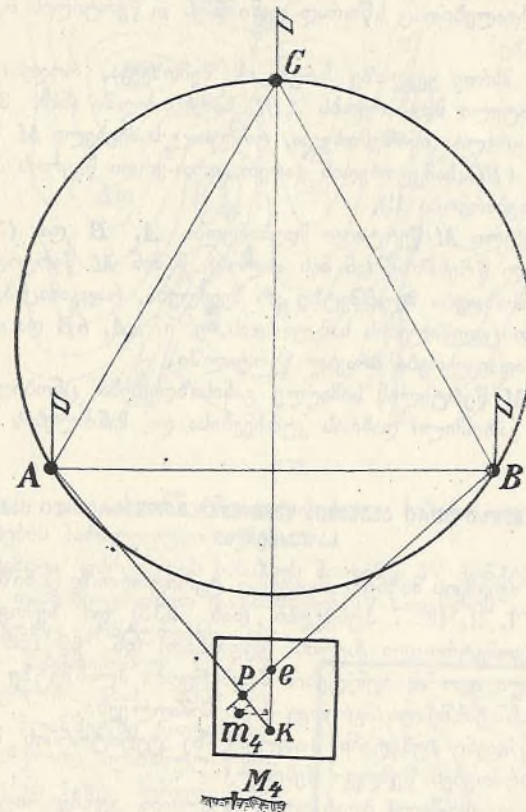
ნახ. 331.

pke სამკუთხედის გვერდებიდან იმ მანძილებით, რომლებიც პროპორციულია დგომის M წერტილიდან ადგილის A , B და C წერტილებამდე მანძილებისა.

ამ დებულებების მიხედვით, ცდომილების სამკუთხედის მიღების შემდეგ მათი საშუალებით პლანშეტზე დანიშნავენ დგომის M წერტილის შესაბამის m წერტილს. კიპრეგელის სახაზავს მიაღებენ m და ერთ-ერთ წერტილს (a , b ან c -ს), მაგალითად, $m-c$ ხაზს (ნახ. 330).

პლანშეტის უმნიშვნელო ტრიალით (მიკროხრაზნებით) ჰოგრს დაუმიზნებენ ადგილის შუა C წერტილს.

ამ შემთხვევაში პლანშეტი ზუსტად იქნება ორიენტირებული. მაშასადამე, პლანშეტის a და b წერტილებიდან, თუ კიპრეგელს დავეუმიზ-



ნახ. 332.

ნებთ ადგილის A და B წერტილებს და სახაზავით გავატარებთ ხაზებს, ამ ხაზების გადაკვეთა უნდა მივიღოთ m წერტილში, თუ ეს უკანასკნელნი სწორად იყო ჩვენ მიერ დანიშნული. წინააღმდეგ შემთხვევაში ისევ მივიღებთ ცდომილების სამკუთხედებს, ოღონდ უკვე პატარა ზომისას. მაშასადამე, ხელახლა დავნიშნავთ ახალ m_1 წერტილს (მოყვანილი დებულების მიხედვით) და პლანშეტის ხელახლა ორიენტირების შემდეგ (m_1a , m_1b და m_1c ხაზით) ვამოწმებთ ახალი m_1 წერტილის

მდებარეობას და ასე შემდეგ, სანამ არ მოისპობა ცდომილების სამკუთხედი, ე. ი. სანამ პლანშეტზე არ მივიღებთ ისეთ m_0 წერტილს, რომელშიაც გადაიკვეთება aA , bB და cC მიმართულებები.

გამოცდილი სპეციალისტი პირველად მიღებული ცდომილების სამკუთხედის საშუალებითაც სწორად დანიშნავს m წერტილის მდებარეობას პლანშეტზე.

სიზუსტის მხრივ ყველაზე კარგია ის შემთხვევა, როდესაც საძიებელი M წერტილი მდებარეობს ABC სამკუთხედში (ნახ. 330). აგრეთვე ხელსაყრელია ის შემთხვევა, როდესაც საძიებელი M წერტილი მდებარეობს ABC სამკუთხედის გარეთ, ერთ-ერთი წვეროს პირისპირ (ნახ. 331, მდებარეობა II),

თუ საძიებელი M წერტილი მდებარეობს A , B და C წერტილებში გამავალ წრესაზზე (ან მის ახლოს), მაშინ M წერტილის მდებარეობის განსაზღვრა პლანშეტზე არ შეიძლება, რადგანაც პლანშეტზე ვერ მივიღებთ ცდომილების სამკუთხედს, ე. ი. aA , bB და cC მიმართულებები გადაიკვეთება მრავალ წერტილში.

დგომის M წერტილის სიმაღლე განისაზღვრება ცნობილი წესით (იხ. § 157) გაზომილი დახრის კუთხეებისა და მანძილების მიხედვით ($h = Dtg\alpha$).

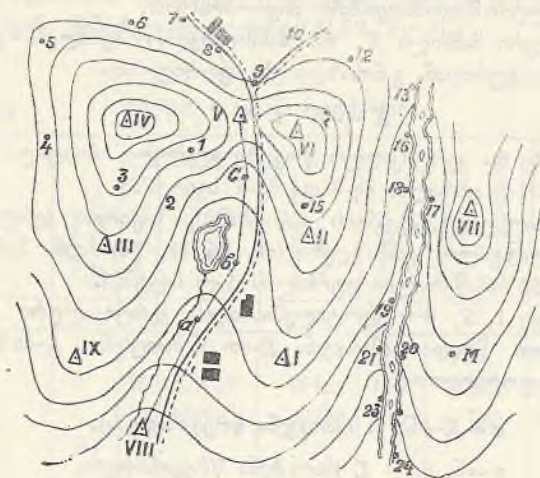
§ 178. მენზულური აგეგმვის წარმოება გეომეტრიული ძხედის საფუძველზე

ეთქვან, აგეგმვის მიზნით ასაგეგმავ ტერიტორიაზე დანიშნული იყო დასაყრდენი I, II, III... პუნქტები (ნახ. 333) და შემოგანიშნული მეთოდით (გეომეტრიული ქსელის შედგენით) (იხ. §§ 168 და 169) განსაზღვრული იყო ამ პუნქტების მდებარეობა პლანშეტზე (ნახ. 334) მოცემულ მასშტაბში და აგრეთვე მათი სიმაღლეები.

ამ დასაყრდენი პუნქტების საფუძველზე ტერიტორიის მენზულურ აგეგმვას აწარმოებენ შემდეგი წესით:

მენზულურ, რომლის პლანშეტზე აგებულია გეომეტრიული ქსელი (ნახ. 334), დგებიან ქსელის რომელიმე პუნქტზე, მაგალითად, IV-ზე (ნახ. 333), დაცენტრირებენ ინსტრუმენტს (ორთითათი, თუ მასშტაბი მოითხოვს), პლანშეტს მოიყვანენ პორიზონტალურ მდგომარეობაში და მოახდენენ მის ორიენტირებას არა ბუსოლით, არამედ რომელიმე ხაზით, მაგალითად, VI—I ხაზით. ამისათვის კიბრეველის სახაზავს მიადებენ პლანშეტის IV—I ხაზს (ნახ. 334) (მის გაგრძელებას ჩარჩოს გარეთ) და პლანშეტის ტრიალით ჭოგრის აძლევენ მიმართულებას ქსელის I პუნქტისაკენ. როგორც კი ჭოგრის გამოჩნდება I პუნქტზე დაყენებული სარი, პლანშეტს ჩაკეტავენ მენზულის დასამაგრებელი

ხრახნით და უკვე მენზულის მიკროხრახნით ჭოგრის ზუსტად დაუმინებენ I პუნქტზე დაყენებულ სარს. ამ შემთხვევაში პლანშეტი ორიენტირებული



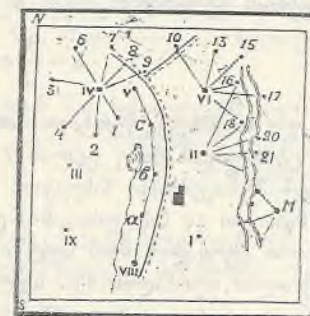
ნახ. 333.

ბული იქნება, ე. ი. პლანშეტზე გატარებული ხაზები ადგილის შესაბამისი ხაზების პარალელური იქნება.

ამის შემდეგ კიბრეველის სახაზავს მიადებენ IV პუნქტს (ნახ. 334) და ჭოგრის თანმიმდევრობით დაუმინებენ IV სადგურის გარშემო მდებარე როგორც კონტურების, ისე რელიეფის მახასიათებელ 1, 2, 3, 4... წერტილებს (ნახ. 333) და სახაზავით პლანშეტზე გაატარებენ ხაზებს (ფანქრით). აღნიშნულ წერტილებზე (ჯერ 1-ზე, შემდეგ 2-ზე და ასე შემდეგ) იდგმება მანძილმზომის ლარტყა. ამ წერტილებს საღ არტყე წერტილები ეწოდება.

ჭოგრის ყოველი დამინებისას აიღებენ ანათვალს სალარტყე წერტილზე დაყენებულ ლარტყაზე (მანძილმზომის ხაზებს შორის).

შემდეგ ჭოგრის მიკროხრახნით ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილს აყენებენ ისე, რომ იგი ხედებოდეს ლარტყაზე დანიშნულ ნიშანს იარაღის



ნახ. 334.

სიმაღლეზე და ვერტიკალურ წრედზე აღებენ ანათვალს. ანათვალის აღების წინ, როგორც ვიცით, წრედზე მოთავსებული თარაზო მოაყავთ პორიზონტალურ მდგომარეობაში მიკროხრახნით.

მაქსიმალური მანძილი X , რა მანძილზედაც შეიძლება ლარტყას დაშორება სადგურიდან, განისაზღვრება ფორმულით:

$$X = 300 \cdot t. \quad (\text{იხ. § 58})$$

ლარტყაზე და ვერტიკალურ წრედზე აღებული ანათვალი იწერება ჟურნალის (31-ე ცხრილი) მე-3 და მე-4 სვეტებში.

ყოველ სადგურზე, აგეგმვის დაწყებამდე, საჭიროა ვერტიკალური წრედის ნულადგილის განსაზღვრა (იხ. § 72, 74). ჩვენს შემთხვევაში $\delta. \alpha. = 359^{\circ}55'$ (ჩაწერილია ჟურნალის 1-ლ სვეტში).

სალარტყე 1, 2, 3... წერტილებისათვის ვერტიკალური კუთხეები იზომება ერთი წრედით (მარჯვენა R -ით ან მარცხენა L -ით) და გამოითვლება ფორმულით:

$$\alpha = R - \delta. \alpha. \quad (\text{მარჯვენა წრედისათვის}),$$

$$\alpha = \delta. \alpha. - L \quad (\text{მარცხენა წრედისათვის}).$$

ჩვენს შემთხვევაში ვერტიკალური კუთხეები გაზომილია მარჯვენა (R) წრედით.

ლარტყებზე აღებული n ანათვლებისა და α დახრის კუთხეების მიხედვით განისაზღვრება როგორც მანძილები (პორიზონტალური პროექციები) ღგომის IV პუნქტიდან (ნახ. 333) სალარტყე 1, 2, 3... წერტილებამდე ($cn \cos \alpha$), ისე ამ სალარტყე წერტილების სიმაღლეები IV სადგურთან შედარებით, ე. ი. h სიმაღლეთა სხვაობები:

$$h = \frac{1}{2} cn \sin 2\alpha.$$

1-ლი სალარტყე წერტილისათვის ლარტყაზე ანათვალი n , როგორც 31-ე ცხრილიდან ჩანს, უდრის 75 და დახრის კუთხე $\alpha = -6^{\circ}13'$. აღნიშნულ მონაცემების მიხედვით, არსებულ ცხრილებში ვბოულობთ, რომ მანძილი IV სადგურიდან 1-ელ წერტილამდე უდრის 74,2 მ (ჩაწერილია ჟურნალის მე-6 სვეტში) და სიმაღლეთა სხვაობა $h = -8,07$ მ (ჩაწერილია ჟურნალის მე-7 სვეტში).

თუ IV პუნქტიდან პლანშეტზე გატარებულ IV—I ხაზზე (ნახ. 334) აგეგმვის მასშტაბში ფარგლით გადავზომავთ 74,2 მეტრს, მაშინ პლანშეტზე მივიღებთ წერტილს, რომელიც შეესაბამება ადგილის 1-ლ წერტილს. ამავე წესით (n და α -ს მიხედვით) პლანშეტზე მიიღება დანარჩენი სალარტყე 2, 3, 4... წერტილები.

აღნიშნული წერტილების ნიშნულები (სიმაღლეები) განისაზღვრება ღგომის IV პუნქტის სიმაღლესთან დაკავშირებით. IV პუნქტის სიმაღლე კი წინასწარ არის განსაზღვრული (გეომეტრიული ქსელის შედგენისას) და ჩვენს შემთხვევაში უდრის 522,92 მეტრს.

ცხრილი 31

მენზულით აგეგმვის ჟურნალი

ღგომის წერტილები	დახრის წერტილები	ანათვლები		დახრის კუთხე $\pm \alpha$	მანძილები $a = cn \cos \alpha$	სიმაღლეთა სხვაობები $h = \frac{1}{2} cn \sin 2\alpha$	სიმაღლეები H	შენიშვნა
		ლარტყაზე	ვერტიკალურ წრედზე					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
IV H=522,92 δ. α.=359°55'	1	75	R 359°42'	-6°13'	74,2	-8,07	514,85	
	2	90	355°10'	-4°45'	89,3	-7,43	515,49	
	3							
	4							
	5							

მაშასადამე, სალარტყე 1-ლი წერტილის სიმაღლე H იქნება:

$$H = 522,92 - 8,07 = 514,85 \text{ მ.}$$

ამავე წესით მიიღება დანარჩენი სალარტყე წერტილების სიმაღლეები (ნიშნულები), რომლებიც იწერება ჟურნალის მე-8 სვეტში. სალარტყე წერტილების სათანადო შეერთებით პლანშეტზე გამოისახება სხვადასხვა ობიექტები. მაგალითად, 7, 8, 9... წერტილების შეერთებით გამოისახება გზა.

ყველა სალარტყე წერტილს მიუწერენ მათ სიმაღლეებს (ჟურნალიდან) და ამ სიმაღლეების მიხედვით ველზე მუშაობისას ატარებენ იზოჰიფსებს (იხ. § 118). კვეთ-სიმაღლეს ღებულობენ მასშტაბისა და რელიეფის მიხედვით.

IV პუნქტზე მუშაობის დამთავრებისას კარგად უნდა დავათვალიეროთ ადგილი და გავარკვიოთ, თუ ქსელის რომელი პუნქტიდან გავაგრძელოთ აგეგმვის წარმოება.

გეომეტრიული ქსელის პუნქტების რაოდენობა არ არის საკმარისი, რომ ამ პუნქტებზე მენზულით ღგომით შეიძლებოდეს მთელი ტერიტორიის აგეგმვა. ამის გამო ხშირია შემთხვევა, როდესაც მუშაობის პროცესში საჭიროა დამატებითი წერტილების განსაზღვრა პლანშეტზე

(გადაკვეთას მეთოდით, მენზულური სვლის დალაგებით ან პოტენოტის მეთოდით) და აგეგმვის წარმოება ამ პუნქტების საფუძველზე.

ქსელის დანარჩენ პუნქტებზე და დამატებით წერტილებზე მუშაობას აწარმოებენ ისე, როგორც IV პუნქტზე და საბოლოოდ მიიღებენ ადგილის მთლიან გეგმას რელიეფის გამოსახვით.

უნდა ითქვას, რომ მუშაობის წარმოება პლანშეტზე ხაზების გატარების მხრივ უფრო მოხერხებულია მარცხენა წრედით. ყოველ სალარტყე წერტილზე ჭოგრის დამიზნების შემდეგ კიპრეგელის სახაზავით ატარებენ ხაზს ისე, რომ ეს ხაზი არ გადაიღვას პლანშეტზე დანიშნულ დგომის წერტილში, არამედ იქ, სადაც მასშტაბის მიხედვით უნდა მივიღოთ სალარტყე წერტილი, ასეთ შემთხვევაში პლანშეტი არ იქნება ზედმეტი ხაზებით დატვირთული და არ მოგვიხდება ამ ზედმეტი ხაზების წაშლა საშლელით.

გამოცდილი მომუშავე ამ ხაზებს არც ატარებს პლანშეტზე. როგორც კი აიღებს ანათვლებს ლარტყაზე და ვერტიკალურ წრედზე, ცხრილებიდან გაიგებს მანძილს სალარტყე წერტილამდე და მის სიმაღლეს, ფარგლით გადაზომავს (მასშტაბში) მანძილს დგომის წერტილზე მიღებული კიპრეგელის სახაზავის დაცვრებულ გვერდზე და პლანშეტზე დანიშნავს სალარტყე წერტილს. შემდეგ ამ წერტილს წილადის სახით მიუწერს მის ნომერს (მრიცხველში) და სიმაღლეს (მნიშვნელში).

IV სადგურზე გამოყენებული იყო აგეგმვა პოლარული ხერხით, საერთოდ ეს ხერხი ყველაზე უფრო მოხერხებული და ჩქარია.

ცხადია, მუშაობის დროს შეიძლება გამოვიყენოთ სხვა ხერხიც. მაგალითად, ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 333 და 334) მდინარე აგეგმილია გადაკვეთის ხერხით ქსელის VI და II პუნქტებიდან, რისთვისაც VI პუნქტზე პლანშეტის დაცენტრების და ორიენტირების შემდეგ, ჭოგრის თანამიმდევრობით დაუმინებენ მდინარის მახასიათებელ 16, 17, 18... წერტილებს და კიპრეგელის სახაზავით გაატარებენ ხაზებს. აგრეთვე კიპრეგელის ვერტიკალური წრედით ზომავენ დახრის კუთხეებს აღნიშნული წერტილებისათვის. შემდეგ მენზულით გადადიან II პუნქტზე და პლანშეტის დაცენტრების, პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანისა და ორიენტირების შემდეგ ჭოგრის დაუმინებენ იმავე 17, 16, 18... წერტილებს, კიპრეგელის სახაზავით გაატარებენ ხაზებს. სათანადო ხაზების გადაკვეთაში მიიღება მდინარის 16, 17, 18... წერტილები, რომელთა შეერთებით გამოისახება მდინარის ნაპირი.

ამ წერტილების სიმაღლეთა სხვაობები მიიღება ფორმულით:

$$h = D \operatorname{tg} \alpha,$$

სადაც α არის დახრის კუთხე, გაზომილი ვერტიკალური წრედით (VI

პუნქტიდან) და D მანძილი VI სადგურიდან 16, 17, 18... წერტილამდე. ეს მანძილები მიიღება პლანშეტიდან მასშტაბის მიხედვით.

თუ მდინარის რომელიმე ადგილი არ ჩანს II ან I პუნქტიდან (ნახ. 333), მაშინ ადგილზე უნდა შევარჩიოთ ისეთი M წერტილი, საიდანაც მოხერხებული იქნება მდინარის აგეგმვა პოლარული ხერხით. მისი მდებარეობის განსაზღვრა პლანშეტზე შეიძლება როგორც გადაკვეთის ხერხით (მაგალითად, II და I პუნქტებიდან), ისე პოტენოტის მეთოდით (მაგალითად, I, VI და VII პუნქტების საშუალებით).

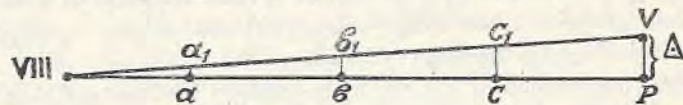
M წერტილის სიმაღლე შეგვიძლია განვსაზღვროთ I, VI და VII პუნქტების სიმაღლესთან დაკავშირებით, გაზომილი დახრის კუთხეებისა და მანძილების მიხედვით ($h = D \operatorname{tg} \alpha + i - v \dots$ ნხ. § 152).

თუ 333-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ტბა და ხევში მდებარე გზა არ მოჩანს ასლო პუნქტებიდან, მაშინ მათი აგეგმვა შეიძლება ვაწარმოოთ მენზულური სვლის საფუძველზე. ამისათვის გვიმეტრული ქსელის მოხერხებულ პუნქტებს შორის დანიშნავენ მენზულურ სვლას, ე. ი. რიგ წერტილებს, რომელთა მდებარეობას განსაზღვრავენ პლანშეტზე და აგეგმვას აწარმოებენ ამ წერტილების საფუძველზე.

ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 333) ქსელის VIII—V პუნქტებს შორის დანიშნულია a , b , $c \dots$ წერტილები. ამ წერტილების მისაღებად პლანშეტზე, მენზულით VIII პუნქტზე დგებიან, მოახდენენ პლანშეტის დაცენტრებას, პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანას და ორიენტირებას გრძელი ხაზით (მაგალითად, VIII—IV ხაზით). კიპრეგელის სახაზავს მიაღებენ პლანშეტზე დანიშნულ VIII წერტილს (ნახ. 334). ჭოგრის დაუმინებენ a წერტილზე დაყენებულ სარს და ფანქრით გაატარებენ ხაზს. ამ ხაზზე აგეგმვის მასშტაბში გადაზომავენ VIII— a ხაზის სიგრძეს და პლანშეტზე მიიღებენ a წერტილს. აღნიშნული VIII— a სიგრძე იზომება ბაფთით ან მანძილმზომით, იმისდა მიხედვით, თუ რა სიზუსტეა საჭირო. გარდა ამ (VIII— a) სიგრძისა, კიპრეგელის ვერტიკალური წრედით ზომავენ დახრის კუთხეს a წერტილისათვის. ამ დახრის კუთხესა და მანძილის მიხედვით არსებული ცხრილებიდან გაიგებენ VIII და a წერტილების სიმაღლეთა სხვაობას და, მაშასადამე, თვით a წერტილის სიმაღლეს, VIII პუნქტის სიმაღლესთან დაკავშირებით, მენზულით გადადიან a წერტილში, სადაც პლანშეტის ორიენტირებას მოახდენენ a —VIII ხაზით. კიპრეგელს დაუმინებენ b წერტილს და სახაზავით გაატარებულ მიმართულებაზე ფარგლით გადაზომავენ (მასშტაბში) გაზომილ ab მანძილს და პლანშეტზე მიიღებენ b წერტილს, აგრეთვე ზომავენ დახრის კუთხეებს როგორც a წერტილისაკენ (შემოწმების მიზნით), ისე b წერტილისაკენ (ამ წერტილის სიმაღლის მისაღებად — a წერტილის სიმაღლის მიხედვით). ამავე წესით განისაზ-

ღერება სვლის დანარჩენი წერტილების მდებარეობა პლანშეტზე და მათი სიმაღლეები. მთელ მუშაობას ამოწმებენ იმით, რომ სვლის ბოლო c წერტილზე (ნახ. 333 და 334) პლანშეტის დაცენტრებისა და ორიენტირების (cb ხაზით) შემდეგ კიპრეგელის სახაზავს მიაღებენ პლანშეტის c წერტილს, ჭოგრის დაუმიზნებენ გეომეტრიული ქსელის V პუნქტზე დაყენებულ სარს, კიპრეგელის სახაზავით გაატარებენ ხაზს, რომელზედაც გეგმის მასშტაბში გადაზომავენ $c-V$ მანძილს და მიიღებენ p წერტილს (ნახაზზე არაა ნაჩვენები). ეს p წერტილი, როგორც წესი, არ დაემთხვევა პლანშეტზე დანიშნულ V პუნქტს. ცდომილება $p-V$ (შეუკერვლობა) დასაშვებია, თუ იგი არ აღემატება $\frac{P}{300}$ -ს, სა-

დაც P არის VIII, a , b , c , V სვლის სიგრძე. თუ ცდომილება ($p-V$) დასაშვებია, მას ანაწილებენ სვლის ყველა წვეროზე გრაფიკული მეთოდით. ამისათვის გეგმის მასშტაბის მიხედვით სწორ ხაზზე გადაზომავენ სვლის Va , ab , bc და cp გვერდებს (ნახ. 335). ბოლო p წერტილში გატარებულ მართობზე თუ გადავზომავთ ($p-V$) ცდომილებას და დასაწყის VIII და ბოლო V წერტილებს შევეერთებთ დახრილი ხაზით, მაშინ aa_1 , bb_1 , cc_1 და pV მართობები იქნება ის შესწორებანი, რომლებიც უნდა შევიტანოთ სვლის a , b , c , p წერტილებში. ამისათვის პლანშეტზე დალაგებული სვლის a , b , c წერტილებში ფანქრით



ნახ. 335.

გაატარებთ მოკლე ხაზებს, პარალელურად თვით $p-V$ ცდომილებისა. ამ მოკლე ხაზებზე ყოველ a , b , c , p წერტილებიდან ფარგლით გადავზომავთ სათანადო შესწორებას 335-ე ნახაზიდან და მივიღებთ სვლის შესწორებულ a' , b' , c' ... წერტილებს (334-ე ნახაზზე არ არის ნაჩვენები).

სვლის მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე ობიექტების და რელიეფის აგეგმვას აწარმოებენ სვლის a' , b' , c' ... წვეროებიდან ზემოგანხილული მეთოდით. აქ, გარდა პოლარული მეთოდისა, კონტურებისათვის (გზა, ტბა, დასახლებული ადგილები და სხვა) გამოიყენება აბსცისა და ორდინატების მეთოდი (იხ. § 81).

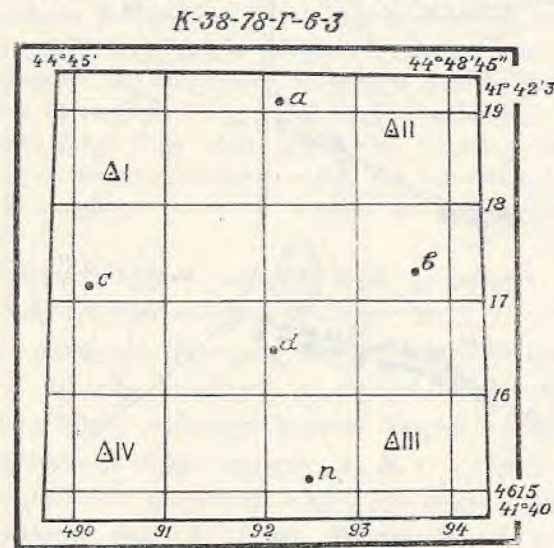
§ 174. მინუშლური აგეგმვა გეოდეზიური ძალიის საფუძველზე

დიდი ფართობის შემთხვევაში მენზულურ აგეგმვას აწარმოებენ გეოდეზიური პუნქტების საფუძველზე, რომელთა კოორდინატები ცნო-

ბილია ტრიანგულაციიდან ან პოლიგონომეტრიიდან. როგორც III თავშია განხილული, ტრიანგულაციის პუნქტებისათვის საბჭოთა კავშირში 1928 წლიდან, გარდა გეოდეზიური კოორდინატებისა (განედებისა და გრძედებისა), მიღებულია გაუსის მართკუთხა ზონალური კოორდინატები X -ში და Y -ში. ექვსი გრადუსით ერთმეორისაგან დაშორებული მერიდიანებით დედამიწის სფერო დაყოფილია 60 ზონად, რომლებიც დანომრილია 1-დან 60-მდე, ყოველი ზონის საშუალო (ლერძით) მერიდიანი მიღებულია X ლერძად, ხოლო ეკვატორი Y ლერძად. არსებობს ფორმულები, რომელთა საშუალებით შეიძლება გეოდეზიური კოორდინატების გადაყვანა გაუსის მართკუთხა კოორდინატებში.

სანამ დაიწყებდნენ დიდი ფართობის მენზულურ აგეგმვას, პლანშეტზე ააგებენ იმ ტრაპეციას (ჩარჩოს), რომელშიც მოთავსებულია ასაგეგმავი ფართობი—ტოპოგრაფიული რუკების ნომენკლატურის მიხედვით და ამ ტრაპეციაზე დაიტანენ კილომეტრულ ბადეს.

336-ე ნახაზზე ნაჩვენებია საველე პლანშეტი, რომელზედაც § 17-ში განხილული მეთოდით აგებულია ტრაპეცია $K-38-78-I-6-3$



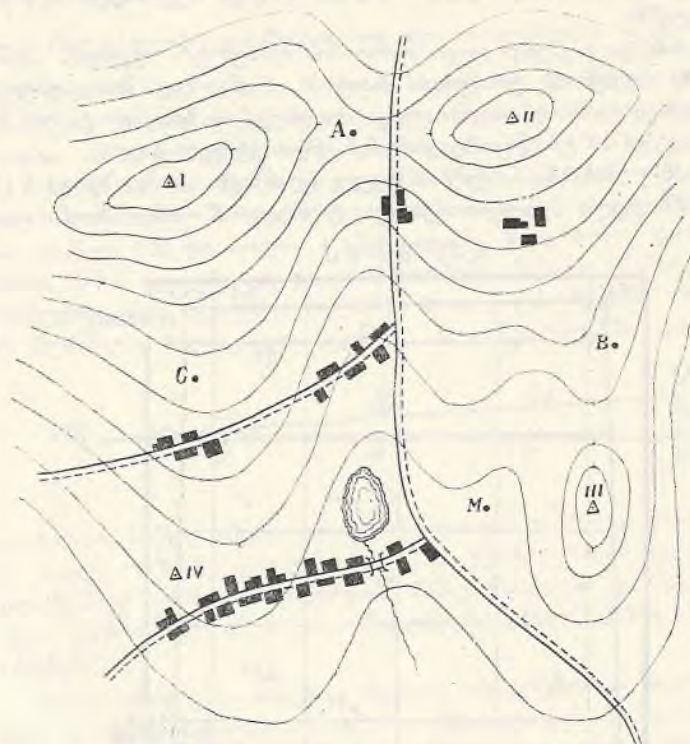
ნახ. 336.

(1:10 000 მასშტაბში). ამ ტრაპეციაზე დატანილი კილომეტრული ბადის საფუძველზე პლანშეტზე დალაგებენ ასაგეგმავ ფართობზე მდებარე გეოდეზიურ პუნქტებს გაუსის სწორკუთხა X და Y კოორ-

დინატების მიხედვით. ამ პუნქტებისათვის ცნობილია აგრეთვე აბსოლუტური სიმაღლეები.

პლანშეტზე დატანილი უნდა იყოს არანაკლებ თოხი პუნქტისა. ჩვენს შემთხვევაში (ნახ. 336) პლანშეტზე დატანილია I, II, III და IV პუნქტი. იმ შემთხვევაში, როდესაც ასაგეგმავ ტერიტორიაზე არ მოიპოვება გეოდეზიური პუნქტები, საჭიროა წინასწარ ასეთი პუნქტების შექმნა არსებულ ტრიანგულაციასთან დაკავშირებით.

გარდა ამ პუნქტებისა, ასაგეგმავ ტერიტორიაზე დანიშნავენ ისეთ *A, B, C*... პუნქტებს (ნახ. 337), საიდანაც გამოჩნდება გეოდეზიური



ნახ. 337.

I, II, III... პუნქტების უმრავლესობა და აგრეთვე ასაგეგმავი ობიექტები.

გეოდეზიური I, II, III... პუნქტების საფუძველზე განსაზღვრავენ პლანშეტზე *A, B, C*... პუნქტების მდებარეობას — გეომეტრიული

ქსელის შედგენის მეთოდით. ამისათვის მენზულით დგებიან რომელიმე გეოდეზიურ პუნქტზე, მაგალითად, I პუნქტზე (ნახ. 337) და მენზულის დაცენტრვისა და პლანშეტის პორიზონტალურ მდგომარეობაში მოყვანის შემდეგ მოახდენენ მის ორიენტირებას რომელიმე ხაზით, მაგალითად გრძელი I—III ხაზით. ამისათვის კიპრეგელის სახაზავს მიაღებენ I—III პუნქტებს (ნახ. 336) და პლანშეტის ტრიალით (ჯერ ხელით და შემდეგ მიკროხრახნით) ჭოგრის დაუმიზნებენ III პუნქტზე დაყენებულ სარს. ამ შემთხვევაში პლანშეტი ორიენტირებული იქნება. შემოწმების მიზნით კიპრეგელის სახაზავს მიაღებენ დგომის I პუნქტს და რომელიმე სხვა პუნქტს, მაგალითად, II პუნქტს. ამ შემთხვევაში ჭოგრში ცენტრისას ჭოგრის დამზერის ღერძი უნდა ზღვებოდეს II პუნქტზე დაყენებულ სარს (მასშტაბის სიზუსტის ფარგლებში). ამის შემდეგ იწყება ადგილზე დანიშნულ *A, B, C*... წერტილების განსაზღვრა პლანშეტზე, რისთვისაც კიპრეგელის სახაზავს მიაღებენ დგომის I წერტილს, ჭოგრს თანმიმდევრობით დაუმიზნებენ ადგილზე დანიშნულ *A, B, C*... წერტილებზე დამაგრებულ სარებს და სახაზავით გაატარებენ ხაზებს (ფანქრით). ამ ხაზების გაგრძელებას ატარებენ ჩარჩოს გარეთ სათანადო წარწერებით. ჭოგრს ისევ დაუმიზნებენ იმავე *A, B, C*... წერტილებში დაყენებული სარების ზედა ბოლოებს როგორც მარჯვენა წრედით, ისე მარცხენათი და ყოველი დამიზნებისას ვერტიკალურ წრედზე აიღებენ ანათვლებს (მარჯვენა და მარცხენა წრედზე). ამ ანათვლებს წერენ იმავე სახით ჟურნალში, როგორც მოყვანილია 30-ე ცხრილში. ყოველი ანათვლის აღების წინ საჭიროა ვერტიკალურ წრედზე მოთავსებული თარაზოს მოყვანა პორიზონტალურ მდგომარეობაში.

ამის შემდეგ მენზულით გადადიან ისეთ გეოდეზიურ პუნქტზე, საიდანაც მოხერხებულია ადგილზე დანიშნული *A, B, C*... პუნქტების განსაზღვრა გადაკვეთის მეთოდით, ვთქვათ, ასეთია II გეოდეზიური პუნქტი. ამ პუნქტზე პლანშეტის დაცენტრვისა და ორიენტირების (II—I ხაზით) შემდეგ კიპრეგელის სახაზავს მიაღებენ დგომის II წერტილს, ჭოგრს დაუმიზნებენ ადგილის *A, B, C*... წერტილებს და კიპრეგელის სახაზავით გაატარებენ ხაზებს. აღნიშნული ხაზები გადაკვეთის I პუნქტიდან იმავე *A, B, C*... წერტილებისაკენ გატარებულ ხაზებს *a, b, c*... წერტილებში, რომლებიც შეესაბამება ადგილის *A, B, C*... წერტილებს. შემდეგ ჭოგრს დაუმიზნებენ ამ უკანასკნელებზე დაყენებული სარების ზედა ბოლოებს, როგორც მარჯვენა წრედით, ისე მარცხენათი და ყოველი დამიზნებისას იღებენ *R* და *L* ანათვლებს,

რომლებსაც წერენ ჟურნალის (ცხრილი 30) მე-3 და მე-4 სვეტში. ამ ანათვლების მიხედვით განსაზღვრავენ ნულადგილს ყოველი $A, B, C...$

წერტილისათვის ცნობილი ფორმულით ($n.a. = \frac{R+L}{2}$) და წერენ ჟურნალის მე-5 სვეტში.

ყველა პუნქტისათვის უნდა მივიღოთ ნულადგილის ერთი და იგივე მნიშვნელობა (ვერნიერის სიზუსტის ფარგლებში). ეს იმის მაჩვენებელია, რომ ანათვლები ვერტიკალურ წრედზე (R და L) სწორადაა აღებული და თვით ვერტიკალური წრედის თარაზო ურყევ მდგომარეობაშია.

ჟურნალის (ცხრილი 30) მე-6 სვეტში იწერება დახრის კუთხეები თავისი ნიშნებით, განსაზღვრული ცნობილი წესით ($\alpha = R - n.a.$ ან $\alpha = n.a. - L$).

დგომის II პუნქტიდან $a, b, c...$ წერტილების განსაზღვრის შემდეგ, მენზულით გადადიან რომელიმე გეოდეზიურ პუნქტზე, მაგალითად, III-ზე (ნახ. 337), სადაც მოახდენენ პლანშეტის ორიენტირებას III—I ან III—IV ხაზით (უფრო გრძელი ხაზით) და ამოწმებენ, თუ რა სიზუსტითაა განსაზღვრული $a, b, c...$ წერტილების მდებარეობა პლანშეტზე (ნახ. 336). ამისათვის კიბრეგელის სახაზავს მიადებენ დგომის III პუნქტს, ჭოგრას დაუმიზნებენ რომელიმე წერტილს, მაგალითად, A წერტილს და სახაზავით გაატარებენ ხაზს. თუ ეს ხაზი გადის პლანშეტის a წერტილში ან გადახრილია მასშტაბის სიზუსტის ფარგლებში, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ a წერტილი სწორადაა განსაზღვრული და მას საბოლოოდ დანიშნავენ (ნემსით დაჩხვლეტენ). ამავე წესით ამოწმებენ სხვა $b, c, d...$ წერტილებს, რომლებიც მოჩანს დგომის III პუნქტიდან.

თუ რომელიმე წერტილი სწორად არაა განსაზღვრული, მაშინ დგომის წერტილიდან გატარებულ ხაზს გადაკვეთენ სხვა პუნქტებიდან.

$a, b, c...$ წერტილების მდებარეობის შემოწმების შემდეგ III პუნქტიდან იზომება დახრის კუთხეები ყველა $A, B, C...$ წერტილებისათვის (R და L ანათვლებით).

აქაც ნულადგილი უნდა იყოს ერთი და იგივე (ვერნიერის სიზუსტის ფარგლებში).

ყოველი $A, B, C...$ წერტილების სიმაღლეები განისაზღვრება გეოდეზიური პუნქტებიდან, საიდანაც იყო გაზომილი ამ წერტილები-

სათვის დახრის α კუთხეები. მანძილები კი მიიღება თვით პლანშეტიდან (გრაფიკულად) აგვეგმვის მასშტაბის მიხედვით.

ამრიგად, ყოველი $A, B, C...$ წერტილისათვის მივიღებთ რამდენიმე სიმაღლეს სხვადასხვა პუნქტებიდან. თუ მათ შორის სხვაობა (ცდომილება Δ) არ აღემატება $4 K$ სმ (იხ. § 155), მაშინ აიღებენ ამ სიმაღლეების საშუალო მნიშვნელობას.

საბოლოოდ პლანშეტზე დალაგებული იქნება როგორც გეოდეზიური I, II, III... პუნქტები (ნახ. 336), ისე ადგილზე დანიშნული $A, B, C...$ პუნქტები და ცნობილი იქნება ყველა ამ პუნქტის სიმაღლე. მაშასადამე, ამ პუნქტების საფუძველზე წინა პარაგრაფში განხილული მეთოდით შეიძლება ჩავატაროთ დიდი ფართობის მენზულური აგვეგმა. თუ მუშაობის პროცესში საჭირო იქნა დამატებითი წერტილების განსაზღვრა, შეიძლება მათი განსაზღვრა გადაკვეთის მეთოდით ან პოტენოტის ამოცანის ამოხსნით (იხ. § 170, 171 და 172). ყოველივე ამის შედეგად მიიღება დიდი ტერიტორიის გეგმა რელიეფის გამოსახებით.

დასასრულს, უნდა ითქვას, რომ მუშაობის პროცესში პლანშეტიდან გამჭვირვალე ქაღალდზე გადააქვთ რელიეფის და კონტურების ყველა წერტილი მათი ნომრების და სიმაღლეების წარწერით. ეს საჭიროა შემთხვევით დაკარგული წერტილების აღსადგენად.

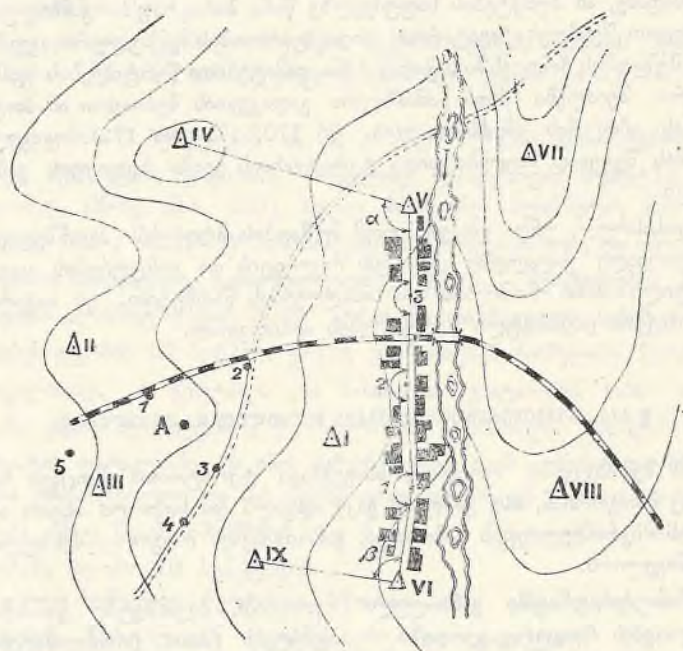
§ 175. კომპინირებული აგვეგმა მენზულით და ნივალირით

იმ შემთხვევაში, როდესაც ასაგვეგმავი ტერიტორია შეიცავს როგორც მთაგორიან, ისე გაშლილ ვაკე ადგილს და საჭიროა ასეთი ადგილის მიკრორელიეფის გამოსახვა, გამოიყენებენ როგორც მენზულას, ისე ნივალირს.

წინა პარაგრაფში განხილული მეთოდით, პლანშეტზე წინასწარ დაალაგებენ როგორც გეოდეზიურ პუნქტებს (მათი კოორდინატების მიხედვით), ისე გეომეტრიული ქსელის პუნქტებს (გადაკვეთის მეთოდით—გეოდეზიური პუნქტებიდან). ნახ. 338-ის მარჯვენა მხარეზე ნაჩვენებია მთაგორიანი ადგილის ნაწილი, ხოლო მარცხენა მხარეზე—ვაკე ადგილი. მთაგორიანი ადგილის აგვეგმას აწარმოებენ მენზულით დასაყრდენი პუნქტების საფუძველზე (იხ. § 173 და 174) და ამის შედეგად მიიღებენ ამ ადგილის გეგმას რელიეფის გამოსახულებით. რაც შეეხება ვაკე ადგილის აგვეგმას, აქ მენზულასთან ერთად გამოიყენება ნივალირი.

მენზულით დგებიან რომელიმე დასაყრდენ წერტილზე, მაგალითად,

III წერტილზე (ნახ. 338), დაცენტრავენ იარაღს, პლანშეტს მოიყვანენ პორიზონტალურ მდგომარეობაში და მოახდენენ მის ორიენტირებას ტომელიმე ხაზით (მაგალითად, გრძელი III—VI ხაზით). შემდეგ კიბრეგელის სახაზავს მიადებენ დგომის III წერტილს და ჰოგრს თანმიმდევრებით დაუმიზნებენ დგომის წერტილის ირგვლივ მდებარე ადგილის მახასიათებელ 1, 2, 3... წერტილებს და სახაზავით გაატარებენ მოკლე ხაზებს (ფანქრით). ყოველი დამიზნებისას აიღებენ ლარტყაზე



ნახ. 338.

ანათვალს მანძილშომის ხაზებს შორის. ვინაიდან ადგილი ვაკეა, დახრის კუთხეები არ იზომება (თუ არ აღემატება 2° -ს) და თვით ანათვლები ლარტყაზე გამოსახავს მანძილებს (პორიზონტალურ პროექციებს) დგომის III წერტილიდან აღნიშნულ 1, 2, 3... მახასიათებელ წერტილებამდე. ამ მანძილებს აგეგმვის მასშტაბში გადაზომავენ (ფარგლით) III წერტილიდან გატარებულ ხაზებზე და პლანშეტზე მიიღებენ მახა-

სიათებელ 1, 2, 3... წერტილებს. მათი სათანადო შეერთებით გამოი-სახება გზები, ტბა, ცალკე ფართობები და სხვა. ამ მახასიათებელი წერტილების სიმაღლეების მისაღებად, შემოწმებულ ნიველირს აყენებენ ისეთ A წერტილზე (ნახ. 338), რომლის ირგვლივ მდებარეობენ მახასიათებელი წერტილები. ნიველირის ამწევი ზრახნებით ნიველირის თარახოს ბუშტულას დააყენებენ ნულპუნქტში (ზედაპირის შუაგულში) და ჰოგრში ცქერით აიღებენ ანათვლებს ლარტყებზე, რომლებსაც თანამიმდევრობით აყენებენ ჯერ დგომის III პუნქტზე (მენზულის გვერდით) და შემდეგ მახასიათებელ 1, 2, 3... წერტილებზე.

აღნიშნული ანათვლები (1358, 1334, 1995, 2563...) იწერება ქვემოთ მოთავსებული ჟურნალის (ცხრილი 32) მე-2 სვეტში.

დგომის III პუნქტის (დასაყრდენი პუნქტის) სიმაღლე ცნობილია და ჩვენს შემთხვევაში, როგორც ჟურნალიდან ჩანს, უდრის 502, 420 მ.

მახასიათებელი წერტილების სიმაღლეები განისაზღვრება ცნობილი ფორმულით:

$$H = \text{ი. პ.} - b, \quad (\text{იხ. § 133})$$

სადაც b არის მახასიათებელ 1, 2, 3... წერტილებზე აღებული ანათვალი და ი. პ. (იარაღის პორიზონტი), რომელიც უდრის III პუნქტის (სადგურის) სიმაღლეს (502, 420 მ). მიმატებული III პუნქტზე აღებული ანათვალი (1358).

ჩვენს შემთხვევაში იარაღის პორიზონტი III სადგურზე უდრის:

$$\text{ი. პ.} = 502,420 + 1,358 = 503,778.$$

ი. პ. იწერება ჟურნალის მე-3 სვეტში.

თანაზმად შემოמוყვანილი ფორმულისა, 1-ლი წერტილის სიმაღლე იქნება:

$$H_1 = \text{ი. პ.} - b = 503,778 - 1,334 = 502,444 \text{ მ.}$$

მე-2 წერტილის სიმაღლე H_2 იქნება:

$$H_2 = \text{ი. პ.} - b = 503,778 - 1,995 = 501,783 \text{ მ და ასე შემდეგ.}$$

აღნიშნული წერტილების სიმაღლეების მიხედვით შეიძლება უკვე პლანშეტზე გავატაროთ იზოჰიფსები (იხ. § 118). თუ რელიეფი მოითხოვს, გავატარებთ ნახევარ იზოჰიფსებს (კვეთ-სიმაღლე უდრის 0,5 მ-ს) და ამით გამოვსახავთ ადგილის მიკრორელიეფს.

ხანიველირო ჟურნალი

ხანიველირო წერტილები	ანათვლები ლარტყებზე	იარაღის ჰორიზონტი	სიმაღლეები (ნიშნულებით)
1	2	3	4
III	1358	508,778	502,420
1	1334		502,444
2	1995		501,783
3	2563		501,215
4	1893		501,885
5	3124		500,630

ამავე წესით აწარმოებენ აგეგმვას (მენზულით და ნიველირით) დანარჩენ პუნქტებზე და ამის შედეგად მიიღებენ როგორც მთაგორიან, ისე ვაკე ადგილის გეგმას რელიეფის გამოსახვით.

თუ ასაგეგმავ ტერიტორიაზე მდებარეობს დასახლებული ადგილი (ნახ. 338), მაშინ მისი აგეგმვა შეიძლება ვაწარმოოთ დასაყრდენ წერტილებს შორის დალაგებული მენზულური VI, 1, 3... V სვლის საფუძველზე. უფრო ზუსტი შედეგის მისაღებად სვლას დაიტანენ პლანშეტზე არა მენზულით, არამედ სვლის 1, 2, 3... წვეროების კოორდინატების მიხედვით.

აღნიშნული კოორდინატების განსაზღვრის მიზნით, თეოდოლიტით იზომება β , 1, 2, 3 და α კუთხეები (ნახ. 338) და გვერდები (ბაფთით). IX—VI ხაზის ცნობილი აზიმუტის (გეოდეზიური ქსელიდან) მიხედვით განსაზღვრავენ სვლის გვერდების აზიმუტებს. აზიმუტებისა და გვერდების მიხედვით გამოთვლიან სვლის 1, 2, 3... წვეროების კოორდინატებს დასაყრდენი VI პუნქტის კოორდინატების მიხედვით (იხ. § 98).

სვლის წვეროების სიმაღლეებს განსაზღვრავენ გეომეტრიული ნიველირებით დასაყრდენი წერტილების სიმაღლეებთან დაკავშირებით.

შემდეგ პლანშეტზე აგეგმვის მასშტაბში დალაგებენ სვლის 1, 2, 3... წერტილებს მათი კოორდინატების მიხედვით.

თვით დასახლებული ადგილის აგეგმვას აწარმოებენ თეოდოლიტური სვლის საფუძველზე—ძირითადად პერპენდიკულარების მეთოდით (იხ. § 82). იზოჰიფსების გასატარებლად საჭირო წერტილების სიმაღლეებს განსაზღვრავენ ნიველირით სვლით 1, 2, 3... წერტილების სიმაღლეებთან დაკავშირებით.

§ 176. რელიეფის გამოსახვა მენზულით ფოტო-აგეგმვის საშუალებით

საპერო ფოტო-აგეგმვაში რელიეფის გამოსახვის მიზნით ძირითადად გამოიყენებენ სტერეოფოტოგრაფიულ მეთოდს. ზოგიერთ

შემთხვევაში გამოიყენებენ კომბინირებულ მეთოდს, რომელიც გამოიხატება იმაში, რომ თვითმფრინავიდან მიღებული ფოტოსურათების სათანადო დამუშავების შედეგად იღებენ ასაგეგმავი ტერიტორიის ფოტო-გეგმას, სადაც მოცემულ მასშტაბში გამოსახულია ასაგეგმავი ობიექტები (გზები, მდინარეები, დასახლებული ადგილები, ბაღები და სხვა), გარდა რელიეფისა.

რელიეფის გამოსახვის მიზნით ასეთ ფოტო-გეგმას ამაგრებენ მენზულის პლანშეტზე და მენზულით დგებიან ადგილის ისეთ წერტილში, რომელიც გამოსახულია ფოტო-გეგმაზე. მენზულას დაცენტრავენ, პლანშეტს მოიყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და მოახდენენ მის ორიენტირებას ფოტო-გეგმაზე დანიშნული სხვა პუნქტების მიმართ.

შემდეგ კიპრეგელის სახაზავს მიადებენ დგომის წერტილს, ჰოგარს დაუმიზნებენ რელიეფის მახასიათებელ წერტილებს და ვერტიკალური წრედით ზომავენ დახრის კუთხეებს ყოველი ასეთი წერტილისათვის.

ვინაიდან მახასიათებელი წერტილები გამოსახულია ფოტო-გეგმაზე, ამიტომ მანძილები დგომის წერტილიდან მახასიათებელ წერტილებამდე მიიღება არა მანძილმზომით, არამედ ფოტო-გეგმიდან მისი მასშტაბის მიხედვით. ამ მანძილების და დახრის კუთხეების მიხედვით არსებულ ცხრილებში პოულობენ სიმაღლეთა სხვაობებს ($h = Dtg \alpha + i$) და მაშასადამე, თვით მახასიათებელი წერტილების სიმაღლეებსაც, დგომის წერტილების ცნობილ სიმაღლესთან დაკავშირებით. ამ სიმაღლეების მიხედვით ფოტო-გეგმაზე გაატარებენ იზოჰიფსებს (იხ. § 118).

ამავე წესით აწარმოებენ მუშაობას ადგილის სხვა წერტილებზე და ამის შედეგად ფოტო-გეგმაზე მიიღებენ რელიეფის გამოსახულებას იზოჰიფსებით. დგომის წერტილების სიმაღლეები (ნიშნულები) წინასწარ განისაზღვრება გეომეტრიული ნიველირებით, არსებულ დასაყრდენ წერტილებთან (რეპერებთან) დაკავშირებით.

კომბინირებული მეთოდით რელიეფის გამოსახვას ხელს უწყობს ის გარემოება, რომ ფოტო-გეგმაზე გამოსახულია რელიეფის ძირითადი ჩონჩხი (ხეებისა და ქედების მიმართულება, ცალკე ბორცვები, უღელტეხილები, ღრანტეები და სხვა), რომელიც ადგილებს რელიეფის მახასიათებელი წერტილების შერჩევას და იზოჰიფსების გატარებას.

