

ბიოგრაფიული

გეორგიის საუბუქვები

საქართველოს სსრ მინისტრთა ს. ბუეს უმაღლესი
და საშუალო სპეციალური განათლების სახელმწიფო
კომიტეტის მიერ დაშვებულია სახელმძღვანელოდ
სასაფლო-სამეურნეო ტექნიკუმებისათვის

თახი I

შესავალი

გეოდეზიას, როგორც მეცნიერებას, უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ქვეყნის სამეურნეო საქმიანობაში. ამ საქმიანობის ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა დედამიწის ზედაპირის შესწავლა და მისი საჭირო ჰონაკვეთების გაზომვა. გაზომვები წარმოება გეოდეზიის შესწავლის საგანს წარმოადგენს.

„გეოდეზია“ ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს მიწის დაყოფას. იგი წარმოადგენს მეცნიერებას, რომელიც შეისწავლის დედამიწის ზედაპირზე გაზომვებისა და გამოკვლევების ხერხებს, გაზომილი სიდიდეების დამუშავებას და მათ გამოსახვას ქალაქზე რუკის, გეგმის ან სხვა ნახაზის სახით. გეოდეზიურ სამუშაოების წარმოების შედეგად საშუალება გვეძლევა მივიღოთ ზუსტი ცნობები დედამიწის ზედაპირის ფორმისა და ზომის შესახებ.

გეოდეზია, როგორც მეცნიერება, პირველად ოთხი ათასი წლის წინათ ჩაისახა ეგვიპტეში. შემდეგში ბერძნებმა შეისწავლეს ეგვიპტელებისაგან და განავითარეს იგი. საბერძნეთში გეოდეზიის განვითარებას საფუძვლად დაედო გეომეტრია, რომელიც გეოდეზიის მეცნიერულ საფუძველს წარმოადგენს. ბერძნებმა პირველად წამოაყენეს ჰიპოთეზა დედამიწის ბურთისებურების შესახებ (დაახლოებით 550 წ. ჩ. წ. ა.), განსაზღვრეს დედამიწის, როგორც სფეროს სიდიდე, ზომები (ერატოსთენი 200 წ. ჩ. წ. ა.) და შეადგინეს გეოდეზიის პირველი წიგნი (გერონის „ლიობრკია“). ამ წიგნში გაშუქებული იყო მიწის გაზომვების ძირითადი საკითხები.

გეოდეზიის შემდგომი განვითარება დაიწყო ევროპის სხვადასხვა ქვეყანაში. რომაელებს ჰყავდათ სპეციალისტი მზომელები; ისინი აწარმოებდნენ მიწების დაყოფას, აწესებდნენ საზღვრებს, გეგმავდნენ გზებს, ქალაქებს, სიმაგრეებსა და სხვ. ევროპელებმა არაბებისაგან გაიგეს მაგნიტურა ისრის თვისებები, რამაც მგეგმავებს უფრო ზუსტი ორიენტირების საშუალება მისცა.

XVII საუკუნიდან ტრიგონომეტრიისა და ანალიზური გეომეტრიის ფორმირებასთან დაკავშირებით მიწის ნაკვეთების გაზომვები უფრო სრულყოფილი ხდება. დედამიწის ზომების განსაზღვრისათვის შემოღებულ იქნა ტრიანგულაცია.

რელიეფის გამოსახვისათვის XVIII საუკუნიდან იწყება ვერტიკალური გადაღება. XIX საუკუნიდან რუსეთში დაიწყო ფართო სატრიანგულაციო სამუშაოები. ამ საქმეში დიდი დამსახურება მიუძღვით სამხედრო ტოპოგრაფიის მუშაებს.

გეოდეზიის განვითარების ახალი ეტაპი დაიწყო დიდი ოქტომბრის სოციალისტური რევოლუციის შემდეგ. გეოდეზიამ ფართო პრაქტიკული გამოყენება პოვა სოციალისტურ მშენებლობაში. სახალხო კომისართა საბჭომ 1919 წლის 15 მარტის დეკრეტით, რომელსაც დიდი ლენინი აწერდა ხელს, დააწესა გეოდეზიური სამსახურის ერთიანი ხელმძღვანელობა. ამ დროიდან გეოდეზიურმა

სამსახურმა ჩაატარა ძალზე დიდი მუშაობა. საქმარისია აღინიშნოს, რომ 1916 წლამდე ჩვენი სამშობლოს ტერიტორიის მხოლოდ 11% იყო ტოპოგრაფიულად შესწავლილი, 1945 წლისათვის კი—44%, ხოლო დღეისათვის საბჭოთა კავშირის ტერიტორია შესწავლილია მთლიანად. ამ ხნის განმავლობაში განვითარდა ჰაეროფოტოგეოდეზია; იგი ძირითად სამუშაოებად ითვლება დიდი ფართობების აეგმვის დროს.