ამგვარი აგეგმვისას საჭიროა აგრეთვე მენზულური სვლების დალაგება ადგილზე—სიმაღლეების განსაზღვრით, თვით რელიეფის აგეგმვას აწარმოებენ სვლების საფუძველზე.

ბარომეტრული ნივთიერება

ბარომეტრული ნივთიერებით განისაზღვრება წერტილების აბსოლუტური სიმაღლეები 3—4 მეტრის სიზუსტით (კარგ მეტეოროლოგიურ პირობებში):

ამიტომ ამგვარ ნივთიერებას იყენებენ მაშინ, როდესაც არაა საჭირო დიდი სიზუსტე. ასეთია სხვადასხვა სახის წინასწარი ხასიათის კვლევები—საინჟინრო, გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური, ჰიდროლოგიური, ენერგეტიკული და სხვ. აგრეთვე მას იყენებენ მთასელაში და სამხედრო საქმეში (თვალზომით აგეგმვასთან ერთად).

ქვემოთ განხილულია წერტილების აბსოლუტური სიმაღლეების განსაზღვრა ანეროიდით და თვით ბარომეტრული ნივთიერების წარმოება-

§ 177. აბსოლუტური სიმაღლეების განსაზღვრა ბარომეტრულ ნივთიერებაში

ბარომეტრულ ნივთიერებაში წერტილის აბსოლუტური სიმაღლე (ზღვის დონიდან) განისაზღვრება ფორმულით:

$$H = C \lg \frac{B_0}{B}, \quad (1)$$

სადაც C არის პარამეტრი (დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე—ტენიანობაზე, ტემპერატურაზე, წერტილის განედზე და სხვ.), B_0 არის ატმოსფერული წნევა ზღვის დონეზე და B —წნევა იმ წერტილში, რომლის სიმაღლე გვინდა გავიგოთ.

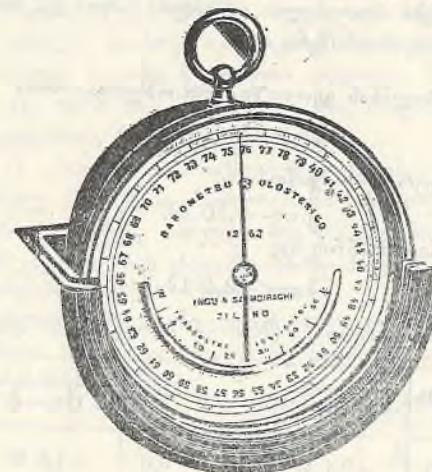
(1) ფორმულის მიხედვით შედგენილია ცხრილები, რომლებშიც მოყვანილია წერტილების აბსოლუტური H სიმაღლეები ამ წერტილებში გაზომილი B წნევების მიხედვით.

ასეთი ცხრილები მოთავსებულია წიგნის ბოლოში (ცხრილი II). ამ ცხრილების შედგენისას (1) ფორმულაში შემავალი B_0 (წნევა ზღვის დონეზე) აღებულია 762 მილიმეტრის ტოლი. ატმოსფერული წნევა გამოისახება მილიმეტრებში და იზომება ვერცხლისწყლის (სინდიყის) ბარომეტრით, რომელიც იძლევა წნევის სწორ ჩვენებას. მაგრამ ამ ბარომეტრის გამოყენება ველზე უხერხულია, ამიტომ მის ნაცვლად ხმარობენ ლითონის ბარომეტრს, რომელსაც ანეროიდი ეწოდება.

ანეროიდი (ნახ. 339) წააგავს საათს, რომლის ციფერბლატზე დატანილია ატმოსფერული წნევის მაჩვენებელი სკალა. ციფერბლატის ცენტრში მოთავსებულია ისარი და სკალაზე ისრით აღებული ანათვალა

გამოსახავს ატმოსფერულ წნევას დგომის წერტილში (მილიმეტრებში). ეს წნევა მცირე სიდიდით განსხვავდება ბარომეტრით გაზომილი წნევისაგან.

იმ მიზნით, რომ ანეროიდით მიღებული წნევა გაუტოლდეს (1)—ფორმულაში შემავალ ბარომეტრით განსაზღვრულ B წნევას, საჭიროა



ნახ. 339.

ანეროიდით გაზომილ წნევაში შევიტანოთ შესწორება. თუ B ასოთი აღვნიშნავთ იმ წნევას, რომელსაც გვიჩვენებს ბარომეტრი, და B' ასოთი იმ წნევას, რომელსაც იმავე წერტილში და იმავე დროს გვიჩვენებს ანეროიდი, მაშინ B წნევა განისაზღვრება შემდეგი ემპირიული ფორმულით:

$$B = B' + bt + C(762 - B') + a. \quad (2)$$

ამ ფორმულაში t არის ანეროიდის ტემპერატურა (იზომება ანეროიდში მოთავსებული თერმომეტრით), b არის ტემპერატურული შესწორება, სიდიდე $C(762 - B')$ წარმოადგენს ანეროიდის სკალის შესწორებას და a —შესწორებას, რომელიც ახასიათებს თვით ანეროიდის კონსტრუქციას (დამატებითი შესწორება).

ყოველი ანეროიდი დროგამოშვებით გადაეცემა ფიზიკურ ობსერვატორიას ან სათანადო ლაბორატორიას, სადაც ანეროიდს შეადარებენ ნორმალურ ბარომეტრთან და განსაზღვრავენ ზემომოყვანილ შესწორებებს. ყოველ ანეროიდს თან ერთვის ობსერვატორიის მიერ გაცემული პასპორტი, რომელშიც მოყვანილია ზემოხსენებული შესწორე-

ბები. ქვემოთ მოთავსებულია ასეთი პასპორტი, გაცემული თბილისის ობსერვატორიის მიერ ერთ-ერთ ანეროიდზე.

როგორც ამ პასპორტიდან ჩანს, აღნიშნული ანეროიდისათვის ტემპერატურულ b შესწორებას უარყოფითი ნიშანი აქვს ($-0,10$ მმ), დამატებითი შესწორება a -ს—დადებითი ნიშანი ($+3,0$ მმ), ხოლო სკალის შესწორება მოცემულია ცხრილის სახით და როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი ნიშანი აქვს.

თბილისის გეოფიზიკური ობსერვატორია

ანეროიდი № 6835

1. ტემპერატურული შესწორება:

$$b = -0,10 \text{ მმ.}$$

2. დამატებითი შესწორება:

$$a = +3,0 \text{ სმ.}$$

3. სკალის შესწორება C ($762-B'$) მოყვანილია შემდეგ ცხრილში:

წნევა მმ	შესწორება $C(762-B')$	წნევა მმ	შესწორება $C(762-B')$
770	+0,4 მმ.	700	-1,9 მმ.
760	+0,2	690	-2,0
750	-0,2	680	-2,1
740	-0,6	670	-2,3
730	-1,0	660	-2,5
720	-1,4	650	-2,7
710	-1,6	640	-2,9

20 მაისი 1976 წელი. განყოფილების უფროსი (ხელმოწერა)

რიცხვითი მაგალითი. ვთქვათ, ის ანეროიდი, რომლის პასპორტი მოყვანილია ზემოთ, დგომის წერტილში გვიჩვენებს B' წნევას, 675 მილიმეტრს და ანეროიდში მოთავსებული თერმომეტრი გვიჩვენებს $+19^{\circ}$ -ს. ამ შემთხვევაში შესწორებები იქნება:

1. ტემპერატურული შესწორება $bt = -0,10 \cdot 19 = -1,9$ მმ.

2. დამატებითი შესწორება $a = +3,0$ მმ.

3. სკალის შესწორება ანათვალის 675-სათვის, როგორც პასპორტში მოყვანილი ცხრილიდან ჩანს, იქნება ტოლი $-2,2$ მილიმეტრისა. მაშასადამე, შესწორებული წნევა B იქნება:

$$B = B' + bt + C(762-B') + a = 675 - 1,9 - 2,2 + 3,0 = 673,9 \text{ მმ.}$$

ამ წნევის მიხედვით წიგნის ბოლოში მოთავსებულ II ცხრილში გვითხრობს, რომ დგომის წერტილის აბსოლუტური სიმაღლე $H =$

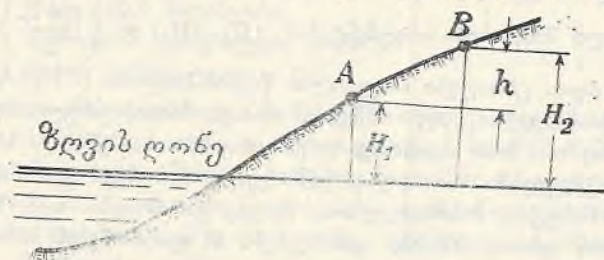
$= 981,0$ მეტრს. უნდა ითქვას, რომ აღნიშნული სიმაღლე H , მიღებული II ცხრილით, არ არის ზუსტი. ეს იმიტომ, რომ II ცხრილის შედგენისას (1) ფორმულით $(H = C \lg \frac{B_0}{B})$ ატმოსფერული წნევა

ზღვის დონეზე (B_0) აღებულია 762 მილიმეტრის ტოლი, მაშინ როდესაც ატმოსფერული წნევა ცვალებადია და, გარდა სიმაღლისა, დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე, როგორცაა ჰაერის ტენიანობა, ტემპერატურა, ამინდი და სხვ. მაშასადამე, იმ მომენტში, როდესაც ანეროიდით ვარკვევთ დგომის წერტილის სიმაღლეს, შეიძლება ზღვის დონეზე წნევა B_0 იყოს არა 762 მილიმეტრი, როგორცაა მიღებული II ცხრილის შედგენისას, არამედ—სხვა წნევა.

ამის გამო II ცხრილით განსაზღვრული დგომის A წერტილის (ნახ. 340) სიმაღლე H_1 იქნება მიახლოებითი სიმაღლე, ე. ი. მოკლებული სიზუსტეს (რამდენიმე ათეული მეტრის ცდომილებით).

შეიძლება ამ ცდომილების დაყვანა მინიმუმამდე (3—4 მეტრამდე), რაც გამოძინარეობს შემდეგი მსჯელობიდან:

ვთქვათ, B წერტილში, რომელიც A წერტილიდან (ნახ. 340) დაშორებულია ახლო მანძილით (რამდენიმე კილომეტრით), ისეთივე მე-



ნახ. 340.

ტეოროლოგიური პირობებია, როგორცაა A წერტილში და დავუშვათ, რომ იმ დროს, როდესაც ანეროიდით განისაზღვრა A წერტილის სიმაღლე H_1 (II ცხრილების გამოყენებით), განსაზღვრული იყო აგრეთვე B წერტილის სიმაღლე H_2 , იმავე II ცხრილების გამოყენებით. ვინაიდან A და B წერტილებში ერთი და იგივე მეტეოროლოგიური პირობებია, ცხადია, H_2 სიმაღლეში შეეცდომება, რაც A წერტილის H_1 სიმაღლეში. ამ ტოლშეცდომიანი H_2 და H_1 სიმაღლეების სხვაობა ($H_2 - H_1$), თეორიულად რომ ვიმსჯელოთ, განთავისუფლებული იქნება შეცდომისაგან, ვინაიდან ამ სხვაობის გამოთვლისას აღნიშნული ტოლი ცდომილებები ერთმეორეს გააბათილებს. ამის გამო, ცდომილების მინიმუმამდე დაყვანის მიზნით, ბარომეტრული

ნიველირებით განისაზღვრება არა წერტილების აბსოლუტური H სიმაღლეები, არამედ მათი სიმაღლეთა სხვაობები ($H_2 - H_1$), რომელთა მიხედვითაც შემდგომ მიიღებენ წერტილების აბსოლუტურ სიმაღლეებს. ამ სიმაღლეთა სხვაობებში შეაქვთ ტემპერატურული შესწორება და სიმაღლეთა სხვაობა, რომელიც 333-ე ნახაზზეა აღნიშნული h ასოთი, მიიღება შემდეგი ფორმულით:

$$h = (H_2 - H_1) + 0,004 (H_2 - H_1) \cdot \frac{t_1 + t_2}{2}. \quad (3)$$

ამ ფორმულაში შემავალი წევრი H_2 არის B წერტილის მიახლოებითი სიმაღლე და H_1 არის A წერტილის მიახლოებითი სიმაღლე (ორთავე მიღებულია II ცხრილით).

(3) ფორმულაში შემავალი სიდიდე $0,004 \cdot (H_2 - H_1) \cdot \frac{t_1 + t_2}{2}$ წარ-

მოადგენს ტემპერატურულ შესწორებას. აქ t_1 არის ჰაერის ტემპერატურა A წერტილში, t_2 კი — B წერტილში. ეს ტემპერატურები იზომება სპეციალურა თერმომეტრით, რომელიც თან ერთვის ანეროიდს. შედგენილია სპეციალური ცხრილები, რომლებშიც მოყვანილია ტემპერატურული შესწორება არგუმენტების ($H_2 - H_1$) და $\left(\frac{t_1 + t_2}{2}\right)$ -ს მი-

ხედვით. ასეთი ცხრილები მოყვანილია წიგნის ბოლოში (III ცხრილი). იმისდა მიხედვით, თუ რა მიზანს ისახავს ბარომეტრული ნიველირება, არსებობს მისი სხვადასხვა სახე. ხაინჟინრო საქმეში და სხვადასხვა გამთვალვებში ძირითადად გამოიყენება ბარომეტრული ნიველირება მარშრუტის მიმართულებით. ცალკე ფართობების თვალზომით აგეგმვასთან ერთად ხშირად გამოიყენება ამ ფართობების ბარომეტრული აგეგმვა.

თვით ბარომეტრული ნიველირება შეიძლება წარმოებულ იქნეს ერთი ან ორი ანეროიდით.

§ 178. მარშრუტის ნიველირება ერთი ანეროიდით

მარშრუტის ნიველირების მიზანია ადგილზე დანიშნულ მიმართულებაზე (მარშრუტზე) მდებარე წერტილების სიმაღლეების განსაზღვრა. ვთქვათ, საჭიროა AB მიმართულებით (ნახ. 341) ბარომეტრული ნიველირების წარმოება ერთი ანეროიდით.

ამისათვის AB მარშრუტს ყოფენ ისეთი სიგრძის I, II, III... უბნებად, რომ 2—4 საათის განმავლობაში შეიძლებოდეს ცალკე უბნის გავლა და უკან დაბრუნება.

მთაგორიან ადგილას, სადაც წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა დიდია, უბნების სიგრძეს ღებულობენ 6 კილომეტრამდე, მარტივი რელიეფის შემთხვევაში 6—8 კილომეტრამდე.

ნიველირებას აწარმოებენ ასე: ანეროიდით დგებიან საწყის A წერტილში და ანეროიდის სკალაზე ღებულობენ ანათვალს, რომელიც გამოსახავს ატმოსფერულ წნევას A წერტილში. აგრეთვე ანეროიდში მოთავსებული თერმომეტრით ზომივენ ანეროიდის ტემპერატურას და ჩვეულებრივი თერმომეტრით — ჰაერის ტემპერატურას. აღნიშნული წნევა



ნახ. 341.

და ტემპერატურები იწერება სპეციალურ ჟურნალში, რომლის ნიმუში მოყვანილია 33-ე ცხრილში. როგორც ამ ჟურნალიდან ჩანს, A წერტილისათვის მიღებულია:

- 1) წნევა 750,0 მილიმეტრი,
- 2) ანეროიდის ტემპერატურა $+18^\circ$,
- 3) ჰაერის ტემპერატურა $+19^\circ$.

გარდა ამისა, ჟურნალის მე-2 სვეტში იწერება ანათვლების აღების დრო (A წერტილისათვის ეს დრო უდრის 7 საათს). A წერტილში ანათვლების აღების შემდეგ მომუშავე მიდის წინ და ყოველ მახასიათებელ 1, 2, 3... წერტილში (ნახ. 341) იღებს ანათვლებს ანეროიდის სკალაზე, თერმომეტრებზე და საათზე. აღნიშნული მახასიათებელი 1, 2, 3... წერტილები ინიშნება არსებულ გეგმაზე ან რუკაზე. თუ ამ რაიონის გეგმა ან რუკა არ არსებობს, მაშინ თვალზომით ადგენენ მარშრუტის სქემას, ე. ი. მარშრუტის მიმართულებით მოახდენენ თვალზომით აგეგმვას.

I უბნის ბოლო a წერტილში მისვლისას აიღებენ ყველა საჭირო ანათვალს და კვლავ ბრუნდებიან საწყის A წერტილში, სადაც ხელახლა იღებენ ანათვლებს ანეროიდზე, თერმომეტრებზე და საათზე, ჩვენს შემთხვევაში, როგორც ჟურნალიდან ჩანს, A წერტილში დაბრუნებისას მიღებულია ანათვლები:

- 1) ანეროიდზე 752 მმ,
- 2) ანეროიდის თერმომეტრზე $+20^\circ$,
- 3) ცალკე თერმომეტრზე $+22$ და
- 4) საათზე 9 საათი და 30 წთ.

I უბანზე მუშაობის დამთავრების შემდეგ ანეროიდით გადადიან II უბნის საწყის ა წერტილში (ნახ. 341) და განხილული წესით მოახდენენ II უბნის ბარომეტრულ ნიველირებას (b წერტილამდე) და ისევ ბრუნდებიან II უბნის საწყის ა წერტილში. ამავე წესით აწარმოებენ დანარჩენი უბნების ნიველირებას.

ყოველი უბნის ნიველირების შემდეგ ამ უბნის საწყის წერტილში დაბრუნება აიხსნება იმით, რომ კარგი მეტეოროლოგიური პირობების შემთხვევაშიც ატმოსფეროს წნევა ყოველ წერტილში იცვლება დროის განმავლობაში.

ცდებით გამორკვეულია, რომ ყოველ წერტილში, დღე-ღამის განმავლობაში, ატმოსფეროს წნევა ორჯერ ღებულობს მაქსიმალურ მნიშვნელობას და ორჯერ—მინიმალურს. მაგალითად, ზაფხულში, დაახლოებით დილის 10 საათზე, ატმოსფეროს წნევას აქვს მაქსიმალური მნიშვნელობა, რის შემდეგაც დაბლა იწევს და დაახლოებით ნაშუადღევს 4 საათზე ჩამოვა მინიმუმამდე. შემდეგ წნევა კვლავ მატულობს და დაახლოებით საღამოს 10 საათზე აღწევს მაქსიმუმს. შემდეგ ისევ კლებულობს და დაახლოებით დილის 5 საათზე ჩამოვა მინიმუმამდე, რის შემდეგაც მატულობს და დილის 10 საათზე აღწევს მაქსიმუმს. ასე მეორდება წნევის ცვალებადობა დღე-ღამის განმავლობაში. როგორც ცდები გვიჩვენებს, სხვაობა მაქსიმუმს და მინიმუმს შორის აღწევს 1—3 მილიმეტრს.

წნევის ამგვარი ცვალებადობა იწვევს ცდომილებას სიმაღლეების განსაზღვრაში 10 მეტრიდან 33 მეტრამდე.

სწორედ ასეთი დიდი შეცდომის ასაცილებლად ანეროიდით ბრუნდებიან უბნის საწყის წერტილში, ხელახლა აიღებენ საჭირო ანათვლებს და წნევების სხვაობას გაანაწილებენ ყველა აიღებულ წნევაზე დროის პროპორციულად.

პირველ ყოვლისა, საჭიროა ანეროიდით მიღებულ წნევებში შესწორებების შეტანა თანახმად წინა პარაგრაფში მოყვანილი (2) ფორმულისა

$$[bt + C(762 - B') + a].$$

აღნიშნული შესწორებები, განსაზღვრული ანეროიდის პასპორტის მიხედვით (იხ. § 177), იწერება ჟურნალის მე-6 სვეტში, თვით შესწორებული წნევები მე-7 სვეტში.

როგორც ჟურნალიდან ჩანს, A წერტილისათვის პირველად, ე. ი. მუშაობის დაწყებისას მიღებული იყო შესწორებული წნევა 750,9 მმ და მეორეჯერ (უკან დაბრუნებისას) 752,4 მმ. მათი სხვაობა, რომელიც უდრის 1,5 მილიმეტრს, დროის პროპორციულად უნდა განაწილდეს ყველა წნევაზე.

ჩვენს შემთხვევაში ნიველირება I უბანზე დაიწყო დილის 7 საათზე და დამთავრდა 9 საათსა და 30 წუთზე, ე. ი. მუშაობა გრძელდება 150 წუთს. ამ დროის განმავლობაში მოხდა ატმოსფეროს წნევის ცვალებადობა (გაღებობა) 1,5 მმ-ით.

ყოველ წუთში წნევის გაღებობა უდრის 1,5 მმ : 150 = 0,01 მმ. ჟურნალის მე-8 სვეტში ჩაწერილია ის შესწორებები, რომლებიც გამოწვეულია წნევის ცვალებადობით.

1-ელ წერტილზე ანათვლები აიღებული იყო 7 საათსა და 20 წუთზე, ე. ი. მუშაობის დაწყებიდან 20 წუთის შემდეგ. ამიტომ, ამ წერტილზე შესწორება უდრის: 0,01.20 = 0,2 მმ, მე-2 წერტილზე = 0,1.30 = 0,3 მმ და ასე მიიღება შესწორებები დანარჩენი წერტილებისათვის. რაღვანაც წნევის ცვალებადობა A წერტილში დადებითია (+1,5), ამიტომ აღნიშნულ შესწორებებს ექნება უარყოფითი ნიშნები.

ჟურნალის მე-9 სვეტში იწერება წნევების საბოლოო მნიშვნელობა. როგორც ვიცით, წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა h განისაზღვრება ფორმულით:

$$h = (H_2 - H_1) + 0,004 (H_2 - H_1) \frac{t_1 + t_2}{2},$$

სადაც H_2 და H_1 წარმოადგენს მეზობელი წერტილების მიახლოებით სიმაღლეებს. ეს სიმაღლეები მიიღება არსებული ცხრილიდან, ატმოსფეროს წნევების მიხედვით. ჩვენს შემთხვევაში ატმოსფეროს წნევის საბოლოო მნიშვნელობა A წერტილზე ტოლია 750,9 მმ-ისა და, როგორც წინის ბოლოში დართულ II ცხრილიდან ჩანს, ამ წნევას შესაბამება მიახლოებითი სიმაღლე 117,1 მეტრი.

1-ლ წერტილზე წნევის საბოლოო მნიშვნელობა არის 740,2 მმ. მას შეესაბამება სიმაღლე 231,7 მეტრი. ასევე მიიღება ყველა წერტილის მიახლოებითი სიმაღლეები. ეს სიმაღლეები იწერება ჟურნალის მე-10 სვეტში.

მე-11 სვეტში იწერება წერტილების სიმაღლეთა სხვაობები, ე. ი. მიახლოებითი სიმაღლეების სხვაობები.

როგორც ვიცით, ზემომოყვანილ ფორმულაში შემავალი წევრი $0,004 \cdot (H_2 - H_1) \cdot \frac{t_1 + t_2}{2}$ არის ტემპერატურული შესწორება, რომელიც მიიღება არსებული ცხრილებიდან $(H_2 - H_1)$ სხვაობისა და საშუალო ტემპერატურის მიხედვით. A და 1-ლი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა უდრის +114,6 მეტრს. ამ წერტილებზე ჰაერის საშუალო ტემპერატურა $\frac{t_1 + t_2}{2}$ არის +19°,5 (ჩაწერილია ჟურნალის

დასასრულ უნდა აღვნიშნოთ შემდეგი:

1. თუ საწყისი A წერტილის აბსოლუტური სიმაღლე წინასწარ არაა ცნობილი, მაშინ ამ სიმაღლეს გაიგებენ არსებულ რეპერთან დაკავშირებით. ამისათვის ანეროიდით დგებიან არა უმეტეს 7—8 კილომეტრით დაშორებულ რეპერზე და იღებენ შემდეგ ანათვლებს: ანეროიდზე (წნევა), თერმომეტრზე და საათზე. აგრეთვე ზომავენ ჰაერის ტემპერატურას. ამავეს აკეთებენ A წერტილზე და მიღებული ანათვლების მიხედვით (ზემოგანხილული მეთოდით, იხ. ცხრილი 33) გაიგებენ რეპერისა და წერტილის საბოლოო სიმაღლეთა სხვაობას, მაშასადამე, A წერტილის აბსოლუტურ სიმაღლეს—რეპერის ცნობილი აბსოლუტური სიმაღლის მიხედვით.

2. როგორც ცდები გვიჩვენებს, ზემოთაყვანილი მეთოდით (კარგ მეტეოროლოგიურ პირობებში) განსაზღვრულ სიმაღლეთა სხვაობები შეიცავს ცდომილებას 3—4 მეტრამდე. ამის გამო ბარომეტრულ ნივთიერებას იყენებენ წინასწარი ხასიათის გამოკვლევებზე, მთასვლაში და სხვა.

3. მუშაობისათვის საუკეთესო დროა დილა—6 საათიდან 10 საათამდე და ნაშუადღევს 4 საათიდან დაღამებამდე. ცუდ ამინდში საერთოდ არ აწარმოებენ მუშაობას.

4. წერტილზე მისვლისას უნდა შევჩერდეთ ცოტა ხანს (5 წუთამდე) და შემდეგ ავიდეთ ანათვლები თერმომეტრებზე და ანეროიდზე, ხოლო ანეროიდზე ანათვლის აღების წინ სასურველია მინაზე თითის ოდნავი დარტყმით შევარჩიოთ ანეროიდის ისარი.

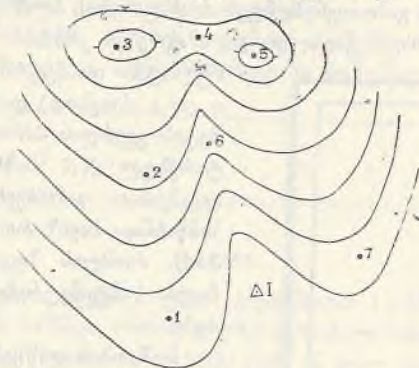
§ 179. ცალკე ბარომეტრის ბარომეტრული ნივთიერება

ამგვარი ნივთიერების მიზანია ტერიტორიის მახასიათებელი წერტილების სიმაღლეების განსაზღვრა და ამის მიხედვით რელიეფის ზოგადად გამოსახვა.

საერთოდ ბარომეტრულ ნივთიერებასთან ერთად აწარმოებენ ტერიტორიის თვალზომურ აგეგმვას (იხ. შემდეგი თავი). ამის შედეგად მიღებული გეგმა, თუმცა მოკლებული იქნება სიზუსტეს, მაგრამ მაინც მოგვცემს წარმოდგენას რელიეფზე, ცალკე ობიექტების ურთიერთგანლაგებაზე და თავისი შინაარსის მიხედვით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვაგვარ ექსპედიციაში (გეოლოგიურში, გეომორფოლოგიურში, ენერგეტიკულში) და სხვა.

ტერიტორიის ბარომეტრულ ნივთიერებას აწარმოებენ შემდეგი წესით: ანეროიდით დგებიან ადგილზე დანიშნულ I წერტილში (ნახ.

342) და იღებენ ანათვლებს ანეროიდზე, თერმომეტრზე და საათზე. ეს ანათვლები იწერება იმავე სახის ჟურნალში, როგორცაა მიღებული მარშრუტის ნივთიერებაში ერთი ანეროიდით (იხ. ცხრ. 33). შემდეგ, მომუშავე შემოუვლის ტერიტორიის მახასიათებელ 1, 2, 3, 4, 5... წერტილებს, ყოველ მათგანზე სამი ანათვლის (ანეროიდზე, თერმომეტრზე და საათზე) აღების შემდეგ ბრუნდება საწყის 1-ლ წერტილში



ნახ. 342.

და ხელმეორედ იღებს ანათვლებს ანეროიდზე, თერმომეტრზე და საათზე. ამით დამთავრდება საველე მუშაობა.

წერტილების სიმაღლეების განსაზღვრას აწარმოებენ იმავე წესით, როგორც მარშრუტის ნივთიერებაში (იხ. წინა პარაგრაფი), და საერთოდ ყოველივე ის, რაც ნათქვამი იყო მარშრუტის ნივთიერებაზე ერთი ანეროიდით, საესებით ვრცელდება ცალკე ფართობების ნივთიერებაზე.

ყველა მახასიათებელი წერტილის სიმაღლის განსაზღვრისას და ამ წერტილების პლანშეტზე (თვალზომითი აგეგმვით) დატანის შემდეგ წერტილების სიმაღლეების მიხედვით გაატარებენ იზოჰიფსებს და მიიღებენ რელიეფის მიახლოებით გამოსახულებას.

თ ა ვ ი XXII

თვალზომითი აგეგმვა

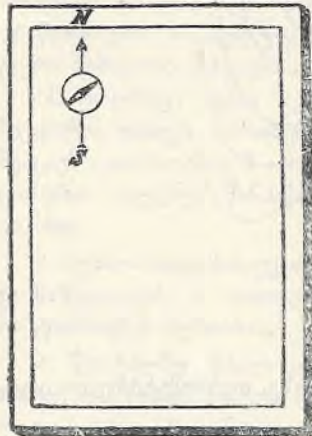
§ 180. ზოგადი ცნება

თვალზომურ აგეგმვას ძირითადად იყენებენ წინასწარი ხასიათის გამოკვლევებზე, როგორცაა: გეოლოგიური, გეოგრაფიული, ენერგე-

ტიკული, გეოფიზიკური და სხვა. აგრეთვე იყენებენ სამხედრო საქმეში და მთასვლაში.

თვალზომურ აგეგმვას ჩვეულებრივ აწარმოებენ მსხვილ მასშტაბში და ასეთი აგეგმვის შედეგად მიიღებენ გეგმას, რომელიც იძლევა საერთო წარმოდგენას ადგილობრივი საგნების და ობიექტების ურთიერთგანლაგებაზე.

აგეგმვისათვის გამოიყენება მუყაოს ან ფანერის პლანშეტი (ნახ. 343), რომელზედაც აკრავენ ქაღალდს და ამაგრებენ კომპასს ისე, რომ მისი



ნახ. 343.

ნულოვანი დიამეტრი (წარწერილია n და s ასოებით) დაემთხვეს პლანშეტის გვერდის პარალელურად გატარებულ NS ხაზს (ნახ. 343). აგეგმვისას გამოიყენება აგრეთვე სამწახნაგა საფიზირო სახაზავი (ნახ. 344), რომლის ზედაპირზე დატანილია სანტიმეტრები და მილიმეტრები.

მუშაობის დაწყებამდე საჭიროა მომუშავემ გაიგოს თავისი ნაბიჯის ზომა. ამისათვის სწორ ადგილზე ზაფთით ან ხეველით გადაზომვენ რაიმე მანძილს, მაგალითად 30 მეტრს, და მომუშავე ორჯერ გაივლის ამ მანძილს. ეთქვას 30 მეტრში მოთავსდა 43 ნაბიჯი,

მაშინ მომუშავეს სამუშაო ნაბიჯი იქნება:

$$30 : 43 = 0,7 \text{ მეტრი.}$$

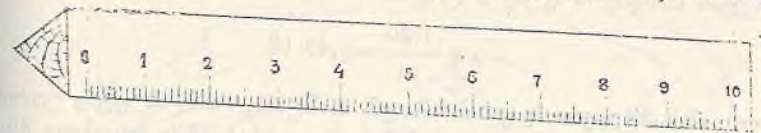
ამის მიხედვით მომუშავე შეადგენს შემდეგი სახის ცხრილს:

10 ნაბიჯი უდრის	7 მეტრს
20 "	14 "
30 "	21 "
40 "	28 "
50 "	35 "
60 "	42 "
70 "	49 "
80 "	56 "
90 "	63 "
100 "	70 "

ასეთი ცხრილის საშუალებით ადვილად შეიძლება ნაბიჯებით გაზომილი მანძილები გადავიყვანოთ მეტრებში. მაგალითად, თუ ადგილზე ნაბიჯებით გაზომილი მანძილი უდრის 130 ნაბიჯს, მაშინ, როგორც ცხრილიდან ჩანს, ეს მანძილი $70 + 21 = 91$ მეტრის ტოლი იქნება.

ზემომოყვანილი ცხრილის ნაცვლად შეიძლება ქაღალდზე ავაგოთ გრაფიკი, ეგრეთ წოდებული ნაბიჯების მასშტაბი და ეს გრაფიკი გამოვიყენოთ ნაბიჯების გადასაყვანად მეტრებში.

ნაბიჯების მასშტაბს ააგებენ აგეგმვის მასშტაბისა და მომუშავეს ნაბიჯის ზომის მიხედვით. ჩვენს შემთხვევაში მომუშავეს ნაბიჯის ზომაა



ნახ. 344.

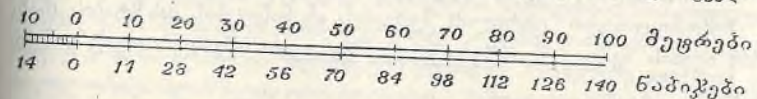
0,7 მ და, ეთქვას, აგეგმვა უნდა გაწარმოთ 1:1000 მასშტაბში. ეს მასშტაბი იმას ნიშნავს, რომ ადგილზე გაზომილი მანძილები გეგმაზე გადატანისას უნდა შევამციროთ 1000 ჯერ, ან სულ ერთია, რომ ერთ სანტიმეტრს გეგმაზე შეესაბამება 1000 სანტიმეტრი ანუ 10 მეტრი ადგილზე.

ენახათ, თუ რამდენ ნაბიჯს უდრის 10 მეტრი. ჩვენს შემთხვევაში 0,7 მეტრი უდრის 1 ნაბიჯს, 10 მეტრი კი უდრის:

$$\frac{1 \cdot 10}{0,7} = 14 \text{ ნაბიჯს.}$$

ამრიგად, ჩვენი მასშტაბის (1:1000) შემთხვევაში შეგვიძლია ეთქვას, რომ ერთი სანტიმეტრი გეგმაზე შეესაბამება 10 მეტრს, ანუ 14 ნაბიჯს ადგილზე.

მაშასადამე, თუ ქაღალდზე გატარებულ ხაზზე გადავზომავთ თითო სანტიმეტრებს (მასშტაბის ფუძე), მივიღებთ ხაზოვან მასშტაბს (ნახ. 345), რომლის ზედა წარწერები გვიჩვენებს მეტრებს, ხოლო ქვედა—



ნახ. 345.

ნაბიჯებს. ორივე წარწერა შეესაბამება რიცხვით მასშტაბს 1:1000. ნახაზზე ნაჩვენებია ნაბიჯების ასეთი წარწერა უხერხულია, ამიტომ ნაბიჯების მასშტაბებისათვის მის ფუძეს ისეთი სიდიდისა შევარჩევთ,

რომ იგი, ნაცვლად 14 ნაბიჯისა, შეესაბამებოდეს დამრგვალებულ რიცხვს, მაგალითად, 20 ნაბიჯს.

ასეთი ფუძის სიდიდეს ეპოულობთ შემდეგი მსჯელობით: ჩვენს შემთხვევაში (1:1000) ხაზოვანი მასშტაბის (ნახ. 345) ფუძე (1 სანტიმეტრი) შეესაბამება 14 ნაბიჯს, რა სიდიდის x ფუძეს შეესაბამება 20 ნაბიჯი?

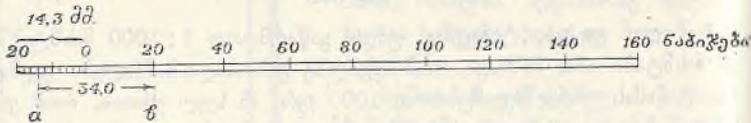
ცხადია, პროპორციას ექნება სახე:

$$x:1=20:14,$$

აქედან საძიებელი ფუძე x ტოლია:

$$x = \frac{1 \cdot 20}{14} = 1,43 \text{ სმ.}$$

თუ ამის მიხედვით ავაგებთ ხაზოვან მასშტაბს, რომლის ფუძე უდრის 14,3 მილიმეტრს (ნახ. 346), მაშინ ამ ფუძის სიგრძე მოცემულ მას-



ნახ. 346.

შტაბში (1:1000) იქნება 20 ნაბიჯი. ამის მიხედვითაა წარწერილი 346-ე ნახაზი.

ასეთი გრაფიკით უკვე შეიძლება ნაბიჯებით გაზომილი მანძილების გადატანა გეგმაზე, რომლის მასშტაბია 1:1000 და მომუშავეს ნაბიჯის ზომაა 0,7 მ.

მაგალითად, თუ ადგილზე გაზომილი რაიმე მანძილი უდრის 34 ნაბიჯს, მაშინ გეგმაზე (რომლის მასშტაბია 1:1000) ფარგლით უნდა გადავიტანოთ გრაფიკიდან აღებული ab მონაკვეთი.

თუ გვინდა გავიგოთ რამდენ მეტრს უდრის იგივე ab მონაკვეთი, ე. ი. 34 ნაბიჯი, ab მონაკვეთს ფარგლით გადავიტანთ ნახ. 345-ზე და ამ ნახაზის ზედა წარწერები გვიჩვენებს სიგრძეს მეტრებში.

შემომოყვანილი ცხრილის შედგენის ან ნაბიჯების მასშტაბის (ნახ. 346) აგების შემდეგ შეიძლება უკვე შევუდგეთ ადგილის თვალზომურ აგეგმვას.

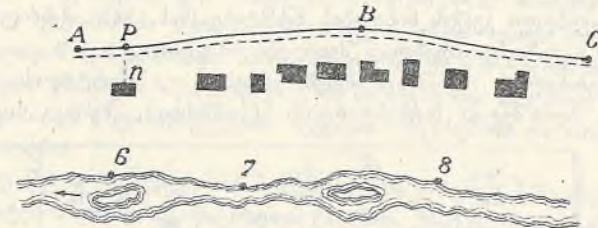
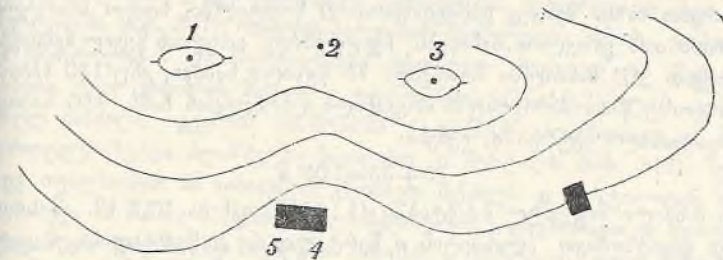
§ 181. თვალზომითი აგეგმვა მარშრუტის მიმართულებით

არსებობს თვალზომური აგეგმვის ორი სახე—მარშრუტის მიმართულებით აგეგმვა და ცალკე ტერიტორიის აგეგმვა. ამ პარაგრაფში განხილულია აგეგმვა მარშრუტის მიმართულებით.

ასეთი აგეგმვის მიზანია ადგილზე დანიშნული რაიმე მიმართულების (მარშრუტის) მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე ადგილების გამოსახვა გეგმაზე.

ვთქვათ, ჩვენს შემთხვევაში, საჭიროა 347-ე ნახაზზე ნაჩვენებია $ABC...$ გზის მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე ობიექტების თვალზომური აგეგმვა 1:1000 მასშტაბში, და დავუშვათ, რომ ჩვენი საშუალო ნაბიჯის ზომაა 70 სანტიმეტრი.

აგეგმვის მიზნით პლანშეტით ვდგებით საწყის A წერტილში და მოვახდენთ პლანშეტის (ნახ. 348) ორიენტირებას, ე. ი. პლანშეტს



ნახ. 347.

ისე დავაყენებთ (გულმკერდის სიმაღლეზე), რომ მასზე ფანქრით გატარებულმა NS ხაზმა მიიღოს კომპასის მაგნიტური ისრის მიმართულება, ამ შემთხვევაში NS ხაზს მაგნიტური მერიდიანის მიმართულება ექნება, ე. ი. პლანშეტი ორიენტირებული იქნება კომპასით. ჩვეულებრივ NS ხაზს ატარებენ პლანშეტის კუთხეში რომელიმე გვერდის პარალელურად. პლანშეტის ორიენტირების შემდეგ პლანშეტზე დამატებულ ქალაქზე დავნიშნავთ a წერტილს (ნახ. 348), რომელიც შეესაბამება დგომის A წერტილს. ცხადია a წერტილს დავნიშნავთ პლანშეტის ისეთ ადგილას, და იმ ვარაუდით, რომ ასაგეგმავი ადგილის დიდი ნაწილი პლანშეტზე მოთავსდეს. ამის შემდეგ სავიზირო სახაზავს მივა-

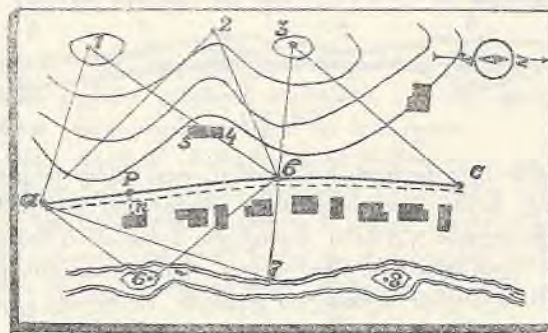
დებთ a წერტილს, სახაზავის ზედა წიბოს თანმიმდევრობით ვუძინებთ რელიეფისა და ობიექტების (შენობების, მდინარის და სხვ.) მახასიათებელ 1, 2, 3, 4... წერტილებს (ნახ. 347) და ფანქრით პლანშეტზე გავატარებთ ხაზებს (ნახ. 348). სახაზავის დამიზნებისას თან ვუყურებთ კომპასს, რომ პლანშეტის ორიენტირება არ დაირღვეს. ამის შემდეგ გზაზე შევარჩევთ ისეთ B წერტილს (ნახ. 347), საიდანაც გამოჩნდება იგივე 1, 2, 3... წერტილები, ანუ მათი უმრავლესობა. საეიზირო სახაზავს მივადებთ a წერტილს, პლანშეტის ორიენტირების შემდეგ სახაზავის ზედა წიბოს დაეუმიზნებთ B წერტილს და ფანქრით გავატარებთ ხაზს. შემდეგ გადავდივართ B წერტილში, ხოლო სიარულის დროს თან ვითვლით ნაბიჯებს. ჩვეულებრივ, ითვლიან წყვილ ნაბიჯებს. ვთქვათ AB მანძილში მოთავსდა 75 წყვილი ნაბიჯი, ანუ 150 ნაბიჯი, როგორც წინა პარაგრაფში მოყვანილი ცხრილიდან ჩანს, 150 ნაბიჯი, გადაყვანილი მეტრებში, იქნება:

$$70 + 35 = 105 \text{ მ.}$$

ეს მანძილი მოცემულ მასშტაბში (1:1000) იქნება 10,5 სმ. ამ სიგრძეს გადავზომავთ პლანშეტის a წერტილიდან B წერტილისაკენ გატარებულ ხაზზე და მივიღებთ b წერტილს (ნახ. 348), რომელიც შეესაბამება ადგილის B წერტილს.

თუ აგებული გვაქვს ნაბიჯების მასშტაბი (ნახ. 346), მანძილის (150 ნაბიჯის) გადაზომვა ადვილად შეიძლება ამ გრაფიკით.

B წერტილში დგომისას მოვბრუნდებით A წერტილისაკენ, მოვახდენთ პლანშეტის ორიენტირებას (კომპასით), შემდეგ საეიზირო



ნახ. 348.

სახაზავს შევეუთავსებთ b წერტილს და სახაზავის ზედა წიბოს თანმიყოლებით დაეუმიზნებთ ადგილის იმავე 1, 2, 3, 4... წერტილებს და ფანქრით გავატარებთ ხაზებს. ცხადია, შესაბამისი ხაზების გადაკვეთაში პლან-

შეტზე მიიღება ადგილის 1, 2, 3... წერტილები, რომელთა მიხედვით შეგვიძლია პირობითი ნიშნებით გამოვსახოთ ასაგვემავლ ობიექტები—გზა, მდინარე, შენობები, ბორცვები, უნაგირები და სხვ. ხოლო წინააღმდეგობით პლანშეტზე გატარებულ დამხმარე ხაზებს (a და b წერტილიდან გატარებულ მიმართულებებს).

იმ შემთხვევაში, როდესაც გზიდან ახლო მანძილზე მდებარეობს შენობები (ნახ. 347) ან სხვა ობიექტები, მაშინ მათ ასაგვემავლ შეიძლება გამოვიყენოთ ეგრეთ წოდებული აბსცისებისა და ორდინატების, ანუ პერპენდიკულარების მეთოდი. ეს მეთოდი მდგომარეობს შემდეგში: A წერტილიდან B წერტილისაკენ გადავგზავნით შენობებისაკენ ისეთ P წერტილში (ნახ. 347), რომლის პირდაპირ მდებარეობს შენობა. ვთქვათ, A წერტილიდან P წერტილამდე დათვლით მივიღეთ 43 წყვილი ნაბიჯი, რაც ცხრილის მიხედვით უდრის $56 + 4,2 = 60,2$ მეტრს. აღნიშნულ მანძილს აგვემავს მასშტაბში (1:1000) გადავზომავთ ab მიმართულებაზე და პლანშეტზე მივიღებთ p წერტილს (ნახ. 348). შემდეგ თვალზომით ან ნაბიჯებით ვზომავთ მანძილს p წერტილიდან შენობამდე. ამ მანძილს (გამოსახულის მეტრებში) გადავზომავთ p წერტილიდან და პლანშეტზე მივიღებთ შენობის n წერტილს. თვით შენობას გამოვსახავთ პლანშეტზე მისი ზომების მიხედვით. AP მანძილს აბსცისა ეწოდება, Pn მანძილს—ორდინატა, რომელიც დაახლოებით AB ხაზის პერპენდიკულარული უნდა იყოს. ადგილის P წერტილიდან განავრცობენ ნაბიჯების თვლას B წერტილის მიმართულებით და გზადაგზა აწარმოებენ გზის მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე შენობებისა და სხვა ობიექტების აგვემავს აბსცისებისა და ორდინატების მეთოდით.

ამავე წესით (გადაკვეთის მეთოდით და აგრეთვე აბსცისებისა და ორდინატების მეთოდით) აწარმოებენ BC (ნახ. 347) და დანარჩენი უბნების აგვემავს. ამის შედეგად მიიღებენ მარშრუტის (გზის) მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე ადგილების გეგმას მოცემულ მასშტაბში.

ცხადია, მთელი მარშრუტის სიგრძეზე შედგენილი გეგმა ვერ მოთავსდება ერთ ფურცელზე და ამიტომ აგვემავს აწარმოებენ ორ, სამ ან მეტ ფურცელზე. ყოველ ახალ ფურცელზე უნდა იყოს დანიშნული მეზობელ (მომდევნო) ფურცელზე მდებარე ბოლო დგომის წერტილი, რომლიდანაც აგრძელებენ აგვემავს მარშრუტის მიმართულებით.

თუ საჭიროა რელიეფის გამოსახვა, მაშინ ანეროიდით განსაზღვრავენ რელიეფის მახასიათებელი 1, 2, 3... წერტილების მიახლოებით აბსოლუტურ სიმაღლეებს და გაატარებენ იზოჰიფსებს. ამის შედეგად მიიღებენ რელიეფის მიახლოებით გამოსახულებას.

თვალზომური აგეგმვისას მთავარია, რომ საფიზირო სახაზავის და-
მიზნებისას პლანშეტის ორიენტირება არ დაირღვეს. ამას უნდა თვალ-
ყური ვადევნოთ.

§ 182. გვირგვინ ფართობების თვალზომითი აგეგმვა

ვთქვათ, საჭიროა გვირგვინ ფართობის, მაგალითად, სკოლის ეზოს
(ნახ. 349) თვალზომითი აგეგმვა 1:500 მასშტაბში და დაეუშვათ, რომ
მომუშავის საშუალო ნაბიჯი უდრის 64 სანტიმეტრს, ანუ 0,64 მეტრს,
ამის მიხედვით მომუშავე შეადგენს შემდეგი სახის ცხრილს:

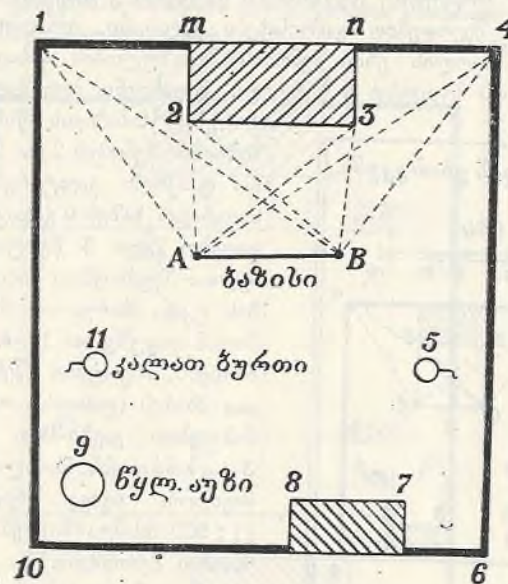
10 ნაბიჯი უდრის 6,4 მეტრს	
20 " "	12,8 "
30 " "	19,2 "
40 " "	25,6 "
50 " "	32,0 "
60 " "	38,4 "
70 " "	44,8 "
80 " "	51,2 "
90 " "	57,8 "
100 " "	64,0 "

თვით აგეგმვა შეიძლება გაწარმოოთ გადაკვეთის მეთოდით ან პერ-
პენდიკულარების (აბსცისებისა და ორდინატების) მეთოდით.

გადაკვეთის მეთოდი. ეზოში შევარჩევთ ისეთ A წერტილს (ნახ.
349), საიდანაც კარგად მოჩანს ასაგეგმავი ობიექტების მახასიათებელი
1, 2, 3, 4... წერტილები. პლანშეტით, რომელზედაც დაკრულია ქა-
ლალი და დამაგრებულია კომპასი, ვდგებით A წერტილში და მო-
ვახდენთ პლანშეტის ორიენტირებას კომპასით. ამისათვის, როგორც
ზემოთაა განხილული, პლანშეტს ისე ვაყენებთ, რომ კომპასის მაგნი-
ტური ისარი დემთხვეს ქალაქზე გატარებულ ms ხაზს (ნახ. 350).
ამ შემთხვევაში ms ხაზს ექნება მაგნიტური მერიდიანის მიმართულება,
ე. ი. პლანშეტი იქნება ორიენტირებული, ამის შემდეგ პლანშეტზე
დავნიშნავთ a წერტილს, რომელიც შეესაბამება დგომის A წერტილს.
აღნიშნული a წერტილი ინიშნება პლანშეტის ისეთ ადგილას და იმ
ვარაუდით, რომ ასაგეგმავი ფართობი მოთავსდება პლანშეტზე დაკრულ
ქალაქზე.

a წერტილის დანიშნის შემდეგ საფიზირო სახაზავს მივადებთ a
წერტილს, მოვახდენთ პლანშეტის ორიენტირებას, სახაზავის ზედა წი-
ბოს დავეუმიზნებთ გალავნის 1, 4, 6 და 10 წერტილებს (კუთხეებს)
(ნახ. 349) და ფანქრით პლანშეტზე გავატარებთ ხაზებს.

სახაზავის დამიზნებისას თან უნდა ვუყუროთ კომპასს, რომ პლან-
შეტის ორიენტირება არ დაირღვეს. ამავე წესით სახაზავს დავეუმიზ-
ნებთ შენობის 2 და 3 კუთხეებს, კალათბურთის მოედნის 5 და 11
რგოლებს, მეორე შენობის 7 და 8 კუთხეებს, აუზს (9) და სხვა ობი-
ექტებს და სახაზავით გავატარებთ ხაზებს (ყველა ხაზი ნახ. 350-ზე
არ არის გატარებული, რათა ნახაზი არ იყოს გადატვირთული). ამის
შემდეგ ეზოში შევარჩევთ ისეთ B წერტილს (ნახ. 349), საიდანაც



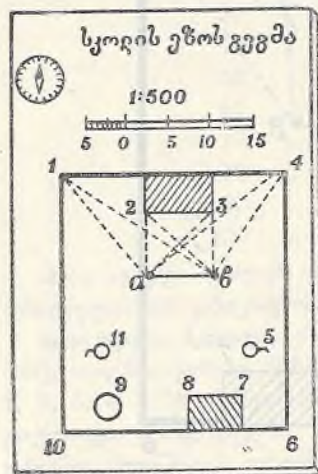
ნახ. 349.