გეოდეზიის განვითარების საქმეში დიდი ღვაწლი მიუძღვით საბჭოთა მეცნიერებს (ფ. ნ. კრასოვსკი, ა. ს. ჩეობტარჩოვი, ვ. ვ. პოპოვი და სხვები), რომელთა თეორიულმა და კვლევითმა სამუშაოებმა დააყენეს საბჭოთა გეოდეზია პირველ ადგილზე მსოფლიოში.

გეოდეზიური სამუშაოების საბოლოო ამოცანაა ტოპოგრაფიული რუკის მიღება. რუკის მისაღებად კი საჭიროა სახელმწიფო გეოდეზიური საყრდენი ქსელის შედგენა, რომლის საფუძველზე წარმოებული იქნება საგადასაღებო სამუშაოები როგორც ჰორიზონტალური, ისე ვერტიკალური. ამ სამუშაოები: ჩასატარებლად საჭიროა ზუსტი გეოდეზიური იარაღები. ჩატარებული გაზომვები უნდა დამუშავდეს მათემატიკურად, ანუ, როგორც იტყვიან, გაწონასწორდეს და მიეცეს მას სათანადო შეფასება სიზუსტის მხრივ და შექმდე დატანილ იქნეს ქაღალდზე გეგმის ან რუკის სახით; ყველა ამ სამუშაოს ჩატარების ერთობლიობას შეადგენს გეოდეზიის საგანი. გეოდეზიას მჭიდრო კავშირი აქვს მათემატიკასთან, გეომეტრიასთან, ასტრონომიასთან, გეოგრაფიასთან, კარტოგრაფიასთან, გეოლოგიასთან, გეოფიზიკასთან და სხვ.

§ 1. გეოდეზიის საზოგადოების ცოდნა აგრონომიისათვის

სახალხო მეურნეობისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს გეოდეზიურ სამუშაოების სისტემატურად და თანმიმდევრულად წარმოებას. ასე, მაგალითად, გეოდეზიის განსაკუთრებული როლი აქვს დაკისრებული სოფლის მეურნეობის შემდგომი აღმავლობისათვის. აგრონომები, რომლებიც თავიანთი ყოველდღიური საქმიანობით უშუალოდ არიან დაკავშირებული მიწათსარგებლობის საკითხების მოგვარებასთან, კარგად უნდა იცნობდნენ მინდვრის საზღვრებს, ფართობებს, საძოვრებს და სხვა სავარგულებს, ნათელი წარმოდგენა უნდა ჰქონდეთ რელიეფზე, ქარსაფარი ტყის ზოლების განლაგებაზე და სხვა. ზემოაღნიშნული საკითხების შესახებ ცნობების მიღება შეიძლება მხოლოდ კარგად შედგენილი გეგმის საფუძველზე ან სავარგულების პირადი დათვალიერებით. გარდა ამისა, აგრონომმა აქტიური მონაწილეობა უნდა მიიღოს სამიწათმომწყობო სამუშაოებში. სამელიორაციო, ნიადაგების გამოკვლევის, ქარსაფარი ზოლების წყალსატევების და სხვა პრაქტიკული საკითხების მოგვარებაში, რომლებიც დაკავშირებულია გეოდეზიურ სამუშაოებთან.

აგრონომმა კარგად უნდა იცოდეს მიწის ზომვა და პირობითი ნიშნები, ისარგებლოს სათანადო მონაცემებით და უკეთ წარმართოს სოფლის მეურნეობა.

თ ა ვ ი II

გეგმვის გამოსახვა

§ 2. ნახაზები და მათი შიხაშლება

ველზე შესრულებულ გეოდეზიურ სამუშაოთა მონაცემები უნდა დამუშავდეს კამერალურად და ბოლოს დატანილ იქნეს ქაღალდზე, ე. ი. შესრულდეს ნახაზი. ნახაზი უნდა გვაძლევდეს თვალსაჩინო წარმოდგენას ტერიტორიაზე.

ნახაზი სხვადასხვა სახისაა, რომელთა მიხედვით აგებენ შენობებს, ხიდებს, ჯებებს, წყალსადენებს და სხვ. ნახაზი არ წარმოადგენს ნახატს, იგი გვაძლევს მხოლოდ პირობით გამოსახულებას, და ისე უნდა იყოს შესრულებული, რომ ნათელი წარმოდგენა გექონდეს იმ საგნებზე, რომლებიც გამოსახულია მათზე. ნახაზი უნდა იყოს შესრულებული სწორად, მთლიანად და გარკვეულად, ე. ი. შესრულდეს არსებული წესებზე მიხედვით; ის უნდა შეიცავდეს საჭირო ცნობებს საკმარისი. რაოდენობით, კარგად უნდა იყოს გამოხატული და გაფორმებული.