კარგად მოჩანს A წერტილიდან აღებული მახასიათებელი 1, 2, 3, 4...
წერტილები. B წერტილის მდებარეობა რომ პლანშეტზე მივიღოთ,
სახაზავს ისევ მივადებთ დგომის a წერტილს (ნახ. 350), მოვახდენთ
პლანშეტის ორიენტირებას კომპასით, სახაზავის ზედა წიბოს დავე-
უმიზნებთ ეზოში დანიშნულ B წერტილს და ფანქრით პლანშეტზე გა-
ვატარებთ ხაზს.

გადავდივართ B წერტილში და თან ვითვლით ნაბიჯებს (უფრო
მოხერხებულია წყვილი ნაბიჯების დათვლა). ვთქვათ, AB სიგრძეში
(ბაზისში) მოთავსდა 36 წყვილი ნაბიჯი, ანუ 72 ნაბიჯი. როგორც
ზემოთაა ნათქვამი ცხრილიდან ჩანს, 72 ნაბიჯი უდრის: $44,8 + 1,3 = 46,1$
მეტრს. ამ სიგრძეს მოცემულ მასშტაბში (1:500) ფარგლით გადა-

გზომავთ a წერტილიდან და პლანშეტზე მივიღებთ b წერტილს (ნახ. 350), რომელიც შეესაბამება ადგილის B წერტილს.

პლანშეტზე b წერტილის მიღების შემდეგ ვღებვით ამ წერტილში, მოვახდენთ პლანშეტის ორიენტირებას კომპასით, სახაზავს მივაღებთ b წერტილს, თანმიყოლებით დავეუმიზნებთ გალავნის 1, 4, 6 და 10 კუთხეებს და ფანქრით გავატარებთ ხაზებს. a და b წერტილიდან გატარებულ სათანადო ხაზების გადაკვეთაში მიიღება 1, 4, 6 და 10 წერტილები, რომლებიც შეესაბამება გალავნის კუთხეებს. აღნიშნული წერტილების შეერთებით გამოისახება გალავანი, რომლითაც შემოფარგლულია სკოლის ეზო. შენობის მოხაზულობის მისაღებად საეიზირო სახაზავს მივაღებთ b წერტილს, მოვახდენთ პლანშეტის ორიენტირებას, სახაზავის წიბოს დავეუმიზნებთ შენობის 2 და 3 კუთხეებს და ფანქრით გავატარებთ ხაზებს. სათანადო ხაზების გადაკვეთაში მივიღებთ 2 და 3 წერტილებს, რომელთა შეერთებით მიიღება შენობის უკანა მხარე. თუ ამ წერტილებიდან დავეუშვებთ 1—4 ხაზის მართობებს, მივიღებთ შენობის წინა მხარეს (ფასადს). თუ ადგილზე ნაბიჯებით გავზომავთ 2— m და 3— n მანძილებს, დაახლოებით უნდა მივიღოთ იგივე, რაც გვემაზე (1:500 მასშტაბში). ეს იქნება მუშაობის შემოწმება.



ნახ. 350.

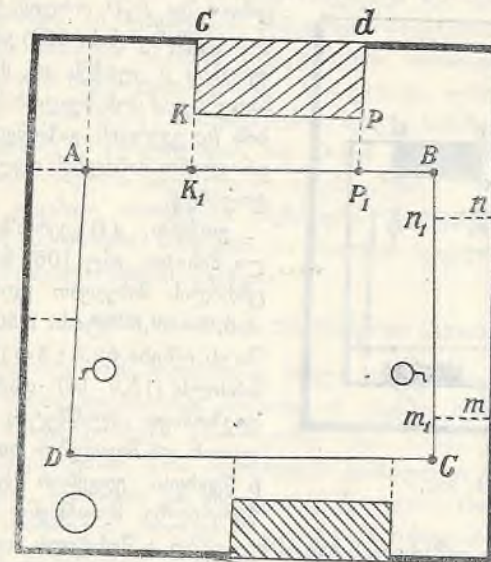
ამავე წესით (გადაკვეთის მეთოდით) მიიღება დანარჩენი ობიექტები—წყლის აუზი (9), კალათხურთის რგოლები (5, 11), მეორე შენობა (7 და 8) და სხვა. ყველა ობიექტს გამოსახავენ პირობითი ნიშნებით და მიიღებენ ადგილის გეგმას 1:500 მასშტაბში.

ამ გეგმაზე შეიძლება უკვე ყველა საჭირო ზომის მიღება მეტრებში (მიხალოებით). მაგალითად, შენობის 2—3 სიგრძის მისაღებად გავიგებთ, თუ რამდენ სანტიმეტრს უდრის ეს სიგრძე და შემდეგ მასშტაბის მიხედვით გავიგებთ მის სიგრძეს მეტრებში.

ვთქვათ, 2—3 სიგრძე უდრის 4,8 სანტიმეტრს, რაც 1:500 მასშტაბში იქნება $4,8 \times 5 = 24$ მეტრი.

აბსცისებისა და ორდინატების მეთოდი. იგივე ეზო (ნახ. 351) ავგეგმოთ წინა პარაგრაფში განხილული აბსცისებისა და ორდინატების მეთოდით. ამისათვის ეზოში დავნიშნავთ A, B, C და D წერტილებს, რომელთა შეერთებით მიიღება ოთხკუთხედი. ამ წერტილებს ნიშნავენ ისე, რომ $AB, BC, CD...$ გვერდები ასაგვეგმავე ობიექტებიდან ახლო მანძილით იყვნენ დაშორებული.

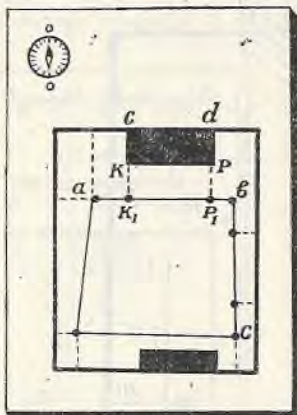
ავგეგმვის მიზნით ვღებვით რომელიმე წერტილში, მაგალითად A წერტილში, მოვახდენთ პლანშეტის ორიენტირებას კომპასით და პლანშეტზე დავნიშნავთ დგომის a წერტილს (ნახ. 352) იმ ადგილზე, რომ



ნახ. 351.

წერტილი $ABCD$ ოთხკუთხედი და თვით ეზოს გალავანი მოთავსდეს პლანშეტზე დაკრულ ქაღალდზე. შემდეგ სახაზავს მივაღებთ პლანშეტის a წერტილს, ხელახლა მოვახდენთ პლანშეტის ორიენტირებას, საეიზირო სახაზავის წიბოს დავეუმიზნებთ ადგილის B წერტილს და ფანქრით პლანშეტზე გავატარებთ ხაზს. ამის შემდეგ მივდივართ B წერტილისაკენ, თან ვითვლით წყვილ ნაბიჯებს და ვაწარმოებთ ობიექტების აგვეგმვას, ჩვენს შემთხვევაში $kcdp$ შენობის აგვეგმვას. ამისათვის ვაწარმოებთ k_1 წერტილში—შენობის k კუთხის პირდაპირ, ვთქვათ, k_1 წერტილიდან k_1 წერტილამდე 12 წყვილი ნაბიჯია, ანუ 24 ნაბიჯი, შემომოყვანილი ცხრილის მიხედვით უდრის $12,8 + 2,6 = 15,4$

მეტრს. 1 : 500 მასშტაბით ეს იქნება $15,4 : 5 = 3,08$ სმ. ამ სიგრძეს (3,1 სმ), ე. ი. აბსცისას ფარგლით (ან სავიზირო სახაზავით) გადავზომავთ a წერტილიდან გატარებულ ხაზზე და პლანშეტზე მივიღებთ k_1 წერტილს (ნახ. 352). შემდეგ ნაბიჯებით (ან თვალზომით) ვზომავთ k_1 მანძილს. თუ ამ მანძილს (ორდინატას), გადაყვანილს მეტრებში (ცხრილის საშუალებით), გადავზომავთ k_1 წერტილში გატარებულ მართობულ პლანშეტზე მივიღებთ შენობის k კუთხეს. k წერტილის მიღების შემდეგ ვაგრძელებთ წყვილი ნაბიჯების დათვლას AB მიმართულებით. B



ნახ. 352.

ორიენტირებას კომპასით, სახაზავს მივადებთ b წერტილს, დაფუძინებთ ადგილის C წერტილს და ფანქრით გავატარებთ ხაზს. შემდეგ მივიღებთ C წერტილისაკენ, თან ვითვლით წყვილ ნაბიჯებს და ზემოგანხილული აბსცისებისა და ორდინატების მეთოდით ვაწარმოებთ BC ხაზის მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე ობიექტების აგეგმვას. ჩვენს შემთხვევაში BC ხაზის მარჯვნივ მდებარეობს ეზოს გალავანი. მისი მდებარეობის მისაღებად გალავანზე დავნიშნავთ n და m წერტილებს, ამ წერტილებისათვის გადავზომავთ Bn_1 და Bm_1 აბსცისებს და n_1n და m_1m ორდინატებს. აღნიშნული განზომებები საკმარისია, რომ პლანშეტზე (ნახ. 352) მივიღოთ n და m წერტილების მდებარეობა. მათი შეერთებით გამოისახება გალავნის ნაწილი n და m წერტილებს შორის. თუ გალავანს სწორი ხაზების მხოლოდობა აქვს, მაშინ mn ხაზს გა-

ვგრძელებთ შენობის cd ფასადის გაგრძელების გადაკვეთის წერტილამდე.

ოთხკუთხედის c წერტილის მისაღებად პლანშეტის b წერტილიდან გატარებულ bc ხაზზე 1 : 500 მასშტაბში გადავზომავთ bc სიგრძეს, გავზომილს ნაბიჯებში და გადაყვანილს მეტრებში (ზემომოყვანილი ცხრილით). ამავე წესით პლანშეტზე განისაზღვრება ადგილზე დანიშნული ოთხკუთხედის D წვერო და საჭირო ობიექტების აგეგმვას აწარმოებენ CD და DA გვერდებთან დაკავშირებით აბსცისებისა და ორდინატების მეთოდით.

აღნიშნულ მეთოდთან ერთად გამოიყენებენ ზემოგანხილული გადაკვეთის მეთოდს. ამ შემთხვევაში ასაგეგმავი ობიექტების მახასიათებელი წერტილები მიიღება $ABCD$ ოთხკუთხედის სათანადო წვერებიდან გატარებული ხაზების გადაკვეთაში. მაგალითად, აუზის მდებარეობის მისაღებად. პლანშეტის ორიენტირების შემდეგ სახაზავს დაუმიზნებენ აუზს, როგორც C წერტილიდან, ისე D -დან და პლანშეტზე გაატარებენ ხაზებს, რომელთა გადაკვეთაში იქნება აუზი.

ყველა აგეგმილ ობიექტებს (შენობებს, გალავანს, აუზს და სხვ.) გამოსახვენ პირობითი ნიშნებით და მიიღებენ ადგილის გეგმას, შესრულებულს თვალზომური აგეგმვით.

§ 183. ღიფი ფართობის თვალზომითი აგეგმვა

დიდი ტერიტორიის, მაგალითად. მთელი სოფლის აგეგმვის მიზნით, ამ ტერიტორიის ფართობზე, ძირითადად გზებზე შეარჩევენ ისეთ I, II, III... მრავალკუთხედს (პოლიგონს) (ნახ. 353), რომლის გვერდებთან დაკავშირებით წინა პარაგრაფში განხილული აბსცისებისა და ორდინატების მეთოდით ან გადაკვეთის მეთოდით (პოლიგონის წვეროებიდან) აწარმოებენ პოლიგონს გვერდების ორივე მხარეზე მდებარე ობიექტების (შენობების, ბაღების, ვენახების, მდინარეების და სხვ.) აგეგმვას. თვით პოლიგონს პლანშეტზე ააგებენ წინა პარაგრაფში განხილული მეთოდით (პლანშეტის ორიენტირებით პოლიგონის ყოველ I, II, III... წვეროზე, პოლიგონის გვერდების ნაბიჯებით გავზომით და მათი მეტრებში გადაყვანით).

თუ მთელი ტერიტორიის აგეგმვა ვერ მოხერხდა I, II, III... პოლიგონის საფუძველზე, მაშინ პოლიგონის წვეროებს შორის დანიშნავენ ცალკე მარშრუტებს (სვლებს), რომლებთან დაკავშირებით აწარმოებენ ფართობის შიგა ნაწილის აგეგმვას. ნახ. 353-ზე ნაჩვენებია ასეთი მარშრუტი, დანიშნული პოლიგონის II და V წვეროებს შორის.

შეიძლება აგრეთვე I, II, III... პოლიგონის წვეროებიდან გადაკვეთის მეთოდით პლანშეტზე განისაზღვროს ადგილის ისეთი წერტილები,

თუ თვალწინაა ივეგმვისას სავიროა რელიეფის გამოსახვა, მაშინ იყენებენ ანეროიდს, რომლის საშუალებით გეპულობენ რელიეფის მახასიათებელი წერტილების (ცალკე ბორცვების, უღელტეხილების, ქედზე და ზეგში მდებარე წერტილების და სხვა) აბსოლუტურ სიმაღლებას და მათი მიხედვით გაატარებენ იზოჰიფებს. თვით რელიეფის მახასიათებელი წერტილები მიიღება პლანშეტზე გადაკვეთის მეთოდით პოლიგონის (ან მარშრუტული სვლის) წერტილებიდან. ყოველივე ამის შედეგად მიიღებენ ასაგეგმავი ფართობის გეგმას რელიეფის გამოსახვით.

საინჟინრო გეოდეზია

საცხოვრებელი მასივების, გზების, არხების, მეტროპოლიტენების, ხიდებისა და სხვა დიდი ობიექტების მშენებლობებს წინ უძღვის პროექტების შედგენა და მათი მიხედვით თვით მშენებლობის წარმოება. მშენებლობის დაწყებამდე საჭიროა მშენებლობის ცალკე ობიექტების დანაკარგების, ე. ი. ობიექტების გადატანა პროექტიდან ადგილზე.

გზებისა და არხების მშენებლობის შემთხვევაში ეს ნიშნავს გზებისა და არხების ტრასირებას გეოდეზიური ინსტრუმენტებით, ე. ი. გზებისა და არხების რაციონალური მიმართულების დადგენას ადგილზე.

რკინიგზისა ან გზატკეცილის გვიარაბის მშენებლობისას საჭიროა გვიარაბის ბოლო წერტილებიდან გვიარაბის გაჭრისათვის საჭირო მიმართულების განსაზღვრა.

ქარხანა-ფაბრიკების მშენებლობისას საჭიროა მექანიზმების და აგრე-
გატების დაყენება პროექტით გათვალისწინებულ ადგილებში.

455

ამასთან, საინჟინრო გეოდეზია აგრეთვე იხილავს სტადიონების, აეროდრომების და სხვა საამშენებლო მოედნების მოშანდაკებას (მოსწორებას) ჰორიზონტალური და დახრილი სიბრტყეებით.

წიგნის ამ ნაწილში განხილულია ზემოთყვანილი საკითხები. პირველ რიგში კი საამშენებლო ფართობების მოშანდაკება.

თ ა ბ ი XXIII

საამშენებლო ფართობების მოშანდაკება (მოსწორება) ჰორიზონტალური და დახრილი სიბრტყით

§ 184. ზოგადი ცნება

თუ საამშენებლო ფართობის ზედაპირი უსწორმასწოროა, საჭიროა მშენებლობის დაწყებამდე ასეთი ზედაპირის მოშანდაკება (მოსწორება).

აგრეთვე ზედაპირის მოშანდაკება საჭიროა აეროდრომების, სტადიონების, ქალაქების მოედნების და სხვა ობიექტების მშენებლობისას.

სანამ შეუდგებოდნენ ზედაპირის მოშანდაკებას, მოახდენენ ამ ზედაპირის ნიველირებას ან ტაქსიმეტრიულ აგეგმვას (თუ ზედაპირი ბორცვიანია) და მიიღებენ მსხვილმასშტაბიან გეგმას რელიეფის გამოსახვით იზოჰიფსებით.

კვეთ-სიმაღლეს ლეზულობენ 0,2 მეტრიდან ერთ მეტრამდე.

ამ თავში განხილულია მოშანდაკების ორი შემთხვევა: პირველი, როდესაც მოსწორებული ზედაპირი უნდა იქნეს ჰორიზონტალური და მეორე—დახრილი.

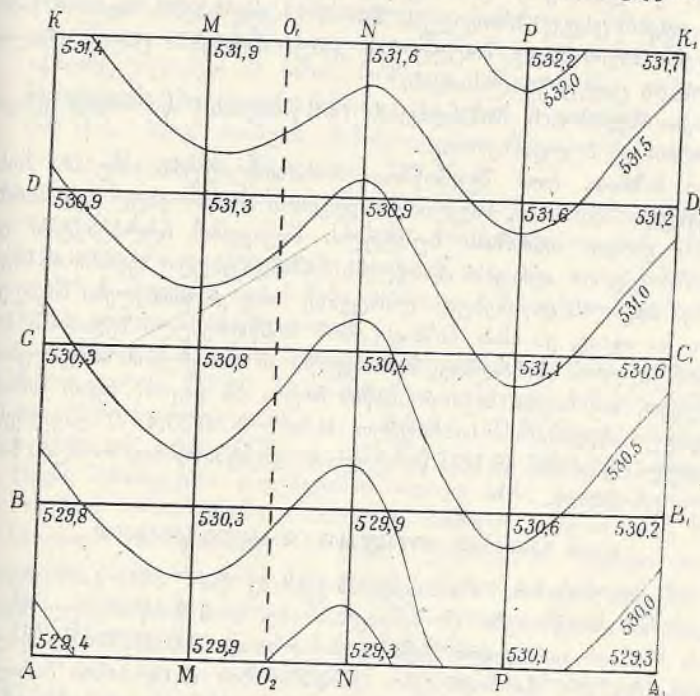
§ 185. ზედაპირის მოშანდაკება ჰორიზონტალური სიბრტყით

ვთქვათ საჭიროა იზოჰიფსებიან გეგმაზე (ნახ. 354) გამოსახული ზედაპირის მოშანდაკება (მოსწორება) ჰორიზონტალური სიბრტყით, რომლის სიმაღლე მოცემულია, მაგალითად, 530,4 მეტრი.

თუ გეგმა (ნახ. 354) მიღებულია ფართობის ნიველირებით, ასეთ გეგმაზე წინასწარ იქნება დატანილი კვადრატების ბადე. თუკი გეგმა შედგენილია ტაქსიმეტრიული აგეგმვით (თეოდოლიტით), მაშინ ასეთ გეგმაზე უნდა დავიტანოთ კვადრატების ბადე (თუ გეგმაზე არ არის დატანილი კოორდინატთა ბადე). შემდეგ იზოჰიფსებზე წარწერილი

სიმაღლეების მიხედვით განვსაზღვრავთ ბადის ყოველი კვადრატის წვეროების ნიშნულებს (სიმაღლეებს).

ამის შემდეგ, ცნობილი წესით (იხ. § 122), ავაგებთ პროფილებს გეგმაზე დანიშნულ AA_1 , BB_1 , CC_1 , ... ხაზების მიმართულებით. ნა-



ნახ. 354.

წილი ამ პროფილებისა ნაჩვენებია ნახ. 355-ზე. ამ პროფილებზე დავიტანოთ ისეთ ჰორიზონტალურ (საპროექტო) ხაზებს, რომლებსაც ექნება ერთი და იგივე საპროექტო სიბრტყის სიმაღლე (ჩვენს შემთხვევაში 530,4 მ). საპროექტო ხაზების (530,4 მ) ზემოთ მდებარე ფართობები წარმოადგენენ ჰორიზონტალური ფართობებს, ხოლო ქვემოთ მდებარე ფართობები — ყრილის ფართობებს (ნახ. 355-ზე მოყვანილ პროფილებზე საპროექტო (530,4) ხაზები არაა ნაჩვენები). ზედაპირის მოშანდაკების მიზნით უნდა ვიცოდეთ მუშა ნიშნულები კვადრატების ყოველი წვეროსათვის. ეს მუშა ნიშნულები ადვილად მიიღება როგორც სხვაობა კვადრატების წვეროებზე წარწერილ შავ ნიშნულებსა და საპროექტო ნიშნულს (530,4 მ) შორის. მუშა ნიშნულები

გვიჩვენებენ ჭრილის სიღრმეს ან ყრილის სიმაღლეს კვადრატის ყოველ წვეროზე. ორ მეზობელ პროფილებს შორის მიწის მოცულობის მისაღებად ამ პროფილების საშუალო ფართობს (ცალკე ყრილისათვის და ცალკე ჭრილისათვის) გაამრავლებენ პროფილებს შორის მანძილზე. თუ ავიღებთ ცალკე პროფილებს შორის მოცულობების საერთო ჯამს, მივიღებთ მიწის მთელ მოცულობას კუბურ მეტრებში ცალკე ყრილისათვის და ცალკე ჭრილისათვის.

თვით ზედაპირის მოშანდაკებას (მოსწორებას) აწარმოებენ ექსკავატორით და ბულდოზერით.

იმ მიზნით, რომ შევამოწმოთ, პორიზონტალურია თუ არა მოსწორებული ზედაპირი, ნიველირით ვღებებით მოსწორებულ ზედაპირზე ან მის გარეთ, თარაზხს ბუშტულას მოვიყვანთ ნულბუნქტში და ჭოგრში ცქერით ავიღებთ ანათვლებს მოშანდაკებული ზედაპირის სხვადასხვა ადგილას დაყენებულ ლარტყაზე. თუ ეს ანათვლები მივიღეთ ერთი და იგივე, ეს იმას ნიშნავს, რომ მოსწორებული ზედაპირი პორიზონტალურია. წინააღმდეგ შემთხვევაში ამ ანათვლების საშუალებით ვარკვევთ, თუ სადაა საჭირო მიწის მოჭრა ან დაყრა. თვით მოშანდაკებული ზედაპირის საპროექტო სიმაღლეს (530,4 მ) დავადგენთ არსებულ რეპერთან ან სხვა წერტილთან დაკავშირებით, რომლის ნიშნული ცნობილია.

§ 186. ზედაპირის მოშანდაკება დახრილი სიბრტყით

ვთქვათ, საჭიროა იზოპიფსებიან გეგმაზე (ნახ. 354) გამოსახული ზედაპირის მოსწორება (მოშანდაკება) ისე, რომ მოსწორებულ ზედაპირს ჰქონდეს გარკვეული ქანობი (მაგალითად 0,008). მოსწორებულ ზედაპირზე თუ წარმოვიდგენთ ვარდნილობის O_1O_2 ხაზის პარალელურ ხაზებს, ყოველი ასეთი ხაზის ქანობი უნდა იყოს საპროექტო ქანობის ტოლი (0,008).

თუ იზოპიფსებიანი გეგმა (ნახ. 354) მიღებულია ფართობის ნიველირებით, მაშინ ნიველირების წარმოებისას (კვადრატების მეთოდით იხ. § 146) ადგილზე წინასწარ ინიშნება ისეთი O_1O_2 ხაზი, რომლის მიმართულებით მოსწორებული ზედაპირის ქანობი იყოს საპროექტო ქანობის ტოლი (ჩვენს შემთხვევაში 0,008-სა). ამ O_1O_2 ვარდნილობის ხაზთან დაკავშირებით ააგებენ ადგილზე ნიველირებისათვის საჭირო კვადრატების ბადეს.

თუ გეგმა მიღებულია ტაქსომეტრული აგეგმვის შედეგად, მაშინ ასეთ გეგმაზე ფანქრით ან ტუშით დაიტანენ ისეთ ბადეს, რომ ამ ბადის $MM_1, NN_1, PP_1...$ ხაზები პარალელური იყოს გეგმაზე დანიშნული ვარდნილობის O_1O_2 ხაზისა, რომელიც გვიჩვენებს საპროექტო

დახრილი სიბრტყის მიმართულებას. შემდეგ იზოპიფსებზე წარწერილი სიმაღლეების მიხედვით გაიგებენ ბადის ყოველი კვადრატის წვეროების ნიშნულებს და მიუწერენ, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 354-ზე.

ზედაპირის მოშანდაკებისათვის, გარდა საპროექტო სიბრტყის ქანობისა და მისი O_1O_2 მიმართულებისა, საჭიროა გეგმაზე და ადგილზე დანიშნული იყოს ხაზი, საიდანაც იწყება ზედაპირის მოშანდაკება, და აგრეთვე ვიცოდეთ ამ ხაზის ნიშნული (სიმაღლე H_0). ვთქვათ, ჩვენს შემთხვევაში ზედაპირის მოშანდაკება უნდა მოვახდინოთ AA_1 ხაზიდან (ნახ. 354), რომლის მიმართულებით ზედაპირის საშუალო სიმაღლე H_0 უდრის, მაგალითად, 529,50 მ.

დასახული ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით ქაღალდზე ააგებენ პროფილებს $AA_1, BB_1, CC_1...$ ხაზების მიმართულებით (ნახ. 355). შემდეგ ყოველ ასეთ პროფილზე დაიტანენ $aa_1, bb_1, cc_1...$ ხაზებს, რომლების ნიშნულები შეესაბამება დახრილი საპროექტო ზედაპირის ნიშნულს ყოველი პროფილისათვის.

საწყისი AA_1 ხაზის პროფილზე დაიტანენ aa_1 ხაზს, რომლის ნიშნული უდრის 529,50 მ (საპროექტო სიბრტყის საწყისი ნიშნული). დანარჩენი საპროექტო $bb_1, cc_1...$ ხაზების H ნიშნულების მისაღებად, საწყისი aa_1 ხაზის ნიშნულს (529,50) [დავუმატებთ ან გამოვაკლებთ (ჩვენს შემთხვევაში დავუმატებთ) სიდიდე id -ს, სადაც i არის საპროექტო ხაზის ქანობი (0,008), d —მანძილი საწყისი AA_1 ხაზიდან სათანადო პროფილამდე. ვთქვათ, კვადრატების გვერდი ადგილზე უდრის 20 მეტრს. მაშინ მანძილი d_1 საწყისი AA_1 ხაზიდან (ნახ. 354) BB_1 პროფილამდე იქნება 20 მ, CC_1 პროფილამდე d_2 იქნება 40 მ, DD_1 პროფილამდე d_3 —60 მ და ასე შემდეგ.

ამ $d_1, d_2, d_3...$ მანძილების, საპროექტო სიბრტყის ქანობისა (0,008) და საპროექტო სიბრტყის საწყისი სიმაღლის ($H_0=529,50$ მ) მიხედვით პროფილებზე დატანილ $bb_1, cc_1, dd_1...$ ხაზების $H_1, H_2, H_3...$ ნიშნულები იქნება:

$$H_1 = H_0 + id_1 = 529,50 + 0,008 \cdot 20 = 529,50 + 0,16 = 529,66 \text{ მ,}$$

$$H_2 = H_0 + id_2 = 529,50 + 0,008 \cdot 40 = 529,50 + 0,32 = 529,82 \text{ მ,}$$

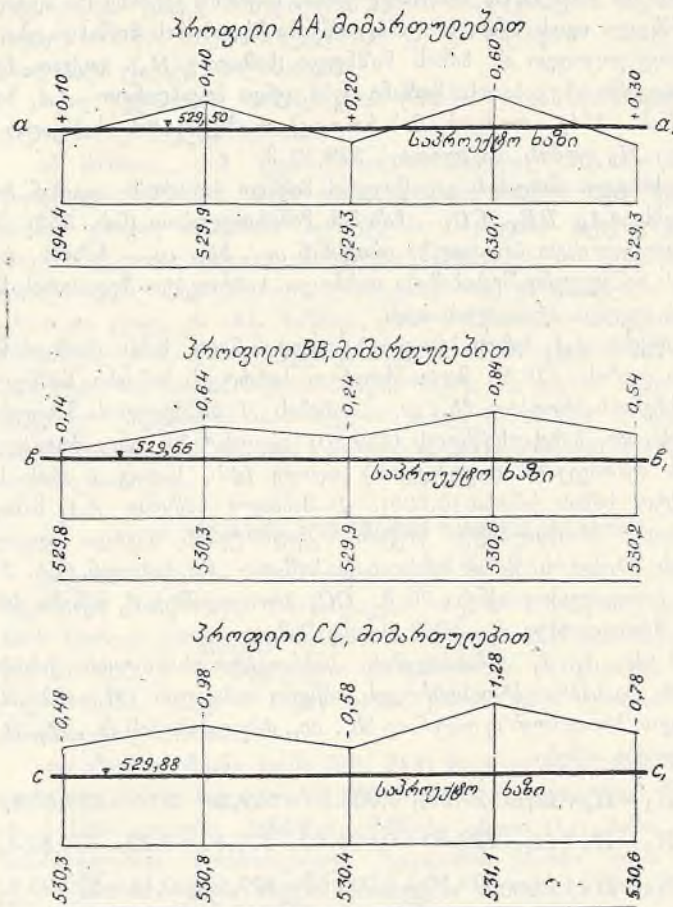
$$H_3 = H_0 + id_3 = 529,50 + 0,008 \cdot 60 = 529,50 + 0,48 = 529,98 \text{ მ}$$

და ასე შემდეგ.

აღნიშნული ნიშნულები იწერება ყოველ პროფილზე გატარებულ საპროექტო ხაზზე. აგრეთვე ყოველი პროფილის ზემოთ იწერება მუშა ნიშნულები, ე. ი. სხვაობა ზედაპირის ნიშნულებისა (შავი ნიშნულებისა) და საპროექტო (წითელი) $aa_1, bb_1, cc_1...$ ხაზების ნიშნულებს შორის. მუშა ნიშნულები გვიჩვენებს მოსატრელებს ან დასაყრდელს მიწის სიღრმეს

და სიმაღლეს. ყრილი იწერება დადებითი ნიშნით, ხოლო ჭრილი უარყოფითი ნიშნით.

ამის შემდეგ შეგვიძლია გამოვლით მივიღოთ მოცულობა (კუბურ მეტრებში) როგორც მოსაჭრელი, ისე დასაყრელი მიწისა. ამისათვის



ნახ. 355.

ყოველი პროფილისათვის პლანიმეტრით ან პალეტით (ან სხვა მეთოდით) გავიგებთ ფართობებს (კვადრატულ მეტრებში) ცალკე ჭრილისათვის და ცალკე ყრილისათვის.

მეზობელ პროფილებს შორის მიწის მოცულობის მისაღებად სა-

შუალო ფართობს (ცალკე ჭრილისათვის და ცალკე ყრილისათვის) გაამრავლებენ პროფილებს შორის მანძილზე. მთელი მოსაჭრელი ან დასაყრელი მიწის მოცულობა უდრის ცალკე პროფილებს შორის განსაზღვრული მოცულობების ჯამს.

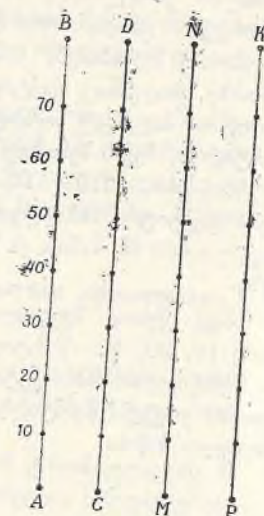
თვით მოშანდაკებას აწარმოებენ ექსკავატორით და ბულდოზერით პროფილებზე წარწერილი მუშა ნიშნულების მიხედვით. მუშა ნიშნულები შეიძლება აგრეთვე დაიწეროს ცალკე კვადრატების სქემაზე.

იმ მიზნით, რომ შევამოწმოთ მოშანდაკებულ ზედაპირს აქვს თუ არა საპროექტო სიბრტყის ქანობი (0,008), ვიქცევით ასე: მოშანდაკებულ ზედაპირზე დავნიშნავთ ურთიერთპარალელურ $AB, CD, MN \dots$ ვარდნილობის ხაზებს (ნახ. 356), ე. ი. ისეთ ხაზებს, რომლებიც ხასიათდება მაქსიმალური ქანობით. შემდეგ ნიველირით ვდგებით რომელიმე ასეთი ხაზის ბოლო წერტილებს შორის შუა მანძილზე, თარაზოს ბუშტულას მოვიყვანთ ნულბუქტში და ავიღებთ a და b ანათვლებს ხაზის ბოლოებზე დაყენებულ ლარტყებზე. ამ წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა h იქნება ტოლი:

$$h = a - b.$$

თუ ამ სიმაღლეთა h სხვაობას გავყოფთ ლარტყებს შორის მანძილზე, მივიღებთ მოშანდაკებულ ზედაპირზე დანიშნული ხაზის ქანობს, რომელიც უნდა იყოს საპროექტო ქანობის ტოლი (0,008). ამავე წესით ამოწმებენ ყველა ხაზის ქანობებს და, მაშასადამე, გავიგებთ, აქვს თუ არა მთელ მოშანდაკებულ ზედაპირს საპროექტო სიბრტყის დახრილობა (0,008).

ამის შემოწმება შეიძლება აგრეთვე წიგნის ბოლოში მოთავსებული V ცხრილის გამოყენებით. ამ ცხრილში მოყვანილია სიმაღლეთა h სხვაობები i ქანობებისა და d მანძილების მიხედვით. ვინაიდან სიმაღლეთა სხვაობების განსაზღვრას აწარმოებენ ნიველირით და ანათვლებს ლარტყებზე ღებულობენ მილიმეტრებში, სიმაღლეთა სხვაობებიც მოყვანილია V ცხრილში მილიმეტრებში. d მანძილები (ჰორიზონტალური პროექციები) მოყვანილია 10 მეტრიდან 100 მეტრამდე და ქანობები 0,0004-დან 0,01-მდე. ამ ცხრილებს ასე გამოვიყენებთ: ნიველირით ვდგებით მოშანდაკებულ ზედაპირზე დანიშნული ვარდნილობის რომელიმე ხაზის, მაგა-



ნახ. 356.

ლითად, AB ხაზის საწყის A წერტილში (ნახ. 356) და AB ხაზზე ყოველ 10 მეტრზე (A წერტილიდან) დაენიშნათ 10, 20, 30, 40... წერტილებს. შემდეგ ნიველირის თარაზოს ბუშტულას დავაყენებთ ნულბუქტში და თანმიყოლებით ვღებულობთ $a_{10}, a_{20}, a_{30}, \dots$ ანათვლებს იმ ლარტყაზე, რომელიც თანმიყოლებით იდგმება 10, 20, 30, 40... წერტილებზე. ვთქვათ, რომელიმე წერტილზე, მაგალითად, მე-60 წერტილზე, ლარტყაზე მივიღეთ ანათვალი $a_{60} = 920$ მმ. დაეუშვათ, რომ ნიველირის სიმაღლე p , გაზომილი ლარტყით, ტოლია 1230 მმ. ამ შემთხვევაში, როგორც ვიცით, A და 60 წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა h_{60} უდრის:

$$h_{60} = p - a_{60} = 1230 - 920 = 310 \text{ მმ.}$$

საპროექტო ქანობისა (0,008) და d მანძილის (60 მ) მიხედვით V ცხრილში ვპოულობთ, რომ სიმაღლეთა სხვაობა უდრის 480 მმ. ამ შემთხვევაში ცხადია, რომ AB მიმართულებით ზედაბირის ფაქტიური ქანობი არ შეესაბამება საპროექტო ქანობს (0,008) და ნაკლებია ამ ქანობზე, რადგანაც ფაქტიურ სიმაღლეთა სხვაობა (310 მმ) ნაკლებია ცხრილით მიღებულ სიმაღლეთა სხვაობისა (480 მმ). მაშასადამე, მე-60 წერტილში, ჩვენს შემთხვევაში, საჭირო იქნება მიწის მოჭრა 17 სანტიმეტრით ($480 - 310 = 170$ მმ). ჩვენს შემთხვევაში მე-60 წერტილისათვის ფაქტიური სიმაღლეთა სხვაობა h_{60} , ნაცვლად 310 მმ-ისა რომ მიგვეღო 480 მმ, მაშინ ეს წერტილი 60 იქნებოდა საპროექტო სიბრტყეზე.

ამავე წესით შეგვიძლია ყოველ $CD, MN, PK, \dots$ ხაზზე მდებარე 10, 20, 30... წერტილებისათვის გავიგოთ—მდებარეობენ თუ არა ეს წერტილები საპროექტო სიბრტყეზე და თუ არ მდებარეობენ, შეგვიძლია ყოველი წერტილისათვის გავიგოთ სიდიდე მოსაჭრელი ან დასაყრელი მიწისა.

თ ა ზ ი XXIV

საცხოვრებელი მასივების ოპიმატიზაციის გადატანა გენერალური გეგმიდან ადგილზე

§ 187. ზოგადი ცნება

სანამ შეუდგებოდნენ საცხოვრებელ მასივში შემავალი ობიექტების დაპროექტებას და მშენებლობას, საამშენებლო ფართობზე დალაგებენ სატრანსპორტაციო ქსელის პუნქტებს და განსაზღვრავენ მათ კოორდი-

ნატებს. აგრეთვე გეომეტრიული ნიველირებით განსაზღვრავენ ამ პუნქტების აბსოლუტურ სიმაღლეებს.

შემდეგ, ამ პუნქტების საფუძველზე მოახდენენ მთელი ფართობის აგეგმვას მსხვილ მასშტაბში (1 : 1000 ან 1 : 500).

აგეგმვას აწარმოებენ თეოდოლიტით ან მენზულით მიკროარეოფის გამოსახვით (იხ. § 149 და 175). ამის შედეგად მიიღებენ მსხვილ-მასშტაბიან გეგმას, სადაც დატანილი იქნება საკოორდინატო ბადე x -ის და y -ის სათანადო წარწერით.

თუ საამშენებლო ფართობი უსწორმასწოროა, საჭირო იქნება მისი მოშინდაკება (იხ. თავი XXIII) და შემდეგ მოახდენენ გეგმაზე მთელი მასივის დაპროექტებას, რომელიც გულისხმობს ცალკე ნაგებობების ე. ი. საცხოვრებელი სახლების, სკოლების, ქუჩების, ბაღების, მოედნების და სხვა ობიექტების რაციონალურად განლაგებას საამშენებლო ფართობებზე.

მშენებლობის დროს ყველა ამ ობიექტებს გადაიტანენ გენერალური გეგმიდან ადგილზე, ე. ი. მოახდენენ აღნიშნული ობიექტების დაკვალვას ადგილზე.

აქ საქმე გვექნება ორ შემთხვევასთან: პირველი, როდესაც საამშენებლო ობიექტებს გეგმიდან ადგილზე გადაიტანენ იმ კოორდინატთა ბადის გამოყენებით, რომელიც დატანილია გენერალურ გეგმაზე და მეორე—ახლად შექმნილი საამშენებლო ბადის საფუძველზე. ქვემოთ განხილულია ორივე შემთხვევა.

§ 188. საამშენებლო ოპიმატიზაციის გადატანა ნორმალური კოორდინატთა ბადის საფუძველზე

პირველ ყოვლისა ადგილზე გადაიტანენ იმ საკოორდინატო ბადეს, რომელიც დატანილია გეგმაზე. ამ ბადეს საამშენებლო ბადე ეწოდება.

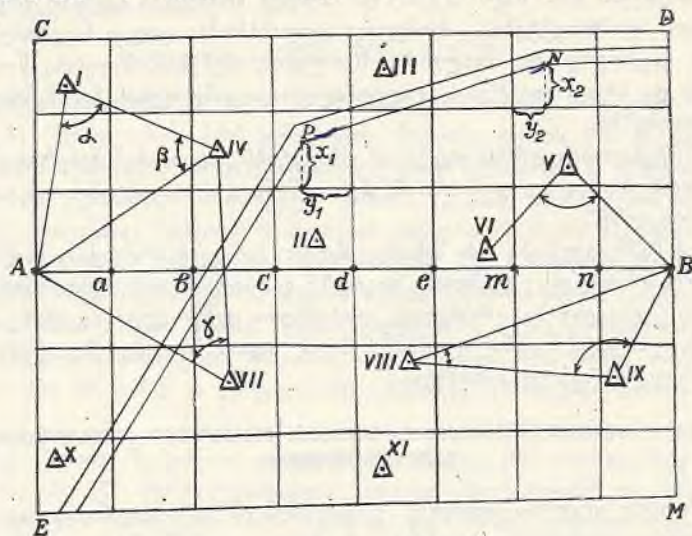
საამშენებლო ბადეს ადგილზე გადაიტანენ იმ ტრიანგულაციის ან პოლიგონომეტრიის პუნქტების საშუალებით, რომელთა საფუძველზეც იყო შედგენილი გეგმა.

ვთქვათ, ასეთია გეგმაზე დანიშნული და ადგილზე დამაგრებული I, II, III, IV... პუნქტები (ნახ. 357) და მათ საფუძველზე ადგილზე უნდა ავაგოთ იმავე ნახაზზე (გეგმაზე) დანიშნული საკოორდინატო ბადე. ეს ბადე საერთოდ წარმოადგენს კვადრატებს, რომელთა წვეროების კოორდინატები მიიღება ბადეზე გაკეთებული წარწერების მიხედვით.

აღნიშნული ბადის ადგილზე ასაგებად ჯერ პოულობენ ბადის რომელიმე გვერდს, მაგალითად, AB გვერდს და ამის საფუძველზე ააგე-

ბენ თვით ბადეს. A და B წერტილების მდებარეობას პოულობენ გადაკვეთის მეთოდით ტრიანგულაციის (ან პოლიგონომეტრიის) I, IV, VII და V, VIII, IX პუნქტებიდან.

ამისათვის საჭიროა გიცოდეთ აღნიშნულ პუნქტებთან მდებარე α , β , γ ... კუთხეები, რომლების საშუალებით შეიძლება A და B წერტილების მდებარეობის განსაზღვრა თეოდოლიტით (გადაკვეთის მეთოდით). აღნიშნული კუთხეები განისაზღვრება სულ ადვილად. მართლაც, ვინაიდან ცნობილია A წერტილის კოორდინატები (მიიღება ბადეზე გაკეთებული წარწერების მიხედვით) და აგრეთვე ტრიანგულაციიდან



ნახ. 357.

გიცით I, IV და VII პუნქტების კოორდინატები, შეგვიძლია გამოთვლით მივიღოთ I— A , IV— A და VII— A მანძილები და მათი აზიმუტები (იხ. § 97).

საძიებელი α კუთხე მიიღება როგორც I— A და I—IV გვერდების აზიმუტების სხვაობა, კუთხე β , როგორც IV—I და IV— A გვერდების აზიმუტების სხვაობა და γ კუთხე როგორც VII—IV და VII— A გვერდების აზიმუტების სხვაობა. ანალოგიურად განისაზღვრება V, VIII და IX პუნქტებთან მდებარე კუთხეები, რომლებიც საჭიროა B წერტილის მდებარეობის მისაღებად ადგილზე.

α , β და γ კუთხეების განსაზღვრის შემდეგ თეოდოლიტებით დგებიან I, IV და VII პუნქტებზე და α , β და γ კუთხეების საშუალებით

პოვონ აძლევენ მიმართულებას A წერტილისაკენ. ცხადია, I— A , IV— A და VII— A მიმართულებები უნდა გადაიკვეთონ ერთ წერტილში, რომელიც იქნება საძიებელი A წერტილი. თუ მივიღეთ ცნობილების სამკუთხედი, ამ სამკუთხედის საშუალებით დანიშნავენ A წერტილის სწორ მდებარეობას, ისე როგორც პოტენოტის ამოცანის ამოხსნისას (იხ. § 172). ამავე წესით პოულობენ B წერტილს.

აღნიშნული A და B წერტილების პოვნა შეიძლება აგრეთვე პოლარული მეთოდით—კუთხეებისა და მანძილების მიხედვით. მაგალითად, A წერტილის მისაღებად საჭიროა გიცოდეთ α კუთხე და I— A მანძილი. მუშაობის შემოწმება შეიძლება IV— A მანძილით.

AB ხაზის მდებარეობის განსაზღვრის შემდეგ ამ ხაზზე A წერტილიდან ბაფთით გადაზომავენ გეგმაზე ნაჩვენებ კვადრატების გვერდებს და მიიღებენ a , b , c ... წერტილებს (ნახ. 357). შემდეგ აღნიშნულ წერტილებში თეოდოლიტით აღმართავენ მართობებს, რომლებზედაც AB ხაზის ორივე მხარეზე გადაზომავენ კვადრატების გვერდებს და ადგილზე მიიღებენ საამშენებლო ბადეს. ამ ბადის ყოველი კვადრატის წვეროზე ამაგრებენ ხის, რკინის, ქვის და სხვა სახის ბოძს.

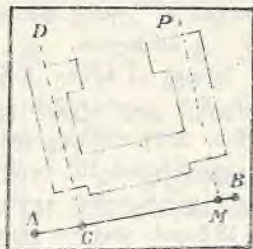
ბადის აგებას ამოწმებენ იმით, რომ CD და EM გვერდები უნდა იყვნენ AB გვერდის ტოლი. აგრეთვე შემოწმების მიზნით შეიძლება ბადის კიდური C , D , E , M წვეროების მდებარეობის განსაზღვრა ტრიანგულაციის პუნქტებიდან, ისე როგორც A და B წერტილების მდებარეობა. უნდა მივიღოთ იგივე წერტილები, რაც პერპენდიკულარებით იყო მიღებული.

საამშენებლო ბადის აგების შემდეგ მის საფუძველზე მოახდენენ პროექტზე (გეგმაზე) დანიშნული ობიექტების (ქუჩების, საცხოვრებელი სახლების, სკოლების, ბაღების და სხვ.) გადატანას ადგილზე.

ამისათვის საჭიროა გენერალურ გეგმაზე საამშენებლო ბადის გარდა დანიშნული იყოს ეგრეთ წოდებული წითელი ხაზები, რომლებიც წარმოადგენენ ქუჩების საველ ზოლებზე დანიშნულ ხაზებს. თუ ქუჩა განიერია, წითელი ხაზები ინიშნება ქუჩის ორივე მხარეზე. წითელ ხაზებთან დაკავშირებით წარმოებს საამშენებლო ობიექტების გადატანა გეგმიდან ადგილზე.

ვთქვათ, გეგმაზე დანიშნული PN ხაზი (ნახ. 357) წარმოადგენს წითელ ხაზს და საჭიროა მისი გადატანა ადგილზე. ამისათვის წითელი ხაზის P და N წერტილებიდან გეგმაზე გავატარებთ საამშენებლო ბადის სათანადო კვადრატების გვერდების მიმართ პერპენდიკულარებს და გრაფიკულად (გეგმის მასშტაბში) გავივებთ X_1 , Y_1 და X_2 , Y_2 კოორდინატებს (ნახ. 357) ბადის სათანადო წვეროსთან დაკავშირებით. შემდეგ ამ კოორდინატების გადაზომვით (ბაფთით) ადგილზე ვიპო-

ვით P და N წერტილებს, ე. ი. ვიპოვით წითელ PN ხაზს. ამ ხაზთან დაკავშირებით უკვე შეგვიძლია ცალკე შენობების და სხვა ობიექტების მოხაზულობათა დანიშვნა (დაკვალება) ადგილზე აბსცისებისა და ორდინატების მეთოდით. ორდინატები (Y) წარმოადგენენ გეგმაზე ფანქრით გატარებულ პერპენდიკულარებს ობიექტების მახასიათებელ წერტილებიდან წითელი ხაზის მიმართ, ხოლო აბსცისები (X) წარმოადგენენ მანძილებს (მეტრებში) წითელი ხაზის საწყისი ან სხვა წერტილიდან პერპენდიკულარების ფუძემდებ. აღნიშნული აბსცისებისა და ორდინატების გადაზომვით, ადგილზე პოულობენ გეგმაზე დანიშნული სხვადასხვა ობიექტების მოხაზულობას.



ნახ. 358.

თუ შენობების ფასადები მდებარეობენ ერთ სწორ ხაზზე, ეს ხაზი შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც წითელი ხაზი და მასთან დაკავშირებით ადგილზე დაენიშნოთ საცხოვრებელი შენობები და სხვა ობიექტები.

თუ შენობას აქვს რთული მოხაზულობა (ნახ. 358), მაშინ გეგმაზე დანიშნავენ შენობის CD და MP ღერძებს, დაკავშირებულს AB ხაზთან, რომელსაც გეგმაზე ატარებენ შენობის ფასადის პარალელურად (შეიძლება იყოს წითელი ხაზი). შემდეგ საამშენებლო ბაღის სათანადო *მნეკ* კვადრატის წვეროებიდან (აბსცისებიდან და ორდინატებიდან) პოულობენ AB ხაზს და მასთან დაკავშირებით პოულობენ ნაგებობის CD და MP ღერძებს. თვით ნაგებობების დაკვალვას მოახდენენ AB , CD და MP ხაზებთან დაკავშირებით. აქვე უნდა ითქვას, რომ ტრიანგულაციის პუნქტები ისეთ ადგილებზე უნდა იყოს დანიშნული, რომ მშენებლობის დროს ეს პუნქტები არ მოყვნენ ასაშენებელი ობიექტების მოხაზულობაში. ეს რომ არ მოხდეს, საჭიროა, საპროექტო უწყებაში, რომელიც განაგებს საცხოვრებელი მასივების დაპროექტებას, არსებულ რუკაზე (1 : 5000 ან 1 : 10 000-ზე) წინასწარ დანიშნოს ცალკე ქუჩები და კვარტალები მთელი მასივის ფართობზე.

ასეთ რუკაზე უკვე შეიძლება სატრიანგულაციო ქსელის პუნქტები დანიშნოს ისეთ ადგილებში, რომლებიც უკავია ქუჩებს, ცალკე მოედნებს, ბაღებს და არა შენობებს.

შემდეგ ამ პუნქტებს რუკიდან გადაიტანენ ადგილზე და ჩაატარებენ ტრიანგულაციას. მშენებლობის დროს საამშენებლო ბაღის წერტილების ნაწილი შესაძლოა მოყვეს შენობების ფართობებში და დაი-

კარგოს. ამიტომ ქუჩებში დანიშნულ ტრიანგულაციის პუნქტებს შორის დაალაგებენ პოლიგონომეტრიის და გაიგებენ პოლიგონომეტრიის პუნქტების კოორდინატებს და სიმაღლეებს ტრიანგულაციის პუნქტებთან დაკავშირებით. გარდა საამშენებლო ობიექტების დაკვალვისა, ასეთ პოლიგონომეტრიას ექნება აგრეთვე სხვადასხვა დანიშნულება, მაგალითად, პოლიგონომეტრიის პუნქტებს გამოიყენებენ როგორც საცხოვრებელი მასივის გეოდეზიური საფუძვლის პუნქტებს.

§ 189. საამშენებლო ობიექტების გადატანა ახლად შამანილი ბაღის საშუაგელოზე

ამ მეთოდის გამოყენება მიზანშეწონილია მაშინ, როდესაც საცხოვრებელი მასივის ქუჩების ერთ ნაწილს რკალების სახე აქვთ, ხოლო მეორე ნაწილი მიმართულია საცხოვრებელი მასივის ცენტრისაკენ (ნახ. 359).

ასეთ შემთხვევაში გენერალურ გეგმაზე დატანილი კოორდინატთა ბაღის საფუძველზე საამშენებლო ობიექტების გადატანა გეგმიდან მასივის ფართობზე ძნელია და უფრო მიზანშეწონილია ახალი ბაღის შექმნა. ამისათვის მასივის ცენტრისაკენ მიმართული მთავარი ქუჩების ბოლოებზე (გზაჯვარედინებზე) დანიშნავენ გეგმაზე $a, b, c, d, k...$ წერტილებს, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ. 359-ზე. ამ წერტილების სათანადო შეერთებით შეიქმნება თავისებური ბაღი, რომლის გვერდები დალაგებული იქნება ცენტრისაკენ მიმართულ ქუჩებზე და აგრეთვე განივ ქუჩებზე.

იმ მიზნით, რომ ასეთი ბაღი გეგმიდან გადავიტანოთ ადგილზე და შემდეგ ამ ბაღის საფუძველზე მოვახდინოთ საამშენებლო ობიექტების (ცალკე კვარტალების, შენობების, ბაღების და სხვ.) გადატანა ადგილზე, ვიქცევით ასე:

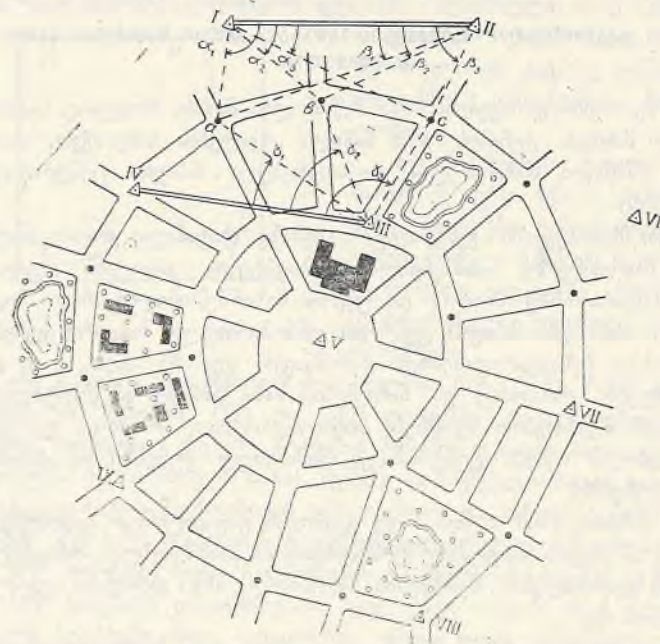
გენერალურ გეგმაზე გამოსახულ კოორდინატთა ბაღის საფუძველზე (ნახ. 359-ზე არაა ნაჩვენები) გრაფიკულად (გეგმის მასშტაბში) განვსაზღვრავთ ჩვენ მიერ გეგმაზე დანიშნულ $a, b, c, d...$ წერტილების X და Y კოორდინატებს და ამ კოორდინატებს მივიჩნევთ როგორც ახალი ბაღის უცვლელ კოორდინატებს. ჩვენი მიზანია ამ კოორდინატების მიხედვით ადგილზე ვიპოვოთ აღნიშნული $a, b, c, d...$ წერტილების მდებარეობა.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, საცხოვრებელი მასივის ფართობზე დალაგებულია სატრიანგულაციო ქსელის (ან პოლიგონომეტრიის) პუნქტები, რომლების საფუძველზე წარმოებულია საცხოვრებელი მასივის ტერიტორიის აგეგმვა და მიღებულ გეგმაზე დატანილია საკოორდინატო ბაღი და თვით ქსელის I, II, III... პუნქტები (ნახ. 359).

ამ პუნქტების და $a, b, c, d...$ წერტილების კოორდინატების მიხედვით უკვე შეგვიძლია ზემოგანხილული გადაკვეთის მეთოდით (თეოდოლიტით) ადგილზე ვიპოვოთ აღნიშნული $a, b, c, d...$ წერტილების მდებარეობა.

როგორც მაგალითი, განვიხილოთ a პუნქტის მდებარეობის განსაზღვრა გადაკვეთის მეთოდით I, II და III პუნქტებიდან (ნახ. 359).

ამისათვის, საჭიროა ვიცოდეთ I, II და III პუნქტებთან მდებარე



ნახ. 359.

α_1, β_1 და γ_1 კუთხეები. კუთხე α_1 მიიღება როგორც I— a და I—II ხაზების აზიმუტების (დირექციული კუთხეების) სხვაობა. I—II ხაზის აზიმუტი ცნობილია ტრიანგულაციიდან, ხოლო I— a ხაზის აზიმუტი მიიღება გამოთვლით I და a წერტილების კოორდინატების მიხედვით (იხ. § 97). ამის ანალოგიურად კუთხე β_1 მიიღება, როგორც II—I და II— a ხაზების აზიმუტების სხვაობა და γ_1 კუთხე—როგორც III—IV და III— a ხაზების აზიმუტების სხვაობა.

ამ კუთხეების განსაზღვრის შემდეგ თეოდოლიტით ვდგებით ადგილზე დამაგრებულ I პუნქტზე, ღიშს მოვიყვანთ პორიზონტალურ მდგო-

მარეობაში, ჭოგრის დაეუმინებთ II პუნქტს და ვერნიერებზე ავიღებთ საშუალო ანათვალს. შემდეგ მარტო ალიდადას (ლიმბი ჩაკეტილია) მოვებარუნებთ α_1 კუთხით, ვერნიერის დაყენებით სათანადო ანათვალზე. ამ შემთხვევაში ჭოგრის მიმართულებაზე იქნება საძიებელი a წერტილი. იმავე დროს მეორე თეოდოლიტით დგებიან II პუნქტზე და β_1 კუთხით ჭოგრის აძლევენ მიმართულებას, რომელზედაც მდებარეობს a წერტილი. ამ ორი მიმართულების გადაკვეთაში იქნება საძიებელი a წერტილი. შემოწმების მიზნით თეოდოლიტით დგებიან III პუნქტზე და γ_1 კუთხით ჭოგრის დამზერის ღერძს აძლევენ მიმართულებას, რომელზედაც უნდა მდებარეობდეს a წერტილი. ამრიგად I, II და III პუნქტებიდან აღებული მიმართულებანი უნდა გადაიკვეთოს ერთ a წერტილში. თუ მივიღეთ ცდომილების სამკუთხედი, მაშინ ლემანის მეთოდით (როგორც პოტენოტის ამოცანის ამოხსნისას) ადგილზე დანიშნავენ a წერტილის საბოლოო მდებარეობას. ამავე წესით ტრიანგულაციის სათანადო პუნქტებიდან ადგილზე პოულობენ გენერალურ გეგმაზე დანიშნულ სხვა $b, c, d, e...$ წერტილებს (ნახ. 359).

როგორც ვთქვით, აღნიშნული წერტილები ძირითადად ინიშნება მასივის ცენტრისაკენ მიმართული ქუჩების ბოლოებზე. მაშასადამე, საამშენებლო ბადის გვერდები დალაგებული იქნება ცენტრისაკენ მიმართულ მაგისტრალებზე. ასეთი თავისებური ბადის საფუძველზე საამშენებლო ობიექტების გადატანა გენერალური გეგმიდან ადგილზე უკვე არავითარ სიძნელეს არ წარმოადგენს.

ამისათვის, ბადის გვერდებთან დაკავშირებით, ადგილზე პოულობენ წითელ ხაზებს (ქუჩის ორივე მხარეზე. თუ განიერი ქუჩაა) და ამ წითელ ხაზებთან დაკავშირებით ადგილზე პოულობენ საამშენებლო ობიექტების მდებარეობას (მათ მოხაზულობას) ზემოგანხილული აბსცისებისა და ორდინატების მეთოდით.

ასევე იქცევიან განივ (წრიულ) ქუჩებზე.

თუ საჭირო იქნა, ადგილზე დანიშნული სატრიანგულაციო ქსელის პუნქტებს შორის დაალაგებენ პოლიგონომეტრიას, რომლის გვერდებიდან მოახდენენ საამშენებლო ობიექტების დანიშნას ადგილზე.

თ ა მ ი XXV

მეტროპოლიტენის დაკავალვა

§ 190. ზოგადი ცნება

საბჭოთა კავშირში ფართოდაა გაშლილი გრანდიოზულ ნაგებობათა მშენებლობა საბჭოთა ხალხის საკეთილდღეოდ. ერთ-ერთ ასეთ დიდ

მშენებლობას მიეკუთვნება მეტროპოლიტენის მშენებლობა. დიდი მეტროპოლიტენების როლი ხალხის მომსახურების საქმეში. საკმარისია ითქვას, რომ მოსკოვის მეტროპოლიტენი, რომლის ბადალი არ მოიპოვება მთელ მსოფლიოში, ყოველდღიურად ემსახურება მილიონზე მეტ ადამიანს.

ამჟამად ლენინგრადში, კიევში, თბილისში და ბაქოში მოქმედებს სამამულო ომის შემდეგ აშენებული მეტროპოლიტენები, რომლებიც წარმოადგენენ საუკეთესო და საიმედო სატრანსპორტო საშუალებებს ქალაქებსა და მათი მიდამოების ფარგლებში.

უნდა ითქვას, რომ მეტროპოლიტენი, როგორც მიწისქვეშა დიდი და რთული საინჟინრო ნაგებობა, მოითხოვს სპეციალისტებისაგან, ჩატარდეს განსაკუთრებული სიზუსტის გეოდეზიური და სამარკშიდერო სამუშაოები, რომლებიც უზრუნველყოფენ გვირაბების ცალკე უბნების გაჭრისას მათ ურთიერთშეხვედრას მიწის ქვეშ 8—12 სანტიმეტრის სიზუსტით.

ამ თავში ჩვენ ზოგადად შევხებით საკითხს, თუ როგორ ღებულობენ მეტროპოლიტენის გვირაბების გაჭრისას საჭირო მიმართულებებს მიწის ქვეშ, ე. ი. განვიხილავთ, თუ როგორ აწარმოებენ მეტროპოლიტენის დაკვალვას მიწის ქვეშ.

ეს დიდი საკითხი შეიცავს შემდეგ კერძო საკითხებს:

1. მეტროპოლიტენის გვირაბების ღერძების გამოსახვას კოორდინატებში და აბსოლუტურ სიმაღლეებში, აგრეთვე ცალკე უბნების აზიმუტების (დირექციული კუთხეების) გამოთვლას.
2. შახტების ორიენტირებას, ე. ი. წერტილებს კოორდინატების და სიმაღლეების გადაცემას მიწის ზედაპირიდან მიწის ქვეშ და
3. მიწისქვეშ დალაგებული პოლიგონომეტრიის საფუძველზე გვირაბების გაჭრას.

§ 191. მეტროპოლიტენის გვირაბების ღერძების გამოსახვა კოორდინატებში და აბსოლუტურ სიმაღლეებში

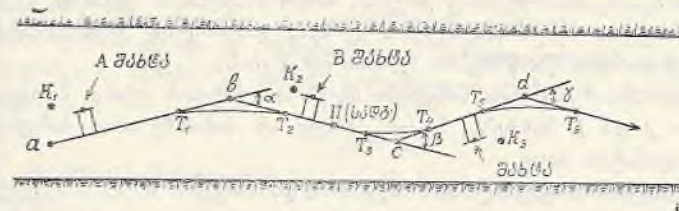
ყოველ თანამედროვე დიდ ქალაქს გააჩნია ქალაქის მსხვილმასშტაბიანი გეგმა, რომლის გეოდეზიურ საფუძველს წარმოადგენს საქალაქო ტრიანგულაცია, პოლიგონომეტრია და სანიველირო ქსელი თავისი რეპერებით.

ასეთ გენერალურ გეგმაზე დაიტანენ ადგილზე შერჩეულ მეტროპოლიტენის სადგურებს.

სადგურები რომ ყოფილიყო დალაგებული ერთ სწორ ხაზზე, მაშინ მათ შორის გასაჭრელ გვირაბებსაც ექნებოდა სწორი ხაზის მიმართულება, მაგრამ ასეთი შემთხვევა იშვიათია. სინამდვილეში სადგურების შეერთებით მიიღება არა სწორი, არამედ ტეხილი ხაზი. იმ მიზნით,

რომ მეტროპოლიტენის მატარებლებს ჰქონდეს მდოვრე და უზიფათო სვლა, ტეხილი ხაზის სწორ უბნებს შორის ათავსებენ მრუდებს. ნახ. 360-ზე ნაჩვენებია გენერალურ გეგმაზე დატანილი მეტროპოლიტენის I, II, III... სადგურები და მათ შორის გასაჭრელი გვირაბები.

თვით სადგურებს ათავსებენ სწორ უბნებზე. ჩვეულებრივ სადგურებს შორის იჭრება ორი გვირაბი (ნახ. 361). ერთ გვირაბში მატარებლები იმობრავებს ერთი მიმართულებით, ხოლო მეორეში—მობრუნდებიან მიმართულებით და სადგურების ბაქნები ამ გვირაბებს შორის იქნება.



ნახ. 360.

მეტროპოლიტენის ტრასაზე ყოველ 1—2 კილომეტრზე, ტრასის მარჯვნივ ან მარცხნივ (20—40 მეტრის დაშორებით) ინიშნება A, B, C... შახტები (ნახ. 360 და 361).

ყოველი შახტის ახლოს (10—15 მეტრის მოშორებით) მიწის ზედაპირზე ამარგებენ K_1 , K_2 , K_3 ... წერტილებს და დიდი სიზუსტით განსაზღვრავენ ამ წერტილების კოორდინატებს, ქალაქის სატრიანგულაციო ქსელთან დაკავშირებით. როგორც შემდეგ ვნახავთ, აღნიშნული K_1 , K_2 , K_3 ... წერტილების კოორდინატების მიხედვით განისაზღვრება მიწისქვეშა დალაგებული პოლიგონომეტრიის პუნქტების კოორდინატები და ამ პუნქტებიდან გვირაბების გაჭრისათვის საჭირო მიმართულებანი.

გენერალურ გეგმაზე ინიშნება აგრეთვე მისასვლელი წოლხერელები (მარჯვენა და მარცხენა ვიწრო გვირაბები), რომლებიც ყოველ შახტას აერთებს მეტროპოლიტენის ტრასასთან.

როგორც ქვემოთაა განხილული, მშენებლობის დასაწყისში იჭრება შახტები საპროექტო სიღრმემდე, ამ შახტებიდან კი იჭრება წოლხერელები (ვიწრო გვირაბები) მეტროპოლიტენის გვირაბებამდე. ამის შემდეგ სხვადასხვა უბნებზე იჭრება მეტროპოლიტენის გვირაბები მიწისქვეშა პოლიგონომეტრიის საფუძველზე ურთიერთშეხვედრამდე.

წოლხერელების დანიშნულება ის არის, რომ ერთი წოლხერელიდან გამოაქვთ გვირაბში მოჭრილი მიწა შახტში და იქიდან კი მიწის ზედაპირზე, ხოლო მეორე წოლხერელით გვირაბში შეაქვთ საამშენებლო

და სხვა საჭირო მასალები, აგრეთვე ის ემსახურება მუშებს და ტექნიკურ პერსონალს.

გეგმაზე დანიშნული ტრასის მიმართულებით ჭაბურღილებით იკვლევენ ადგილის ჰიდროგეოლოგიას და, თუ საჭირო შეიქნა, აზუსტებენ ტრასის მიმართულებას.

გენერალურ გეგმაზე მეტროპოლიტენის (გვირაბების სადგურების, შახტების, წოლხერელების) დანიშვნის შემდეგ შეუდგებიან ტრასის მთავარი წერტილების, ე. ი. სწორი უბნების გადაკვეთის $a, b, c, \dots$ წერტილების (ნახ. 360 და 361), კოორდინატების განსაზღვრას გრაფიკული მეთოდით. როგორც ვთქვით, მსხვილმასშტაბიან გეგმაზე, სადაც გამოსახულია მეტროპოლიტენის ტრასა, დატანილია კოორდინატთა ბადე სათანადო წარწერებით (X -ბის და Y -ბის).

ნახ. 361-ზე ცალკეა ნაჩვენები მეტროპოლიტენის უბანი, მოთავსებული A და B შახტებს შორის, ხოლო ამ ნახაზზე არაა ნაჩვენები კოორდინატთა ბადე.

აქ საჭირო იქნება ტრასის საწყისი a და მოხვევის $b, c, d, \dots$ წერტილების X და Y კოორდინატების განსაზღვრა. აღნიშნული კოორდინატები მიიღება გეგმაზე დატანილ კოორდინატთა ბადის საფუძველზე გრაფიკულად (გეგმის მასშტაბში). ამგვარად მიღებულ კოორდინატებს მივიჩნევთ როგორც საბოლოო (უცვლელ) კოორდინატებს და მათი მიხედვით უკვე არა გრაფიკულად, არამედ გამოთვლით, განისაზღვრება ამ წერტილებს შორის მანძილები და მათი აზიმუტები (დირექციული კუთხეები).

გეოდეზიური ქსელებისათვის 1928 წლიდან საბჭოთა კავშირში მიღებულია მართკუთხა გაუს-კრიუგერის კოორდინატები (იხ. § 14—17). ამასთან დაკავშირებით აზიმუტების ნაცვლად საქმე გვექნება დირექციულ კუთხეებთან.

ჩვენს შემთხვევაში ab მანძილი (ნახ. 361) მიიღება ფორმულით:

$$ab = \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2},$$

სადაც X_b, Y_b და X_a, Y_a წარმოადგენენ b და a წერტილების ცნობილ კოორდინატებს კილომეტრებში.

ამის ანალოგიურად bc მანძილი მიიღება ფორმულით:

$$bc = \sqrt{(X_c - X_b)^2 + (Y_c - Y_b)^2},$$

cd მანძილი—ფორმულით:

$$cd = \sqrt{(X_d - X_c)^2 + (Y_d - Y_c)^2}.$$

ამის შემდეგ, გამოთვლით მიიღებენ $ab; bc; cd; \dots$ ხაზების $r_1, r_2, r_3, \dots$ რუმბებს შემდეგი ცნობილი (იხ. § 97) ფორმულებით:

$$\operatorname{tg} r_1 = \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a},$$

$$\operatorname{tg} r_2 = \frac{Y_c - Y_b}{X_c - X_b},$$

$$\operatorname{tg} r_3 = \frac{Y_d - Y_c}{X_d - X_c}$$

და ასე შემდეგ.

აღნიშნული რუმბების მიხედვით გამოთვლიან $ab, bc, cd, \dots$ ხაზების (ნახ. 361) $A_1, A_2, A_3, A_4, \dots$ დირექციულ კუთხეებს. ამის შემდეგ გამოითვლიან ab და bc ხაზებს შორის მდებარე მოხვევის α კუთხეს, როგორც ამ ხაზების A_1 და A_2 დირექციული კუთხეების (აზიმუტების) სხვაობას, ე. ი.

$$\alpha = A_2 - A_1.$$

აგრეთვე b წერტილთან მდებარე მოხვევის β კუთხე მიიღება ფორმულით:

$$\beta = A_3 - A_2.$$

d წერტილთან მდებარე γ კუთხე მიიღება ფორმულით:

$$\gamma = A_4 - A_3$$

და ასე შემდეგ

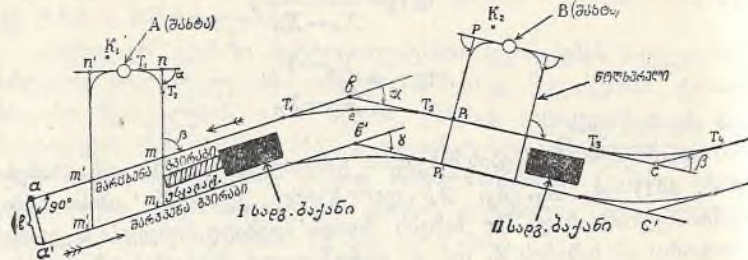
გარდა განსაზღვრული ელემენტებისა, ე. ი. მთავარი $a, b, c, \dots$ წერტილებს შორის მანძილებისა, მათი $A_1, A_2, A_3, A_4, \dots$ დირექციული და მოხვევის $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ კუთხეებისა, გვირაბების გაჭრის დროს საჭიროა ვიცოდეთ მეტროპოლიტენის ტრასაზე მდებარე მთელი რიგი წერტილების კოორდინატები. ჩვეულებრივ განსაზღვრავენ ყოველი პიკეტის და მათ შორის მდებარე (ყოველ 10—12 მეტრზე) წერტილების კოორდინატებს—ცალკე უბნებისათვის.

თუ მეტროპოლიტენის მარცხენა გვირაბისათვის საწყის წერტილად (პიკეტად) ავიღებთ a წერტილს (ნახ. 361), მაშინ ab სწორ უბანზე მდებარე პიკეტების კოორდინატები X_i და Y_i განისაზღვრება შემდეგი ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} X_i &= X_a + d_i \cos r_1 \\ Y_i &= Y_a + d_i \sin r_1 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ამ ფორმულებში X_a და Y_a წარმოადგენენ საწყისი a წერტილის კოორდინატებს, რომლებიც ცნობილია (მიღებულია გრაფიკულად). წევრი d_i წარმოადგენს მანძილს საწყისი a პიკეტიდან სხვადასხვა პიკეტამდე. მაგალითად, 1-ლი პიკეტისათვის მანძილი $d_1 = 100$ მ, მე-2 პიკეტისათვის $d_2 = 200$ მ და ასე შემდეგ. ფორმულაში შემავალი წევრი

r_1 წარმოადგენს ab ხაზის ცნობილ რუმბს (მიღებულია გამოთვლით). 1-ლი ფორმულით გამოთვლიან აგრეთვე პიკეტებს შორის (ყოველ 10—20 მეტრზე) მდებარე დამატებითი წერტილების კოორდინატებს.



ნახ. 361.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, T_1 წერტილიდან მარცხენა გვირაბი იჭრება T_1eT_2 მრუდის მიმართულებით. ამ T_1 წერტილის კოორდინატები (X_{T_1} და Y_{T_1}) მიიღება იმავე 1-ლი ფორმულით, ხოლო მანძილი d_1 უნდა ავიღოთ ტოლი aT_1 მანძილისა. ეს მანძილი aT_1 უდრის:

$$aT_1 = ab - bT_1.$$

ხადაც ab მანძილი ცნობილია (მიღებულია გამოთვლით), ხოლო bT_1 წარმოადგენს მრუდის ტანგენსს (T), რომელიც მიიღება სათანადო ცხრილებიდან მოხვევის α კუთხესა და ტექნიკურ პირობებში მოყვანილი რადიუსი R -ს მიხედვით. T_1 წერტილის პიკეტის მნიშვნელობის მისაღებად, საწყის a ნულოვან პიკეტს უნდა დავუმატოთ ცნობილი aT_1 მანძილი, მრუდის ბოლო T_2 წერტილის პიკეტის მნიშვნელობის მისაღებად, T_1 წერტილის პიკეტის მნიშვნელობას უნდა დავუმატოთ T_1eT_2 მრუდის სიგრძე K , რომელიც მიიღება იმავე ცხრილებიდან კუთხე α და რადიუსი R -ს მიხედვით.

მრუდის ბოლო T_2 წერტილის კოორდინატებიც (X_{T_2} და Y_{T_2}) ადვილად მიიღება შემდეგი ფორმულებით:

$$X_{T_2} = X_b + bT_2 \cos r_2,$$

$$Y_{T_2} = Y_b + bT_2 \sin r_2,$$

სადაც X_b და Y_b წარმოადგენენ b წერტილის კოორდინატებს, bT_2 არის მრუდის ტანგენსი და უდრის aT_1 ტანგენსს, ხოლო r_2 წარმოადგენს bc ხაზის ცნობილ რუმბს.

ამავე წესით განისაზღვრება T_2T_3 სწორ უბანზე (ნახ. 361) მდებარე პიკეტების და დამატებითი წერტილების კოორდინატები— T_2

წერტილის კოორდინატების, r_2 რუმბისა და მანძილების მიხედვით. $T_1c_1c_2T_2$ მრუდზე გვირაბის გაჭრას აწარმოებენ T_1c_1 ; c_1c_2 ; c_2T_2 ქორდების (ნახ. 362) მიმართულებით. აღნიშნულ ქორდებს ღებულობენ სიგრძით 10—15 მეტრამდე იმ ვარაუდით, რომ რკალის ისარი არ აღემატებოდეს 10—20 სანტიმეტრს. თუ ქორდის სიგრძეს აღვნიშნავთ S ასოთი, მაშინ მისი შესაბამისი ცენტრალური კუთხე δ განისაზღვრება შემდეგი ფორმულიდან:

$$\frac{S}{2} = R \sin \frac{\delta}{2},$$

აქედან

$$\sin \frac{\delta}{2} = \frac{S}{2R}.$$

ცხადია, რომ T_1b მხეხსა და პირველ T_1c_1 ქორდას შორის მდებარე კუთხე ტოლი იქნება $\delta/2$ კუთხისა, ხოლო დანარჩენ ქორდებს შორის მდებარე კუთხეები— δ კუთხისა. δ კუთხის გამოთვლის შემდეგ შეგვიძლია განვსაზღვროთ ყველა ქორდის ღირებულებული კუთხეები. მაგალითად, პირველი T_1c_1 ქორდის ღირებულებული კუთხე (აზიმუტი) A_5 , როგორც ნახ. 362-დან ჩანს, უდრის:

$$A_5 = A_1 + \frac{\delta}{2},$$

სადაც A_1 არის ab ხაზის (ნახ. 361) ცნობილი აზიმუტი. მეორე c_1c_2 ქორდის აზიმუტი A_6 უდრის:

$$A_6 = A_5 + \delta$$

და ასე შემდეგ.

ამ ღირებულებული კუთხეებს გადაიყვანენ r_5 , r_6 , r_7 რუმბებში და განსაზღვრავენ მრუდზე მდებარე c_1c_2 ...წერტილების კოორდინატებს—ქორდების სიგრძეებისა და მათი რუმბების მიხედვით. მაგალითად, c_1 წერტილის კოორდინატები (X_{c_1} და Y_{c_1}) გამოითვლება ფორმულებით:

$$X_{c_1} = X_{T_1} + S \cos r_5,$$

$$Y_{c_1} = Y_{T_1} + S \sin r_5.$$

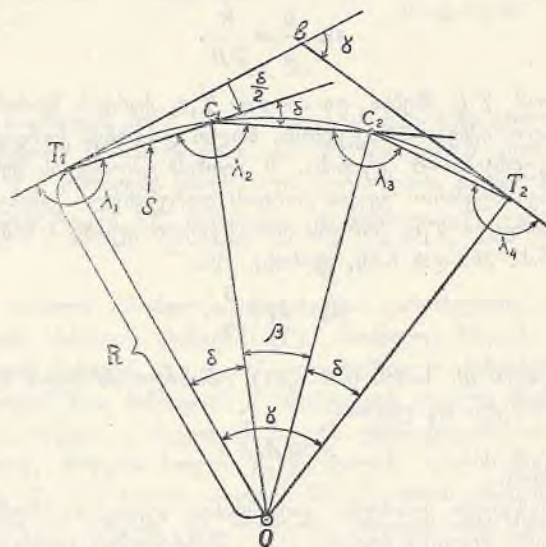
c_2 წერტილის კოორდინატები (X_{c_2} და Y_{c_2}) გამოითვლება ფორმულით:

$$X_{c_2} = X_{c_1} + S \cos r_6,$$

$$Y_{c_2} = Y_{c_1} + S \sin r_6$$

და ასე შემდეგ.

რაც შეეხება მარჯვენა გვირაბის მთავარ a' , b' , c' ... წერტილებს (ნახ. 361), მათი კოორდინატები მიიღება არა გრაფიკულად (როგორც მარცხენა გვირაბისა), არამედ განისაზღვრება გამოთვლით, გამომდინარე იმ პირობიდან, რომ მარცხენა და მარჯვენა გვირაბების ღერძები ურთიერთპარალელურია და, მაშასადამე, შესაბამისი სწორი უბნების რუმბები ურთიერთტოლებია. თვით შესაბამისი სწორი უბნების და მრუდეების სიგრძეებიც ურთიერთტოლებია. გარდა ამისა, ტექნიკურ პირობებში მოყვანილია გვირაბების ღერძების ერთიმეორისაგან დაშორება, ე. ი. მოყვანილია aa_1 პერპენდიკულარის სიგრძე l (ნახ. 361).



ნახ. 362.

ზემომოყვანილი მონაცემების და საწყისი a წერტილის (X_a და Y_a) ცნობილი კოორდინატების (მიღებულია გრაფიკულად) მიხედვით ადვილად შეიძლება მარჯვენა გვირაბის საწყის a' წერტილის და დანარჩენი მთავარი b' , c' , d' ... წერტილების, აგრეთვე ყველა პიკეტების და მრუდზე მდებარე წერტილების კოორდინატების განსაზღვრა.

გარდა ამისა, საჭიროა $A, B, C, \dots$ შახტებიდან (ნახ. 361) მეტროპოლიტენის გვირაბისაკენ მიმართული წოლხვრელების ღერძების გამოსახვა კოორდინატებში. აქაც გამოიყენებენ ზემოთ განხილულ გრაფიკულ მეთოდს. ეს მეთოდი, როგორც ვიცით, გამოსახება იმაში,

რომ გენერალურ გეგმაზე დატანილ კოორდინატთა ბადის საფუძველზე გრაფიკულად (გეგმის მასშტაბში) განსაზღვრავენ მარჯვენა და მარცხენა წოლხვრელების ღერძების მთავარი წერტილების კოორდინატებს და მიიჩნევენ ამ კოორდინატებს, როგორც საბოლოო (უცვლელ) კოორდინატებს.

ჩვენს შემთხვევაში A შახტის (ნახ. 361) მარჯვენა წოლხვრელის ღერძის მთავარი წერტილები იქნება შახტის ცენტრი და წერტილები n და m ($n'n$ და mm ხაზების გადაკვეთის n წერტილში იცვლება წოლხვრელის მიმართულება). წოლხვრელის m წერტილი მდებარეობს მეტროპოლიტენის გვირაბის ღერძზე, ამიტომ ამ m წერტილის კოორდინატების განსაზღვრა შეიძლება აგრეთვე ზემოთ მოყვანილი 1-ლი ფორმულის (გვ. 473) მიხედვით.

აღნიშნული n' , n და m წერტილების კოორდინატების მიხედვით, უკვე გამოთვლით (და არა გრაფიკულად), მიიღებენ $n'n$ და mm მანძილებს და მათ ღირებულებას კუთხეებს (იხ. § 57).

ამ მონაცემების მიხედვით იმავე 1-ლი ფორმულით გამოთვლიან X_i და Y_i კოორდინატებს წოლხვრელის სწორ უბნებზე მდებარე მთელი რიგი წერტილებისათვის (მაგალითად, ყოველ 5—10 მეტრზე მდებარე წერტილებისათვის). მრუდზე მდებარე წოლხვრელის წერტილებისათვის კი კოორდინატები X და Y განისაზღვრება როგორც e_1 და e_2 წერტილების (ნახ. 362) კოორდინატები 475 გვერდზე მოყვანილი ფორმულებით.

ამრიგად, მეტროპოლიტენის ორივე გვირაბის და წოლხვრელების ღერძები გამოსახული იქნება კოორდინატებში და ამის შემდეგ საჭიროა გვირაბების და წოლხვრელების ღერძებზე მდებარე წერტილების სიმაღლეების (ნიშნულების) განსაზღვრა, არსებულ სანიველირო ქსელთან (რეპერებთან) დაკავშირებით.

აქვე უნდა აღინიშნოს შემდეგი: თუ მეტროპოლიტენის ბოლო a წერტილი (ნახ. 361) წარმოადგენს საწყის ან ბოლო სადგურს, მაშინ საჭირო იქნება მატარებლის გადასვლა მარცხენა გვირაბიდან მარჯვენაზე და მოძრაობა მარჯვენა გვირაბის მიმართულებით.

ასეთ შემთხვევაში a და a' წერტილებს შორის (ნახ. 361) ათავსებენ სპეციალურ მრუდს (ნახაზზე არ არის ნაჩვენები) ისეთი დიდი რადიუსისა, რომ შესაძლო იყოს მატარებლის მოძრაობა ამ მრუდზე.

მეტროპოლიტენის დაპროექტების დროს წინასწარ არკვევენ, თუ რა სიღრმეზე უნდა მდებარეობდეს გაჭრილი გვირაბები. ეს სიღრმე, გარდა პილროგეოლოგიური პირობებისა, დამოკიდებულია იმაზე, კვეთს თუ არა მეტროპოლიტენის ტრასა მდინარეს. თუ კვეთს, გაიგებენ მდინარის ფსკერის ნიშნულს არსებულ რეპერებთან დაკავშირებით და ამ ნიშნულის (სიმაღლის) მიხედვით, მდინარის კალაპოტის გეოლოგიური სტრუქტურისა

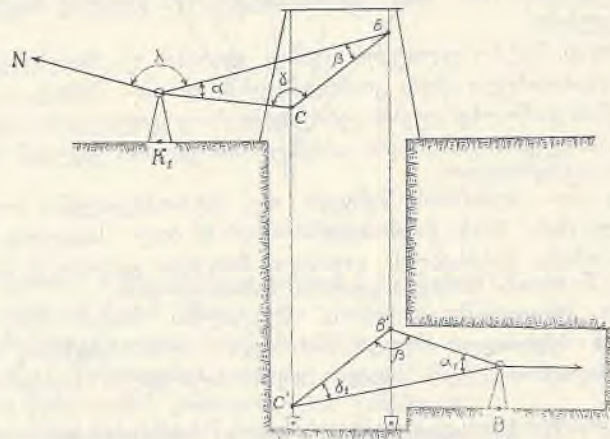
და ტექნიკური პირობების მხედველობაში მიღებით, დაადგენენ მდინარის ქვეშ გასატარელი გვირაბის საველი ნაწილის H_p ნიშნულს. ამ H_p ნიშნულსა, გვირაბის საპროექტო i ქანობისა (მოყვანილია ტექნიკურ პირობებში) და მდინარიდან სხვადასხვა d_k მანძილების (უახლოეს სადგურებამდე და ყოველ პიკეტამდე) მიხედვით განსაზღვრავენ სადგურების, ტრასაზე დანიშნული პიკეტებისა და მათ შორის წერტილების H_k ნიშნულებს ცნობილი ფორმულით:

$$H_k = H_p - id_k.$$

თუ შახტებს ან სადგურებს შორის მდებარე ტრასა არ კვეთს მდინარეს, მაშინ პირველ რიგში ტექნიკური და სხვა პირობების მიხედვით დაადგენენ სადგურების გვირაბების საველი ნაწილების (ლიანდაგების) სიღრმეებს, ე. ი. მათ ნიშნულებს ისე, რომ სადგურებს შორის გასატარელი გვირაბების ქანობები არ აღემატებოდეს ტექნიკური პირობებით გათვალისწინებულ ქანობებს.

აქ შესაძლოა, რომ მეტროპოლიტენის საველი ნაწილი (ლიანდაგი), მოკლე მანძილზე მოთავსდეს დედამიწის ზედაპირზე, ან მოთავსდეს ხილზე, როგორცაა მოსკოვის მეტროში.

თვით ყოველი სადგურის მიწისქვეშა ბაქანი ჰორიზონტალურია და საველ ნაწილზე მაღალია ტექნიკურ პირობებში მოყვანილი სიდიდით.



ნახ. 363.

სადგურის ლიანდაგების ნიშნულებთან დაკავშირებით განსაზღვრავენ ტრასაზე დანიშნული პიკეტების და მათ შორის მდებარე წერტილების ნიშნულებს—გვირაბის i ქანობისა და მანძილების მიხედვით (სადგურიდან ყოველ წერტილამდე).

შახტების ფსკერის საპროექტო ნიშნულსა და აგრეთვე წოლზერელეების ლერძებზე მდებარე წერტილების ნიშნულებსაც ვაიგებენ გვირაბების ტრასაზე მდებარე უახლოესი პიკეტის ცნობილი ნიშნულის, i ქანობისა და მანძილის მიხედვით (ამ პიკეტიდან წოლზერელზე დანიშნულ წერტილებამდე და შახტამდე).

ამრიგად, ჩვენთვის უკვე ცნობილი იქნება გენერალურ გეგმაზე დატანილი მეტროპოლიტენის და წოლზერელეების ტრასაზე მდებარე მთელი რიგი წერტილების კოორდინატები და მათი სიმაღლეები. ჩვენი მიზანია ამ მონაცემების მიხედვით ვაწარმოთ გვირაბების გაჭრა ისე, რომ გაჭრილი გვირაბების ლერძზე მდებარე პიკეტების და მათ შორის წერტილების კოორდინატები და ნიშნულები (სიმაღლეები) ტოლები იყოს გენერალურ გეგმაზე დატანილი მეტროპოლიტენის ტრასის შესაბამისი წერტილების კოორდინატების და ნიშნულებისა. ამ შემთხვევაში მეტროპოლიტენის გვირაბები ზუსტად იქნება პროექტის შესაბამისად გაჭრილი.

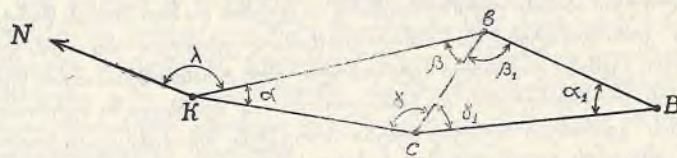
ამ ამოცანის გადაწყვეტამდე საჭიროა შახტების ორიენტირება, ე. ი. წერტილების კოორდინატების და ღირეკციული კუთხეების გადაცემა მიწის ზედაპირიდან მიწის ქვეშ. ეს საჭიროა მიწისქვეშა პოლიგონომეტრიის კოორდინატების განსაზღვრის მიზნით. ამ პოლიგონომეტრიის საფუძველზე კი წარმოებს გვირაბების გაჭრა. ეს საკითხები განხილულია ქვემოთ.

§ 192. შახტების ორიენტირება, ე. ი. წერტილების კოორდინატების და ღირეკციული კუთხეების გადაცემა მიწის ზედაპირიდან მიწის ქვეშ

ვერტიკალური შახტების გაჭრის შემდეგ აწარმოებენ მისასვლელი წოლზერელეებისა და თვით მეტროპოლიტენის გვირაბების გაჭრას, ხოლო იმ მიზნით, რომ მიწის ქვეშ განისაზღვროს წოლზერელეებისა და გვირაბების ის მიმართულებანი (ღირეკციული კუთხეები), რომლებიც გათვალისწინებულია პროექტით, საჭიროა შახტის გაჭრის შემდეგ მიწის ქვეშ დანიშნოს წერტილი და განისაზღვროს მისი კოორდინატები—არსებული ტრიანგულაციის ან პოლიგონომეტრიის პუნქტებთან დაკავშირებით. აგრეთვე მიწის ქვეშ დანიშნული რეპერის სიმაღლე H_0 განისაზღვროს არსებულ სახიველირო ქსელთან დაკავშირებით. ყოველივე ამას შახტის ორიენტირება ეწოდება.

ვთქვათ, შახტის გაჭრის შემდეგ (საპროექტო სიღრმემდე) წოლზერელის დასაწყისში დანიშნულია B წერტილი (ნახ. 363) და საჭიროა ამ წერტილის კოორდინატების განსაზღვრა არსებულ სატრიანგულაციო ქსელთან დაკავშირებით. ამისათვის, როგორც ზემოთაა ნათქვამი, მიწის ზედაპირზე შახტის ახლოს (10—15 მეტრის მანძილზე) წინასწარ დაამაგრებენ K_1 წერტილს და არსებულ გეოდეზიურ ქსელთან დაკავშირებით ზუსტად განსაზღვრავენ K_1 წერტილის (X_{K_1} და Y_{K_1}) კოორდინატებს. შემდეგ შახტში ჩაეშვებთ ორ c და b შვეულს.

იმ მიზნით, რომ ადგილი არ ჰქონდეს შვეულების რხევას, შვეულების ბოლოზე დამაგრებულ სიმძიმეებს მოათავსებენ ჭურჭელში, რომელშიც ჩასხმულია წყალი ან ზეთი. შვეულების დამაგრების შემდეგ ერთი თეოდოლიტით დგებიან ზედა K_1 წერტილში, მეორეთი ქვედა B წერტილში და ერთდროულად ზომავენ ზედა α და ქვედა α_1 კუთხეებს. α კუთხე მოთავსებულია შვეულებისაკენ აღებულ K_1b და K_1c მიმართულებებს შორის, ხოლო α_1 კუთხე — Bb' და Bc' მიმართულებებს შორის. აგრეთვე თეოდოლიტით იზომება K_1 წერტილთან მდებარე λ



ნახ. 364.

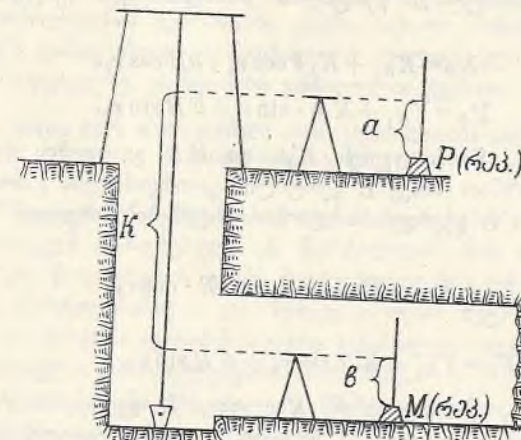
კუთხე K_1N და K_1b მიმართულებებს შორის, სადაც K_1N წარმოადგენს მიმართულებას ტრიანგულაციის ან პოლიგონომეტრიის N პუნქტისაკენ, ხოლო K_1b არის მიმართულება b შვეულისაკენ. როგორც შემდეგ ვნახავთ, λ კუთხე საჭიროა დირექციული კუთხის გადასაცემად ქალაქის სატრიანგულაციო ქსელიდან — მიწისქვეშა დალაგებულ პოლიგონომეტრიის გვერდებზე. α , α_1 და λ კუთხეები იზომება 2—5 სეკუნდიანი თეოდოლიტით, წრიული მეთოდით.

გარდა α , α_1 და λ კუთხეებისა, კომპარირებული ბაფთით იზომება მანძილები K_1 წერტილიდან b და c შვეულებამდე, ე. ი. K_1b და K_1c მანძილების ჰორიზონტალური პროექციები და B წერტილიდან Bc' და Bb' მანძილები. აგრეთვე იზომება შვეულებს შორის ზედა cb და ქვედა $c'b'$ მანძილები. მათ შორის სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს 2 მილიმეტრს.

როგორც ვთქვით, ქვედა B წერტილი ინიშნება მოკლე მანძილზე (8—10 მეტრზე) გაჭრილ წოლხვრელში. ამ მოკლე მანძილზე წოლხვრელის მიმართულებას იღებენ მიახლოებით — შახტში ჩამოკიდებული ორი შვეულით, რომლებსაც აყენებენ $n'n$ ხაზის (ნახ. 361), ე. ი. საწყისი წოლხვრელის ცნობილ დირექციულ კუთხეზე.

ამრიგად, მივიღეთ ორი სამკუთხედი — ზედა K_1bc (ნახ. 363 და 364) და ქვედა $Bb'c'$. ამ სამკუთხედებს ვეისება ხის (ავტორია) და მავთიან საყრდენებს ეყრდნობა. ჩატარებული გაზომვების შედეგად ცნობილი იქნება ამ სამკუთხედების ყველა გვერდის ჰორიზონტალური პროექციები და α და α_1 კუთხეები (ნახ. 364). დანარჩენი

β , γ და β_1 , γ_1 კუთხეები მიიღება გამოთვლით. მაგალითად, ზედა K_1bc სამკუთხედის β კუთხე მიიღება შემდეგი ფორმულით:



ნახ. 365.

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha K_1c}{bc},$$

ხოლო კუთხე γ მიიღება ფორმულით:

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha K_1b}{bc}.$$

ქვედა $Bb'c'$ სამკუთხედის β_1 და γ_1 კუთხეები გამოითვლება ფორმულით:

$$\sin \beta_1 = \frac{\sin \alpha_1 Bc'}{b'c'},$$

$$\sin \gamma_1 = \frac{\sin \alpha \cdot Bb'}{b'c'}.$$

გამოთვლებს ამოწმებენ იმით, რომ α , β და γ კუთხეების და აგრეთვე α_1 , β_1 და γ_1 კუთხეების ჯამი უნდა მივიღოთ 180° -ის ტოლი.

ვინაიდან უკვე ცნობილია დამაკავშირებელი სამკუთხედების ყველა კუთხე, აგრეთვე ტრიანგულაციიდან (ან პოლიგონომეტრიიდან) ცნობილია NK_1 მიმართულების (ნახ. 363) დირექციული კუთხე და K_1 წერტილთან მდებარე λ კუთხე (მიღებულია გაზომვით), ადვილად შეგვიძლია განვსაზღვროთ ზედა და ქვედა დამაკავშირებელი სამკუთხედების გვერდების დირექციული კუთხეები და, მაშასადამე, რუმბებიც.

აღნიშნული რუმბების განსაზღვრის შემდეგ K_1 წერტილის ცნობილ X_{K_1} და Y_{K_1} კოორდინატებთან დაკავშირებით გამოთვლიან მიწის ქვეშ დანიშნულ B წერტილის კოორდინატებს შემდეგი ფორმულებით:

$$X_B = X_{K_1} + K_1 b \cos r_1 + bB \cos r_2,$$

$$Y_B = Y_{K_1} + K_1 b \sin r_1 + b' B \sin r_2,$$

სადაც r_1 და r_2 წარმოადგენენ $K_1 b$ და $b' B$ გვერდების რუმბებს. შემოწმების მიზნით იმავე B წერტილის კოორდინატებს გამოთვლიან უკვე $K_1 c$ და $c' B$ გვერდებისა და მათი რუმბების მიხედვით შემდეგი ფორმულებით:

$$X_B = X_{K_1} + K_1 c \cos r_3 + c B \cos r_4$$

და

$$Y_B = Y_{K_1} + K_1 c \sin r_3 + c' B \sin r_4,$$

სადაც r_3 და r_4 წარმოადგენენ $K_1 c$ და $c' B$ გვერდების რუმბებს. მთელი მუშაობის შემოწმების მიზნით შეცვლიან შევულების მდებარეობებს და ზემოგანხილული მეთოდით ხელახლა განსაზღვრავენ B წერტილის კოორდინატებს.

B წერტილის (ნახ. 363) კოორდინატების გამოთვლის შემდეგ განსაზღვრავენ მიწის ქვეშ დამაგრებული M რეპერის (ნახ. 365) სიმაღლეს ზედა P რეპერთან დაკავშირებით. ამისათვის შახტში ჩაუშვებენ ფოლადის კომპარირებულ ბაფთას ან ვიწრო ბაგირს, რომლის ბოლოზე ჩამოკიდებულია რაიმე სიმძიმე (გაჭიმვის მიზნით). შემდეგ ერთ ნიველირს აყენებენ ზედა P რეპერსა და ჩამოკიდებულ ბაფთას შორის და აიღებენ ანათვალს ბაფთაზე და იმ ლარტყაზე, რომელიც დაყენებულია ზედა P რეპერზე. იმავე დროს მეორე ნიველირით, რომელიც დაყენებულია ქვედა M რეპერსა და ბაფთას შორის, ღებულობენ ანათვლებს M რეპერზე და ბაფთაზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ქვედა რეპერის ნიშნული H_M გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$H_M = H_P + a - K - b,$$

სადაც H_P არის ზედა რეპერის სიმაღლე (ნიშნული), რომელიც ცნობილია; a და b წარმოადგენენ ზედა და ქვედა რეპერებზე დაყენებულ ლარტყებზე ანათვლებს, ხოლო წვერი K წარმოადგენს ბაფთაზე აღებული ანათვლების სხვაობას. მუშაობის შემოწმების მიზნით შეცვლიან ინსტრუმენტის სიმაღლეს და ხელახლა განსაზღვრავენ ქვედა რეპერის სიმაღლეს. ცდომილება დასაშვებია 1—2 მილიმეტრამდე.

ქვედა M რეპერთან დაკავშირებით შეიძლება უკვე გვირაბის გა-

ჭრის პროცესში განისაზღვროს გაჭრილი გვირაბის ღერძზე მდებარე პიკეტებისა და სხვა წერტილების სიმაღლეები.

შახტების ორიენტირების შემდეგ უკვე შეიძლება წოლხერელების და მეტროპოლიტენის გვირაბების გაჭრა საჭირო მიმართულებით—მიწის ქვეშ დამაგრებულ B წერტილიდან დალაგებული პოლიგონომეტრიის საფუძველზე. ეს საკითხი განხილულია ქვემოთ.

§ 192. მიწის ქვეშ დალაგებული პოლიგონომეტრიის საფუძველზე გვირაბების გაჭრა

სანამ შეუდგებოდნენ მეტროპოლიტენის გვირაბების გაჭრას, საჭიროა მიწის ქვეშ დამაგრებული B წერტილიდან (ნახ. 363 და 366) $n'T_1c_1c_2T_2m$ წოლხერელის გაჭრა მეტროპოლიტენის ტრასამდე, ე. ი. m და m_1 წერტილებამდე და შემდეგ კი თვით მეტროპოლიტენის მარცხენა და მარჯვენა გვირაბების გაჭრა გენერალურ გეგმაზე დანიშნული საპროექტო მიმართულებებით (ნახ. 361).

როგორც § 191-ში განვიხილეთ, წოლხერელის და მეტროპოლიტენის გვირაბების ღერძებს წინასწარ გამოსახავენ კოორდინატებში, ე. ი. გამოთვლიან ამ ღერძებზე მდებარე პიკეტებისა და სხვა წერტილების (ყოველ 10—20 მეტრზე მდებარე წერტილებს) კოორდინატებს. ამ შემთხვევაში ჩვენი ამოცანაა აღნიშნული კოორდინატების მიხედვით გვირაბების გაჭრისათვის საჭირო მიმართულებების განსაზღვრა მიწის ქვეშ. დაუშვათ, რომ გენერალურ გეგმაზე დატანილ წოლხერელზე მდებარე 1, 2 და 3 წერტილების (ნახ. 366) კოორდინატები ცნობილია და საჭიროა ამ წერტილების მდებარეობის პოვნა მიწის ქვეშ. ამით განსაზღვრული იქნება წოლხერელის ღერძის მიმართულება წოლხერელის საწყის უბანში და, მაშასადამე, ამ მიმართულებით შეიძლება უკვე წოლხერელის გაჭრა. აღნიშნული 1, 2 და 3 წერტილების მდებარეობა განისაზღვრება მიწის ქვეშ დანიშნული B წერტილიდან.

ვინაიდან B , 1, 2 და 3 წერტილების კოორდინატები ცნობილია, შეგვიძლია გამოთვლით მივიღოთ $B-1$, $B-2$ და $B-3$ ხაზების სიგრძეები და მათი დირექციული კუთხეები. გარდა ამისა, ვინაიდან ქვედა $c'b'B$ სამკუთხედის (ნახ. 366) Bb' გვერდის აზიმუტი ცნობილია, ადვილად გამოვთვლით B წერტილთან მდებარე α_1 , α_2 და α_3 კუთხეებს, რომლებიც მოთავსებულია Bb' ხაზსა და $B-1$; $B-2$ და $B-3$ ხაზებს შორის. მაგალითად, α_1 კუთხე მიიღება როგორც $B-1$ და Bb' ხაზების დირექციული კუთხეების სხვაობა. კუთხე α_2 მიიღება როგორც $B-2$ და Bb' ხაზების დირექციული კუთხეების სხვაობა და α_3 კუთხე—როგორც $B-3$ და Bb' ხაზების დირექციული კუთხეების სხვაობა.

აღნიშნული α_1 , α_2 და α_3 კუთხეებისა და $B-1$, $B-2$ და $B-3$ სიგრძეების მიხედვით უკვე ვიპოვით 1, 2 და 3 წერტილების მდებარეობას მიწის ქვეშ.

ამისათვის თეოდოლიტით ვღებოთ B წერტილში და ჭოგრის დამზერის ღერძს დავეუმიჯნებთ შახტის ფსკერზე დამაგრებულ b' წერტილს, რომელიც შეესაბამება შახტში ჩაშვებულ b შეუღლს (ნახ. 363) და ლიშებს ჩავკეტავთ. შემდეგ მარტო ალიდადას ტრიალით, ალიდადას მოვებარუნებთ α_1 კუთხით (გერნიერის დაყენებით სათანადო ანათვალზე). ამ შემთხვევაში ჭოგრის დამზერის ღერძი მიიღებს მიმართულებას 1-ლი წერტილისაკენ. აღნიშნული მიმართულებით კომპარირებული ფოლადის ხვეულით გადავზომავთ $B-1$ ხაზის სიგრძეს და მიწის ქვეშ მივიღებთ 1-ლ წერტილს. ამავე წესით α_2 და α_3 კუთხეებით და $B-2$ და $B-3$ მანძილებით მიიღება მდებარეობა 2 და 3 წერტილებისა, რომლებიც იქნებიან გვირაბის ღერძზე და დალაგდებიან ერთ სწორ ხაზზე. 1, 2, 3, 4... წერტილების (ნახ. 366 და 367) მდებარეობის განსაზღვრა შეიძლება აგრეთვე სხვა წესით. საკმარისია ვიცოდეთ რომელიმე ერთი წერტილის, მაგალითად, მე-2 წერტილის x_2 და y_2 კოორდინატები. ამ შემთხვევაში, ვინაიდან პოლიგონომეტრიის B წერტილის კოორდინატები ცნობილია, შეგვიძლია გამოთვლით მივიღოთ B და მე-2 წერტილებს შორის d_1 მანძილი (ნახ. 367) და მისი ღირეცეცხული კუთხე f_1 (იხ. § 97).

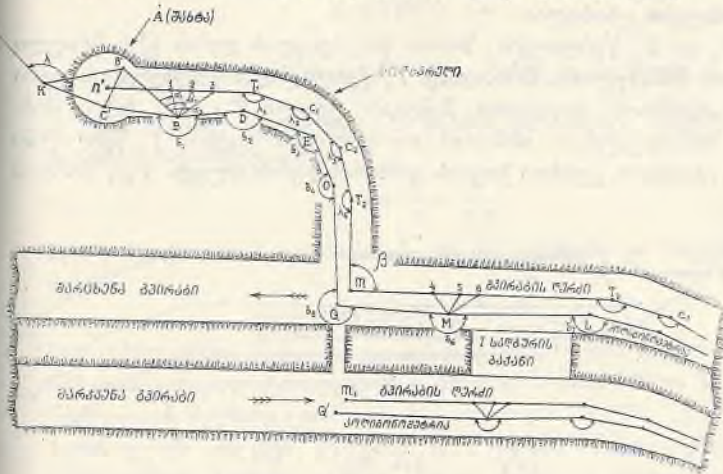
B წერტილში წარმოვიდგინოთ გვირაბის ღერძის პარალელური BP ხაზი (ნახ. 367) და მე-2 წერტილიდან ამ ხაზზე დავუშვათ $2-e$ მართობი. მაშინ მივიღებთ $B2e$ მართკუთხა სამკუთხედს, რომლის α კუთხე ტოლი იქნება: $\alpha = f_1 - A_1$, სადაც A_1 არის BP ხაზის ღირეცეცხული კუთხე, ან სულ ერთია, მისი პარალელური გვირაბის ღერძის ცნობილი ღირეცეცხული კუთხე.

იმავე $B2e$ სამკუთხედიდან $2-e$ კათეტი ანუ Y ორდინატა მიიღება ფორმულით: $y = d_1 \sin \alpha$.

ამრიგად, საბოლოოდ გვეცოდინება $B2e$ სამკუთხედის α კუთხე და Y ორდინატა-კათეტი. ამ მონაცემების მიხედვით ადვილად ვიპოვით გვირაბის ღერძზე მდებარე მთელი რიგი წერტილების მდებარეობას.

ამისათვის თეოდოლიტით ვღებოთ B წერტილში, ჭოგრის დავუმიჯნებთ b წერტილს (ნახ. 367) და ლიშებს ჩავკეტავთ. შემდეგ მარტო ალიდადას ბრუნვით ალიდადას მოვებარუნებთ ცნობილი ($\alpha_2 + \alpha$) კუთხით, სადაც α_2 კუთხე მიიღება როგორც $B-2$ და Bb ხაზების რუმბების ჯამი. ამ შემთხვევაში ჭოგრის დამზერის ღერძი მიიღებს BP მიმართულებას, რომელიც იქნება გვირაბის ღერძის პარალელური. თუ ამ BP ხაზზე აღებულ ნებისმიერ წერტილებში ამართულ პერპენდიკულ-

ლარებზე ფოლადის ხვეულით გადავზომავთ ერთსა და იმავე სიღრმის ცნობილ Y ორდინატებს, მიწის ქვეშ მივიღებთ 1, 2, 3... წერტილებს, რომლებიც იქნებიან გვირაბის ღერძზე. მუშაობის შემოწმება იმაში გამოიხატება, რომ აღნიშნული წერტილები უნდა დალაგდნენ ერთ სწორ



ნახ. 366.

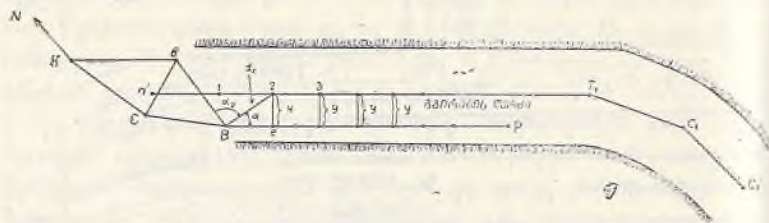
ხაზზე, რომელიც წოლხერელის ღერძის მიმართულება იქნება. მაშასადამე, ამ მიმართულებით შეიძლება წოლხერელის სწორი უბნის გაჭრა მრუდის საწყის წერტილამდე (ნახ. 367), ე. ი. T_1 წერტილამდე.

T_1 წერტილის ზუსტი მდებარეობის განსაზღვრის მიზნით გაჭრილ წოლხერელში დავნიშნავთ D წერტილს (ნახ. 366) იმ ვარაუდით, რომ ამ წერტილის ახლო მდებარეობდეს საძიებელი T_1 წერტილი, რომლის კოორდინატები, როგორც ვიცით, ცნობილია. D წერტილის დანიშვნის შემდეგ კომპარირებული ხვეულით ვზომავთ BD ხაზის სიგრძეს. ეს იქნება მიწისქვეშა პოლიგონომეტრიის პირველი გვერდი. გარდა ამ გვერდისა თეოდოლიტით იზომება B წერტილიდან მდებარე d_1 კუთხე BD გვერდსა და Bb ან Bc მიმართულებას შორის. ჩვენს შემთხვევაში აღებულია Be' მიმართულება. პოლიგონომეტრიის კუთხეები საერთოდ იზომება 2-5 სეკუნდიანი თეოდოლიტით და წრიული მე-თოდით.

ვინაიდან დამაკავშირებელი სამკუთხედის $c'B$ გვერდის ღირეცეცხული კუთხე ცნობილია და აგრეთვე გაზომილია d_1 კუთხე, შეგვიძლია განვსაზღვროთ პოლიგონომეტრიის BD გვერდის ღირეცეცხული კუთხე და, მაშასადამე, მისი რუმბი. B წერტილის X_B და Y_B ცნობილი კოორ-

დინატების, BD სიგრძისა და მისი რუმბის მიხედვით გამოვთვლით D წერტილის X_D და Y_D კოორდინატებს. უკვე შეგვიძლია D წერტილიდან (ანალოგიურად 1, 2, 3 წერტილების მდებარეობის განსაზღვრისა) ვიპოვოთ მდებარეობა მრუდის საწყისი T_1 წერტილისა, რომლის კოორდინატები ცნობილია.

T_1 და T_2 წერტილებს შორის წოლხერელის ღერძს აქვს წრითული რკალის მოხაზულობა. მაშასადამე, T_1 წერტილიდან წოლხერელის გაჭრა უნდა აწარმოონ ქორღებით შემდგარ ტეხილი $T_1c_1c_2T_2$ ხაზის (ნახ. 366) მიმართულებით. ამისათვის თეოდოლიტით დგებიან T_1 წერტილში და λ_1 ცნობილი კუთხით ჭოგრის დამზერის ღერძს აძლევენ T_1c_1 ქორღის



63b. 367.

მიმართულებას და გვირახს კრიან c_1 წერტილამდე. შემდეგ პოლიგონომეტრიას აგრძელებენ E წერტილამდე D წერტილიდან δ_2 კუთხისა და DE გვერდის გაზომვით. თვით c_1 წერტილის ზუსტ მდებარეობას პოულობენ პოლიგონომეტრიის E წერტილიდან, რომლის კოორდინატები X_E და Y_E წინასწარ გამოთვლილია D წერტილის კოორდინატების მიხედვით. შემდეგ თეოდოლიტით დგებიან c_1 წერტილში და λ_2 კუთხით ჭიკვრის აძლევენ c_1c_2 ქორდის მიმართულებას და ამ მიმართულებით კრიან გვირახს c_2 წერტილამდე, ხოლო მისი ზუსტი მდებარეობა განისაზღვრება პოლიგონომეტრიის E წერტილიდან. შემდეგ c_2 წერტილიდან λ_3 კუთხის მიხედვით კრიან წოლხვარელს მრუდის ბოლო T_2 წერტილამდე, რომლის მდებარეობას პოულობენ პოლიგონომეტრიის ახალი O წერტილიდან.

T_2 წერტილიდან წოლხვრელი ბჭრება T_2-m ხაზის (ნახ. 366) მიმართულებით. ამ მიმართულებას განსაზღვრავენ თეოდოლიტით T_2 წერტილთან მღებარე λ_2 კუთხით და გვირაბს ჭრიან m წერტილამდე. ხოლო მის ზუსტ მღებარეობას განსაზღვრავენ პოლიგონომეტრიის Q წერტილიდან. m წერტილი უკვე მღებარეობს მეტროპოლიტენის მარცხენა გვირაბის ღერძზე.

აქედან ჩანს, რომ წოლზგრელის გასაჭრელად ტეხილი $T_1 c_1 c_2 T_2$

ნახის მიმართულებით (ნახ. 366) საჭიროა ვიცოდეთ $T_1c_1c_2$ და T_2 წერტილებთან მდებარე $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ და λ_4 კუთხეები. აღნიშნული კუთხეები ცნობილია. მართლაც, λ_1 კუთხე, როგორც 362-ე ნახაზიდან ჩანს, უდრის:

$$\lambda_1 = 180^\circ - \frac{\delta}{2},$$

სადაც $\frac{\delta}{2}$ კუთხე წარმოადგენს T_1b მხეხსა და პირველი T_1c_1 ქორ-
დას შორის მდებარე კუთხეს (იხ. § 191) და მიიღება იმავე § 191-ში
მოყვანილი ფორმულით:

$$\sin \frac{\delta}{2} = \frac{S'}{2R}.$$

λ_4 კუთხე ტოლია λ_1 კუთხისა. λ_2 და λ_3 კუთხეები კი მიიღება ფორმულით:

$$\lambda_2 = \lambda_3 = 180^\circ - \delta.$$

მეტროპოლიტენის მარცხენა გვირაბის გაჭრა იწყება m წერტილიდან. ამისათვის თეოდოლიტით დგებიან m წერტილში (ნახ. 366 და 361) და ამ წერტილთან მდებარე ცნობილი β კუთხით (იხ. § 191) ქოვრის დამზერის ღერძს აძლევენ გვირაბის mT_1 ღერძის მიმართულებას. ამ მიმართულებით გვირაბს გაჭრიან მოკლე მანძილზე, პოლიგონომეტრიას გააგრძელებენ M წერტილამდე β_2 კუთხისა და QM გვერდის გაზომვით და გამოთვლიან M წერტილის X_M და Y_M კოორდინატებს. შემდეგ M წერტილიდან ზემოვანხილული მეთოდით პოულობენ მეტროპოლიტენის გვირაბის ღერძზე მდებარე 4, 5, 6 წერტილებს (ნახ. 366), რომლის კოორდინატებიც ცნობილია და ამ მიმართულებით გაჭრიან გვირაბს და გააგრძელებენ მიწისქვეშა პოლიგონომეტრიას და ასე შემდეგ. ამავე წესით პოულობენ მეტროპოლიტენის I სადგურის და სხვა წერტილების მდებარეობას მათი კოორდინატების მიხედვით და გვირაბს გაჭრიან T_1 წერტილამდე, ე. ი. მრუდის საწყის წერტილამდე, საიდანაც გააგრძელებენ გვირაბის გაჭრას მრუდი ხაზის მიმართულებით, როგორც ზემოთაა განხილული (ქორდებით) და ასე შემდეგ.

მიწისქვეშა პოლიგონომეტრიის პუნქტების კოორდინატების განსაზღვრის გარდა M რუპერიდან წარმოებული გეომეტრიული ნიველირებით განისაზღვრება პოლიგონომეტრიის ყველა წერტილების სიმაღლეები (ნიშნულები), რომლებთან დაკავშირებით განისაზღვრება გაჭრილ გვირაბში მდებარე ყველა პიკეტის სიმაღლე, მიწის ქვეშ მდებარე M რუპერთან (ნახ. 365) შედარებით. ეს მოგვეცეს საშუალებას, გვირაბების გაჭრისას, ყოველ უბანზე დაცული იყოს პროექტით გათვალისწინებული ჭანოები და გვირაბების საპროექტო სიღრმე.

მეტროპოლიტენის სადგურებს შორის მდებარე გვირაბების მოსახვევებზე მატარებლების მოძრაობისას ადგილი რომ არ ჰქონდეს ბორბლების დარტყმის გარე რელსზე, მოსახვევებზე ათავსებენ წრიულ და გარდამავალ მრუდებს, და აგრეთვე გარე რელსს აყენებენ უფრო მაღლა, ვიდრე შიდას.

გვირაბები საერთოდ იჭრება შახტებიდან ცალკე უბნების ურთიერთშეხვედრამდე, სამთო მეთოდით ან ფარების მეთოდით.

სამთო მეთოდი იმაში გამოიხატება, რომ ჯერ იჭრება ქვედა წოლხვრელი (ვიწრო გვირაბი), შემდეგ ზედა წოლხვრელი და შემდეგ მიმდინარეობს წოლხვრელების გაფართოება—გვირაბის ნორმალურ კვეთამდე.

ამჟამად ძირითადად გამოიყენება გვირაბის გაჭრა ფარების მეთოდით. აქ გამოიყენება რთული აგრეგატები, რომლებიც მძლავრი დანის ბრუნვით ჭრიან მაგარ ქანებს გვირაბის მთელ განივ ფართობზე.

უნდა ითქვას, რომ გვირაბების გაჭრის პროცესში თან აზუსტებენ პოლიგონომეტრიას. ამისათვის ასე იქცევიან. გაიჭრება თუ არა გვირაბი დიდ მანძილზე, მაგალითად, ერთ კილომეტრამდე, გვირაბში დაალაგებენ ახალ პოლიგონომეტრიას უკვე გრძელი გვერდებით. ამ გვერდებს ზუსტად კომპარირებული ბაფთით ან მავთულებით ზომივენ. შეიძლება აგრეთვე მათი გაზომვა შუქმანძილშომებით. პოლიგონომეტრის კუთხეებიც იზომება დიდი სიზუსტით და უკვე გვირაბების გაჭრას აგრძელებენ ამ ახალი პოლიგონომეტრიის პუნქტებიდან.

იმ შემთხვევაში, როდესაც პოლიგონომეტრია დალაგებულია იმ უბანზე, სადაც გვირაბის ღერძს მრუდე ხაზის მოხაზულობა აქვს, გამოიყენება კუთხეების გაზომვა სამი შტატივის მეთოდით.

ეს მეთად საჭიროა მოკლეგვერდებიანი კუთხეების შემთხვევაში, როდესაც არასწორი ცენტრირებით გამოწვეული ცდომილება ძალიან საგრძნობია.

პოლიგონომეტრიის შემოწმების მიზნით შეიძლება მეტროპოლიტენის მარჯვენა და მარცხენა გვირაბებს შორის სხვადასხვა ადგილას გაიჭრას წოლხვრელები (ვიწრო გვირაბები) და პოლიგონომეტრიის ქსელს მიეცეს ჩაკეტული პოლიგონების სახე. ყოველ ასეთ პოლიგონში კუთხეების ჯამი $\sum \alpha$ უნდა უდრიდეს:

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

სადაც n არის ცალკე პოლიგონის კუთხეების რიცხვი. ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს ინსტრუქციით გათვალისწინებულ სიდიდეს.

პოლიგონომეტრიის შემოწმების მიზნით შეიძლება აგრეთვე არსებული სავენტილაციო შახტის (ქაბურღილების) გამოყენება.

იმ მიზნით, რომ ფარების მეთოდით გაჭრისას უზრუნველყონ მოპირდაპირე უბნებზე გაჭრილი გვირაბების ურთიერთშეხვედრა დიდი სიზუსტით, ასე იქცევიან: გვირაბების მოპირდაპირე უბნებს შორის რომ დარჩება გასაჭრელი მოკლე მანძილი (200—300 მეტრამდე), ცალკე უბნებიდან გაჭრიან ვიწრო გვირაბებს (წოლხვრელებს) ურთიერთშეხვედრამდე. შემდეგ ამ წოლხვრელებს გააგანიერებენ ნორმალურ კვეთამდე. ასეთ შემთხვევაში უზრუნველყოფილი იქნება ფარების ურთიერთშეხვედრა დიდი სიზუსტით.

§ 194. გვირაბის დაპგვალვის სიზუსტე

როგორც წესი, მეტროპოლიტენის გვირაბის გაჭრას აწარმოებენ ტრასის სხვადასხვა ადგილებიდან ურთიერთშეხვედრამდე. ამის გამო აქ მთავარია, რომ უზრუნველყოფილი იყოს გვირაბის ცალკეული უბნების ზუსტად ურთიერთშეხვედრა. სინამდვილეში ეს პირობა არ იქნება ზუსტად დაცული, რადგანაც ის გეოდეზიური სამუშაოები, რომლებსაც აწარმოებენ გვირაბების გაჭრასთან დაკავშირებით, შეიცავენ ცდომილებებს. ამის გამო ადგილი ექნება ცალკეული უბნების განივ გადახრას, ეს გადახრა უნდა იყოს უმნიშვნელო და დასაშვები. აღნიშნული გადახრა Δ განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\Delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2}. \quad (1)$$

ამ ფორმულაში შემავალი წევრები δ_1 , δ_2 , δ_3 და δ_4 წარმოადგენენ შემდეგი სახის კერძო გადახრებს:

1. δ_1 არის კერძო გადახრა, რომელიც გამოწვეულია ქალაქის სატრანსპორტო ქსელის ცდომილებით;

2. δ_2 არის კერძო გადახრა, გამოწვეული იმ ცდომილებით, რომელიც დაშვებულია შახტებთან დანიშნული პუნქტების კოორდინატების განსაზღვრაში;

3. δ_3 არის კერძო გადახრა, რომელიც გამოწვეულია შახტების არაზუსტი ორიენტირებით და

4. δ_4 არის გადახრა, გამოწვეული იმ ცდომილებით, რომელიც დაშვებულია მიწის ქვეშ წარმოებულ პოლიგონომეტრიაში.

აღნიშნულ გადახრებს შევხვით ცალ-ცალკე.

I. ქალაქის სატრანსპორტო ქსელის გადახრა δ_1 საერთოდ წინასწარაა განსაზღვრული. მოსკოვის მეტროპოლიტენისათვის ეს გადახრა ტოლი იყო 20—50 მილიმეტრისა.

II. გადახრა δ_2 არის იმის შედეგი, რომ პოლიგონომეტრია, რომლის საშუალებით განსაზღვრავენ შახტებთან დანიშნული პუნქტების კოორდინატებს, შეიცავს ცდომილებას. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ პოლიგონომეტრია იძლევა როგორც განივ, ისე გრძივ გადახრას. განივი გადახრა K_1 გამოწვეულია პოლიგონომეტრიის კუთხეების არაზუსტი გაზომვით, ხოლო გრძივი გადახრა K_2 გამოწვეულია გვერდების არაზუსტი გაზომვით.

განივი გადახრა K_1 განისაზღვრება ფორმულით:

$$K_1 \equiv \sqrt{\frac{m^2}{\rho^2} [S]^2 \cdot \frac{n+1,5}{3}}, \quad (2)$$

ხოლო გრძივი გადახრა K_2 — ფორმულით:

$$K_2 = \sqrt{\mu^2 [S] + \lambda^2 L^2}. \quad (3)$$

მოყვანილ ფორმულებში m არის კუთხეების გაზომვის საშუალო კადრატული ცდომილება (ცნობილია); $[S]$ არის პოლიგონომეტრიის საერთო სიგრძე; n — პოლიგონომეტრიის გვერდების რიცხვი; L — პოლიგონომეტრიის კიდურ წერტილებს შორის მანძილი [მიიღება ამ კიდური წერტილების კოორდინატების მიხედვით]; μ და λ — პოლიგონომეტრიის გვერდებში დაშვებული სისტემატური და შემთხვევითი ცდომილებების კოეფიციენტები. მეტროპოლიტენის პოლიგონომეტრიისათვის μ და λ შეიძლება ავიღოთ ტოლები: $\mu = 0,0005$ და $\lambda = 0,000017$. (2) ფორმულაში შემავალი წევრი $\rho = 206264$.

გვირაბის გაჭრის დროს მთავარი მნიშვნელობა ეძლევა გვირაბის განივ გადახრას. იმისდა მიხედვით, თუ საქალაქო პოლიგონომეტრია როგორაა დალაგებული მეტროპოლიტენის ღერძის მიმართ, განივ გადახრა შეიძლება გამოწვეულ იქნეს როგორც პოლიგონომეტრიის უთხეების არაზუსტი გაზომვით, ისე გვერდების არაზუსტი გაზომვით. თუ მეტროპოლიტენის მიმართ საქალაქო პოლიგონომეტრია დალაგებულია მართობულად, მაშინ გვირაბის განივი გადახრის მიზეზი იქნება პოლიგონომეტრიის გვერდების არაზუსტი გაზომვებით მიღებული კერძო გადახრა K_2 , ამიტომ, როდესაც პოლიგონომეტრია მიმართულია ტრასის მართობულად, (1) ფორმულაში შემავალი წევრი δ_2 უნდა გავუტოლოთ K_2 გადახრას ($\delta_2 = K_2$), ე. ი. გადახრა δ_2 უნდა განესაზღვროთ (3) ფორმულით.

თუკი ქალაქის პოლიგონომეტრია დალაგებულია მეტროპოლიტენის ღერძის პარალელურად, მაშინ გვირაბის განივი გადახრის მიზეზი იქნება პოლიგონომეტრიის კუთხეების არასწორი გაზომვით მიღებული კერძო გადახრა K_1 . ასეთ შემთხვევაში (1) ფორმულაში შემავალი წევრი δ_2

უნდა გავუტოლოთ K_1 გადახრას ($\delta_2 = K_1$), ე. ი. გადახრა δ_2 უნდა განესაზღვროთ (2) ფორმულით.

III. შახტის არაზუსტი ორიენტირებით გამოწვეული გადახრა δ_3 განისაზღვრება ფორმულით

$$\delta_3 = \frac{m \cdot [S]}{\rho},$$

სადაც $[S]$ არის მიწის ქვეშ წარმოებული პოლიგონომეტრიის სიგრძე მისი საწყისი წერტილიდან იმ წერტილამდე, რომლისთვისაც გვსურს გავიგოთ გვირაბის განივი გადახრა Δ ; m არის დირექციული კუთხის გადაცემის სიზუსტე შახტის ორიენტირებისას. მოსკოვის მეტროპოლიტენისათვის ეს სიზუსტე მიღებული იყო 10 სეკუნდის ტოლი.

IV. მიწის ქვეშ წარმოებული პოლიგონომეტრიით გამოწვეული გადახრა δ_4 . მიწის ქვეშ წარმოებული პოლიგონომეტრია მეტროპოლიტენის ტრასის მიმართ დალაგებული იქნება როგორც პერპენდიკულარულად, ისე მის გასწვრივ. პერპენდიკულარულადაა დალაგებული მისასვლელ წოლხვრელში წარმოებული პოლიგონომეტრია, ხოლო ტრასის მიმართულებით, ე. ი. ტრასის გასწვრივ დალაგებულია თვით მეტროპოლიტენის გვირაბებში წარმოებული პოლიგონომეტრია. ამის გამო საძიებელი გადახრა δ_4 დამოკიდებული იქნება როგორც პოლიგონომეტრიის გვერდების, ისე კუთხეების გაზომვის სიზუსტეზე.

გვერდების არაზუსტი გაზომვებით გამოწვეული გადახრა K_2 , როგორც ვიცით, განისაზღვრება ზემომოყვანილი (3) ფორმულით.

ეს გადახრა გამოწვეულია მისასვლელი წოლხვრელის პოლიგონომეტრიის გვერდების არაზუსტი გაზომვით. ამიტომ ფორმულაში შემავალი წევრი $[S]$ წარმოადგენს მისასვლელი წოლხვრელის პოლიგონომეტრიის საერთო სიგრძეს.

კუთხეების არაზუსტი გაზომვით გამოწვეული გადახრა K_1 განისაზღვრება ზემომოყვანილი (2) ფორმულით.

ეს გადახრა გამოწვეულია მეტროპოლიტენის ტრასაზე წარმოებული პოლიგონომეტრიის კუთხეების არაზუსტი გაზომვით, ამიტომ (2) ფორმულაში შემავალი წევრი $[S]$ წარმოადგენს პოლიგონომეტრიის სიგრძეს — საწყისი m წერტილიდან (ნახ. 361 და 367) იმ ადგილამდე, რომლისთვისაც გვინდა გავიგოთ საერთო გადახრა Δ .

საძიებელი გადახრა δ_4 განისაზღვრება ფორმულით:

$$\delta_4 = \sqrt{K_1^2 + K_2^2}.$$

ამრიგად, ჩვენ განვიხილეთ (1) ფორმულაში შემავალი კერძო გადახრები δ_1 , δ_2 , δ_3 და δ_4 . თუ ამ გადახრების მნიშვნელობებს ჩაესვათ

(1) ფორმულაში ($\Delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2}$), მივიღებთ იმ განივ Δ გადახრას, რომელიც მოსალოდნელია გვირაბის გაჭრისას.

გარდა ჰორიზონტალური Δ გადახრისა, გვირგვინის გაჭრის დროს აღვილი ექნება აგრეთვე ვერტიკალურ გადახრას, რომელიც განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$f = \sqrt{n_1^2 + n_2^2 + n_3^2}. \quad (4)$$

ამ ფორმულაში შემავალი წევრი n_1 წარმოადგენს იმ ცდომილებას, რომელსაც ზეიცავს შანტთან დამატებული რეპერის ნიშნული: n_2 არის ის ცდომილება, რომელიც მიღებულია სიმაღლის გადამცემაში ზედა რეპერიდან მიწის ქვეშ მდებარე რეპერზე. ეს ცდომილება საერთოდ არ აღემატება 2—3 მილიმეტრს: n_3 არის ცდომილება, რომელსაც შეიცავს მიწის ქვეშ წარმოებული პოლიგონომეტრიის პუნქტების ნიველირება. მიწის ქვეშ საერთოდ აწარმოებენ IV კლასის ნიველირებას და ცდომილება n_3 განისაზღვრება ფორმულით:

$$n_H = 10 \sqrt{L} \text{ ат},$$

სადაც L არის მანძილი კილომეტრებში—მიწის ქვეშ მდებარე საწყისი რეპერიდან იმ ადგილამდე, რომლისთვისაც ვეძებთ ვერტიკალურ გადახრას. თუ (4) ფორმულაში ჩავსვამთ n_1 , n_2 და n_3 წევრების მნიშვნელობებს, მივიღებთ მთლიან ვერტიკალურ გადახრა f -ს.

§ 105. რქინიშონისა და გზატკეცილუბის გვირაბუბის დაკვალუბა

არის შემთხვევა, როდესაც მთაგორიან ადგილებში გზების გაყვანისას ან ჰიდროსადგურების მშენებლობისას საჭირო ხდება გვირაბის გაჭრა (სურამის რეინიგზის გვირაბი, შავი ზღვის სანაპირო გვირაბები, რიონჰესის და ენგურჰესის გვირაბები და სხვა).

საერთოდ გვირახები შეიძლება მდებარეობდნენ სწორ ხაზზე, ან მრუდზე. ქვემოთ განხილულია ორივე შემთხვევა.

1. სწორედრძიანი გვირგაბის დავალება. გვირგაბის ბოლო A და B წერტილები (ნახ. 368) ინიშნება გამოკვლევის დროს, ხოლო იმ მიზნით, რომ AB ლერძის ქანობი არ იყოს დასაშვებზე მეტი, A და B წერტილებს შორის აწარმოებენ გეომეტრიულ ნიველირებას და არკვევენ, თუ რა ქანობი ექნება გვირგაბს. თუ ეს ქანობი აღმოჩნდა მეტი, ვიდრე დასაშვებია, მაშინ სათანადოდ შეცვლიან A და B წერტილის მდებარეობას. თუ გვაქვს მსხვილმასშტაბიანი რუკა იზოჰიფსებში, მაშინ შეიძლება ამ რუკის გამოყენებით გავიგოთ, ქანობის მხრივ მისაღებია თუ არა ადგილზე დანიშნული A და B წერტილი.

აღნიშნული წერტილების დანიშვნის შემდეგ, ამ წერტილებს შორის დალაგებენ ტრიანგულაციის ქსელს (ან პოლიგონომეტრიას), რომლის შედეგად განსაზღვრავენ ყველა პუნქტის კოორდინატებს და მათ შორის A და B წერტილების კოორდინატებს. ამ კოორდინატების მიხედვით, ცნობილი წესით (იხ. § 97), გამოთვლიან გვირაბის AB ღერძის r_0 რუმბს:

$$\operatorname{tg} r_0 = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

და, მაშასადამე, φ_0 დირექციულ კუთხეებსაც. აგრეთვე გამოთვლიან AB სიგრძეს:

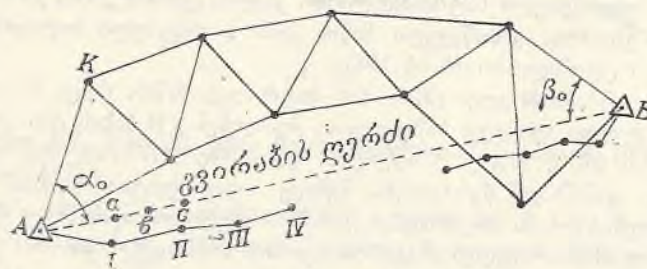
$$AB = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}.$$

ამის შემდეგ AB ღერძის მთელი რიგი $a, b, c, \dots$ წერტილებისათვის, (ნახ. 368) გამოთვლიან X_i და Y_i კოორდინატებს შემდეგი ფორმულებით:

$$X_I = X_A + d_i \cos r_0,$$

$$Y_i = Y_A + d_i \sin r_0.$$

ამ ფორმულებში ცნობილია ტრანზულაციიდან A წერტილის კოორდინატები X_A და Y_A , აგრეთვე ცნობილია r_0 რუმბი და d_i მანძილები— A წერტილიდან $a, b, c, \dots$ წერტილებამდე.



536. 368.

იმ მიზნით, რომ განესაზღვროთ გვირგვინის AB ღერძის მიმართულება, საჭიროა ვიცოდეთ α_0 კუთხე, ე. ი. კუთხე გვირგვინის AB ღერძსა და ტრიანგულაციის AK გვერდს შორის. ეს კუთხე α_0 მიიღება როგორც AB და AK გვერდების დირექციული კუთხეების (ანზომუტების) სხვაობა.

α_0 კუთხის განსაზღვრის შემდეგ თეოლოლიტით დგებიან A წერტილზე, ჰოვარს დაუმზენებენ ტრიანგულაციის K წერტილს, ლიბს ჩაკეტავენ და ალიდადას მოაბრუნებენ α_0 კუთხით. ამ შემთხვევაში ჰოვარს დამზერის ღერძი მიიღებს გვირაბის AB ღერძის მიმართულებას და, მასანადამე, შეიძლება გვირაბის გაჭრა ამ მიმართულებით. გვირაბს

გაჭრიან მოკლე მანძილზე მოცემული ქანობის დაცვით, გაჭრის დროს მასში დალაგებენ $A, I, II, III \dots$ პოლიგონომეტრიას და გაიგებენ პოლიგონომეტრიის $I, II, III \dots$ პუნქტების კოორდინატებს A წერტილის კოორდინატებთან დაკავშირებით. აგრეთვე გეომეტრიული ნივთიერებით გაიგებენ აღნიშნული პუნქტების სიმაღლეებს A წერტილის ცნობილ სიმაღლესთან დაკავშირებით.

მიწის ქვეშ დალაგებული პოლიგონომეტრიის დანიშნულება ის არის, რომ გვირავის გაჭრის პროცესში პოლიგონომეტრიის პუნქტებიდან გვირავში იპოვონ ღერძზე მდებარე $a, b, c \dots$ წერტილები, რომლების კოორდინატები (X_i და Y_i) ცნობილია (იხ. § 193), ე. ი. იპოვონ გვირავის ღერძის მიმართულება და ამ მიმართულებით გააგრძელონ გვირავის გაჭრა მოცემული ქანობის დაცვით.

ამავე წესით გვირავს ჭრიან აგრეთვე B წერტილიდან (ნახ. 368) β კუთხის მიხედვით ურთიერთშეხვედრამდე.

ცხადია, რომ მოპირდაპირე უბნების შეხვედრის ადგილას იარსებებს განივი გადახრა Δ , რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Delta = \pm \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2},$$

სადაც δ_1 არის კერძო გადახრა, გამოწვეული A და B წერტილებს შორის დალაგებული სატრიანგულაციო ქსელის ცდომილებით, და δ_2 — განივი გადახრა, გამოწვეული მიწის ქვეშ დალაგებული პოლიგონომეტრიის ცდომილებით (იხ. § 194).

თუ გვირავი მოკლე (300—600 მეტრამდე), მაშინ, როცა ზედაპირის რელიეფი გვაძლევს საშუალებას, მოახდენენ AB ხაზის (ნახ. 368) დასარგას (იხ. § 19), ე. ი. ადგილის ზედაპირზე AB ხაზის მიმართულებით დანიშნავენ წერტილებს. შემდეგ თეოდოლიტით დგებიან A წერტილში, ჭოგრის დაუმიზნებენ AB მიმართულებაზე დანიშნულ წერტილს და ამ მიმართულებით გაჭრიან გვირავს საპროექტო ქანობის დაცვით. ამავე წესით გვირავი იჭრება B წერტილიდან ცალკე უბნების ურთიერთშეხვედრამდე.

II. მრუდზე მდებარე გვირავის დაკვალვა. საინჟინრო პრაქტიკაში არის აგრეთვე შემთხვევა, როდესაც რკინიგზის, გზატკეცილის ან წყლის გასატარებელი გვირავის ღერძს აძლევენ მრუდე ხაზის მოხაზულობას.

ასეთი გვირავის გამოკვლევის დროს ადგილზე ინიშნება გზის (არხის) მისასვლელები AB და CD (ნახ. 369), რომლებს შორის დალაგებენ სატრიანგულაციო ქსელს ან პოლიგონომეტრიას და ამის შედეგად განსაზღვრავენ A, B, C და D წერტილების კოორდინატებს და, მაშასადამე, AB და CD მისასვლელების დირექციულ კუთხეებს.

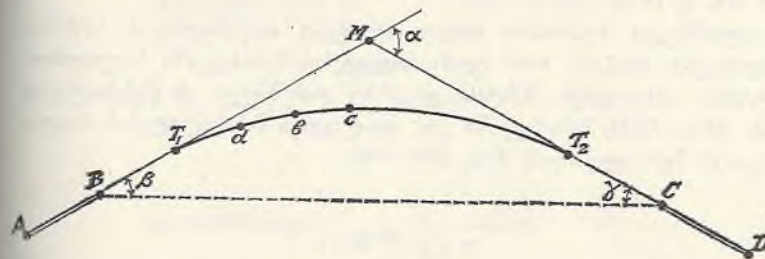
ამ დირექციული კუთხეების მიხედვით განისაზღვრება გადაკვეთის

M წერტილიდან მდებარე მოხვევის კუთხე α (უღრის აღნიშნული დირექციული კუთხეების სხვაობას).

გარდა ამისა, B და C წერტილების კოორდინატების მიხედვით გამოთვლიან BC ხაზის სიგრძეს და მის დირექციულ კუთხეს (იხ. § 97). ამის შემდეგ განსაზღვრავენ BMC სამკუთხედის β და γ კუთხეებს, როგორც სათანადო ხაზების დირექციული კუთხეების სხვაობას. მაგალითად, β კუთხე მიიღება როგორც BC და AB გვერდების დირექციული კუთხეების სხვაობა.

ამრიგად, BMC სამკუთხედში გვეცოდინება BC გვერდი და β და γ კუთხეები. მაშასადამე, სინუსების ფორმულით შეგვიძლია განვსაზღვროთ BM და CM გვერდები.

თუ BM გვერდის სიგრძეს გამოვავლებთ MT_1 ტანგენსის სიგრძეს,



ნახ. 369.

მივიღებთ BT_1 მანძილს. ამავე წესით მივიღებთ CT_2 მანძილს ($CT_2 = MC - MT_2$).

MT_1 და MT_2 ტანგენსები, როგორც ვიცით (იხ. § 137), განისაზღვრება მოხვევის α კუთხისა და მოცემულ R რადიუსის მიხედვით:

$$MT_1 = MT_2 = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

თუ B წერტილის მივიჩნევთ ნულბიკეტად და მას დაეუმატებთ BT_1 სიგრძეს, მივიღებთ მრუდის საწყის T_1 წერტილის პიკეტის მნიშვნელობას. ამ მნიშვნელობას დაეუმატებთ $T_1, a, b, c \dots T_2$ რკალის სიგრძეს, რომელიც უღრის $\frac{\pi R \alpha}{180}$ (იხ. § 137), და მივიღებთ მრუდის ბოლო T_2 წერტილის პიკეტის მნიშვნელობას.

C წერტილის პიკეტის მნიშვნელობის მისაღებად, T_2 წერტილის პიკეტს დაეუმატებთ T_2C ცნობილ სიგრძეს.

ამრიგად, გვეცოდინება B , T_1 , T_2 და C წერტილების პიკეტების მნიშვნელობა და T_1 , a , b , $c \dots T_2$ რკალის სიგრძე.

როგორც ზემოთაა განხილული (იხ. § 193), მრუდზე მდებარე გვირაბების გაჭრას აწარმოებენ ქორდების მიმართულებით (ნახ. 362) მიწის ქვეშ დალაგებული პოლიგონომეტრიის საფუძველზე. ხოლო ტრიანგულაციიდან ცნობილი საწყისი B წერტილის (ნახ. 369) X_B და Y_B კოორდინატების მიხედვით წინასწარ განსაზღვრავენ მრუდზე მდებარე a , b , $c \dots$ წერტილების, აგრეთვე მრუდის საწყისი T_1 ბოლო და T_2 წერტილების კოორდინატებს და შემდეგ ამ წერტილების მდებარეობას პოულობენ მიწისქვეშა პოლიგონომეტრიის პუნქტებიდან (იხ. § 193).

აღნიშნული მუშაობის მთელი პროცესი აღწერილია § 193-ში, ხოლო უნდა ითქვას, რომ მეტროპოლიტენის შემთხვევაში პოლიგონომეტრიას დალაგებენ შახტის ფსკერზე დანიშნული B წერტილიდან (ნახ. 363). ჩვენს შემთხვევაში კი დალაგებენ მისასვლელების ბოლო B და C წერტილებიდან (ნახ. 369).

თ ა ვ ი XXVI

ხიდების დაკვალვა

§ 196. სწორღერძიანი ხიდის დაკვალვა

როგორც წესი, ხიდის AB სწორ ღერძს (ნახ. 370) ნიშნავენ მდინარის სწორ უბანზე, ნაპირების პერპენდიკულარულად.

ღერძი ინიშნება მდინარის ნაპირებზე დამაგრებული A და B წერტილებით. გამოკვლევის დროს განსაზღვრავენ AB მანძილს, მოახდენენ მდინარის კალაპოტის და ცოცხალი კვეთების აგეგმვას. იკვლევენ ადგილის გეოლოგიას და განსაზღვრავენ მდინარის გრძივ ქანობას (იხ. §§ 143, 144, 145 და 159).

მიღებული მასალების საფუძველზე შეადგენენ ხიდის პროექტს, რომელზედაც უჩვენებენ ყველა საჭირო ზომას.

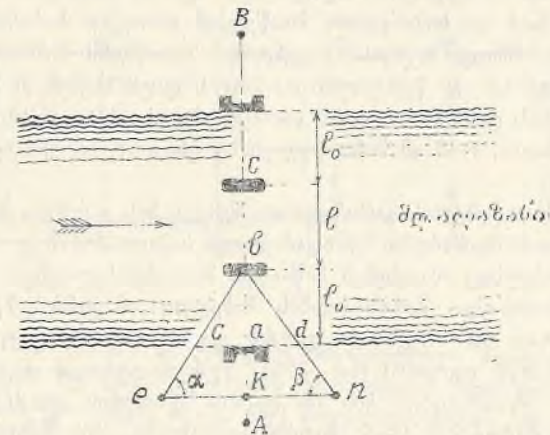
ცალკე ნახაზზე უჩვენებენ როგორც შუა ბურჯებს შორის l მანძილს (ნახ. 370), ისე l_0 მანძილს, განაპირა ბურჯის cd წინაპირიდან მეზობელი ბურჯის b ცენტრამდე.

ხიდის დაკვალვა გულისხმობს ბურჯების მდებარეობების განსაზღვრას მდინარეში.

თუ მდინარის კალაპოტში მიედინება თხელი (არა ღრმა) წყალი და ფოლადის ბაფთით გაზომვების წარმოება ღერძის მიმართულებით მოხერხებულია, მაშინ ხიდის დაკვალვა არ წარმოადგენს სიძნელეს.

თუ მდინარე ღრმა და განიერია, მაშინ ბურჯების მდებარეობას მდინარეში პოულობენ გადაკვეთის მეთოდით მდინარის ნაპირებიდან.

ამისათვის, პირველ ყოვლისა, პროექტის მიხედვით ადგილზე დანიშნავენ რომელიმე სანაპირო ბურჯის წინაპირს, მაგალითად, მარჯვენა ბურჯის cd წინაპირს (ნახ. 370). შემდეგ ამ წინაპირიდან ხიდის ღერძის მიმართულებით ნაპირზე გადაზომავენ 10 მეტრამდე მანძილს და ადგილზე



ნახ. 370.

დანიშნავენ k წერტილს, რომელზედაც დგებიან თეოდოლიტით, და AB ღერძის ორივე მხარეზე აღმართავენ kl და kn მართობებს. აღნიშნულ მართობებს ღებულობენ ისეთი სიგრძისას, რომ ebn სამკუთხედი დაახლოებით ტოლგვერდიანი იყოს.

გადაკვეთის მეთოდით რომ ვიპოვოთ შუა ბურჯის b ცენტრი, საჭიროა ვიცოდეთ ebn სამკუთხედის α და β კუთხეები.

მართკუთხა ebk სამკუთხედიდან კუთხე α განისაზღვრება ფორმულით:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{bk}{ek},$$

სადაც კათეტი bk ცნობილია (უღრის $l_0 + ak$) და ek არის მართობის სიგრძე.

აგრეთვე მართკუთხა nbk სამკუთხედიდან კუთხე β მიიღება ფორმულით:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{bk}{kn},$$

თუ მართობები ek და kn ტოლებია, მაშინ α და β კუთხეებიც ტოლი იქნება.

ამ კუთხეების განსაზღვრის შემდეგ თეოდოლიტებით დგებიან e და n წერტილებში და α და β კუთხეების მიხედვით ჰოგრებს ერთდროულად აძლევენ გარკვეულ მიმართულებას, რომელთა გადაკვეთაში იქნება ბურჯის საძირებელი b ცენტრი.

მდინარის იმ ადგილას, სადაც იქნება ბურჯი, წინასწარ ბაგირებით ამაგრებენ ნავს და ხიმინჯებით მოაწყობენ ღროებით ხარაჩოებს, რომელზედაც ნიშნავენ ბურჯის b ცენტრს. შემოწმების მიზნით თეოდოლიტით დგებიან k წერტილში და ჰოგრს დაუმიზნებენ B წერტილს. ამით ჰოგრის დამზერის ღერძს აძლევენ ხიდის AB ღერძის მიმართულებას. ცხადია, რომ ამ მიმართულებაზე უნდა მდებარეობდეს ბურჯის b ცენტრი.

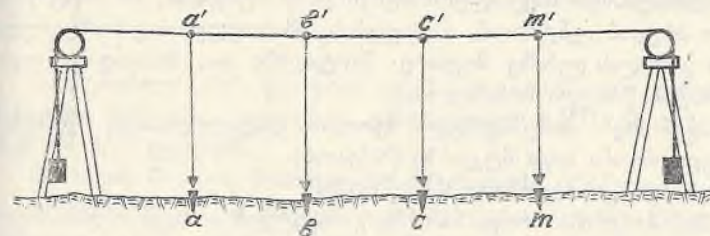
ბურჯის b ცენტრის განსაზღვრის შემდეგ მის გარშემო ხიმინჯებით და ნარანდით მდინარეში შემოფარგლავენ საჭირო მოხაზულობის ფართობს, რომელსაც ამოავსებენ მიწით და მიიღებენ ხელოვნურ კუნძულს ბურჯის ზომისა და მოხაზულობის მიხედვით. ამ კუნძულზე ხელმეორედ ზუსტად დანიშნავენ b ცენტრს და ბურჯის გრძივ ღერძს (მართობულია AB ღერძისა) (ნახ. 370). ბურჯის ღერძთან დაკავშირებით კუნძულზე მოათავსებენ ჰის ან კესონის ლითონის დანას და ჰის ან კესონს დააბეტონებენ 1—2 მეტრის სიმაღლეზე. ამის შემდეგ იწყებენ ჰის ან კესონის ჩაშვებას საპროექტო სიღრმემდე და ამის შედეგად ბურჯის საძირკველს ამოყვანენ წყლის ზედაპირამდე. შემდეგ საძირკვლის ზედაპირზე ისევ პოულობენ ბურჯის ცენტრსა და მის გრძივ ღერძს და ამოყავთ ბურჯის ტანი. ამავე წესით პოულობენ სხვა ბურჯის ცენტრებსაც. მათ შორის მანძილები უნდა იყოს პროექტში მოყვანილი l_0 და l მანძილების ტოლი (ნახ. 370). მისი შემოწმება წარმოებს ბურჯების ამოყვანამდე.

სწორღერძიანი ხიდის დაკვალვა ღრმა მდინარის შემთხვევაში შეიძლება აგრეთვე შემდეგი წესით:

მდინარის ნაპირზე დანიშნავენ ხაზს, რომელზედაც a წერტილიდან (ნახ. 371) ფოლადის ბაფთით გადაზომავენ ხიდის პროექტიდან აღებული ბურჯების ცენტრებს შორის მანძილებს და მიიღებენ a , b , c და m წერტილებს, რომლებსაც დაამაგრებენ პალოებით. იმავე ხაზზე აყენებენ k_1 და k_2 ბლოკებიან შტატივებს და მათ შორის ჰიმანვენ წვრილ ბაგირს 5—10 კილოგრამიანი q სიმძიმით. შევულის საშუალებით a , b ,

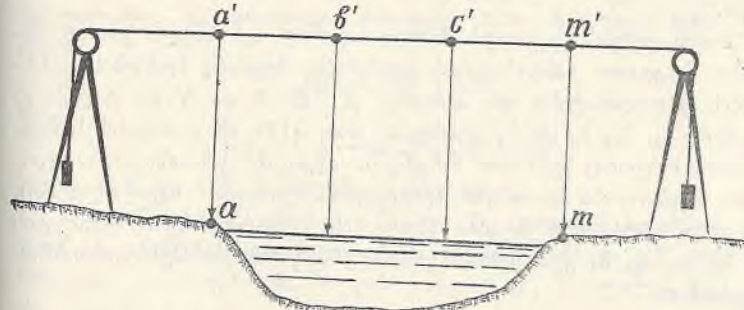
c და m წერტილებს მიწის ზედაპირიდან გადიტანენ ბაგირზე და მიღებული a' , b' , c' და m' წერტილებს ნიშნავენ რაიმე ნიშნით.

ცხადია, ეს წერტილები შეესაბამება ხიდის ბურჯების ცენტრებს. ამის შემდეგ იმავე ბაგირს თარაზულად გაჭიმავენ მდინარის ნაპირებს შორის ხიდის ღერძზე (ნახ. 372), თანაც იმავე ძალით, რა ძალითაც იყო გაჭიმული ნაპირზე, ხოლო ბაგირს ისე დააყენებენ (მისი გაწვევამოწვევით შტატივების ბლოკებზე), რომ ბაგირის a' წერტილში ჩამოკიდებული შვეული დადგეს მდინარის ნაპირზე წინასწარ დანიშნული სანაპირო ბურჯის a ცენტრის პირდაპირ (ნახ. 372). ამ შემთხვევაში,



ნახ. 371.

ბაგირის b' , c' და m' წერტილებში ჩამოკიდებული შვეულები გვიჩვენებს ხიდის ბურჯების ცენტრების მდებარეობას მდინარეში და მათ შორის მანძილები იქნება იგივე, რაც მოყვანილია ხიდის პროექტში.



ნახ. 372.

ამ მუშაობის ჩატარების შემდეგ ყოველი ბურჯის ცენტრს დანიშნავენ ღროებით ხარაჩოზე და შეუდგებიან ცალკე ბურჯის ამოყვანას მიწის ხელოვნური კუნძულიდან, როგორც ზემოთაა განხილული.

საინჟინრო პრაქტიკაში არის შემთხვევა, როდესაც სხვადასხვა პირობების გამო ხიდის ღერძს აძლევენ წრიული ხაზის მოხაზულობას. აგრეთვე მაღალ კახალს, როდესაც მთელ სიმაღლეზე აწევბა წყალი, შეიძლება ჰქონდეს თაღოვანი მოხაზულობა, ე. ი. მდებარეობდეს მრუდზე, მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ დნებროჰესის და ენგურჰესის კაშხლები, რკინიგზის ხიდი მტკვარზე ზაქესთან და სხვა.

დნებროჰესის კაშხალის ღერძის დაკვალვის მიზნით მდ. დნებროში ამოყვანილი იყო სპეციალური ბურჯი და ამ ბურჯიდან, როგორც წრიული მრუდის ცენტრიდან, რადიუსების მიმართულებით განსაზღვრული იყო კაშხალის ღერძზე მდებარე წერტილები და, მასადაამე, თვით კაშხალის წრიული მოხაზულობა.

ჩვენ მიერ დამუშავებული მეთოდით დაკვალული იყო რკინიგზის მრუდღერძიანი ხიდი მტკვარზე (ზაქესთან).

ეს მეთოდი მდგომარეობს შემდეგში:

მდ. მტკვრის ორივე ნაპირზე გამოკვლევის პროცესში დანიშნული იყო გზის მისასვლელები AB და CD (ნახ. 373), აგრეთვე ისეთი E, K, P და N წერტილები, საიდანაც კარგად მოჩანდა მდინარის კალაპოტი. აღნიშნული წერტილების სათანადო შეერთებით შექმნილი იყო სატრიანგულაციო ქსელი გეოდეზიური ოთხკუთხედისა და სამკუთხედების სახით. ტრიანგულაციის დამუშავების შედეგად განსაზღვრული იყო A, B, C, D, E, K, P და N წერტილების კოორდინატები.

ხიდის ღერძის დაკვალვის მიზნით საჭიროა აღნიშნული კოორდინატების მიხედვით განისაზღვროს მდინარეში მდებარე ბურჯების ცენტრების კოორდინატები და აგრეთვე K, E, P და N წერტილებთან მდებარე $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ და λ_4 კუთხეები (ნახ. 373). ამ კუთხეების საშუალებით, როგორც ჯვემოთაა ნაჩვენები, ადვილად განისაზღვრება ბურჯების მდებარეობა მდინარეში (გადაკვეთის მეთოდით — თეოდოლიტით).

აღნიშნული ელემენტების (ბურჯების ცენტრების კოორდინატების და $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ კუთხეების) განსაზღვრა წარმოებს შემდეგი თანმიმდევრობით:

I. ტრიანგულაციიდან ცნობილია AB და CD მისასვლელების აზიმუტები A_1 და A_2 . ამ აზიმუტების მიხედვით განსაზღვრავენ AB და CD მისასვლელების გადაკვეთის M წერტილთან (ნახ. 373) მდებარე მოხვევის α კუთხეს, როგორც ამ აზიმუტების სხვაობას, ე. ი.

$$\alpha = A_2 - A_1.$$

II. ტრიანგულაციიდან ცნობილია B და C წერტილების კოორდინატები. ამ კოორდინატების მიხედვით განსაზღვრავენ BC მანძილს და აგრეთვე BC ხაზის A_3 აზიმუტს (იხ. § 97). შემდეგ A_1, A_2 და A_3 აზიმუტების მიხედვით განსაზღვრავენ BMC სამკუთხედის β და γ კუთხეებს, როგორც სათანადო გვერდების აზიმუტების სხვაობას. მაგალითად, β კუთხე უდრის AB და BC ხაზების აზიმუტების სხვაობას, ე. ი.

$$\beta = A_3 - A_1.$$

γ კუთხე უდრის CB და CD ხაზების აზიმუტების სხვაობას. ამ გამოთვლებს ამოწმებენ იმით, რომ უნდა იყოს დაცული ტოლობა:

$$\beta + \gamma = \alpha.$$

III. ცნობილი BC გვერდისა და β, γ და $(180 - \alpha)$ კუთხეების მიხედვით, სინუსების თეორემით განსაზღვრავენ BMC სამკუთხედის BM და MC გვერდებს.

IV. ხიდის წრიული მოხაზულობის R რადიუსი ცნობილია ტექნიკური პირობებიდან. ამ რადიუსისა და მოხვევის α კუთხის მიხედვით გამოთვლიან $MT_1 = MT_2$ ტანგენსს (არსებული ცხრილების გამოყენებით) ან ფორმულით:

$$MT_1 = MT_2 = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

V. განსაზღვრავენ BT_1 და CT_2 მანძილებს B წერტილიდან მრუდის საწყის T_1 წერტილამდე და C წერტილიდან მრუდის ბოლო T_2 წერტილამდე. ეს მანძილები, როგორც 373-ე ნახაზიდან ჩანს, ტოლებია:

$$BT_1 = BM - MT_1$$

და

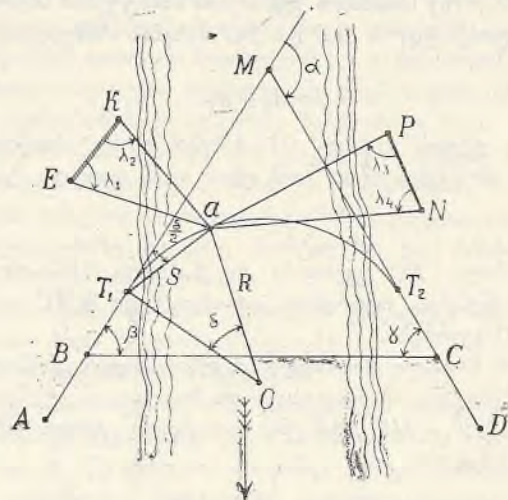
$$CT_2 = CM - MT_2 = CM - MT_1,$$

სადაც BM და CM მანძილები ცნობილია.

VI. B წერტილის ცნობილი X_B და Y_B კოორდინატების და AB ხაზის A_1 აზიმუტის (ცნობილია ტრიანგულაციიდან) და BT_1 სიგრძის მიხედვით განსაზღვრავენ მრუდის საწყისი T_1 წერტილის X_{T_1} და Y_{T_1} კოორდინატებს.

VII. მოხვევის α კუთხისა და მრუდის R რადიუსის მიხედვით, არსებულ ცხრილებში იპოვნიან T_1 და T_2 წერტილებს შორის მდებარე წრიული მრუდის სიგრძე K -ს, გამოსახულს მეტრებში, რადგანაც R გამოსახულია მეტრებში.

VIII. ხიდის პროექტზე საერთოდ მოყვანილია მანძილი მრუდის მიმართულებით მრუდის საწყისი T_1 წერტილიდან ყოველი ბურჯის ცენტრამდე. ვთქვათ, რომელიმე ბურჯის a ცენტრამდე (ნახ. 373) ეს მანძილი მრუდის მიმართულებით უღრის K_1 მეტრს, ამ შემთხვევაში,



ნახ. 373.

ის ცენტრალური კუთხე δ , რომელიც შეესაბამება აღნიშნულ K_1 სიგრძეს, მიიღება ფორმულით:

$$\delta = \frac{180 \cdot K_1}{\pi R}.$$

IX. ამ δ კუთხისა და მრუდის R რადიუსის მიხედვით განსაზღვრავენ S ქორდას, რომელიც შეესაბამება K_1 რკალს, შემდეგი ფორმულით:

$$S = 2R \sin \frac{\delta}{2}.$$

X. როგორც 373-ე ნახაზიდან ჩანს, კუთხე $T_1 M$ მიმართულებასა და S ქორდას შორის იქნება $\frac{\delta}{2}$. ამ კუთხესა და AB ხაზის A_1 აზიმუტის მიხედვით გამოთვლიან $T_1 a$ ქორდის A_4 აზიმუტს ფორმულით:

$$A_4 = A_1 + \frac{\delta}{2}.$$

XI. მრუდის საწყისი T_1 წერტილის ცნობილი X_{T_1} და Y_{T_1} კოორდინატების, S ქორდის სიგრძისა და მისი A_4 აზიმუტის მიხედვით განსაზღვრავენ ბურჯის a ცენტრის X_a და Y_a კოორდინატებს.

XII. ბურჯის a ცენტრის და სატრიანგულაციო ქსელის E, K, P და N წერტილების ცნობილი კოორდინატების მიხედვით განსაზღვრავენ Ka, KE, Ea, Pa, PN და Na მიმართულებების აზიმუტებს (იხ. § 97).

XIII. ამ აზიმუტების მიხედვით განსაზღვრავენ E, K, P და N წერტილებთან მდებარე $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ კუთხეებს, როგორც სათანადო აზიმუტების სხვაობას. მაგალითად λ_2 კუთხე უღრს KE და Ka მიმართულებების აზიმუტების სხვაობას, λ_3 კუთხე უღრს Pa და PN მიმართულებების სხვაობას და ასე შემდეგ.

XIV. $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ და λ_4 კუთხეების გამოთვლის შემდეგ შეუდგებიან a ბურჯის მდებარეობის განსაზღვრას მდინარეში.

ამისათვის K და E წერტილებში დგებიან თეოდოლიტით და λ_1 და λ_2 კუთხეებით თეოდოლიტის დამზერის ღერძებს ერთდროულად აძლევენ მიმართულებებს, რომლებიც შეესაბამებიან მიმართულებას a წერტილისაკენ, სადაც წინასწარ უნდა იყოს ბაგირით დამაგრებული ნაგი ან ტივი. ამ ტივიდან ან ნაგიდან ზომიწვებით აწყობენ დროებით ხარაჩოს, რომელზედაც დანიშნავენ ბურჯის a ცენტრს. მის მდებარეობას ამოწმებენ P წერტილიდან λ_4 კუთხით. ამ ხარაჩოს გარშემო ბურჯის სიდიდისა და მოხაზულობის მიხედვით ზომიწვებით და ნარანდით მდინარეში შემოფარგლავენ საჭირო ფართობს, რომელსაც ამოაცხებენ მიწით და მიიღებენ საჭირო ზომისა და მოხაზულობის ხელოვნურ კუნძულს. ამ კუნძულზე უკვე K, N და P წერტილებიდან λ_1, λ_2 და λ_3 კუთხეებით თეოდოლიტების დამზერის ღერძებს ერთდროულად აძლევენ სათანადო მიმართულებებს, რომლებიც უნდა გადაიკვეთონ საძიებელ a წერტილში.

თუ მივიღეთ ცდომილების სამკუთხედი, მაშინ a წერტილის სწორ მდებარეობას დანიშნავენ ცდომილების სამკუთხედის შიგნით ან გარეთ პოტენოტის ამოცანის კვალობაზე (იხ. § 172).

კუნძულზე ბურჯის a ცენტრის დანიშვნის შემდეგ მოათავსებენ ჭის ან კესონის დანას, სათანადო არმატურას და 2 მეტრის სიმაღლემდე დააბეტონებენ ჭის (კესონის) კედლებს. შემდეგ იწყება ჭის (კესონის) ჩაშვება. ამისათვის დანის ირგვლივ და ჭის მთელ ფართობზე იღებენ მიწას, რის შედეგად ჭა (კესონი) თავისი სიმაღლით იწყებს თანდათან ჩაძირვას. ჩაძირვის პროცესში ცენტრიდანული ტუმბოებით ჭიდან ამოტუმბავენ წყალს და აგრძელებენ ჭის კედლების დაბეტონებას სიმაღლეზე. ჭის ჩაძირვის დროს აგრეთვე თვალყურს ადევნებენ (თეოდოლიტით) იმას, რომ ბურჯის ღერძი (და თვით ცენტრი) არ გადაადგილ-

დეს ხარაჩოებზე წინასწარ დანიშნული ღერძის მიმართულებიდან. თუ ბურჯის საპროექტო სიღრმე დიდია და წყლის ამოტუმბვა ძნელდება, მაშინ საჭირო ხდება კესონზე გადასვლა. ამისათვის გარკვეულ სიმაღლეზე ჰას გადახურავენ რკინაბეტონის ჰერით, სადაც ტოვებენ შლიუზების მოსაწყობად სათანადო ზომის ფანჯარას.

ამ შემთხვევაში ჰერის ქვემოთ შეიქმნება სპეციალური კამერა, სადაც ტუმბავენ ჰაერს და მუშები მუშაობენ უკვე შეკუმშული ჰაერის პირობებში. ეს შეკუმშული ჰაერი კამერაში არ უშვებს წყალს.

ჩაუშვებენ თუ არა კესონს საპროექტო სიღრმემდე, დააბეტონებენ კესონის მთელ შიდა სივრცეს და ამის შედეგად მდინარეში მიიღება ხიდის ბურჯის წყალქვეშა საძირკველი.

ამ საძირკვლის ზედაპირზე კვლავ პოულობენ ბურჯის ცენტრს E , K და P წერტილებიდან (ნახ. 373) და ამოყავთ ბურჯის ბეტონის ტანი საპროექტო ნიშნულამდე.

ზემოგანხილული წესით მდინარეში პოულობენ ხიდის დანარჩენი ბურჯების მდებარეობას, თუ ხიდი მრავალმალიანია, ბურჯების ამოყვანის შემდეგ შეუდგებიან მალეების კოჭოვანი ან თაღოვანი ნაშენების მშენებლობას¹.

თ ა ზ ი XXVII

გზებისა და არხების ტრასირება (დანიშვნა) გეოდეზიური ინსტრუმენტებით და ფოტოგრაჰმეტრული მეთოდით

§ 198. ზოგადი ცნება გზების ტრასირებაზე

გზის ტრასირება გულისხმობს გზის ღერძის დანიშვნას ადგილზე, მისი გრძივი და განივი პროფილების შედგენას, ყველა საჭირო ნაგებობის დაკვალვას, აგრეთვე ჰიდროგეოლოგიური პირობების გაშუქებას.

გზის დანიშნულებისა და კატეგორიის მიხედვით შემუშავებულია ტექნიკური პირობები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ადგილზე შერჩეული გზის ტრასა.

ტექნიკურ პირობებში მოყვანილია გზის სახელმძღვანელო ქანობი, მინიმალური რადიუსი, შექცეულ (დამხმარე) მრუდებს შორის მოთავსებული სწორი ჩანართი (ჩასმა), გზის სიგანე და სხვა.

¹ 197-ე პარაგრაფში განხილული ხიდის დაკვალვის მეთოდი დამუშავებულია ჩვენს სადისერტაციო შრომაში.

გზის ტრასა (ღერძი) ისე უნდა იყოს ადგილზე დაკვალული (დანიშნული), რომ გზის ცალკე უბნებზე ქანობი არ აღემატებოდეს სახელმძღვანელო ქანობს, მრუდების რადიუსები არ იყოს მოცემული მინიმალური რადიუსზე ნაკლები და სხვა. გარდა ამისა, გზას უნდა ახასიათებდეს შედარებით კარგი ჰიდროგეოლოგია; მოცემულ პუნქტებს შორის გზის სიგრძე იყოს რაც შეიძლება მოკლე და სამუშაოების რაოდენობა მინიმალური.

ველზე მიღებული მასალების საფუძველზე შეადგენენ გზის პროექტს (ხარჯთაღრიცხვით) ყველა საჭირო ნაგებობებით (ხიდებით, მილებით, საყრდენი კედლებით და სხვ.) და შეუდგებიან გზის მშენებლობას. გზის გამოკვლევისა და ტრასირების დროს ტარდება შემდეგი საველე სამუშაოები:

1. გზის ტრასის რეკოგნოსცირება,
2. გზის ტრასის დანიშვნა ადგილზე გეოდეზიური ინსტრუმენტებით,
3. გზის ტრასის პიკეტაჟობა.
4. გზის ტრასის გრძივი და განივი ნიველირება,
5. ტრასის პროფილის შედგენა და
6. ტრასის მიმართულებით გეგმის შედგენა.

გარდა ამისა, მიმდინარეობს ტრასის მიმართულებით ადგილის ჰიდროგეოლოგიური გამოკვლევა და საჭირო ადგილებში ტაქეომეტრიული აგეგმვების წარმოება.

ქვემოთ ზოგადად განხილულია ამ სახის სამუშაოები.

§ 199. გზის ტრასის რეკოგნოსცირება

გზის ტრასის შერჩევას (გამოკვლევას) აწარმოებს საგამოკვლეო პარტია 8—10 კაცის შემადგენლობით. პარტიაში შედის აგრეთვე გეოლოგი, რომელიც იკვლევს ტრასის ჰიდროგეოლოგიას და ნიშნავს ყამრების კატეგორიას ხარჯთაღრიცხვის შესადგენად.

სანამ შეუდგებოდნენ გზის გამოკვლევას გეოდეზიური ინსტრუმენტებით, პარტიის უფროსი და მისი თანაშემწე მოახდენენ ადგილის რეკოგნოსცირებას, ე. ი. ადგილს ყოველმხრივ კარგად შეისწავლიან და მოცემული ქანობის და რადიუსის მიხედვით თვალდათვალ (მიახლოებით) დანიშნავენ გზის საერთო მიმართულებას.

რეკოგნოსცირების დროს სარგებლობენ ქანობმზომით ან ეკლიმეტრით, რომლითაც იზომება ab ხაზის დახრის α კუთხე (ნახ. 374).

დახრის კუთხის ტანგენსი, როგორც ვიცით, არის tg ხაზის ქანობი i , ე. ი.

$$i = tg \alpha.$$

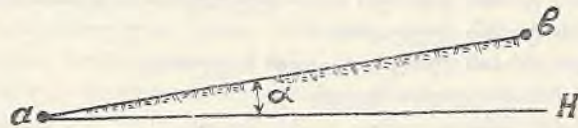
ამრიგად, რეკონსტრუირების დროს დახრის კუთხეების გაზომვით ადვილად გაიგებენ ცალკეული უბნების ქანობებს.

მუშაობის გასაადვილებლად შედგენილია ცხრილები, რომლებშიც მოყვანილია ქანობები სხვადასხვა დახრის კუთხეებისათვის. ასეთი ცხრილი მოთავსებულია წიგნის ბოლოში (იხ. IV ცხრილი). მაგალითად, თუ ხაზის დახრის α კუთხე უდრის $1^{\circ}20'$, მაშინ, როგორც IV ცხრილიდან ჩანს, ხაზის ქანობი იქნება 0,023.

რეკონსტრუირების დროს შეიძლება გამოიყენონ ანეროიდი, რომლითაც განისაზღვრება წერტილების სიმაღლეები (იხ. § 177).

შეიძლება აგრეთვე ჯიბის ნიველირისა და ნაბიჯმზომის გამოყენება.

ცხადია, რეკონსტრუირების დროს კარგად შესწავლიან ადგილის ჰიდროგეოლოგიას და აგრეთვე ივარაუდებენ იმ საინჟინრო ნაგებობებს



ნახ. 374.

(ხილვებს, მიღებს, საყრდენ კლდეებს და სხვა), რომელთა აგება საჭირო იქნება გზის ამა თუ იმ უბანზე.

იმ შემთხვევაში, როდესაც არსებობს ადგილის ტოპოგრაფიული რუკა, ასეთ რუკაზე წინასწარ დანიშნავენ გზის საერთო მიმართულებას მოცემული ქანობებისა და რადიუსების მიხედვით (იხ. § 121). შემდეგ ადგილზე გასვლით ამოწმებენ, თუ რამდენად მისაღები და მიზანშეწონილია რუკაზე დანიშნული გზის ტრასა.

რეკონსტრუირება ადვილია, თუ გვექნება გამოსაკვლევი ადგილის სტერეოწყვილები, რომლებიც სტერეოსკოპში მზერისას იძლევიან ადგილის სტერეომოდელს (იხ. § 204). სტერეომოდელზე თვალსაჩინოდ დაეინახავთ რელიეფის სივრცობრივ ფორმებს, დამეწყარულ ადგილებს, გაუვალ კაობებს, ზედაპირულ გეოლოგიას და ადვილად დაენიშნავთ გზის საერთო მიმართულებას.

§ 200. გზის ტრასის დანიშვნა გეოდეზიური ინსტრუმენტებით (ზოგადად)

გზის რეკონსტრუირების შემდეგ შეუდგებიან მისი ღერძის დანიშვნას (ტრასირებას) ადგილზე, გეოდეზიური ინსტრუმენტებით—ტექნიკური პირობების მხედველობაში მიღებით.

ეს საკითხი განიხილება სპეციალურ კურსში: „გზების გამოკვლევა და დაპროექტება“.

იმისდა მიხედვით, თუ რა შედეგის მიღებაა საჭირო (საპროექტო მოცულობისა, ტექნიკური პროექტისა ან მუშა ნახაზებისა), არსებობს დაპროექტების სხვადასხვა სტადია.

ამ პარაგრაფში ჩვენ განვიხილავთ საავტომობილო გზის ტრასირების ზოგად მეთოდებს მთავორიანი ადგილების პირობებში.

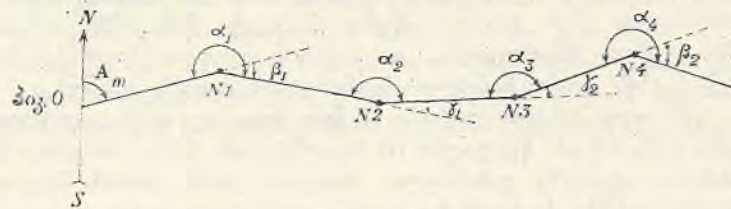
ვთქვათ, რეკონსტრუირების შედეგად მსხვილმასშტაბიან რუკაზე დანიშნულია გზის ტრასის საწყისი O პიკეტი (ნახ. 375), აგრეთვე გზის საერთო მიმართულება, და საჭიროა გეოდეზიური ინსტრუმენტებით გზის ტრასის საბოლოო მდებარეობის დადგენა ადგილზე.

ამისათვის პარტიის უფროსი ან მისი მოადგილე დგება თეოდოლიტით გზის საწყის წერტილში (O პიკეტზე) (ნახ. 375), რომელიც წინასწარაა ადგილზე დანიშნული, მოიყვანს ლიმბს პორიზონტალურ მდგომარეობაში, მოახდენს მის ორიენტირებას ბუხსოლით და, ცნობილი წესით (იხ. § 76), ზომავს $O-N1$ მიმართულების აზიმუტს. წერტილი $N1$, რომელიც წარმოადგენს ტრასის 1-ლ კუთხეს, უნდა იყოს დანიშნული რეკონსტრუირებით შერჩეულ მიმართულებაზე. ამ $N1$ წერტილის მდებარეობის საბოლოოდ დასადგენად უნდა დაეწმუდნეთ იმაში, რომ ტრასის $O-N1$ უბნის ქანობი არ აღემატება ტექნიკურ პირობებში მოყვანილ სახელმძღვანელო ქანობს, მაგალითად, 0,05-ს. ამისათვის თეოდოლიტის ვერტიკალური წრედით იზომება $O-N1$ ხაზის დახრის α კუთხე (იხ. § 72, 74). ამ კუთხის გაზომვისას ჭოგრის დამზერის ღერძი უნდა იყოს მიმართული იარაღის სიმაღლეზე, რომელიც წინასწარ ინიშნება $N1$ წერტილზე დაყენებულ სარზე. ვთქვათ, ეს კუთხე $\alpha=2^{\circ}30'$. წიგნის ბოლოში მოთავსებულია IV ცხრილი, სადაც მოყვანილია ქანობები და მათი შესაბამისი დახრის კუთხეები.

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, დახრის კუთხე α -ს, ე. ი. $2^{\circ}30'$ -ს შესაბამება ქანობი $i=0,043$, რომელიც ნაკლებია სახელმძღვანელო ქანობისა (0,05) და, მაშასადამე, ამ მხრივ $O-N1$ ხაზი აკმაყოფილებს ტექნიკურ პირობებს. ამიტომ, თუ სხვა პირობები (გეოლოგია, ჰიდროლოგია, მრუდის რადიუსი და სხვა) არ ეწინააღმდეგება გზის გაყვანას დანიშნული $O-N1$ მიმართულებით, მაშინ თეოდოლიტით გადავდივართ $N1$ წერტილში, შევარჩევთ ტრასის $N2$ წერტილს და თეოდოლიტის ვერტიკალური წრედით გზომავთ $N1-N2$ ხაზის დახრის კუთხეს.

ვთქვათ, IV ცხრილის საშუალებით გამოვარკვეთ, რომ გაზომილი დახრის კუთხის შესაბამისი ქანობი ნაკლებია სახელმძღვანელო ქანობზე (0,05-ზე). ამ შემთხვევაში შეგვიძლია გავაგრძელოთ გზის ტრასირება,

ხოლო თუ $N1$ წერტილში გზის $N1-N2$ უბნის მიმართულება უხვევს მარჯვნივ ან მარცხნივ, მაშინ თეოდოლიტით ვზომავთ $N1$ წერტილთან მდებარე მოხვევის კუთხეს (მარჯვენას ან მარცხენას) - ამისათვის ლიშების და I ვერნიერის ნულებს ერთიმეორესთან შევთავსებთ და აღიდადს ჩავკეტავთ. შემდეგ ლიშების და აღიდადს ერთად ბრუნვით ჭოგრის დავუმიზნებთ უკანა O წერტილს (O პიკეტს) და ლიშებს ჩავკეტავთ. ჭოგრის გადავიტანთ ზენიტზე და მარტო აღიდადს ბრუნვით (ლიშბი



ნახ. 375.

ჩაკეტილია) დავუმიზნებთ $N2$ წერტილში დაყენებულ სარს და I ვერნიერზე ავიღებთ ანათვალს. ეს ანათვალი გვიჩვენებს მოხვევის მარჯვენა ან მარცხენა კუთხეს. მარცხენა კუთხის შემთხვევაში ანათვალი I ვერნიერზე იქნება დიდი (ჩვეულებრივ 300° -დან 360° -მდე) და მოხვევის მარცხენა კუთხის მისაღებად საჭიროა 360° -ს გამოვაკლოთ ეს ანათვალი.

მარჯვენა კუთხის შემთხვევაში ანათვალი I ვერნიერზე უმეტეს შემთხვევაში არ აღემატება $60-80$ გრადუსს და ეს ანათვალი იქნება მოხვევის მარჯვენა კუთხე.

მოხვევის კუთხის ნაცვლად შეიძლება ტრასის სწორ უბნებს შორის მდებარე $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ კუთხეების გაზომვა და მათი მიხედვით მოხვევის კუთხეების განსაზღვრა.

აქ უნდა ითქვას, რომ ტრასირებისას, გარდა სახელმძღვანელო ქანობისა, მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ ის, რომ ტრასის მოსახვევებზე შერჩეული რადიუსები არ იყოს ნაკლები ტექნიკურ პირობებში მოყვანილ მინიმალურ რადიუსზე.

აგრეთვე მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ გადასასვლელი მრუდების მოწყობა ტექნიკური პირობების მიხედვით.

$N1$ წერტილში ბუშაობის დამთავრების შემდეგ გადავდივართ $N2$ წერტილში, საიდანაც დავნიშნავთ შემდეგ $N3$ წერტილს და თუ ამ $N2-N3$ ხაზის ქანობი, მრუდის რადიუსი, ჰიდროგეოლოგია და სხვა პირობები არ ეწინააღმდეგება ტექნიკურ პირობებს, გადავდივართ ტრა-

სის $N3$ წერტილში. ასე ვაგრძელებთ გზის ტრასირებას და თან ვხელო-მძღვანელობთ რუკაზე დანიშნული მიმართულებით.

ტრასის ყოველ მოსახვევზე ამაგრებენ ხის მოკლე ბოძს, რომელზედაც იწერება კუთხის ნომერი, მოხვევის კუთხე (მარჯვენა თუ მარცხენა) და მრუდის რადიუსი.

თუ ტრასის მოსახვევებს შორის უბანი გრძელია, მაშინ დასარგის წესით ამ გრძელ უბანზე დანიშნავენ დამატებით წერტილებს (ერთს ან რამდენიმეს) და არკვევენ ამ ცალკე უბნების ქანობებს. გზის ტრასირებას თან მიყვება ტრასის პიკეტაჟობა და მისი ნიველირება (განხილულია ქვემოთ), რის შედეგად ქალაქზე ააგებენ ტრასის პროფილს და ამ პროფილზე ქანობების და სხვა პირობების მიხედვით დაიტანენ საპროექტო (წითელ) ხაზს, რომელიც წარმოადგენს გზის ვაკისს. ჩვენ მიერ განხილულ შემთხვევაში საპროექტო ხაზი შეიძლება მთლიანად დაემთხვეს პროფილის ხაზს, ვინაიდან ტრასის ცალკე უბნების ქანობები თითქმის იგივეა, რაც დედამიწის ფიზიკური ზედაპირის ქანობები ტრასის მიმართულებით. სინამდვილეში ასეთი შემთხვევა იშვიათია.

ბორცვიან და მთაგორიან ადგილებში გზის ტრასა შეიძლება მდებარეობდეს ვიწრო ხეობაში, დასერილ ფერდობებთან ადგილებში, ტრასა კვეთდეს დიდად ამოზნექილ და ჩაზნექილ ზედაპირებს, რის გამოც იქნება როგორც ჭრილში მდებარე, ისე ყრილზე.

გარდა ამისა, შეიძლება თვით ადგილი იყოს დამეწყრილი, ჰაობიანი, ახასიათებდეს არახელსაყრელი ჰიდროლოგიური პირობები და სხვა. ყოველივე ამას ანგარიში უნდა გავუწიოთ გზის ტრასირებისას.

ვთქვათ, ტრასის რომელიმე უბანზე გაზომვით მიღებულია ამ უბნის დახრის კუთხე და როგორც IV ცხრილიდან აღმოჩნდა, იგი შეესაბამება ისეთ ქანობს, რომელიც გაცილებით მეტია სახელმძღვანელო ქანობზე.

ასეთი დიდი (დაუშვებელი) ქანობის შემთხვევაში უნდა ვიქონიოთ მსჯელობა იმაზე, შესაძლოა თუ არა გზის ამ უბანს მივცეთ ტექნიკური პირობებით გათვალისწინებული ქანობი ჭრილის ან ყრილის ანგარიშში, ე. ი. გზა გადიოდეს ჭრილში ან ყრილზე.

სანამ გადავწყვეტდეთ ამ საკითხს, წინასწარ უნდა გავიგოთ თუ ამ უბანზე რა სიღრმის იქნება ჭრილი ან რა სიმაღლის ყრილი.

ამისათვის ამ უბნის საწყისი წერტილიდან (სადაც დგას თეოდოლიტი) უნდა გავიგოთ a და b წერტილების სიმაღლეები h_1 და h_2 დგომის წერტილთან შედარებით. ამ წერტილებში a მდებარეობს უბნის ბოლოზე და მიეკუთვნება ადგილის ფიზიკურ ზედაპირს, ხოლო b მდებარეობს იმავე უბნის ბოლოზე და უკვე მიეკუთვნება ჭრილის ან ყრილის ზედაპირს, ე. ი. გზის ვაკისს.

სიმაღლე h_1 მიიღება ფორმულით:

$$h_1 = d \operatorname{tg} \alpha, \quad (\text{იხ. § 152}).$$

სადაც d არის უბნის სიგრძე (ჰორიზონტალური პროექცია—მიიღება მანძილმზომით) და α არის თეოდოლიტით გაზომილი უბნის დახრის კუთხე.

აგრეთვე h_1 სიმაღლის განსაზღვრა შეიძლება ფორმულით:

$$h_1 = \frac{1}{2} cn \sin 2\alpha, \quad (\text{იხ. § 154}).$$

სიმაღლე h_2 კი მიიღება ფორმულით:

$$h_2 = d \cdot i,$$

სადაც d არის იმავე უბნის სიგრძე, ხოლო i არის გზის საპროექტო ქანობი (h_2 სიმაღლე შეიძლება აგრეთვე გავიგოთ წიგნის ბოლოში მოთავსებულ V ცხრილის საშუალებით).

h_1 და h_2 სიდიდეების სხვაობა ($h_1 - h_2$) წარმოადგენს მუშა ნიშნულს და გვიჩვენებს ნავარაუდევ კრილის სიღრმეს ან ყრილის სიმაღლეს.

თუ კრილის სიღრმე ან ყრილის სიმაღლე დიდი აღმოჩნდა, შესაძლოა უფრო მიზანშეწონილი იყოს ამ უბანზე ტრასის მიმართულებების შეცვლა ისე, რომ ტრასის ახალი მიმართულებების ქანობი იყოს დასაშვები, გათვალისწინებული ტექნიკური პირობებით (მაგალითად 0,04).

გზის ამ უბნის მიმართულების შეცვლის მიზნით, წიგნის ბოლოში მოთავსებულ IV ცხრილში ვპოულობთ ისეთ დახრის კუთხეს, რომელიც შეესაბამება ჩვენ მიერ შერჩეულ ქანობს (0,04). როგორც IV ცხრილიდან ჩანს, ამ ქანობს (0,04) შეესაბამება დახრის კუთხე $\alpha = 2^\circ 20'$.

ამის შემდეგ ამ უბნის საწყის წერტილში დაყენებულ თეოდოლიტის ვერტიკალური წრედის თარაზოს მოვიყვანთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში—ბუშტულის დაყენებით ნულპუნქტში და თვით ვერტიკალურ წრედს ისე ვაყენებთ, რომ ანათვალი ამ წრედის ვერნიერზე უდრიდეს IV ცხრილიდან მიღებულ კუთხეს ($2^\circ 20'$). ამ შემთხვევაში ჰოგრის დამზერის ღერძის ქანობი იქნება 0,04. მაშასადამე, უბნის ბოლო წერტილში დაყენებულ სარს გადავადგილებთ (მარჯვნივ ან მარცხნივ) ისე, რომ ჰოგრაში ცქერისას ძაფთა ბადის შუა ხაზი კვეთდეს სარს იარაღის სიმაღლეზე, რომელიც წინასწარ ინიშნება სარზე. ამ შემთხვევაში ტრასის ახალი მიმართულების ქანობი ტოლი იქნება ჩვენ მიერ დანიშნული ქანობისა (0,04).

ჩვენ აქ ვგულისხმობთ, რომ ვერტიკალური წრედის ნულადგილი ტოლი იყო ნულისა ან განსხვავდებოდა ნულიდან მცირე სიდიდით

(4—6 მინუტით). თუ ეს პირობა არ არის დაცული, მაშინ IV ცხრილიდან მიღებულ α კუთხეში ($2^\circ 20'$) უნდა შევიტანოთ შესწორება და მივიღოთ ახალი დახრის α_1 კუთხე, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით:

$$\alpha_1 = \alpha + \epsilon. \quad \text{ა.},$$

ეს მაშინ, როდესაც ვმუშაობთ მარჯვენა წრედით. საერთოდ მუშაობის გასაადვილებლად უფრო მიზანშეწონილია ნულადგილის წინასწარ დაყვანა მინიმუმამდე (4—6 მინუტამდე) (იხ. § 75).

სარის გადაადგილება (მარჯვნივ ან მარცხნივ) საჭირო ქანობის მისაღებად ადვილია, როდესაც ტრასირება წარმოებს რელიეფის დახრილ ფერდობზე.

ზემოვანხილული წესით აგრძელებენ გზის ტრასირებას, ე. ი. ტრასის ყოველი ახალი წვეროდან ინიშნება შემდგომი უბანი, იზომება მისი დახრის კუთხე და IV ცხრილში პოულობენ ამ კუთხის შესაბამის ქანობს, რომელიც წარმოადგენს ამ უბნის ქანობს. თუ ეს ქანობი დასაშვებია, მაშინ დგომის წერტილში ზომავენ ტრასის მოხვევის კუთხეს (მარჯვენას ან მარცხენას), ნიშნავენ მრუდის რადიუსს, გადადიან შემდეგ წერტილში და ასე შემდეგ.

იმ მიზნით, რომ შევამოწმოთ მოხვევის კუთხეების გაზომვა, ყოველ მეხუთე-მეექვსე წერტილზე ზომავენ ამ წვეროსთან მდებარე შემდგომი უბნის აზიმუტს. თუ საწყისი უბნის აზიმუტს აღვნიშნავთ A_0 ასოთი (გაზომილია თეოდოლიტით) და n უბნის აზიმუტს A_n ასოთი, მაშინ აღნიშნულ უბნებს შორის მოთავსებული ყველა გაზომილი მარჯვენა β და მარცხენა γ კუთხეების ჯამების სხვაობა ($\sum \beta - \sum \gamma$) უნდა უდრიდეს A_n და A_0 აზიმუტების სხვაობას, ე. ი. უნდა იყოს დაცული შემდეგი ტოლობა:

$$\sum \beta - \sum \gamma = A_n - A_0.$$

სინამდვილეში ეს ტოლობა არ იქნება დაცული და იარსებებს ცდომილება Δ , რომელიც მიიღება ფორმულით:

$$\Delta = (\sum \beta - \sum \gamma) - (A_n - A_0).$$

ეს ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს ინსტრუქციაში (ან ტექნიკურ პირობებში) მოყვანილ სიდიდეს.

გზის ტრასირებისას არის შემთხვევა, როდესაც რელიეფის სირთულის გამო ძნელია ტრასის დანიშვნა ადგილზე. ასეთ შემთხვევაში ჩაატარებენ ადგილის ტაქტომეტრიულ აგეგმვას (იხ. § 158), რომლის შედეგად მიიღებენ ადგილის გეგმას (რელიეფის გამოსახვით) იზოპიფ-

სებით (მსხვილ მასშტაბში). შემდეგ ასეთ გეგმაზე სახელმძღვანელო ქანობისა და რადიუსების მიხედვით დანიშნავენ ტრასის რამდენიმე ვარიანტს (იხ. § 121) და ამ ვარიანტებში შეარჩევენ უფრო მიზანშეწონილს, რომელსაც გეგმიდან გადაიტანენ ადგილზე და საბოლოოდ დაადგენენ ამ უბნის ტრასას.

მთავარიან ადგილებში არის აგრეთვე შემთხვევა, როდესაც წერტილებს შორის სიმაღლეთა სხვაობა დიდია, ხოლო მათ შორის მანძილი მოკლე. თუ ასეთ წერტილებს შორის წარმოებს გზის ტრასირება, საჭიროა ტრასის სიგრძის ხელოვნურად გადიდება იმ მიზნით, რომ ასეთ წერტილებს შორის გაჭრილ გზას ჰქონდეს ქანობები, რომლებიც არ აღემატება სახელმძღვანელო ქანობს. ასეთ შემთხვევაში გზას ჩვეულებრივ ექნება ტენილი ხაზის სახე, ხოლო ტრასის მოსახვევზე არასახიფათო რომ იყოს ავტოტრანსპორტის მოძრაობა, მოსახვევებზე ათავსებენ სპეციალურ მრუდებს, რომლებსაც სერპანტინები ეწოდება; აგრეთვე ათავსებენ მარყუჟებს—ხედაპირის შედარებით მცირე დახრილობის შემთხვევაში.

გარდა ამისა, ტრასის გაგრძელების მიზნით, იგი შეყავთ გვერდით ხეობებში, თუ ასეთები არსებობს.

ტრასის ასეთი უბნის სიგრძე L მიიღება ფორმულით:

$$L = \frac{h}{i},$$

სადაც h არის უბნის კიდური წერტილების სიმაღლეების სხვაობა, i —გზის სახელმძღვანელო ქანობი.

აქვე უნდა ითქვას, რომ საერთოდ რეკომენდებულია წარმოებდეს ცალკე უბნების ტრასირება სიგრძით 4—5 კილომეტრამდე, გრძივი პროფილის შედგენით. თუ უბნის პროფილი აკმაყოფილებს ტექნიკურ პირობებს (ქანობები, რადიუსები და სხვა), მაშინ იწყებენ შემდეგი უბნის ტრასირებას და ასე შემდეგ.

თუ ტრასა კვეთს მდინარეს, მაშინ აწარმოებენ მდინარის ცოცხალი კვეთისა და თვით მდინარის კალაპოტის აგეგმვას, აგრეთვე განსაზღვრავენ მდინარის ქანობს (იხ. § 143, 144, 145 და 160).

თუ მთავარიან ადგილებში გზის ტრასირებისას გამოირკვა გვირაბის გაჭრის აუცილებლობა, მაშინ ადგილზე ნიშნავენ გვირაბის საწყის და ბოლო წერტილებს (პორტალებს), აგრეთვე მისასვლელებს და ტრიანგულაციის ან პოლიგონომეტრიის მეთოდით განსაზღვრავენ აღნიშნული წერტილების კოორდინატებს. ამ მასალის საფუძველზე წარმოებს გვირაბის ღერძის მიმართულების განსაზღვრა (როგორც სწორი, ისე მრუდღერძიანი გვირაბის). თვით გვირაბის გაჭრას აწარმოებენ მიწისქვეშა პოლიგონომეტრიის საფუძველზე (იხ. § 195).

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ტრასის ყოველ კუთხეში ამაგრებენ ხის მოკლე ბოძს, რომელზედაც იწერება კუთხის ნომერი (მარჯვენა თუ მარცხენა) და მრუდის რადიუსი.

ორი-სამი მომუშავე მიყვება დანიშნულ ტრასას და მოახდენს ტრასის პიკეტაჟობას, რომელიც გამოისახება შემდეგში: საწყისი 0 პიკეტიდან (ნახ. 376) ბაფთით მიყვებიან ტრასას და გაიგებენ თუ რომელ პიკეტზე მდებარეობს ტრასის $N1$ კუთხე. გზადაგზა პალოებით ნიშნავენ რელიეფის მახასიათებელ წერტილებს (პლუსებს) და ყოველ ას მეტრზე—პიკეტებს.

გამოარკვევენ თუ არა კუთხე $N1$ -ის პიკეტის მნიშვნელობას, შეუდგებიან მრუდის მთავარი წერტილების დაკავალვას (დანიშვნას) R რადიუსის და მოხვევის α კუთხის მიხედვით.

ველზე ადგენენ საპიკეტაჟო წიგნაკს, რომლის ერთ-ერთი გვერდი მოყვანილია ქვემოთ (ნახ. 376).

როგორც ამ წიგნაკიდან ჩანს, წვერო $N1$ მდებარეობს პიკ. $2 + 65,10$ -ზე და ამ წერტილში გზა უხვევს მარჯვნივ (ნაჩვენებია ისრით) $12^{\circ}12'$ -ით: მრუდის რადიუსი ამ წვეროში აღებულია 200 მეტრი.

რადიუსი $R=200$ მ და მოხვევის კუთხის ($12^{\circ}12'$) მიხედვით არსებული ცხრილებში პოულობენ მრუდის შემდეგ ელემენტებს:

$$T=21,36 \text{ მ}, \quad K=42,48 \text{ მ},$$

$$B=1,14 \text{ მ}, \quad D=0,14 \text{ მ},$$

ეს ელემენტები იწერება საპიკეტაჟო ქუთხალში.

ამის შემდეგ შეუდგებიან მრუდის მთავარი წერტილების დანიშვნას ადგილზე.

მრუდის საწყისი T_1 წერტილის პიკეტის მნიშვნელობა ჩვენს შემთხვევაში იქნება:

$$265,10 - 21,36 = 243,74 \text{ მ ანუ პიკ. } 2 + 43,74.$$

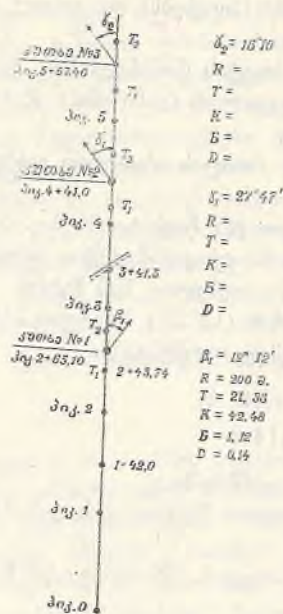
მაშასადამე, T_1 წერტილის მდებარეობის მისაღებად პიკეტი 2-დან (რომელიც წინასწარ არის დამაგრებული ადგილზე) ბაფთით გადავზომავთ 43,74 მეტრს (წვერო $N1$ -ის მიმართულებით) და მიღებულ წერტილში დავამაგრებთ პალოს, რომელსაც ვუკეთებთ წარწერას $\frac{T_1}{43,74}$ (წილადის სახით). ეს პალო წარმოადგენს მრუდის საწყის T_1 წერტილს.

ამ T_1 წერტილის მიღება უფრო მოხერხებულია ტანგენსის სიგრძის (21,36) გადაზომვით $N1$ წვეროდან O პიკეტის მიმართულებით.

მრუდის ბოლო T_2 წერტილის პიკეტის მნიშვნელობის მისაღებად T_1 წერტილის პიკეტს ($2+43,74$) დაემატებოდა მრუდის სიგრძეს ($K=42,48$) და მივიღებთ: $243,74+42,48=286,22$ მ ანუ

პიკ. $2+86,22$ მ.

თვით T_2 წერტილის მდებარეობას ადგილზე ასე მივიღებთ: კუთხე $N1$ -დან ბაფთას (რომელიც დაყენებულია ანათვალ $265,10$ -ზე) გაფშვით წინ D სიგრძით ($0,16$ მეტრით), რომელიც უდრის $2T-K$



ნახ. 376.

გენად. ეს მაშინ, როდესაც რელიეფი არაა რთული და ამ გვერდითი წერტილების ნიშნულების განსაზღვრა შეიძლება ნიველირით. თუ რელიეფი რთულია, ღერძის განივი მიმართულებით მოახდენენ ადგილის ვატერპასობას (განხილულია ქვემოთ).

გზის ტრასის გეოლოგიას იკვლევს პარტიის გეოლოგი, რომელიც ადგენს სპეციალურ უწყისს, სადაც იწერება ტრასის გეოლოგიური გამოკვლევის შედეგები და ყამირების კატეგორია ყოველივე პიკეტზე, რომელიც საჭიროა ხარჯთაღრიცხვის შესადგენად.

პიკეტაჟობას თან მიყვება გრძივი და განივი ნიველირება, ხოლო განივი ნიველირებას, როგორც წესი, აწარმოებენ ცალკე, გრძივი ნიველირებისაგან დამოუკიდებლად. გრძივი ნიველირებას აწარმოებენ მომუშავე, რომელსაც გადაეცემა ამონაწერი საპიკეტაჟო წიგნაკიდან. გრძივი ნიველირების მიზანია საპიკეტაჟო წიგნაკში ნაჩვენები წერტილების (პიკეტების, პლუსების და მრუდების ბოლო და შუა წერტილების) ნიშნულების განსაზღვრა და მათი მიხედვით ტრასის გრძივი პროფილის შედგენა.

გრძივი ნიველირებას აწარმოებენ § 140 და 141-ში განხილული მეთოდით. გრძივი ნიველირებისადგენენ სანიველირო ჟურნალს, რომლის ნიმუში მოყვანილია 22, 23 და 24 ცხრილებში (იხ. § 140).

მუშაობის შემოწმების მიზნით, პირველ ნიველირს თან მიყვება მეორე ნიველირი, რომლითაც განსაზღვრავენ მხოლოდ დამაკავშირებელი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობებს და შემდეგ ორივე ნიველირით მიღებული შედეგების შედარებით ამოწმებენ მუშაობას. დასაშვები ცდომილება მოყვანილია სათანადო ინსტრუქციაში.

გარდა ამისა, ნიველირების შემოწმება ადვილია, თუ ტრასის წერტილები დაკავშირებულია მუდმივ (არსებულ) რეპერებთან (იხ. § 140).

საველე მუშაობის დამთავრების შემდეგ განსაზღვრავენ საპიკეტაჟო წიგნაკში მოყვანილი წერტილების ნიშნულებს და მათი მიხედვით ააგებენ გრძივი და განივი პროფილებს (იხ. § 140, 141).

შემდეგ ტექნიკური პირობების მიხედვით გრძივი პროფილზე დაიტანენ საპროექტო ხაზს (წითელ ხაზს), რომელიც წარმოადგენს გზის ზედაპირს (იხ. § 142). გრძივი პროფილის ქვემოთ ათავსებენ ტრასის გეგმას, ხოლო თვით პროფილზე უჩვენებენ ტრასის გეოლოგიას.

თუ გზის ტრასა მდებარეობს მთავორიან ადგილში, მაშინ განივი მიმართულებით აწარმოებენ ვატერპასობას. ამისათვის გამოიყენება ორი ლარტყა. ერთზე მიმაგრებულია თარაზო და მას ჰორიზონტალურად აყენებენ (თარაზული X მანძილების მისაღებად). მეორე ლარტყას აყენებენ შვეულად—ვერტიკალური Y მანძილების მისაღებად. ამ განაზომებს (X და Y) წერენ ცალკე წიგნაკში, რომლის ნიმუში მოყვანილია ქვემოთ (ნაჩვენებია ჩანაწერები, შესრულებული პიკეტ $1+42$ -ზე) (ნახ. 376).

როგორც მოყვანილი ცხრილიდან ჩანს, პიკ. $1+42$ -ის მარცხნივ მდებარე მახასიათებელი წერტილების X აბსცისები და Y ორდინატები იწერება ჟურნალის მარცხენა ნაწილში და მარჯვნივ მდებარე წერტილების აბსცისები და ორდინატები—ჟურნალის მარჯვენა ნაწილში.

ვატერპასობა პიკ. 1+42-ზე
(ყამირის კატეგორია IV)

მარცხნივ		მარჯვნივ	
X	Y	X	Y
2,0	+0,85	2,0	-0,74
2,0	+1,20	1,5	-0,95
1,5	+0,74	2,0	-1,35
1,5	+0,25	2,0	-1,20
2,0	-0,15	0,8	-1,10
2,0	+0,46	1,2	-1,18
2,0	+1,29	2,0	-1,90

ლებით (იმავე მასშტაბში) გადავზომავთ Y ორდინატებს (თავიანთი ნიშნების მიხედვით) და თუ მართობების ბოლო წერტილებს შევაერთებთ, მივიღებთ განივ პროფილს (ნიმუში მოყვანილია ნახ. 276-ზე). ყოველ პიკეტზე და პლუსზე ადგენენ განივ პროფილს. პროფილზე დაიტანენ მიწის ვაკის (მისი ნიშნულის მიხედვით) და გამოითვლიან ყრილის და ჭრილის მოცულობას.

გზის ტრასაზე, ყოველ 1—2 კილომეტრზე, როგორც ვთქვით, ადგილზე ამაგრებენ მუდმივ წერტილებს—რეპერებს და ნიველირებით განსაზღვრავენ მათ ნიშნულებს.

მშენებლობის დროს ყველა საჭირო წერტილების (მიწის ვაკის, საყრდენი კედლების, ზიდის ბუჩქების და სხვა) ნიშნულები განისაზღვრება რეპერებთან დაკავშირებით. გარდა ამისა, რეპერების საშუალებით შეიძლება შემდგომ წარმოებული ნიველირების შემოწმება. ძირითადად ეს არის რეპერების დანიშნულება.

§ 208. ტრასის ზეგნის შედგენა

ვინაიდან ტრასის ყოველ მოსახვევზე (წვეროზე) თეოდოლიტით გაზომილია მარჯვენა ან მარცხენა კუთხე და აგრეთვე წვეროებს შორის მანძილები ცნობილია (პიკეტაჟობიდან), გარდა ამისა, ცნობილია ცალკე უბნების აზიმუტები (რუმბები), შეგვიძლია ავსოთ ქალაქზე გზის ღერძის გეგმა მოცემულ მასშტაბში.

ამ ღერძს ათავსებენ გრძივ პროფილის ქვემოთ და, როგორც წესი, აძლევენ სწორი ხაზის სახეს, ხოლო ცალკე უბნებს მიუწერენ მათ რუმბებს.

ამ ღერძზე დალაგებენ ტრასის ყველა წერტილებს (პიკეტებს), აგრეთვე ტრასის მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე ობიექტებს—შენობებს,

ორდინატა Y -ს მიუწერენ ნიშნებს (დადებითს ან უარყოფითს).

აღნიშნული ჩანაწერების მიხედვით ადვილად ავაგებთ განივ პროფილს. ამისათვის მილიმეტრიან ქალაქზე გავატარებთ სწორ ხაზს, რომელზედაც დავნიშნავთ წერტილს—გზის ღერძს (ჩვენს შემთხვევაში პიკ. 1+42) და მის მარჯვნივ და მარცხნივ (მასშტაბში) გადავზომავთ X აბსცისებს, რომლებსაც ავიღებთ ცხრილიდან. ამ წერტილებში ვერტიკალური მიმართუ-

ცალკე ფართობებს (ვენახებს, ბალებს, ბოსტნებს და სხვა). ამის შედეგად მიიღებენ ვიწრო ზოლის გეგმას.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, გრძივ პროფილზე გაატარებენ საპროექტო ხაზს (იხ. § 142) ტექნიკურ პირობებში მოყვანილ მოთხოვნათა მახედვით და შეადგენენ გზის პროექტს ყველა საჭირო ნაგებობებით და ხარჯთაღრიცხვით.

§ 209. გზის ტრასირება სტერეოსკოპული მეთოდით

გზის გამოკვლევა და ტრასირება გეოდეზიური ინსტრუმენტებით (იხ. § 200) წარმოადგენს მეტად შრომატევად სამუშაოს, რომელიც ითხოვს დიდ დროს და ძვირიც ჯდება.

იმ მიზნით, რომ ტრასირება ჩატარდეს მოკლე ვადაში და მინიმალური ხარჯების გაღებით, ამ უკანასკნელ ხანებში ჩვენში წარმატებით მიმდინარეობს სტერეოსკოპული მეთოდით გზების ტრასირების ცდები.

ეს მეთოდი გულისხმობს სტერეომოდელების გამოყენებით გზის ტრასირებას კამერულ პირობებში.

ვთქვათ, ერთი და იგივე მთავორიანი ადგილი ფოტოგრაფირებულია (თვითმფრინავიდან ან ფოტოთეოდოლიტით) ორი სხვადასხვა წერტილიდან და მიღებულია ამ ადგილის ორი ფოტოსურათი (სტერეოწყვილი).

თუ ასეთ ორ სურათს მოვათავსებთ სტერეოსკოპში, მაშინ, როგორც ცნობილია, სტერეოსკოპში ცქერისას, ნაცვლად ორი სურათისა, დაეინახავთ ერთ რელიეფურ სურათს, ეგრეთწოდებულ სტერეომოდელს. თუ დავაკვირდებით სტერეომოდელს, თვალწინ წარმოგვიდგება ადგილის რელიეფური (სივრცობრივი) გამოსახულება, სადაც თვალსაჩინოდ და მკაფიოდ გამოჩნდება მთები, ხევები, ბორცვები, ხრამები, დამეწყრილი ადგილები, გაუვალი კლდეები, გზები, ნარგავები, დასახლებული ადგილები და სხვა. შეიძლება აგრეთვე ზედაპირული გეოლოგიის გარჩევა.

გარდა ამისა, სტერეომეტრიის საფუძველზე შეიძლება განისაზღვროს სტერეომოდელის ნებისმიერი წერტილის სიმაღლე და კოორდინატები, მაშასადამე, წერტილებს შორის მანძილები და აზიმუტები.

ზოგიერთ სტერეოსკოპულაწყობაში (სტერეოპროექტორები) შეიძლება ერთდროულად რამდენიმე სტერეოწყვილის დამზერა გაჭიმული ადგილის სიგრძით 20—25 კილომეტრამდე.

თვით გზის ტრასირებას ასე აწარმოებენ: სტერეოწყვილებს მოათავსებენ სტერეოსკოპულაწყობაში და მიღებული სტერეომოდელის დამზერით კარგად შეისწავლიან ადგილის რელიეფს, მის ჰიდროლოგიას, ყო-

გადაიტანენ ადგილზე, დააზუსტებენ ამ ტრასას და ხელოვნურ ნაგებობებს ახალი მონაცემების შეტანით და მიიღებენ გზის საბოლოო პროექტს ხარჯთაღრიცხვით.

§ 205. არხების ტრასირება გეოდეზიური ინსტრუმენტებით
(ზოგადად)

არხებობს სხვადასხვა დანიშნულების არხები, როგორცაა ფართობების მოსარწყავი და დასასრობი არხები, ჰიდროენერგეტიკული არხები და სხვა.

სანამ შეუდგებოდნენ არხის გამოკვლევას და ტრასირებას, ე. ი. არხის ღერძის დანიშვნას ადგილზე, კარგად შეისწავლიან ადგილის ტოპოგრაფიას და მის ჰიდროგეოლოგიას ველზე გასვლით და აგრეთვე არსებული მსხვილმასშტაბიანი ტოპოგრაფიული რუკებით. ტექნიკურ პირობებში მოყვანილი მოთხოვნების მიხედვით რუკაზე დანიშნავენ არხის ღერძს საჭირო ხელოვნური ნაგებობებით. ამის შემდეგ მიმდინარეობს გეოდეზიური ინსტრუმენტებით რუკაზე დანიშნული არხების ტრასირება ადგილზე.

ვინაიდან არხების ქანობები მეტად მცირეა, ამიტომ არხების ტრასირებას ჩვეულებრივ აწარმოებენ ნიველირით.

ნიველირით ტრასირებისას იყენებენ სპეციალურ ცხრილებს, რომლებიც მოთავსებულია წიგნის ბოლოში (იხ. ცხრ. V). ამ ცხრილებში მოყვანილია სიმაღლეთა სხვაობები h (მილიმეტრებში)— d მანძილებისა და i ქანობების მიხედვით.

ცხრილებში ქანობები i აღებულია 0.0004-დან 0.08-მდე, ხოლო მანძილები 10 მეტრიდან 100 მეტრამდე (ჰორიზონტალური პროექციები).

ცხრილები შედგენილია შემდეგი ცნობილი ფორმულების მიხედვით:

$$h = id \quad (\text{იხ. § 120, 142, 145}).$$

თუ ხაზის ქანობი i უდრის, მაგალითად, 0.003-ს და მისი სიგრძეა 160 მეტრი, მაშინ, როგორც V ცხრილიდან ჩანს, ამ ხაზის ბოლო წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა h იქნება:

$$h = 300 + 180 = 480 \text{ მმ.}$$

განვიხილოთ, თუ როგორ აწარმოებენ არხის ტრასირებას ნიველირით, აღნიშნული ცხრილების გამოყენებით.

ვთქვათ, არხის საწყისი წერტილი (სათავე) A (ნახ. 378) დანიშნულია ადგილზე პროექტის მიხედვით და საჭიროა რუკაზე ნაჩვენები

არხის ტრასირება, რომლის საპროექტო ქანობი i მოცემულია, მაგალითად, 0.0015.

ტრასირების მიზნით, შემოწმებული ნიველირით დგებიან A და B წერტილებს შორის (ნახ. 378) დაახლოებით შუა მანძილზე. B წერტილს იღებენ რუკაზე ნაჩვენები არხის მამართულებასზე, რაც შეიძლება დიდ მანძილზე ისე, რომ ნიველირში ცქერით შეიძლებოდეს ანათვალის აღება A და B ლარტყებზე. შემდეგ ჭოგრში მოთავსებული მანძილშომით ზომავენ d_1 და d_2 მანძილებს ნიველირიდან A და B წერტილებში დაყენებულ ლარტყებამდე. ვინაიდან ნიველირი დაყენებულია AB მიმართულებასზე ან მის ახლოს, ამიტომ d_1 და d_2 მან-



ნახ. 378.

ძილების ჯამი შეიძლება გავუტოლოთ AB მანძილს. ვთქვათ, ჩვენს შემთხვევაში $d_1 + d_2 = 240$ მეტრს.

ამ $d_1 + d$ მანძილის გაზომვის შემდეგ V ცხრილში პოულობენ სიმაღლეთა h სხვაობას, რომელიც შეესაბამება მოცემულ ქანობს (0.0015) და $d_1 + d_2$ მანძილს (240 მ). როგორც ცხრილიდან ჩანს, სიმაღლეთა სხვაობა უდრის:

$$h = 300 + 60 = -360 \text{ მმ.}$$

ჩვენს შემთხვევაში სიმაღლეთა სხვაობა h -ს ექნება უარყოფითი ნიშანი (-360 მმ), ვინაიდან B წერტილი (ნახ. 379) უფრო დაბალია, ვიდრე A წერტილი.

ამის შემდეგ ნიველირის თარაზოს მოყვანენ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და ჭოგრში ცქერით აიღებენ a და b ანათვლებს A და B წერტილებში დაყენებულ ლარტყებზე (ნახ. 379). ვთქვათ, ეს ანათვლებია 1145 მმ და 1658 მმ.

როგორც 379-ე ნახაზიდან ჩანს, A და B წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა h უდრის:

$$h = a - b. \quad (1)$$

ჩვენს შემთხვევაში h უდრის:

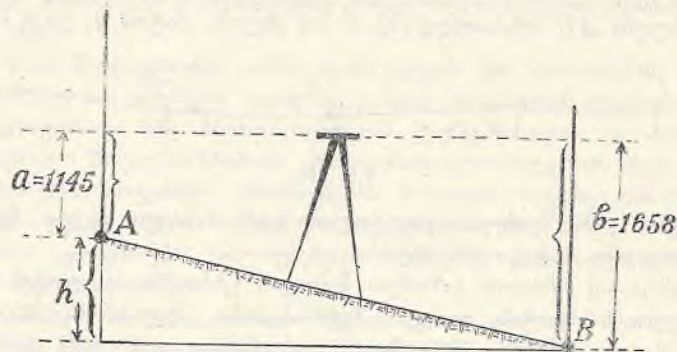
$$h = 1145 - 1658 = -513 \text{ მმ.}$$

ეს სიდიდე (-513 მმ) განსხვავდება ცხრილით მიღებული სიდიდისაგან (-360 მმ), რაც იმას ნიშნავს, რომ AB ხაზის ფაქტიური ქანობი არ უდრის საპროექტო ქანობს (0.0015) და მეტია ამ ქანობზე. მართლაც, AB ხაზის ფაქტიური ქანობი i უდრის:

$$i = \frac{0,513}{240} = 0,0025$$

[ვინაიდან $d_1 + d_2$ მანძილი (240) გამოსახულია მეტრებში, სიმაღლეთა სხვაობაც (513 მმ) გამოვსახეთ მეტრებში].

აქედან ის დასკვნა გამომდინარეობს, რომ ჩვენ მიერ დანიშნული B წერტილი (ნახ. 378) არ არის სწორად შერჩეული და საჭიროა მისი გადაადგილება ისე, რომ ახალი AB' ხაზის ქანობი მივიღოთ მოცემული ქანობის (0,0015) ტოლი.



ნახ. 379.

ენახოთ, ახალ B' წერტილს თუ რა ანათვალი b შეესაბამება ლარტყაზე.

როგორც ზემომოყვანილ (1) ფორმულიდან ჩანს, b ანათვალი უდრის:

$$b = a - h. \quad (2)$$

ამ ფორმულაში თუ ჩავსვამთ h სიმაღლეთა სხვაობის იმ მნიშვნელობას (თავისი ნიშნით), რომელიც მიღებულია V ცხრილიდან (—360 მმ) და რომელიც შეესაბამება მოცემულ ქანობს (0,0015), მაშინ მივიღებთ საძიებელ b ანათვას. ჩვენს შემთხვევაში ცხრილით მიღებულ სიმაღლეთა h სხვაობას აქვს უარყოფითი ნიშანი (—360). ამ შემთხვევაში b ანათვალი უდრის:

$$b = 1145 - (-360) = 1505 \text{ მმ.}$$

ამ ანათვალის გამოთვლის შემდეგ B წერტილზე (ნახ. 379) დაყენებულ ლარტყას ისე გადავადგილებთ (მარჯვნივ, მარცხნივ), რომ ნიველირის ჭოგრში ცქერისას ანათვალი ლარტყაზე მივიღოთ 1505 მმ. ამ შემთხვევაში ახალი AB' ხაზის ქანობი იქნება 0,0015. ლარტყის გადა-

ადგილება მარჯვნივ ან მარცხნივ მოხერხებულია, თუ ფერდობი ოდნავ დახრილია.

AB' ხაზის დანიშნვის შემდეგ, თეოდოლიტით ზომავენ B' წერტილთან მდებარე მოხვევის α_1 კუთხეს (ნახ. 378) (იხ. § 200). შემდეგ დანიშნავენ მრუდის რადიუსს, გადადიან ნიველირით B წერტილსა და ადგილზე დანიშნულ C წერტილს შორის დაახლოებით შუა მანძილზე და ამ სადგურიდან განხილული წესით (თუ საჭირო იქნება b ანათვალის გამოთვლით, 2 ფორმულით) დაადგენენ C წერტილის სწორ მდებარეობას და ა. შ.

ტრასის მოხვევის კუთხეების გაზომვებს აწარმოებენ ისე, როგორც გზების ტრასირებისას (იხ. § 200).

არხის ტრასირებას თან მიყვება ტრასის პიკეტაჟობა (იხ. §§ 201, 202) და გრძივი და განივი ნიველირება (იხ. § 140).

ამის შედეგად მიიღებენ ტრასის გრძივ და განივ პროფილებს (იხ. § 142).

გრძივ პროფილზე დაიტანენ საპროექტო ხაზს, რომელიც შეესაბამება არხის ფსკერის ზედაპირს და გამოთვლიან მიწის სამუშაოების მოცულობას (იხ. § 142).

განხილულ შემთხვევაში ჩვენ ვგულისხმობდით, რომ ადგილის ზედაპირი $A, B, C \dots$ ტრასის (ნახ. 378) მიმართულებით იყო ოდნავ დახრილი და სწორი. სინამდვილეში კი ხშირია შემთხვევა, როდესაც არხის ტრასა კვეთს ამოზნექილ და ჩაზნექილ ზედაპირებს. ამოზნექილი ზედაპირების შემთხვევაში არხი მოთავსდება ჭრილში. ჩაზნექილი ზედაპირების შემთხვევაში კი — ყრილზე. შეიძლება აგრეთვე საჭირო გახდეს ისეთი ნაგებობების აგება, რომლებიც გაატარებენ წყალს (აკვედუკები, დიუქები და სხვა).

საერთოდ, ამოზნექილი და ჩაზნექილი ზედაპირების შემთხვევაში წინასწარ უნდა გავარკვეოთ, შესაძლოა თუ არა ასეთ უბანზე გაყვანილ არხს მივცეთ პროექტით გათვალისწინებული ქანობი ყრილის ან ჭრილის ანგარიშზე.

ამისათვის, როგორც ეს განხილულია § 200-ში, უნდა განისაზღვროს h_1 და h_2 სიმაღლეთა სხვაობები, სადაც h_1 წარმოადგენს გამოსარკვევი უბნის, მაგალითად, CD უბნის ე. ი. C და D წერტილების (ნახ. 378) სიმაღლეთა სხვაობას, მიღებულს ნიველირებით. სიმაღლეთა სხვაობა h_2 კი მიეკუთვნება არხის იმავე CD უბნის საპროექტო ხაზის ბოლო წერტილებს და მიიღება წიგნის ბოლოში მოთავსებული V ცხრილიდან [CD სიგრძისა და საპროექტო ქანობის (0,0015) მიხედვით].

h_1 და h_2 სიდიდეების სხვაობა გვიჩვენებს საჭირო ყრილის სიმაღ-

ლეს ან ჭრილის სიღრმეს და ამის მიხედვით გადაწყდება საკითხი ამ უბანზე არხის მიმართულების შეცვლის ან დატოვების შესახებ.

თუ საჭირო გახდა მიმართულების შეცვლა, შეგვიძლია გამოვიყენოთ შემოგანხილული ლარტყის გადაადგილების (მარჯვნივ ან მარცხნივ) მეთოდი.

მთავარიან ადგილებში არის შემთხვევა, როდესაც მიზანშეწონილია წყლის გატარება სპეციალურად გაჭრილ გვირაბში, რომლის დაკვალვას აწარმოებენ შემოგანხილული მეთოდით (იხ. § 195).

არხის გაჭრისას ამოწმებენ, შეესაბამება თუ არა მისი ქანობი საპროექტო ქანობს. ამის შემოწმება ადვილია ნიველირით—ტრასის ხაზის ახლოს დამაგრებული რეპერების საშუალებით. ამ რეპერების ნიშნულების მიხედვით ნიველირით გაიგებენ გაჭრილი არხის პიკეტების ნიშნულებს და შეადარებენ იმავე პიკეტების საპროექტო (წითელ) ნიშნულებთან. აგრეთვე შემოწმების მიზნით გაჭრილ არხში დანიშნავენ წერტილებს, მაგალითად, ყოველ 50 ან 100 მეტრზე და ნიველირით გაიგებენ ცალკე უბნების ქანობებს.

ცხრილი I
მერიდიანების და პარალელების სიგრძეები (კილომეტრებში)
კრასოვსკის ელიფსოიდისათვის (ახსნა იხ. § 7)

ფ	მერიდიანის სიგრძე ეკვატორიდან სხვადასხვა პარალელამდე (მეტრებში)	ერთი გრადუსის სიგრძე მერიდიანზე (მეტრებში)	ერთი გრადუსის სიგრძე პარალელზე (მეტრებში)	ფ
1	2	3	4	1
0°	0	110.576	111.321	0°
1	110.576		111.305	1
2	221.153	110.577	111.254	2
3	331.732	110.579	111.170	3
4	442.312	110.580	111.052	4
5	552.895	110.583	110.901	5
6	663.482	110.587	110.716	6
7	774.072	110.590	110.497	7
8	884.658	110.596	110.245	8
9	995.268	110.600	109.960	9
10	1.105.875	110.607	109.641	10
11	1.216.488	110.613	109.289	11
12	1.327.108	110.620	108.904	12
13	1.437.737	110.629	108.487	13
14	1.548.373	110.636	108.036	14
15	1.659.019	110.646	107.552	15
16	1.769.675	110.656	107.036	16
17	1.880.341	110.666	106.488	17
18	1.991.017	110.676	105.907	18
19	2.101.706	110.689	105.294	19
20	2.212.406	110.700	104.649	20
21	2.323.118	110.712	103.972	21
22	2.433.844	110.726	103.264	22
23	2.544.585	110.739	102.524	23
24	2.655.336	110.753	101.753	24
25	2.766.103	110.767	100.952	25
26	2.876.886	110.783	100.119	26
27	2.987.683	110.797	99.257	27
28	3.098.497	110.814	98.364	28
29	3.209.326	110.829	97.441	29
30	3.320.172	110.846	96.488	30
31	3.431.035	110.863	95.506	31
32	3.541.915	110.880	94.495	32
33	3.652.813	110.898	93.455	33
34	3.763.728	110.915	92.386	34
35	3.874.662	110.934	91.290	35
36	3.985.613	110.951	90.165	36
37	4.096.584	110.971	89.018	37
38	4.207.573	110.989	87.834	38
39	4.318.580	111.007	86.628	39
40	4.429.607	111.027	85.395	40
41	4.540.654	111.047	84.137	41
42	4.651.719	111.065	82.852	42
43	4.762.804	111.085	81.542	43
44	4.873.908	111.104	80.208	44
45	4.985.032	111.124	78.848	45

მახლობელი აბსოლუტური სიმაღლეები, მიღებული ატმოსფერული წნევის
მიხედვით (ახსნა იხ. §§ 177, 178)

ფ	ს მერიდიანის სიგრძე ეკვატორიდან სხვადასხვა პარალელამდე (მეტრებში)	ერთი გრადუსის სიგრძე მერიდიანზე (მეტრებში)	ერთი გრადუსის სიგრძე პარალელზე (მეტრებში)	ფ
1	2	3	4	1
45°	4.985.032		78.848	45°
46	5.096.176	111.144	77.465	46
47	5.207.339	111.163	76.057	47
48	5.318.521	111.182	74.627	48
49	5.429.723	111.202	73.173	49
50	5.540.944	111.221	71.697	50
51	5.652.185	111.241	70.199	51
52	5.763.445	111.260	68.679	52
53	5.874.723	111.278	67.138	53
54	5.986.021	111.298	65.577	54
55	6.097.337	111.316	63.995	55
56	6.208.672	111.335	62.394	56
57	6.300.025	111.353	60.773	57
58	6.431.395	111.370	59.134	58
59	6.542.783	111.388	57.476	59
60	6.654.183	111.406	55.801	60
61	6.765.612	111.423	5.508	61
62	6.877.051	111.439	52.399	62
63	6.988.506	111.455	50.674	63
64	7.099.978	111.472	48.933	64
65	7.211.465	111.487	47.176	65
66	7.322.967	111.502	45.405	66
67	7.434.483	111.516	43.621	67
68	7.546.014	111.531	41.822	68
69	7.657.558	111.544	40.011	69
70	7.769.116	111.558	38.187	70
71	7.880.686	111.570	36.352	71
72	7.992.268	111.582	34.505	72
73	8.103.862	111.594	32.647	73
74	8.215.467	111.605	30.780	74
75	8.327.082	111.615	28.902	75
76	8.438.307	111.625	27.016	76
77	8.550.341	111.634	25.122	77
78	8.661.984	111.643	23.219	78
79	8.773.635	111.651	21.310	79
80	8.885.293	111.658	19.394	80
81	8.996.958	111.665	17.472	81
82	9.108.629	111.671	15.544	82
83	9.220.306	111.677	13.612	83
84	9.331.937	111.681	11.675	84
85	9.443.673	111.686	9.735	85
86	9.555.362	111.689	7.791	86
87	9.667.053	111.691	5.846	87
88	9.778.747	111.694	3.898	88
89	9.890.442	111.695	1.949	89
90	10.002.137	111.695	0	90

წიგნი	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
651	1257,1	1255,9	1255,7	1253,4	1252,2	1251,0	1249,7	1248,5	1247,3	1246,1
652	1244,8	1243,6	1242,4	1241,2	1240,0	1238,7	1237,5	1236,3	1235,1	1233,8
653	1232,6	1231,4	1230,2	1229,0	1227,8	1226,5	1225,3	1224,1	1222,9	1221,0
654	1220,4	1219,2	1218,0	1216,8	1215,6	1214,3	1213,1	1211,9	1210,7	1209,5
655	1208,2	1207,0	1205,8	1204,6	1203,4	1202,1	1200,9	1199,7	1198,5	1197,3
656	1196,0	1194,8	1193,6	1192,4	1191,2	1190,0	1188,7	1187,5	1186,3	1185,1
657	1183,8	1182,6	1181,4	1180,2	1179,0	1177,8	1176,6	1175,4	1174,2	1173,0
658	1171,7	1170,5	1169,3	1168,1	1166,9	1165,6	1164,4	1163,2	1162,0	1160,7
659	1159,5	1158,3	1157,1	1155,9	1154,7	1153,5	1152,3	1151,1	1149,9	1148,7
660	1147,7	1146,2	1145,0	1143,8	1142,6	1141,4	1140,2	1139,0	1137,8	1136,6
661	1135,3	1134,1	1132,9	1131,7	1130,5	1129,3	1128,1	1126,9	1125,7	1124,5
662	1123,3	1122,1	1120,9	1119,7	1118,5	1117,3	1116,1	1114,9	1113,7	1112,5
663	1111,3	1110,1	1108,9	1107,7	1106,5	1105,3	1104,1	1102,9	1101,7	1100,5
664	1099,2	1098,0	1096,8	1095,6	1094,4	1093,2	1092,0	1090,8	1089,6	1088,4
665	1087,2	1086,0	1084,8	1083,6	1082,4	1081,2	1080,0	1078,8	1077,6	1076,4
666	1075,2	1074,0	1072,8	1071,6	1070,4	1069,2	1068,0	1066,8	1065,6	1064,4
667	1063,2	1062,0	1060,8	1059,6	1058,4	1057,2	1056,0	1054,8	1053,6	1052,4
668	1051,2	1050,0	1048,8	1047,6	1046,4	1045,2	1044,0	1042,8	1041,6	1040,4
669	1039,3	1038,1	1036,9	1035,7	1034,5	1033,3	1032,1	1030,9	1029,7	1028,5
670	1027,3	1026,1	1024,9	1023,7	1022,5	1021,3	1020,1	1018,9	1017,7	1016,5
671	1015,4	1014,2	1013,0	1011,8	1010,6	1009,4	1008,2	1007,0	1005,8	1004,6
672	1003,5	1002,3	1001,1	999,9	998,7	997,5	996,3	995,1	993,9	992,7
673	991,7	990,5	989,3	988,1	986,9	985,7	984,5	983,3	982,1	980,9
674	979,8	978,6	977,4	976,2	975,0	973,8	972,6	971,4	970,2	969,0
675	968,0	966,8	965,6	964,4	963,2	962,0	960,8	959,6	958,4	957,2
676	956,1	954,9	953,7	952,5	951,3	950,1	948,9	947,7	946,5	945,3
677	944,3	943,1	941,9	940,7	939,5	938,3	937,1	935,9	934,7	933,5
678	932,6	931,4	930,2	929,0	927,8	926,6	925,4	924,2	923,0	921,8
679	920,8	919,6	918,4	917,2	916,0	914,8	913,6	912,4	911,2	910,0
680	909,0	907,8	906,6	905,4	904,2	903,0	901,8	900,6	899,4	898,2
681	897,3	896,1	894,9	893,7	892,5	891,3	890,1	888,9	887,7	886,5
682	885,6	884,4	883,2	882,0	880,8	879,6	878,4	877,2	876,0	874,8
683	873,9	872,7	871,5	870,3	869,1	867,9	866,7	865,5	864,3	863,1
684	862,2	861,0	859,8	858,6	857,4	856,2	855,0	853,8	852,6	851,4
685	850,5	849,3	848,1	846,9	845,7	844,5	843,3	842,1	840,9	839,7
686	838,9	837,7	836,5	835,3	834,1	832,9	831,7	830,5	829,3	828,1
687	827,3	826,1	824,9	823,7	822,5	821,3	820,1	818,9	817,7	816,5
688	815,6	814,4	813,2	812,0	810,8	809,6	808,4	807,2	806,0	804,8
689	804,0	802,8	801,6	800,4	799,2	798,0	796,8	795,6	794,4	793,2
690	792,5	791,3	790,1	788,9	787,7	786,5	785,3	784,1	782,9	781,7
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

წმკპ მგ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
691	780,9	779,7	778,6	777,8	776,8	755,1	774,0	772,8	771,7	770,5
692	769,3	768,1	767,0	765,8	761,7	763,5	762,4	761,2	760,1	758,9
693	757,8	756,6	755,5	754,3	753,2	752,0	750,9	749,7	748,5	747,4
694	746,3	745,1	744,0	742,8	741,7	740,5	739,4	738,2	737,1	735,9
695	734,8	733,6	732,5	731,3	730,2	729,0	727,9	726,7	725,6	724,4
696	723,3	722,1	721,0	719,8	718,6	717,5	716,4	715,3	714,1	713,0
697	711,9	710,7	709,6	708,4	707,3	706,1	705,0	703,8	702,7	701,6
698	700,4	699,2	698,1	696,9	695,8	694,7	693,5	692,4	691,2	690,1
699	689,0	687,8	686,6	685,5	684,4	683,2	682,1	680,9	679,8	678,7
700	677,6	676,4	675,3	674,1	673,0	671,8	670,7	669,6	668,4	667,3
701	666,2	665,1	663,9	662,8	661,6	660,5	659,3	658,2	657,0	655,9
702	654,8	653,7	652,5	651,4	650,2	649,1	647,9	646,8	645,6	644,5
703	643,4	642,3	641,2	640,0	638,9	637,8	636,7	635,5	634,4	633,3
704	632,1	631,0	629,8	628,7	627,5	626,4	625,3	624,2	623,0	621,9
705	620,7	619,6	618,5	617,3	616,2	615,1	614,0	612,8	611,7	610,5
706	609,4	608,3	607,2	606,0	604,9	603,5	602,8	601,5	600,3	599,2
707	598,1	597,0	595,9	594,7	593,6	592,5	591,4	590,3	589,1	588,0
708	586,8	585,7	584,6	583,5	582,4	581,2	580,1	579,0	577,9	576,7
709	575,6	574,5	573,4	572,8	571,1	569,9	568,8	567,7	566,6	565,4
710	564,3	563,2	562,1	561,0	559,9	558,7	557,6	556,5	555,4	554,3
711	553,1	552,0	550,9	549,7	548,6	547,3	546,3	545,2	544,1	542,9
712	541,8	540,7	539,6	538,4	537,3	536,2	535,0	533,9	532,8	531,7
713	530,6	529,5	528,4	527,3	526,2	525,1	524,0	522,9	521,8	520,7
714	519,5	518,4	517,3	516,2	515,1	513,9	512,8	511,7	510,6	509,5
715	508,3	507,2	506,1	505,0	503,9	502,7	501,6	500,5	499,4	498,3
716	497,1	496,0	494,9	493,8	492,7	491,6	490,5	489,4	488,3	487,2
717	486,0	484,9	483,8	482,7	481,6	480,4	479,3	478,2	477,1	476,0
718	474,8	473,7	472,6	471,5	470,4	469,3	468,2	467,1	466,0	464,9
719	463,7	462,6	461,5	460,4	459,3	458,2	457,1	456,0	454,9	453,8
720	452,6	451,5	450,4	449,3	448,2	447,1	446,0	444,9	443,8	442,7
721	441,6	440,5	439,4	438,3	437,2	436,1	435,0	433,9	432,8	431,7
722	430,5	429,4	428,3	427,2	426,1	425,0	423,9	422,8	421,7	420,6
723	419,4	418,3	417,2	416,1	415,0	413,9	412,8	411,7	410,6	409,5
724	408,4	407,3	406,2	405,1	404,0	402,9	401,8	400,7	399,6	398,5
725	397,4	396,3	395,2	394,1	393,0	391,9	390,8	389,7	388,6	387,5
726	386,4	385,3	384,2	383,1	382,0	380,9	379,8	378,7	377,6	376,5
727	375,4	374,3	373,2	372,1	371,0	370,9	369,8	368,7	367,6	366,5
728	364,4	363,3	362,2	361,1	360,0	358,9	357,8	356,7	355,6	354,5
729	353,5	352,4	351,3	350,2	349,1	348,0	346,9	345,8	344,7	343,6
730	342,5	341,4	340,3	339,2	338,1	337,0	335,9	334,8	333,7	332,6

წმკპ მგ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
731	331,6	330,5	329,4	328,3	327,2	326,1	325,0	323,9	322,8	321,7
732	320,7	319,6	318,5	317,4	316,3	315,2	314,1	313,0	311,9	310,8
733	309,8	308,7	307,6	306,5	305,4	304,3	303,2	302,1	301,0	299,9
734	298,8	297,8	296,7	295,6	294,5	293,4	292,3	291,2	290,1	289,0
735	288,0	286,9	285,8	284,7	283,7	282,6	281,5	280,4	279,3	278,2
736	277,2	276,1	275,0	273,9	272,8	271,7	270,6	269,5	268,4	267,3
737	266,3	265,2	264,1	263,0	261,9	260,9	259,8	258,7	257,6	256,5
738	255,5	254,4	253,3	252,2	251,1	250,1	249,0	247,9	246,8	245,7
739	244,7	243,6	242,5	241,4	240,3	239,3	238,2	237,1	236,0	234,9
740	233,9	232,8	231,7	230,6	229,5	228,5	227,4	226,3	225,2	224,1
741	223,1	222,0	220,9	219,8	218,7	217,7	216,6	215,5	214,4	213,3
742	212,3	211,2	210,1	209,1	208,0	206,9	205,8	204,8	203,7	202,6
743	201,6	200,5	199,4	198,3	197,2	196,2	195,1	194,0	192,9	191,8
744	190,8	189,7	188,6	187,6	186,5	185,4	184,4	183,3	182,2	181,1
745	180,1	179,0	177,9	176,9	175,8	174,7	173,6	172,6	171,5	170,4
746	169,4	168,3	167,2	166,2	165,1	164,0	163,0	161,9	160,8	159,7
747	158,7	157,6	156,6	155,5	154,4	153,4	152,3	151,2	150,1	149,0
748	148,0	147,0	145,9	144,8	143,8	142,7	141,7	140,6	139,6	138,5
749	137,4	136,3	135,2	134,2	133,1	132,0	130,9	129,9	128,8	127,7
750	126,7	125,6	124,6	123,5	122,5	121,4	120,3	119,2	118,2	117,1
751	116,1	115,0	113,9	112,9	111,8	110,8	109,7	108,7	107,6	106,6
752	105,2	104,5	103,4	102,4	101,3	100,3	99,2	98,1	97,1	96,0
753	94,9	93,9	92,8	91,7	90,7	89,6	88,6	87,5	86,5	85,4
754	84,3	83,3	82,2	81,1	80,1	79,0	77,9	76,9	75,8	74,8
755	73,7	72,7	71,6	70,9	69,5	68,5	67,4	66,3	65,2	64,2
756	63,1	62,0	61,0	59,9	58,9	57,8	56,8	55,7	54,7	53,6
757	52,6	51,5	50,5	49,4	48,4	47,3	46,3	45,2	44,1	43,1
758	42,0	40,9	39,9	38,8	37,8	36,7	35,7	34,6	33,6	32,5
759	31,5	30,4	29,4	28,3	27,3	26,2	25,2	24,1	23,1	22,0
760	21,0	19,9	18,9	17,8	16,8	15,7	14,7	13,6	12,6	11,5
761	10,5	9,4	8,4	7,3	6,3	5,2	4,2	3,1	2,1	1,0
762	0,0	-1,0	-2,1	-3,1	-4,2	-5,2	-6,3	-7,3	-8,4	-9,4
763	-10,5	-11,5	-12,6	-13,6	-14,7	-15,7	-16,8	-17,8	-18,9	-19,9
764	-20,9	-22,0	-23,1	-24,1	-25,2	-26,2	-27,3	-28,3	-29,4	-30,4
765	-31,4	-32,5	-33,5	-34,6	-35,6	-36,7	-37,7	-38,8	-39,7	-40,8
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

ტემპერატურული შესწორებები (შეტრეხვები) ბარომეტრულ ნივთიერებაში
(ახსნა იხ. §§ 171, 172)

$\frac{p_1 + p_2}{2}$ \ $H_2 - H_1$	100	200	300	400	500	600	700	800	900
0°	0°	0	0	0	0	0	0	0	0
1°	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6
2°	0.8	1.6	2.4	3.2	4.0	4.8	5.6	6.4	7.2
3°	1.2	2.4	3.6	4.8	6.0	7.2	8.4	9.6	10.8
4°	1.6	3.2	4.8	6.4	8.0	9.6	11.2	13.8	14.4
5°	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	16.0	16.0	18.0
6°	2.4	4.8	7.2	9.6	12.0	14.4	16.8	19.2	21.6
7°	2.8	5.6	8.4	11.2	14.0	16.8	19.6	22.4	25.2
8°	3.2	6.4	9.6	12.8	16.0	19.2	22.4	25.6	28.8
9°	3.6	7.2	10.8	14.4	18.0	21.6	25.2	28.8	32.4
10°	4.0	8.0	12.0	16.0	20.0	24.0	28.0	32.0	36.0
11°	4.4	8.8	13.2	17.6	22.0	26.4	30.8	35.2	39.6
12°	4.8	9.6	14.4	19.2	24.0	28.8	33.6	38.4	43.2
13°	5.2	10.4	15.6	20.8	26.0	31.2	36.4	41.6	46.8
14°	5.6	11.2	16.8	22.4	28.0	33.6	39.2	44.8	50.4
15°	6.0	12.0	18.0	24.0	30.0	36.0	42.0	48.0	54.0
16°	6.4	12.8	19.2	25.6	32.0	38.4	44.8	51.2	57.6
17°	6.8	13.6	20.4	27.2	34.0	40.8	47.6	54.4	61.2
18°	7.2	14.4	21.6	28.8	36.0	43.2	50.4	57.6	64.8
19°	7.6	15.2	22.8	30.4	38.0	45.6	53.2	60.8	68.4
20°	8.0	16.0	24.0	32.0	40.0	48.0	56.0	64.0	72.0
21°	8.4	16.8	25.2	33.6	42.0	50.4	58.8	67.2	75.6
22°	8.8	17.6	26.4	35.2	44.0	52.8	61.6	70.4	79.2
23°	9.2	18.4	27.6	36.8	46.0	55.2	64.4	73.6	82.8
24°	9.6	19.2	28.8	38.4	48.0	57.6	67.2	76.8	86.4
25°	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
26°	10.4	20.8	31.2	41.6	52.0	62.4	72.8	83.2	93.6
27°	10.8	21.6	32.4	43.2	54.0	64.8	75.6	86.4	97.2
28°	11.2	22.4	33.6	44.8	56.0	67.2	78.4	89.6	100.8
29°	11.6	23.0	34.8	46.4	58.0	69.6	81.2	92.8	104.4
30°	12.0	24.0	36.0	48.0	60.0	72.0	84.0	96.0	108.0
31°	12.4	24.8	37.2	49.6	62.0	74.4	86.8	99.2	111.6
32°	12.8	25.6	38.4	51.2	64.0	76.8	89.6	102.4	115.2
33°	13.2	26.4	39.6	52.8	66.0	79.2	92.4	105.6	118.8
34°	13.6	27.2	40.8	54.4	68.0	81.6	95.2	108.8	122.4
35°	14.0	28.0	42.0	56.0	70.0	84.0	98.0	112.0	126.0
36°	14.4	28.8	43.2	57.6	72.0	86.4	100.8	115.2	129.6
37°	14.8	29.6	44.4	59.2	74.0	88.8	103.6	118.4	133.2
38°	15.2	30.4	45.6	60.8	76.0	91.2	106.4	121.6	136.8
39°	15.6	31.2	46.8	62.4	78.0	93.6	109.2	124.8	140.4
40°	16.0	32.0	48.0	64.0	80.0	96.0	112.0	128.0	144.0

ცხრილი IV
დაბრის ა კუთხეები და მათი შესაბამისი i კანონები (ახსნა იხ. §§ 199, 200)

α	i
0° 5'	0.0014
10'	0.0029
15'	0.0043
20'	0.0058
25'	0.0073
30'	0.0087
35'	0.0102
40'	0.0116
45'	0.0131
50'	0.0145
55'	0.0160
1° 0'	0.0174
10'	0.020
20'	0.023
30'	0.026
40'	0.029
50'	0.032
2° 0'	0.035
2° 10'	0.038
20'	0.040
30'	0.043
40'	0.046
50'	0.049
3° 0'	0.052
10'	0.055
20'	0.058
30'	0.061
40'	0.064
50'	0.067
4° 0'	0.070
10'	0.073
20'	0.076
30'	0.079
40'	0.081
50'	0.084
5° 0'	0.087
5° 10'	0.090
20'	0.093
30'	0.096
40'	0.099
50'	0.102
6° 0'	0.105
10'	0.108
20'	0.111
30'	0.114
40'	0.117
50'	0.120
7° 0'	0.123
10'	0.126
20'	0.129
30'	0.132
40'	0.135
50'	0.138
8° 0'	0.141
8° 10'	0.144
20'	0.147
30'	0.149
40'	0.152
50'	0.155
9° 0'	0.158
10'	0.161
20'	0.164
30'	0.167
40'	0.170
50'	0.173
10° 0'	0.176
10'	0.179
20'	0.182
30'	0.185
40'	0.188
50'	0.191
11° 0'	0.194
11° 10'	0.197
20'	0.200
30'	0.203
40'	0.206
50'	0.209
12° 0'	0.213
10'	0.216
20'	0.219
30'	0.222
40'	0.225
50'	0.228
13° 0'	0.231
10'	0.234
20'	0.237
30'	0.240
40'	0.243
50'	0.246
14° 0'	0.249

ცხრილი V

სიმაღლეთა სხვაობები h (მილიმეტრებში), მიღებული i ქანობებისა და d მანძილების (მეტრებში) მიხედვით ($h=d \cdot i$) (ახსნა იხ. § 186, 205)

მანძილები d	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ქანობები i										
0,0004	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
0,0005	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0,0006	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
0,0008	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
0,0010	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,0015	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
0,0020	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
0,0025	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
0,0030	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
0,0035	35	70	105	140	175	210	245	280	315	350
0,0040	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400
0,0045	45	90	135	180	225	270	315	360	405	450
0,0050	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
0,0055	55	110	165	220	275	330	385	440	495	550
0,0060	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600
0,0065	65	130	195	260	325	390	455	520	585	650
0,0070	70	140	210	280	350	420	490	560	630	700
0,0075	75	150	225	300	375	450	525	600	675	750
0,0080	80	160	240	320	400	480	560	640	720	800
0,0085	85	170	255	340	425	510	595	680	765	850
0,0090	90	180	270	360	450	540	630	720	810	900
0,0095	95	190	285	380	475	570	665	760	855	950
0,0100	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0,0105	105	210	315	420	525	630	735	840	945	1050
0,0110	110	220	330	440	550	660	770	880	990	1100
0,0115	115	230	345	460	575	690	805	920	1035	1150
0,0120	120	240	360	480	600	720	840	960	1080	1200
0,0125	125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250
0,0130	130	260	390	520	650	780	910	1040	1170	1300
0,0135	135	270	405	540	675	810	945	1080	1215	1350
0,0140	140	280	420	560	700	840	980	1120	1260	1400
0,0145	145	290	435	580	725	870	1015	1160	1305	1450
0,0150	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500
0,0155	155	310	465	620	775	930	1085	1240	1395	1550
0,0160	160	320	480	640	800	960	1120	1280	1440	1600
0,0165	165	330	495	660	825	990	1155	1320	1485	1650
0,0170	170	340	510	680	850	1020	1190	1360	1530	1700
0,0175	175	350	525	700	875	1050	1225	1400	1575	1750
0,0180	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800
0,0185	185	370	555	740	925	1110	1295	1480	1665	1850

მანძილები d	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ქანობები i										
0,0190	190	380	570	760	950	1140	1330	1520	1710	1900
0,0195	195	390	585	780	975	1170	1365	1560	1755	1950
0,0200	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
0,0205	205	410	615	820	1025	1230	1435	1640	1845	2050
0,0210	210	420	630	840	1050	1260	1470	1680	1890	2100
0,0215	215	430	645	860	1075	1290	1505	1720	1935	2150
0,0220	220	440	660	880	1100	1320	1540	1760	1980	2200
0,0225	225	450	675	900	1125	1350	1575	1800	2025	2250
0,0230	230	460	690	920	1150	1380	1610	1840	2070	2300
0,0235	235	470	705	940	1175	1410	1645	1880	2115	2350
0,0240	240	480	720	960	1200	1440	1680	1920	2160	2400
0,0250	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
0,0300	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000
0,0350	350	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800	3150	3500
0,0400	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000
0,0450	450	900	1350	1800	2250	2700	3150	3600	4050	4500
0,0500	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
0,0550	550	1100	1650	2200	2750	3300	3850	4400	4950	5500
0,0600	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000
0,0650	650	1300	1950	2600	3250	3900	4550	5200	5850	6500
0,0700	700	1400	2100	2800	3500	4200	4900	5600	6300	7000
0,0750	750	1500	2250	3000	3750	4500	5250	6000	6750	7500
0,0800	800	1600	2400	3200	4000	4800	5600	6400	7200	8000

სამიგალები¹

1. საკუთარ სახელთა

ბესტრალია 7, 8, 16, 26	გლები 9
აზია 7, 8	გრენოზი 20
ალაზანი 10	გრივინი 19, 21, 28, 34, 46, 47
ალაზნის ველი 251	დალი 358
ალექსანდრია 6	დარილის ხეობა 250
ამერიკა 7	დროზიშვილი 50, 204, 207
ამერიკის შეერთებული შტატები 14, 18	მევიპტე 6
ამიერკავკასია 9, 46	ეგო 295
ამსლერი 222	ეგრობა 8
ანტარქტიდა 8	ერათოსთენი 6, 11
არაბეთი 7	ესპანეთი 7
არისტოტელე 7, 11	მარძია 9
არქტიკა 10	ვალბეკი 13
აფრიკა 7	ვასკო დე გამა 7
აჰარა-თრიალეთის მთავრები 250	ვეისბახი 480
ახალი გვინეა 8	ვილეში 388
ახალი ზელანდია 7	ვიტკოვსკი ვ. 9
	ვოლგა-დონი 10
ბაგრატიონი ვახუშტი 9, 10	ზარუბინი 222
ბალტიის ზღვა 22, 271	თბილისი 9, 35, 38, 432, 470
ბაჰო 470	ონდოეთი 7
ბელინსკაუზენი 8	იტალია 7
ბელიცინი 118, 119	პაეკასიონის მთავრები 250
ბესელი 10, 13, 405	კასპიის ზღვა 250
ბონენბერგერი 405	კასპიის ღრმული 250
ბორჯომის ხეობა 250	კაული 16
ბრუნო ჯორდანო 7	
ბალილეო გალილეი 7	
გაუსი 43	
გიუგენსი 101—103	

¹ შეადგინა ჯ. ქირიაშ.

კელნერი 101, 103	საბერძნეთი 6
კიევი 470	საბჭოთა კავშირი 10, 13, 14, 17, 18, 20,
კირილოვი 8	22, 30, 35, 43, 46, 57, 80, 124, 184,
კლერო 12	271, 421, 469, 472
კოლუმბი ქრისტეფორე 7	საფინი 241
კოლხეთის დაბლობი 250	სამგორის არხი 10
კოპერნიკი ნიკოლოზ 7	საფრანგეთი 20
კრასოვსკი ფეოდოსი ნიკოლოზის ძე 9,	საქართველო 9, 10, 35, 46, 48, 78, 79
10, 13, 28, 165	სლოდოლკევიჩი 286, 287
კრიუგერი 43, 45	სელოვი 7
კრონშტადტი 22, 271	სეანეთი 251
კუკი ჯეიმს 7	სიმონოვი 8
კურსკი 71	სტრუვე პ. 8, 9
	სურამი 492
ლაზარევი 8	სურამის უღელტეხილი 250
ლალიმანი 31	
ლაპტევი (ძმები) 7	ტამანი 9
ლემანი 409, 411	უკრაინა 10
ლენინგრადი 57, 470	
ლენინი ვ. ი. 10	ფინეთი 20
ლისტინგი 8	ფინიკია 6
ლიტკე 7	
ლომონოსოვი მ. 9	მართლის ველი 251
	ქერჩი 9
მაგელანი 7	
მაკალის ნაპირი 8	შარაყუმი 10
მამისონის უღელტეხილი 250	ყირიმი 10
მენდელევი დ. 9, 57	
მიკლუხო-მაკლაი 8	შავი ზღვა 492
მოლოდენსკი მ. 14	შირიევი 388
მოსკოვი 470	შოკალსკი 9
მტკვარი 9, 500	შუა რუსეთის მაღლობი 250
ნილოსი 6	ჩეკურიშვილი როსტომ 4
ნიუტონი ი. 11, 32	ციმბირი 8, 250
პეტერბურგი 8	
პეტრე პირველი 9	წყნარი ოკეანე 249
პითაგორი 199	ხევსურეთი 251
პოტენოტი 405	ჯავახეთის ზეგანი 250
პრეველსკი 8	
პტოლომე 6, 7	ჰიმალაი 249
	ჰიპარხი 6
რამსდენი 101—103	
რემეზოვი 8	
რომის იმპერია 6, 7	
რუსეთი 8, 10	

9. საგანთა

აბრევია

სფერული 100, 101
კრომატული 101
აბრაზული 249
აბრისი 68, 174, 182, 208, 346, 349
აბსცისა 68, 174, 180—182, 208, 219, 309—311, 338, 341—343, 348, 349, 420, 447, 452, 466, 515, 516
აგეგმა 52, 53, 61, 69, 117, 169—176, 179—183, 186, 188—190, 193, 196, 199, 211, 214, 338, 342—344, 348—350, 364, 367, 369—374, 376, 377, 388, 391—393, 397, 403—405, 414, 416—420, 425, 426, 428, 429, 442, 443, 445, 447, 448, 451—453, 463, 467, 496, 512
ბარომეტრული 434
ბუსოლით 52
გრაფიკული 13, 14
ვერტიკალური 52, 169, 271
თეოდოლით 52
თვალზომით 52, 430, 434, 435, 439—442, 445, 448, 453, 454
კომბინირებული 39
კონტურული 169
მენზულური 39, 52, 376, 377, 391, 392, 402, 414, 420, 421, 425
მსხვილმასშტაბიანი 52
საჰაერო 10, 52
ტაქსომეტრული 39, 52, 129, 253, 271, 350, 352, 358, 363, 364, 367, 369—371, 373, 374, 376, 456, 458, 505, 511
ფოტოთეოდოლით 52
წვრილმასშტაბიანი 52, 116
ჰორიზონტალური 52, 129, 169
აზვეზული (რელიეფი) 249
აზიმუტი 29, 43, 52, 73—76, 79, 80, 129, 159, 164—168, 171, 172, 174, 175, 177—179, 182—184, 186—189, 191, 192, 195, 196, 201, 211, 212, 214—217, 302, 342—346, 348, 365, 368—376, 428, 464, 468, 470, 472—474, 484, 493, 500—503, 507, 511, 516—518
გეოგრაფიული 69—71, 160, 162, 168

მაგნიტური 70, 71, 159, 160, 186
პირდაპირი 71, 72
შეზღუდული 71, 72
აკუმულაციური (რელიეფი) 249
ალიდადა 74, 75, 125—128, 131, 132, 134—138, 144—147, 150—152, 158—162, 164, 171, 172, 176, 277, 300, 301, 303, 344—346, 364, 365, 368, 371, 374, 381, 469, 484, 485, 496, 508
ალიდადას ექსცენტრობა (ცენტრგარეკნობა) 132—134, 139, 147
ამალღება (ამოზღუდვა) (ხმელეთის) 11
ამოვლელი მექანიზმი 223—227, 231—236, 237, 238, 240—243
ამოზნეილი (რელიეფი) 249, 253, 257, 265
ანოვალი 60, 76, 110—116, 120, 121, 126, 127, 129, 130, 133, 134, 139, 146—148, 150—152, 154—162, 164, 167, 171, 172, 177, 191, 223, 224, 227, 231, 233, 235—238, 240—243, 274, 275, 279—282, 284—288, 290—294, 298, 300, 301, 308, 312—316, 318, 319—323, 332—334, 337—341, 344—347, 357, 358, 360, 362, 365—368, 372, 374, 386, 388, 390, 395, 399, 415—418, 423, 424, 426—428, 430, 432, 435—437, 441, 458, 461, 462, 469, 482, 484, 508, 510, 514, 521—523
ანალიზური პუნქტები 41
ანგრილი 430—436, 439—441, 447, 454, 506
ანოვალა სიძიმის ძალის 12, 14
არამათემატიკური რთული ზედაპირი 8, 11, 12, 13
არგუმენტი სინუსის 164
არეკვლის კუთხე (იხ. კუთხე არეკვლის)
არიმეტრიული ზედაპირი 8, 11
ასიმეტრია 17
ასტრონომიულ-გეოდეზიური კვლევა 11
ასტრონომიულ-გეოდეზიური სამუშაო 13, 14
ასტრონომიული კატალოგები 19
ასტრონომიული სამუშაოები 10

ატლასი 8, 11

აჩქარება სიძიმის ძალის 12

ბაღე

გეოგრაფიული 27, 33
კარტოგრაფიული 27, 28, 47, 50
კვადრატების 204, 209, 239, 336, 456, 458
კილომეტრული 50, 52, 80, 239—241, 421
კოორდინატა 41, 456, 463, 467, 472, 476
მერიდიანების 47
პარალელების 47
საშუალო 463, 465, 466, 469
საკოორდინატო 50, 204, 207, 209
ძალა 97, 99, 101, 102, 105, 107, 110, 137—139, 161, 168, 274, 276—278, 286, 287, 293, 294, 358, 360, 384, 389, 415, 510
ბაღის სიწმირე 29
ბაზისი 374, 375, 392, 393, 397, 401
ბარომეტრი 430, 431
ბარომეტრული ნივთიერება მარშრუტის მიმართულებით 434
ბელიცინის ლარტა 122
ბუსოლი 52, 74—76, 125, 129, 159, 160, 162, 172, 344, 350, 364, 365, 368—370, 386, 393, 397, 410, 414, 507
ბუსოლი დიოპტრებიანი 74
ბაღაქეთის წესი 68
ბაღაზრა
განეი 490, 494
გრძივი 490
ვერტიკალური 492
კერძო 489, 491, 494
ჰორიზონტალური 492
გამადიდებლობა (კოვრის) 100, 102—104, 107
გამოსახულების სიკაშკაშე 100
განეი 18, 21, 28, 34, 41, 43, 45, 49, 50, 77, 78, 164, 421
გარდატეხის კოეფიციენტი 101
გაუს-კრიუგერის მართკუთხა კოორდინატები 80

გაუს-კრიუგერის კოორდინატთა სისტემა 79

გაუს-კრიუგერის პროექცია 31, 43—45, 47—50

გეგმა 5, 6, 25, 28, 29, 32, 39, 41, 42, 52, 68, 164, 170, 194, 209, 217, 218, 220—222, 225, 231, 234, 239, 244—246, 248, 253—257, 259—262, 264, 266, 330, 338, 342, 344, 347, 349, 350, 364, 370, 373, 376, 378, 387, 397, 420, 425, 428, 435, 440, 442, 443—445, 447, 450, 452, 456—459, 463, 465—467, 470, 472, 505, 511, 512, 515, 516
გენერალური 455, 462, 463, 465, 467, 469—472, 476, 479, 483

მსხვილმასშტაბიანი 456, 463, 470, 472
ტოპოგრაფიული 39—42

გეოდეზია

ზოგადი 3, 4, 5
საინჟინრო 3, 4, 34, 445, 456
საკუთრივი 5
უმალესი 5, 6
გეოდეზიური საფუძველი 169, 170, 391
გეოიდი 8, 10, 12—14, 16—20
გეოლოგიური სტრუქტურა 13, 14, 30
გლობალური მანძილები 18
გლობუსი 25—27, 44, 47, 48
გონიომეტრი 125
გრადუსული გაზომვა 8, 13
გრაფიკური 12
გრაფიკურა 5, 11
გრაფიკული გეო 15, 20
გრძელი 18, 21, 28, 34, 41, 43, 45, 49, 50, 76, 79, 421

დადებითი რელიეფი 249

დაკეფი 455, 463, 466, 467, 470, 489, 492, 494, 496, 497, 500, 504, 513, 518, 524

დამზერის სხივი 53, 60

დამზერის ღერძი (იხ. ღერძი დამზერის)
დასარება 53—57, 60, 63, 66, 67, 302, 303, 394

დასაყრდენი პუნქტი 214—216

დამირული რელიეფი 249
დახრილი სიბრტყე 456, 458, 459

დახრის კუთხე (იხ. კუთხე დახრის)
დახრილობა ისრის 71
დენუდაციური რელიეფი 248, 249
დებრესიული ზედაპირი 250
დრეიფი (კონტინენტების) 6, 18, 20
ლიავრამა 99, 359, 360, 362, 389
დიდი დათვის ვარსკვლავთა კრებული 167
დიდი ნახაზი 8
დიოპტრი 75, 385
დირექციული კუთხე (იხ. კუთხე დირექ-
ციული)
დონეზური ზედაპირი 11, 12, 14
დროზოფიის სახაზავი 50, 204, 207
მგზოგენური პროცესები 248, 249
ელიფსი 14, 21, 69
ელიფსოიდი 8, 10—17, 19, 21, 28, 43,
124
კრასოვსკის 13—15, 17, 28, 48, 525
რეგიონული 13
მკერი
კონუსური 61
ორსარკიანი 61—68, 125, 180, 181, 336,
341, 348
პრიზმული 61
სარკიანი 61
ცილინდრული 61
მკვატორი 11, 17, 19, 21, 26—28, 34, 45,
46, 50, 71, 184, 239, 421, 525, 526
სამყაროსი 19
მკლიმეტრი 58—60, 172, 505
ზრანდირის 59
ენდოგენური პროცესები 248, 249
ეროზიული ზისიათის რელიეფი 249
მარნოლოზის ხაზი 258
ვატერპასობა 514—516
ვეისბახის დამაკავშირებელი სამკუთხედი
480
ვერნიერი 120, 126, 127, 129, 130, 132—
135, 137—140, 146—152, 156—158,
160—162, 169, 171, 172, 176, 177,
183, 190, 201, 223, 224, 230, 232, 233,
235 243, 300, 301, 333, 344—346,
358, 364, 365, 368, 370—372, 374,
381, 388, 389, 396, 424, 469, 484, 503,
510
ვერტიკალური საფუძველი 402

538

ზედაპირის სიმრუდის რადიუსი 104
ზონა 44—48, 50, 79, 80
გრინვიჩის 46, 79
ზონის გამოსახულება (პროექცია) 45
მანამგზავრი
გეოდეზიური 15
ხელოვნური 3, 10, 14—16, 18, 20
თარაზო 126—128, 131, 135—137, 140,
143—146, 150, 152, 153, 158, 161,
164, 272, 273, 275—292, 294, 295,
312—314, 321, 322, 332, 333, 337,
339, 366, 377—383, 388, 389, 391,
392, 395, 396, 416, 423, 424, 458,
461, 462, 510, 515, 521
თარაზული
ლარტყა 118, 120
სიბრტყე 258
სხივი 272, 274, 292
ძაფი 59, 161, 274, 313
ხაზი 107, 265
თეოდოლიტი 52, 59, 118—120, 122,
125—133, 135—137, 139, 140, 143—
145, 147—151, 153, 156, 157, 159,
161, 162, 164, 165, 167, 169, 171,
172, 175—179, 183, 190, 193, 199,
200, 214, 216, 264, 277, 284, 300,
302—306, 333, 336, 341, 342, 344,
346—354, 358, 362, 364, 368, 370,
371, 374, 376, 378, 382, 428, 456,
463—465, 468, 469, 480, 485—487,
493, 494, 497, 498, 500, 503, 507—
511, 516, 523
ვერტიკალურწრედია 157, 271
ოპტიკური 129, 358
თეოდოლიტური სელა (იხ. აგრეთვე მა-
გისტრალი) 169, 175, 179, 182, 188,
189, 190, 208, 302, 303, 348, 349,
360, 372, 373, 428
თეორია
განაზომთა შეცდომების 298
მოლოდენის 14
პანტოგრაფის 246
მარადის პორიზონტი (ი. პ.) 296, 316,
318—321, 323, 324, 340, 341, 347,
427, 428

ოზოზონები 16
ოზოზონი 251—258, 260—270, 338, 341,
342, 344, 348—350, 364, 367, 370,
373, 376, 417, 427—429, 441, 447,
454, 456, 458, 459, 492, 511
ინტერპოლაცია 310
ინტერპოლაციის (პროპორციის) წესი
261, 262
იუსტირება (ინსტრუმენტის) 133, 135,
136, 138, 284, 286
ჰამერალური დამუშავება 182
კარტოგრაფია 6, 9, 10
სამხედრო 8
კარტოგრაფიული 3, 14
კარტომეტრია 239
კატალოგი 46
კვადრატის (ზარჩო) 41, 42
კვადრატის საფასური 244
კვეთ-სიმაღლე 251, 254—262, 266, 269,
270, 417, 427, 456
კიბრეგელი 377, 379—392, 394—400,
405, 409, 410, 413
კიბრეგელის სახაზავი 403, 404, 406—410,
412, 414, 415, 418, 419, 423, 424,
426, 429
კოლიმაციური სიბრტყე 131, 132, 140,
159, 382, 383, 385, 386
კოლიმაციური შეცდომა (ცდომილება)
137, 139, 140, 147, 172, 303, 384
კოლონა 33—35, 46
კომპარირება საზომ ხელსაწყოთა 56
კომპარირებული ბაფთა 216, 480, 482,
484, 485, 488
კონტურული 33
კონფორმული ცილინდრული პროექცია
43
კოორდინატი 15, 17, 19, 20, 22, 44—46,
50, 182, 183, 191, 196, 198, 200—
202, 204, 207—220, 302, 309—311,
342, 344, 348, 349, 370, 371, 373,
374, 376, 377, 392, 420—422, 425,
428, 462—465, 467, 468, 470—477,
479, 482—487, 489, 490, 493—496
ასტრონომიული 21, 22
ვაუსის მართკუთხა ზონალური 421

ვაუს-კრიუგერის 43, 46, 49, 52, 184,
472
გეოგრაფიული 8, 18, 21, 22, 43, 45,
46, 49, 50, 52
გეოდეზიური 43, 421
გეოცენტრული 20
ზონალური მართკუთხა 43
მართკუთხა 195
საყრდენი პუნქტების 6
სფერული 43
კოორდინატთა ნაზრდები 203, 204
კოორდინატთა სისტემა 4, 18
კოორდინატთა ლერძები 195
კრემალიერი 97, 98, 105, 106, 281
კროკი 367, 370, 372, 373
კრონგლასი 101
კუთხე
არეკელის 61
გრძელგვერდიანი 191
დამაკავშირებელი 189
დახრის 59, 60, 70, 122, 127, 150—
159, 172, 257—260, 266, 267, 270,
327, 345, 352—354, 357, 362,
366—369, 372, 380, 381, 390, 395—
400, 409, 414, 416—419, 424—426,
429, 505—507, 509—511, 531
დაცემის 61
დირექციული 79, 80, 182—193, 195—
197, 200—202, 210—212, 468, 470,
472, 473, 475, 477, 479—481, 483,
484, 486, 491, 493—495
მიხრის 70, 71, 160, 162, 386
მოკლეგვერდიანი 191
მოხვევის 305, 307, 311, 312, 331, 473,
474, 495, 500, 501, 508, 511, 513,
518, 519, 523
პარალელური 118, 122
რეფრაქციის 352
შეუთარაღებელი თვალის მხედველ-
ობის 99
შეცდომის 65
კუთხეზომი ინსტრუმენტები 125
კულმინაცია 160
ლაზერი 18, 20, 125
ლიზმი 125—127, 129—135, 137, 138,
140—142, 144—147, 159—162, 164,

539

167, 171, 172, 176, 300, 301, 303,
344—346, 350, 358, 360, 364, 365,
367—369, 371, 373, 374, 468, 469,
484, 485, 493, 507, 508

ლინზა

აქრომატულ-აპლანტური 101

ეკვივალენტური 104

ლიტერი 34—36, 38—42

მაგისტრალი (თეოდოლიტური სკლა)
175, 177, 179, 188—191, 211—217,
335, 341—344, 348, 364, 366, 369,
370, 373

მათემატიკური ზედაპირი 13

მანძილშოში 56, 107—109, 111—113,
115—117, 129, 176—178, 335, 345,
350, 357, 360, 362, 365, 366, 369,
372, 380, 381, 390, 415, 419, 426,
429, 510, 521

ბელიცინის 118—122

მუდმივბაზისიანი 107

მუდმივეკუთხიანი 107

ოპტიკური 123

მანძილშოშის კოეფიციენტი 109—113,
115, 121, 122

მანძილშოშის φ მუდმივი 235, 237, 238,
410, 411

მარკა 22, 119, 272, 294, 295, 301

მარშრუტის პროფილი 439

მასშტაბი 9, 17, 22, 23, 25, 27—31, 33,
39, 41, 42, 47—50, 52, 68, 110, 114,
116, 117, 169, 170, 173, 174, 177,
178, 181, 182, 191—194, 204, 207—
221, 225, 231—235, 237—239, 244,
251—253, 256, 259, 261—263, 265—
267, 270, 324—326, 338, 341, 342,
344, 348, 349, 355, 356, 366, 370,
371, 373, 376, 387, 391—394, 397,
398, 403—405, 409, 414, 416—421,
423—429, 442—450, 452, 453, 463,
465, 467, 472, 476, 512, 516

განივი 22, 23, 25

ვერტიკალური 326—328, 330, 331, 334,
439

კერძო 27—29, 32, 47, 48

მთავარი (ძირითადი) 27—29, 47, 48

ნაბიჯების 443, 446

რიცხვითი 22—25, 443

ქვედებულების 261

ხაზოვანი 22, 23, 443, 444

პორიზონტალური 439

მასშტაბგარეშე (პირობითი ნიშნები) 33

მასშტაბის მოღული 27, 28, 31, 47, 48

მასშტაბის სიზუსტე 24

მასშტაბის ფუძე 23—25, 443

მახასიათებელი წერტილი 176—181,

253, 265, 299—301, 306, 324, 327,

333, 334, 338, 342, 343, 346—350,

365—368, 372, 376, 395, 396, 427,

429, 435, 446—449, 453, 454, 466,

515, 518, 519

მეთოდი

აბსცისებისა და ორდინატების 448,
451—454, 466, 469

ანალიზური 217, 218, 405

ასტრონომიული 8

გადაკვეთის 173, 178, 179, 182, 349,
392, 403, 418, 423, 425, 448, 450,
453, 454, 464, 468, 497, 500

გეომეტრიული 217, 220

გრაფიკული 12

გრაფიკულ-ანალიზური 476

გრაფიკული 376, 377, 382, 392, 405,
472

კარტოგრაფიული პროექციების 27

კვადრატების 336, 458

კომბინირებული 429

კოორდინატების 179, 308, 311

კრასოვსკის 164

ლემანის 409, 410, 469

მექანიკური 217, 218, 222

პარალელური ხაზების 336, 341

პერპენდიკულარების 173—175, 179,

182, 348, 349, 374, 428, 447, 448

პირდაპირი გადაკვეთის 405

პოლარული 173, 176, 179, 182, 342,
343, 374, 465

პოლიგონის 336, 342, 344

პოლიგონომეტრიის 169, 392, 373, 377

პოტენოტის 418, 419

სავიჩის 241

სამთო 488

სამი შტატივის 488

სამი წერტილიდან გაზომვის 174, 348

სამკუთხედების (ტრიანგულაციის) 180

საიდან სარამდე გაზომვის 173, 180,

182

სტერეოსკოპული 517

სტერეოფოტოგრაფიკული 428

ტრიანგულაციის 169, 344, 392

ფარების 488, 489

ფოტოგრაფიკული 504

ქორდების 311, 312

შებენიერი აზიმუტების 369

შებენიერი გადაკვეთის 405

წრიული 374, 485, 486

მენზულა 52, 376—380, 382—388, 391—

393, 397, 403, 405—407, 409, 410,

414, 415, 417—419, 423—425, 427—

429, 463

მენზულა კიბრეგელით 125

მენზულური სკლა 418—420, 428, 429

მერიდიანი 21, 26—29, 31, 33—35, 37, 38,

41, 43—46, 48—50, 72, 76, 77, 79,

80, 184, 186, 191, 195, 379, 386, 410,

421, 525, 526

გაზაფხულის ბუნიობის წერტილის 19

გეოგრაფიული 69, 70, 73, 160—162,

164, 386

გრინვიჩის 19, 21, 34

მაგნიტური 70, 71, 73, 160, 172, 365,

386, 393, 445, 448

ნამდვილი 69

ლერძითი 44—49, 79, 80, 184, 186, 191,

192, 239, 421

მერიდიანების შეახლოება 76, 78, 80, 211

მერიდიანული მიმართულება 17

მერიდიანული სიბრტყე 21, 160

მეტროლოგია 57

მიზმა 214—216

მიკრომეტრი 294

მიკროსკოპი 120, 121, 129

მიკროზონის 127, 128

მზის სიმაღლის ეფემერული ცვლადო-

ბა (ეფემერიდი) 163, 164

მიცარი 167

მიხრილობა 19

მზის 163

მოღულატორი 124

მოღული 29

მოშანდაკება 336, 456, 458, 459, 461,
463

მოძრაობა

ვერტიკალური 20

პორიზონტალური 20

მრუდების დაკავლება 299, 304—306, 310

მრუდი

მანძილის 359, 360, 389, 390

ძირითადი (ნულოვანი) 359, 360, 362,

389, 390

მრუდის რადიუსი 305, 311, 312

მრუდის სიგრძე 305

მხედველობის არე (ველი) 99, 100, 102,

103

ნაბიჯშოში 506

ნაზარი (კოორდინატა) 197, 198, 200—

203, 211—213, 217

ნახევარსფერო

სამხრეთი 34

ჩრდილოეთი 34

ნიველირება 9, 39, 271, 273, 285, 294—

299, 301, 312, 314—317, 320, 322,

324, 325, 331, 333—343, 391, 430,

434—438, 440, 441, 456, 458, 492,

509, 515, 523

ბარომეტრული 271, 272, 430, 433,

434, 436, 438—440, 530

განივი 299, 303, 312, 343, 505, 515,

523

გეოდეზიური (ტრიგონომეტრიული)

271, 350, 373

გეომეტრიული 271, 272, 344, 373, 428,

429, 463, 487, 492, 494

გრძივი 299, 301, 312, 321, 334, 343,

505, 515, 523

ზუსტი 272

ტექნიკური 272, 298, 299, 315

ტრიგონომეტრიული (გეოდეზიური)

271, 350

ხაზის ბოლოდან 273, 288

ხაზის შუა წერტილიდან 273, 275, 288

ნიველირი 264, 272, 275—296, 312—314,

317, 320, 321, 337, 339, 340, 342, 344,

346, 347, 349, 391, 425, 427, 428,

458, 461, 462, 482, 514, 515, 520—

524

ეგოს სისტემის 276, 295
 სდოლოკევიჩის 276, 286—288, 295
 ცეისის სისტემის 276, 288, 289, 292, 295
 ხშული (ყრუ) 276, 282, 283, 286, 288, 293, 295, 313
 ჯიბის 506
 ნიველირით სვლა 428
 ნიველირით წერტილებს შორის ღგომა 296
 ნიველირის თარაზო 427
 ნიშნული 22, 296, 297, 299, 301, 315—321, 323, 324, 326, 329, 334, 335, 338, 340, 342—347, 367, 368, 373, 417, 428, 429, 438, 439, 457—461, 476—479, 482, 488, 492, 510, 514—516, 519, 524
 მუშა 330, 331
 შავი 326—328, 330
 წითელი 326, 328—330
 ნომენკლატურა 33, 34, 39—42, 46
 ნომერი (ლიტერი) 33
 ნომოგრამა 355, 356
 ნონიუსი (ცერნიერი) 90
 ნორმალი 21, 22
 ნულადგილი (ნ. ა.) 144, 150, 152—159, 366, 367, 379, 395, 396, 399, 416, 424, 510, 511
 ნულოვანი დიამეტრი 59, 159, 160, 393, 442
 ნულოვანი წერტილი 330
 ნულბიექტი 306, 477, 495, 519
 ნულბუნქტი 126—128, 135, 136, 146, 150—152, 159, 283, 288—290, 313, 314, 321, 322, 381—383, 427, 458, 461, 462, 510
 ნულსიმაღლე 271
 ნულშტრიხი 150—152, 159, 389
 მბიექტივი 97, 98, 101, 102, 104—105, 108, 118, 121, 123, 139, 142, 159, 160, 162, 172
 გრძელფოკუსიანი 104
 მოკლეფოკუსიანი 104
 მბიექტივის მილი 105
 ოკულარი 98, 99, 104, 106, 120, 138, 156, 157, 159, 161, 274, 276, 281, 283, 284, 287, 288, 290, 358, 388
 გიუგენსის 101—103, 105
 კელნერის 101, 103
 რამსდენის 101—103, 105
 რთული 101
 ოკულარის მილი 97, 105
 ოპტიკა 100, 123, 128
 ოპტიკურ-გეოდეზიური ინსტრუმენტები 10
 ოპტიკური ცენტრი 98
 ოპტიკური ხელსაწყო 118
 ორბიტა 14—16, 18
 ორდინატა 46, 47, 68, 174, 180—182, 219, 267, 268, 270, 309, 311, 312, 338, 341—343, 348, 349, 403, 404, 414, 420, 447, 448, 452, 466, 484, 485, 515, 516
 ორთითა 378, 379, 387, 393, 394
 ორიენტირ ბუსოლი 178, 179
 ორიენტირება 69
 შახტის 479, 483, 489, 491
 პალეტი 218, 244, 332, 460
 პანტოგრაფი 244—247
 პანტოგრაფის ბოლუსი 245, 246
 პანტომეტრი 125
 პარალაქსი 105, 106, 110
 პარალელები 21, 27—29, 31, 33, 35, 37, 38, 41, 49, 77, 525, 528
 პარამეტრი 15, 430
 პიკეტაჟი 264, 299, 301—304, 306—308, 312, 317, 325, 333, 342, 343, 349, 505, 509, 513
 პიკეტი 299—301, 303, 306—310, 313—331, 342—344, 473, 474, 476, 478, 479, 483, 488, 495, 496, 507, 508, 513—516, 519, 524
 გაჭრილი (არასრული) 325
 პირდაპირი აღვლენა 19
 პირობითი ღონე 22
 პლანიმეტრი 218, 222—225, 227, 231—233, 235, 237—239, 241, 243, 244, 332, 460
 კომპენსირი 244
 მუღმეზბერკეტიანი ამსლერის სისტემის 224, 227, 230
 ცვალბაღბერკეტიანი 244

ცვალბაღბერკეტიანი კორადის სისტემის 223, 224, 227, 229, 230
 პლანიმეტრის თეორია 225—227
 პლანიმეტრის ბოლუსი 223, 225, 229—231, 235—241
 პლანიმეტრის საფასური 223, 231—235, 237—242
 პლანიმეტრის ძირითადი წრე 236, 237
 პლანშეტი 106, 376—388, 391—394, 397, 398, 403—407, 409—429, 441, 442, 445—454
 საველე 35, 42, 421
 პლუსი 300, 301, 303, 306, 314, 315, 318, 319, 325, 326, 329, 330, 334, 342—344, 513—516
 პოლარული ბერკეტი 222, 223, 226
 პოლარული ვარსკვლავი 164—168
 პოლარული წრე 7, 8
 პოლიგონი 67, 68, 148, 149, 169—180, 182—202, 204, 207—209, 211, 212, 214—222, 296, 297, 299, 339—344, 360, 363, 364, 369—373, 387, 401, 402, 453, 454, 480
 დასაყრდენი 170, 171, 173—175, 179, 182, 183, 208
 ჩაკეტილი 296, 298
 პოლიგონის პერიმეტრი 193, 194, 199, 203
 პოლიგონომეტრია 41, 53, 123, 124, 348, 421, 455, 463, 464, 467, 469—471, 479—481, 483, 484, 486—496, 512
 ბოლუსი 11, 17, 21, 34, 71, 76, 79, 163, 177, 178
 სამხრეთი 8, 16, 17, 69
 ჩრდილოეთი 17, 69, 162
 პოტენოტის ამოცანა 392, 403, 405, 409, 425, 465, 469, 503
 პრაქტიკული გეომეტრია 6
 პროექცია 69
 თარაზული 145
 კარტოგრაფიული 47
 კონუსური 6, 9
 პოლიკონუსური 31
 ცილინდრული 9
 პორიზონტალური 58—60, 71, 72, 112—115, 122, 124, 125, 130, 131, 145, 147, 172, 176, 201, 202, 252, 258, 299, 332, 346, 354, 355, 357, 359, 361, 362, 365, 372, 380, 390, 397, 416, 426, 461, 480, 510, 520
 პროფილი
 განივი 324, 330—332, 504
 გრძივი 324, 325, 329—331, 504
 რადიოლოკაცია 18
 რადიომანდილზომი 125
 რადიუსი 11
 რეკონსტრუქცია 170, 505—507
 რეპერი 22, 53, 272, 294, 295, 301, 303, 315—317, 324, 344, 439, 440, 429, 458, 470, 476, 477, 479, 482, 488, 492, 515, 516, 524
 რეფერენც ელიფსოიდი 14
 რეფრაქცია 80, 351—354, 368, 400
 რუკა 5—11, 16, 17, 25, 27—33, 35—39, 47, 50, 52, 164, 222, 239—241, 244—246, 248, 253, 262—264, 266—268, 270, 435, 439, 466, 492, 509, 520, 521
 გეობოტანიკური 30
 გეოგრაფიული 33
 გეოლოგიური 30
 ეკონომიური 30
 ენერგეტიკული 30
 ერთვერსიანი 9
 ზედაპირების დახრილობების 39
 ზოგადგეოგრაფიული 30, 31
 ისტორიული 30
 მსხვილმასშტაბიანი 9, 30, 31, 48, 266, 270, 492, 507, 520
 ორვერსიანი 9
 საგზაო 30
 საერთაშორისო 34, 35
 საზღვაო-სანავიგაციო 30
 სამომოქმედო 33
 სამომოქმედო-გეოგრაფიული 31
 სამომოქმედო-ტოპოგრაფიული 31
 სამხედრო-ტოპოგრაფიული 8
 სპეციალური 30
 საშუალომასშტაბიანი 30, 31
 ტოპოგრაფიული 31, 33, 35, 36, 38, 46, 49, 80, 239, 241, 251, 266, 267, 376, 421, 506, 520
 ქანობების 270

წერილმასშტაბიანი 30—33, 239
ხუთვერსიანი 9
ჰიდროლოგიური 30
ჰიფსომეტრიული 30
რუკის ჩარჩო 33
რუბი 72—76, 179, 191, 196—198, 201, 202, 210, 211, 344, 371, 376, 472 — 477, 481, 482, 485, 486, 493, 516
გეოგრაფიული 73
მაგნიტური 73
სამხრეთ-აღმოსავლეთი 73
სამხრეთ-დასავლეთი 73
ჩრდილო-აღმოსავლეთი 73
ჩრდილო-დასავლეთი 73

საველე გეოდეზიური მუშაობა 53, 169
სალარტყე წერტილი 415—418
სამელიორაციო არხი 9
სანიველირო მაგისტრალი 298
სანიველირო ყურნალი 317—320, 323, 326, 327, 337, 346, 347, 349, 515
სანიველირო სვლა 349
სანიველირო ხაზი 299—301, 303, 307, 308, 312, 314—317, 323—325, 439
საპიკეტაჟო წიგნაკი 303, 312, 325, 327, 513, 515
საშუსო წერტილი (პლუსი) 322, 324, 325
სარტყელი 33—35
სატაცები 278—280
სატრიანგულაციო პუნქტი 32, 392
საფოკუსო მანძილი 99, 102, 104, 108, 110
სახაზავი
საეზირო (სამწახნავა) 442, 445, 446, 448, 450—452
საკონტროლო 232, 233, 240
სერპანტინი 512
სექტორი 77
სიბრტყე
კოლიმაციური 162
პერპენდიკულარული 21
ჰორიზონტალური 456
სიმაღლე
აბსოლუტური 22, 271, 294—296, 315, 323, 344, 350, 362, 372, 400, 401, 422,

544.

430, 432, 434, 439, 440, 447, 454, 470, 527
დადებითი 16
მახლოვებითი 437—439
ნულოვანი 22
პირობითი 22, 271, 295, 296, 317, 323, 350, 362, 368, 372, 400, 401
უარყოფითი 16
სისტემა
გეოცენტრული 19, 20
საერთო კოორდინატა 20
სიჩქარე
კუთხური 165
ხაზოვანი 165
სკალა 76, 120, 121, 125, 129, 130, 150, 159, 160, 223, 430, 431, 435
სტერეომეტრი 518
სტერეომეტრია 517
სტერეომოდელი 506, 517—519
სტერეოპროექტირება 517
სტერეოსკოპი 506, 517
სტერეოწყვილები 506, 517
სფერო 21
სფეროიდი (ელიფსოიდი) 21
სფერული ზედაპირი 25, 27, 28, 45
სპექტრი 101
ტაქსომეტრი 52, 358, 360, 361
რედუქციული 362
წრიული 129, 358, 362
ტაქსომეტრია 350
ტაქსომეტრი-ავტომატი 347, 350, 358
„დალტა“ 358, 362, 389
ტაქსომეტრიული 3
ტრაპეცია 31, 35—40, 49—51, 218, 220, 221, 421
სფერული 33, 34
ტრასირება 304, 504—509, 511, 512, 517, 519—521, 523
ტრიანგულაცია 7, 43, 53, 49, 124, 143, 144, 188—190, 211, 212, 343, 369, 373, 374, 377, 421, 422, 463—470, 477, 479—481, 493, 496, 500, 501, 512
კოსმოსური 18—20
ტოპოგრაფია 5, 6, 43
ტოპოგრაფიული (სამუშაოები) 9, 14

შანი 435, 436
უარყოფითი რელიეფი 249, 250
ზარგალი პროპორციული 244
ფლინგლასი 101
ფოკუსი 104, 110
შთავარი 108, 110
ფოკუსირება 103
შიგა 110
ფოტო-აგეგმა 376, 428
ფოტო-გეგმა 34, 377, 378, 391, 428, 429, 519
ფოტოგრაფიკული 518
ფოტოთეოდოლიტი 52, 517

ძანობი
გრძივი 496
საპროექტო 459, 461, 462, 478, 493, 494, 510, 523, 524
ხაზის 260—264, 270
ქანობზომი 505
ქანქარა 12
ქვედებული 257—263, 266—270
ქსელი
გეოდეზიური 18, 37, 420, 428, 472, 479
გეომეტრიული 376, 377, 392, 396, 399—403, 405, 409, 414, 417, 419, 420, 422, 423 425
სანიველირო 470, 476, 479
სატრიანგულაციო 41, 462, 466, 467, 469, 471, 479, 480, 489, 493, 494, 500, 503

ღერძი
გეომეტრიული 98, 276—279, 282, 286—288, 290—292
გრძივი 498
ღაზერის 97, 98, 105, 107, 112, 113, 131, 132, 137—142, 146, 147, 151, 160, 162, 171, 172, 276—282, 284—296, 300, 303, 345, 351—354, 365, 366, 379, 380, 382—388, 394, 398, 423, 469, 484—487, 493, 498, 503, 507, 510
დედამიწის 19, 77, 164, 165
ვერტიკალური 140, 406

55 გრ. ზუნჯუა

თარაზოს 272, 273, 276—281, 283—286, 289, 291, 295
თარაზული 129, 131, 132, 135—138, 140, 143, 144, 159, 359, 381—386
კონუსური 126
ოპტიკური 98, 104, 118
სამყაროს 164, 165
შვეული (ბრუნვის) 132, 135, 277, 280, 281, 284, 289, 290
ჰოგრის 103
ჰოგრის მილის სიმეტრიის 98
ჰორიზონტალური 132, 139, 150, 164

შემოსაველი (შემოსატარებელი) ბერკეტი 222, 225—227, 230—234, 236, 237, 239—243
შემოწმება (ინსტრუმენტის) 133, 135
შესწორება 163, 164
დამატებითი 431, 432
სკალის 431, 432
ტემპერატურული 431, 432, 434, 437—439
შესწორებათა ცხრილი 111
შეუქვრელობა 191, 193, 194
შეცდომა (ცდომილება) Δ 190, 191, 363, 364, 369, 370, 375, 400
ფარდობითი 60, 61, 221
შტანგენფარგალი 50, 204, 209
შუქმანძილობი 123, 124, 488

ჩაზნეკილი რელიეფი 249, 250, 253, 257, 265
ჩარჩო (გრადუსთა)
გარე 52
შიგა 52

ცდომილებათა თეორია 80, 147, 148
ცდომილების სამკუთხედი 408, 409, 411—414, 465, 469, 503
ცოცხალი კვეთი 333, 334, 496, 512

ძალა
მიზიდულობის 11, 15
ცენტრიდანული 11, 12
ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილი 97

წითელი ხაზი 327, 328, 465, 466, 469, 509, 515

545

წრედი 60, 74, 75, 147—159, 171, 176,
177, 183, 366, 385, 389, 390, 395—
398, 416, 418, 423
ბუსოლის 162
გრადუსოვანი 59
ვერტიკალური 114, 122, 126, 127, 129,
130, 144, 150—154, 157, 158, 161,
172, 347, 350—353, 358, 359, 362,
364, 366, 367, 372, 380, 381, 388, 390,
395, 396, 399, 400, 405, 409, 416—
419, 423, 424, 429, 507, 510

ჰოგრის გამადიდებლობა 98, 99
ჰოგრის გამოსახულების სიკაშკაშე 98
ჰოგრის დაყენება სიგანეზე 105

ჰოგრის მხედველობის კუთხე (არე) 98,
99
ჰოგრის ოკულარის მილი 99
ჰოგრი შიგაფოკუსებიანი 111, 103—106

ხერხი
გადაკვეთის 418, 419
პოლარული 418, 419
ხრახნი
ელევაციური 286—294
მიკრომეტრული 146
ხერხემლის 126

ჰორიზონტალი 350
ჰორიზონტალური სხივი 276, 282, 292

შინაარსი

ნაწილი პირველი

ზოგადი გეოდეზია და მისი საბანი

თავი I. ზოგადი მიმოხილვა	5
§ 1. გეოდეზიის არსი და მისი განვითარების ისტორია	5
§ 2. დედამიწის ფორმის ზოგადი მიმოხილვა	11
§ 3. დედამიწის ფორმის დადგენა ხელოვნური თანამგზავრების გამო- ყენებით	14
§ 4. გეოდეზიური ქსელების შექმნის ცდები საერთო კოორდინატთა სის- ტემაში მთელი დედამიწისათვის (გეოიდისათვის)	17
§ 5. გეოგრაფიული კოორდინატები	21
§ 6. მასშტაბები	22
თავი II. რუკები და გეგმები	25
§ 7. რუკა და გეგმა	25
§ 8. რუკის კერძო მასშტაბების განსაზღვრა	28
§ 9. სხვადასხვა სახის რუკები	29
§ 10. ტოპოგრაფიული და სამომომხილვო-ტოპოგრაფიული რუკები	31
§ 11. გეგმისა და რუკის პირობითი ნიშნები	32
§ 12. ტოპოგრაფიული რუკების ნომენკლატურა	33
§ 13. ტოპოგრაფიული გეგმები და მათი ნომენკლატურა	39
თავი III. გაუს-კრიუგერის პროექცია და ზონალური მართკუთხა კოორდინატები 43	
§ 14. ზოგადი მიმოხილვა	43
§ 15. გაუს-კრიუგერის პროექციისა და კოორდინატების არსი	44
§ 16. დამახინჯება, რომელიც ახასიათებს გაუს-კრიუგერის პროექციის	47
§ 17. ტოპოგრაფიული რუკების ტრანსეციების აგება გაუს-კრიუგერის პროექციაში	49
თავი IV. ხაზების დასარვა და გაზომვა	52
§ 18. აგეგმვა	52
§ 19. წერტილების დანიშვნა და ხაზების დასარვა	53
§ 20. საზომი ხელსაწყოები და ხაზების გაზომვა	56

§ 21. ხაზების ჰორიზონტალური პროექციების (გეგმილების) განსაზღვრა. ეკლიმეტრები	58
§ 22. ბაფთით ხაზების გაზომვის სიზუსტე	60
თ ა ვ ი V. მართი კუთხეების ასაგები ხელსაწყოები	61
§ 23. ორსარკიანი ეკერი	61
§ 24. ორსარკიანი ეკერის სიზუსტე	65
§ 25. ამოცანების ამოხსნა ბაფთისა და ეკერის საშუალებით	65
§ 26. აღვილის აგეგმვა ეკერითა და ბაფთით	67
თ ა ვ ი VI. მიმართულების ორიენტირება ანუ გაგნება	69
§ 27. გეოგრაფიული მერიდიანი და აზიმუტი	69
§ 28. მაგნიტური მერიდიანი, ისრის მიხრის კუთხე, ისრის დახრის კუთხე და მაგნიტური აზიმუტი	70
§ 29. პირდაპირი და შებრუნებული აზიმუტები	71
§ 30. რ უ მ ბ ე ბ ი	72
§ 31. დამოკიდებულება რუმბებსა და აზიმუტებს შორის	73
§ 32. ბ ლ ს ო ლ ი	74
§ 33. ხაზებს შორის მდებარე კუთხის განსაზღვრა აზიმუტების მიხედვით და თვით აზიმუტების (ან რუმბების) გაზომვა ბუსოლით	75
§ 34. მერიდიანების შეახლოება	76
§ 35. ღირექციული კუთხე	79
თ ა ვ ი VII. ზოგადი ცნება ცდომილებათა თეორიიდან	80
§ 36. მიზანი, რომელსაც ისახავს ცდომილებათა თეორია	80
§ 37. ცდომილებათა კლასიფიკაცია	81
§ 38. აუცილებელი ცდომილებების თვისებები	82
§ 39. განაზომთა საშუალო არითმეტიკული და მისი საშუალო კვადრატული ცდომილება	82
§ 40. ზღვრული (მაქსიმალური) და ალბათი ცდომილება	85
თ ა ვ ი VIII. გეოდეზიური ინსტრუმენტების ნაწილები	86
§ 41. თ ა რ ა ზ ო	86
§ 42. თარაზოს მგრძნობიარობა	89
§ 43. ვ ე რ ნ ი ე რ ი	90
§ 44. ანათვლის აღების წესი ვერნიერზე	92
§ 45. მ ი კ რ ო ს კ ო ბ ი	94
ს ა მ ზ ე რ ი ხ ე ლ ს ა წ ყ ო	96
§ 46. ჰოგრი და სავნის გამოსახულების მიღება ჰოგრით. ძაფთა ბადე	96
§ 47. ჰოგრის გამადიდებლობა, მხედველობის არე და გამოსახულების სიკაშკაშე	98
§ 48. სფერული აბერაცია	100
§ 49. ქრომატული აბერაცია	101
§ 50. რთული ოპულარები	101
§ 51. ჰოგრი შიგა ფოკუსირებით	103

§ 52. ჰოგრის გაწყობა და ძაფთა ბადის პარალაქსი	105
§ 53. ჰოგრის შემოწმება და მისი სიზუსტე	106
თ ა ვ ი IX. მანძილმზომები	107
§ 54. მუდმივკუთხიანი მანძილმზომი	107
§ 55. მანძილმზომის d მუდმივისა და c კოეფიციენტის განსაზღვრა	110
§ 56. დახრილი ხაზის ჰორიზონტალური პროექციის განსაზღვრა მანძილმზომით	112
§ 57. მანძილმზომის ლარტყები	115
§ 58. მანძილმზომის სიზუსტე და მაქსიმალური მანძილი, რომლის განსაზღვრა შეიძლება მანძილმზომით	116
§ 59. ბელიცინის მანძილმზომი	118
§ 60. ოპტიკური მანძილმზომი	123
§ 61. შუქმანძილმზომები	123
თ ა ვ ი X. კუთხმზომი ინსტრუმენტები	125
§ 62. სხვადასხვა სახის თეოდოლიტები	125
§ 63. ოპტიკური თეოდოლიტი	129
§ 64. კუთხის გაზომვის პრინციპი და ის პირობები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს თეოდოლიტი	130
§ 65. ალიდადას ექსცენტრობა	133
§ 66. ალიდადაზე მოთავსებული თარაზოს შემოწმება და იუსტირება	135
§ 67. ჰოგრის კოლიმაციური შეცდომის გავლენა კუთხის გაზომვაზე, მისი განსაზღვრა და მოსპობა	137
§ 68. თეოდოლიტის თარაზული ღერძის პერპენდიკულარობის შემოწმება ვერტიკალური ღერძის მიმართ	140
§ 69. ალიდადასა და ლიშების ღერძების შეთავსების შემოწმება	144
ჰ ო რ ი ზ ო ნ ტ ა ლ უ რ ი კ უ თ ხ ე ბ ი ს გა ზ ო მ ვ ა	145
§ 70. კუთხის ჰორიზონტალური პროექციის გაზომვა თეოდოლიტით	145
§ 71. კუთხის გაზომვის სიზუსტე თეოდოლიტით	147
და ხ რ ი ს (ვ ე რ ტ ი კ ა ლ უ რ ი) კ უ თ ხ ე ბ ი ს გა ზ ო მ ვ ა თ ე ო დ ო ლ ი ტ ი თ	150
§ 72. ვერტიკალური წრედის სხვადასხვა სახე და ცნება ნულადგილზე და დახრის კუთხეების განსაზღვრაზე	150
§ 73. რიცხვითი მაგალითები დახრის კუთხეების გაზომვაზე პირველი სახის ვერტიკალური წრედით	153
§ 74. დახრის კუთხეების გაზომვა მეორე სახის ვერტიკალური წრედით	156
§ 75. ნულადგილის დაყვანა მინიმუმამდე	158
ა ზ ი მ უ ტ ბ ი ს გა ზ ო მ ვ ა	159
§ 76. ხაზის მაგნიტური აზიმუტის გაზომვა თეოდოლიტით	159
§ 77. გეოგრაფიული მერიდიანის განსაზღვრა მზის საშუალებით	160
§ 78. გეოგრაფიული აზიმუტების განსაზღვრა კრასოვსკის მეთოდით	164

პარიზონტალური აგეგმვა	169
თავი XI. ადგილის აგეგმვა თეოდოლიტით	169
§ 79. აგეგმვის ზოგადი კანონი	169
§ 80. დასაყრდენი პოლიგონის (გეოდეზიური საფუძვლის) აგეგმვა	170
§ 81. ადგილის აგეგმვა პერპენდიკულარების მეთოდით	173
§ 82. აგეგმვა თეოდოლიტური სვლის საფუძველზე	175
§ 83. ადგილის აგეგმვა პოლარული მეთოდით	176
§ 84. ადგილის აგეგმვა გადაკვეთის მეთოდით	178
§ 85. ადგილის აგეგმვა სარიდან სარამდე გაზომვის მეთოდით	180
§ 86. ცალკე ტერიტორიის აგეგმვა სხვადასხვა მეთოდის გამოყენებით	181
თავი XII. საველე მასალების დამუშავება კამერალურად და გეგმის შედგენა	182
§ 87. ზოგადი მიმოხილვა	182
§ 88. ჩაკეტილი პოლიგონის კუთხეების შემოწმება	183
§ 89. პოლიგონის გვერდების ღირებულებით კუთხეების ან აზიმუტების გამოთვლა	184
§ 90. რიცხვითი მაგალითი ღირებულებით კუთხეების (ან აზიმუტების) გამოთვლაზე	187
§ 91. პოლიგონის წვეროებს შორის დალაგებული მაგისტრალის (თეოდოლიტური სვლის) კუთხეების შემოწმება და შესწორება	188
§ 92. პოლიგონის აგება ქალაქში ღირებულებით კუთხეების ან რუმბების საშუალებით და შეუკვრელობის განაწილება გრაფიკულად	191
§ 93. ცნება მართკუთხა კოორდინატებზე	195
§ 94. პოლიგონის წვეროების კოორდინატების გამოთვლა	196
§ 95. რიცხვითი მაგალითი პოლიგონის კოორდინატების გამოთვლაზე	200
§ 96. პოლიგონის აგება ქალაქში საკოორდინატო ბადის საფუძველზე	204
§ 97. ხაზის ღირებულებით კუთხისა და სიგრძის განსაზღვრა კოორდინატების საშუალებით	210
§ 98. პოლიგონის წვეროებს შორის დალაგებული მაგისტრალის (თეოდოლიტური სვლის) კოორდინატების განსაზღვრა	211
§ 99. პოლიგონის ან თეოდოლიტური სვლის დაკავშირება (მიბმა) დასაყრდენ პუნქტებთან	214
თავი XIII. ფართობების განსაზღვრა	217
§ 100. პოლიგონის ფართობის გამოთვლა მისი წვეროების კოორდინატების საშუალებით (ანალიზური მეთოდი)	218
§ 101. ფართობის განსაზღვრა გეომეტრიული მეთოდით	220
§ 102. პოლიგონის ფართობის შეცვლა ტოლფართობიანი სამკუთხედით	221
მეკანიკური მეთოდი	222
§ 103. ფართობის განსაზღვრა პლანიმეტრით	222
§ 104. ანათელების აღება ამთვლელ მექანიზმზე	224
§ 105. პლანიმეტრის თეორია	225
§ 106. პლანიმეტრის c საფასურის განსაზღვრა	232
§ 107. მუდმივი q რიცხვის განსაზღვრა	235
§ 108. მუდმივი Q რიცხვის გეომეტრიული მნიშვნელობა	235

§ 109. ფართობის განსაზღვრის წესი პლანიმეტრით	237
§ 110. მცირე ფართობების განსაზღვრა პლანიმეტრით	238
§ 111. ტოპოგრაფიულ რუკებზე გამოსახული დიდი ფართობების განსაზღვრა	239
§ 112. პლანიმეტრის შემოწმება და მისი სიზუსტე	243
§ 113. ფართობის განსაზღვრა პალეტით	244
§ 114. ნახაზების შემცირება და გადიდება	244
თავი XIV. დედამიწის ზედაპირის რელიეფის გამოსახვა ქალაქში	248
§ 115. ზოგადი ცნება რელიეფის წარმოქმნაზე	248
§ 116. რელიეფის ცალკეული ფორმები	249
§ 117. რელიეფის გამოსახვა იზოჰიფსებით, ანუ პარიზონტალებით	251
§ 118. იზოჰიფსების გატარება გეგმაზე (რუკაზე)	253
§ 119. წერტილების სიმაღლეების განსაზღვრა იზოჰიფსების საშუალებით	256
§ 120. იზოჰიფსებიან გეგმაზე გამოსახული რელიეფის დახრილობის და ქანობის განსაზღვრა	257
§ 121. იზოჰიფსებიან რუკაზე (გეგმაზე) ხაზების გატარება ქანობების მიხედვით	262
§ 122. პროფილის ანუ ჰრილის შედგენა	264
§ 123. სხვადასხვა დახრილობის ფართობების გამოვლინება იზოჰიფსებიან რუკაზე (გეგმაზე)	266
გეოდეზიკალური აგეგმვა	271
თავი XV. გეომეტრიული ნიველირება	271
§ 124. ნიველირების ამოცანა და მისი სხვადასხვა სახე	271
§ 125. გეომეტრიული ნიველირების არსი	272
§ 126. სხვადასხვა სისტემის ნიველირები	276
§ 127. ნიველირების შემოწმება	276
§ 128. ხშული (ყრუ) ნიველირი (TH) და მისი შემოწმება	282
§ 129. სდოლოკევიჩის სისტემის ნიველირი და მისი შემოწმება	286
§ 130. ცეისის ნიველირი და მისი შემოწმება	288
§ 131. ხშული ნიველირები, რომლებსაც აქვთ მოწყობილობა ზუსტი ანათელების მისაღებად	293
§ 132. სხვადასხვა ტიპის ნიველირების შედარება და მათი შერჩევა	295
§ 133. წერტილების სიმაღლეების განსაზღვრა	295
§ 134. ჩაკეტილი (შეკრული) პოლიგონის წვეროების ნიშნულების განსაზღვრა	296
§ 135. ცდომილებები, რომლებიც დასაშვებია ნიველირების წარმოებისას	298
თავი XVI. ტექნიკური ნიველირების წარმოება და მრუდების დაკვალვა	299
§ 136. სანიველირო ხაზის პიკეტაჟი	299
§ 137. მრუდების დაკვალვა და მისი პიკეტაჟობა	304
§ 138. პიკეტების დანიშვნა მრუდზე	308
§ 139. მრუდის დეტალური დაკვალვა	310

§ 140. გრძივი და განივი ნიველირების წარმოება	312
§ 141. გრძივი ნიველირების წარმოება ორივე მხარეზე დაყოფილი ლარტყეებით	321
§ 142. გრძივი პროფილის აგება სანიველირო ყურნალის საფუძველზე	324
§ 143. სიმაღლის გადაცემა მდინარის ერთი ნაპირიდან მეორეზე	332
§ 144. მდინარის ცოცხალი კვეთის ნიველირება	333
§ 145. მდინარის ქანობის განსაზღვრა	335
თ ა ვ ი XVII. ფართობის ნიველირება	336
§ 146. ფართობის ნიველირება კვადრატების (უჯრედების) მეოთხედით	336
§ 147. ფართობის ნიველირება პარალელური ხაზების მეოთხედით	341
§ 148. ფართობის ნიველირება პოლიგონის მეოთხედით	342
§ 149. დიდი ტერიტორიის კომბინირებული აგეგმვა თეოდოლიტით და ნიველირით	344
თ ა ვ ი XVIII. ტაქეომეტრიული აგეგმვები	350
§ 150. ტაქეომეტრიული აგეგმვის არსი და ინსტრუმენტები	350
§ 151. წერტილების სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრა დედამიწის სფერული ფორმისა და რეფრაქციის მხედველობაში მიღებით	351
§ 152. მცირე მანძილით დაშორებული წერტილების სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრა	353
§ 153. ნომოგრამა, რომლითაც განისაზღვრება სიმაღლეთა სხვაობები	355
§ 154. სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრა მანძილმზომის გამოყენებით	357
§ 155. სიმაღლეთა სხვაობის განსაზღვრის სისუსტე	357
§ 156. ტაქეომეტრი-ავტომატები	358
§ 157. წერტილების აბსოლუტური ან პირობითი სიმაღლეების განსაზღვრა	362
§ 158. ფიწრო ზოლის ტაქეომეტრიული აგეგმვა	364
§ 159. ცალკე ტერიტორიის ტაქეომეტრიული აგეგმვა	370
§ 160. დიდი და განიერი მდინარისა და მისი ხეობის ტაქეომეტრიული აგეგმვა ტრიანგულაციის საფუძველზე	374
თ ა ვ ი XIX. მენზულთ აგეგმვა	376
§ 161. ზოგადი მიმოხილვა	376
§ 162. მენზულა და მისი შემოწმება	377
§ 163. კიპრეგელი და მისი შემოწმება	380
§ 164. მენზულის ორიენტირება	386
§ 165. ახალი ტიპის მენზულა და კიპრეგელი	388
§ 166. კიპრეგელი-ავტომატი KB1	389
თ ა ვ ი XX. მენზულური აგეგმვის წარმოება	391
§ 167. ზოგადი ცნება	391
§ 168. დასაყრდენი პუნქტების განსაზღვრა გეომეტრიული ქსელის შედგენით	392
§ 169. გეომეტრიული ქსელის პუნქტების სიმაღლეების განსაზღვრა	401

§ 170. დამატებითი პუნქტების განსაზღვრა პლანშეტზე გადაკვეთის მეოთხედით	403
§ 171. პოტენოტის ამოცანა — სამი წერტილის საშუალებით მეოთხე წერტილის განსაზღვრა პლანშეტზე (ამ მეოთხე წერტილზე დგომით)	405
§ 172. პოტენოტის ამოცანის ამოხსნა ლემანის მეოთხედით	409
§ 173. მენზულური აგეგმვის წარმოება გეომეტრიული ქსელის საფუძველზე	414
§ 174. მენზულური აგეგმვა გეოდეზიური ქსელის საფუძველზე	420
§ 175. კომბინირებული აგეგმვა მენზულთ და ნიველირით	425
§ 176. რელიეფის გამოსახვა მენზულთ ფოტო-აგეგმვის საფუძველზე	428
თ ა ვ ი XXI. ბარომეტრული ნიველირება	430
§ 177. აბსოლუტური სიმაღლეების განსაზღვრა ბარომეტრულ ნიველირებაში	430
§ 178. მარშრუტის ნიველირება ერთი ანეროიდით	434
§ 179. ცალკე ტერიტორიის ბარომეტრული ნიველირება	440
თ ა ვ ი XXII. თვალზომითი აგეგმვა	441
§ 180. ზოგადი ცნება	441
§ 181. თვალზომითი აგეგმვა მარშრუტის მიმართულებით	444
§ 182. მცირე ფართობების თვალზომითი აგეგმვა	448
§ 183. დიდი ფართობის თვალზომითი აგეგმვა	453

ნ ა წ ი ლ ი მ ე ო რ ე

საინჟინრო გეოდეზია

საინჟინრო-გეოდეზიის საგანი	455
თ ა ვ ი XXIII. საამშენებლო ფართობების მოშანდაკება (მოწორება) ჰორიზონტალური და დახრილი სიბრტყით	456
§ 184. ზოგადი ცნება	456
§ 185. ზედაპირის მოშანდაკება ჰორიზონტალური სიბრტყით	456
§ 186. ზედაპირის მოშანდაკება დახრილი სიბრტყით	458
თ ა ვ ი XXIV. საცხოვრებელი მასივების ობიექტების გადატანა გენერალური გეგმიდან ადგილზე	462
§ 187. ზოგადი ცნება	462
§ 188. საამშენებლო ობიექტების გადატანა ნორმალური კოორდინატთა ბადის საფუძველზე	463
§ 189. საამშენებლო ობიექტების გადატანა ახლად შექმნილი ბადის საფუძველზე	467
თ ა ვ ი XXV. მეტროპოლიტენის დაკვალვა	469
§ 190. ზოგადი ცნება	469
§ 191. მეტროპოლიტენის გვირაბების ღერძების გამოსახვა კოორდინატებში და აბსოლუტურ სიმაღლეებში	470

§ 192. შახტების ორიენტირება, ე. ო. წერტილების კოორდინატების და ღირეჟციული კუთხეების გადაცემა მიწის ზედაპირიდან მიწის ქვეშ	479
§ 193. მიწის ქვეშ დალაგებული პოლიგონომეტრიის საფუძველზე გვირაბების გაჭრა	483
§ 194. გვირაბის დაკვალვის სიზუსტე	489
§ 195. რკინიგზისა და გზატკეცილების გვირაბების დაკვალვა	492
თ ა ვ ი XXVI. ხიდების დაკვალვა	496
§ 196. სწორღერძიანი ხიდის დაკვალვა	496
§ 197. მრუდზე მდებარე ხიდის და კაშხალის დაკვალვა	500
თ ა ვ ი XXVII. გზებისა და არხების ტრასირება (დანიშვნა) გეოდეზიური ინსტრუმენტებით და ფოტოგრამეტრული მეთოდით	504
§ 198. ზოგადი ცნება გზების ტრასირებაზე	504
§ 199. გზის ტრასის რეკონსტრუქცია	505
§ 200. გზის ტრასის დანიშვნა გეოდეზიური ინსტრუმენტებით (ზოგადად)	506
§ 201. ტრასის პიკეტაჟი	513
§ 202. ტრასის ნიველირება	515
§ 203. ტრასის გეგმის შედგენა	516
§ 204. გზის ტრასირება სტერეოსკოპული მეთოდით	517
§ 205. არხების ტრასირება გეოდეზიური ინსტრუმენტებით (ზოგადად) .	520

ც ხ რ ი ლ ე ბ ი

ცხრილი I. მერიდიანების და პარალელების სიგრძეები (კილომეტრებში) კრასოვსკის ელიფსოიდისათვის	525
ცხრილი II. მიახლოებითი აბსოლუტური სიმაღლეები, მიღებული ატმოსფერული წნევის მიხედვით	527
ცხრილი III. ტემპერატურული შესწორებები (მეტრებში) ბარომეტრულ ნიველირებაში	530
ცხრილი IV. დახრის α კუთხეები და მათი შესაბამისი i ქანობები	531
ცხრილი V. სიმაღლეთა სხვაობები h (მილიმეტრებში), მიღებული i ქანობებისა და d მანძილების (მეტრებში) მიხედვით ($h=d \cdot i$)	532
საძიებლები	534

რედაქტორი რ. ჩეკურიშვილი
გამომცემლობის რედაქტორი ჯ. ქიჩია
ტექნიკური რედაქტორი ი. ხუციშვილი
კორექტორი ც. მოლოდინი

გადაეცა წარმოებას 14/VII-76
ხელმოწერილია დასაბეჭდად 9/III-77
ქაღალდის ფორმატი 60×90/16
ნაბეჭდი თაბახი 34,75
სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 31,06

შეკვეთა 1108 უფ 06 527 ტირაჟი 2000

სბ 85

ფასი 1 მან. 57 კაპ.

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა
თბილისი 380028, ი. ჭავჭავაძის პროსპექტი, 14
Издательство Тбилисского университета,
Тбилиси, 380028, пр. И. Чавчавадзе, 14.

თბილისის უნივერსიტეტის სტამბა,
თბილისი 380028, ი. ჭავჭავაძის პროსპექტი, 1
Типография Тбилисского университета,
Тбилиси, 380028, пр. И. Чавчавадзе, 1.

Григорий Юлонович Хунджа

КУРС ОБЩЕЙ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ

(на грузинском языке)

Издательство Тбилисского университета

Тбилиси 1977