ტოპოგრაფიული ნახვა გამოირჩევა ტექნიკური ნახვისაგან იმით, რომ პასზე დამატებით დატანილია პირობითი ნიშნები სხვადასხვა სავარგულსათვის. გარდა ამისა, ტოპოგრაფიულ ნახაზზე გვხვდება მრუდნახოვანი კონტურები, რომელთა ამონახვა ხდება უშუალოდ კალმით.

საჭიროა ნახაზის განმარტება წარწერით, რაც უნდა შესრულდეს ლამაზად და ნათლად. ზოგჯერ მეტი თვალსაჩინოებისათვის ნახაზები და გეგმები ფერადდება საღებავებით.

§ 3. ნახაზური ხელსაწყოები და მასალები

ქალაღი. გეგმისა და რუკის საბოლოო შედგენისათვის იყენებენ კარგ საარისხის თეთრსა და შვერივ ქალაღს. ქალაღი ადვილად უნდა იტანდეს საშლელს და ტუშით გატარებული ნახები არ უნდა განიშლეს. თუ ნახაზი სრულდება ფანქრით, მაშინ შეიძლება გამოიყენებულ იქნეს ნაკლები სიმკვრივის ქალაღი. საერთოდ, ნახაზის დანიშნულების მიხედვით საჭიროა სათანადო საარისხის ქალაღის შერჩევა.

ქალაღი უნდა შეირჩეს ნახაზის დიდხანს ხმარების საჭიროებისა და მისი მნიშვნელობის მიხედვით.

მეორეხარისხოვანი ნახაზები, გეგმები, სქემები და სხვა, რომელთა სამსახური განისაზღვრება მოკლე ხნით, შეიძლება გამოიხატოს საწერ საარისხიან ქალაღზე, თუ ის იტანს ფანქრის დაწოლას და მასზე ტუშით არ განიშლება.

ჭრილების (პროფილების) გამოსახაზავად გამოიყენება სპეციალური ქალაღი, რომელზედაც ყვითელი, ლურჯი ან მწვანე ფერებით დაბეჭდილია დეკორატიული, სანტიმეტრიანი და მილიმეტრიანი კვადრატები. ასეთ ქალაღზე ნახაზები სრულდება როგორც ფანქრით, ისე ტუშით.

ნახაზიდან ასლის გადასადებად გამოიყენება ლივი (კალკი). ლივი წარმოადგენს გამჭვირვალე გასაწოლულ ქალაღს, რომელიც ადვილად იხევა, ტყდება და იჭრება კარგად წათლილი მაგარი ფანქრით, ამიტომ ნახაზი უნდა შესრულდეს დიდი სიფრთხილით.

ნახაზის შედგენისას ქალაღს უნდა მოვეპყრათ ფაქიზად, არ დავკმუშნოთ და არ დავახვიოთ წვრილად. ნახვის დროს, ხელის შეხების ადგილას უმჯობესა დავიფინოთ უბრალო ქალაღი, ვინაიდან ხელი ოფლიანდება და სახაზავი ქალაღი გაიქონება; ასეთი გაქონილი ადგილები ტუშს არ იღებს კარგად და ნახაზის ხარისხი უარესდება. სანამ ნახაზს ტუშით შევასრულებდეთ, საჭიროა უბრალო ფანქრით შემოვხაზოთ სხვადასხვა დამხმარე ხაზი ფანქრის დაუქერლად; მათ ამოსაშლელად უნდა გამოვიყენოთ რბილი საშლელი და ამონლა ვაწარმოთ ფრთხილად.

ფანქარი. ნახაზის შესასრულებლად დაუშვებელია ქიმიური ფანქრების გამოყენება. ზუსტი ნახაზებისათვის გამოიყენება წვრილად წათლილი და შედარებით ჰგარი (3'1 ან 4'1) ფანქრები. ფანქრის წვერი უნდა გაითალოს კარგად ვალე-

სილი დანით. საბოლოოდ ფანქრის წვერის დამუშავება უნდა მოხდეს უბრალო ან ზუზუნარას ქალაღზე; გარდა ამისა, ხშირად იყენებენ ასანთის კოლოფის გვერდასაც.

სახაზავი და სამკუთხედი. ქალაღზე სხვადასხვა სახის ნახაზის შესასრულებლად გვიხდება სწორი ხაზის მონაკვეთის გატარება, რისთვისაც გამოიყენ-

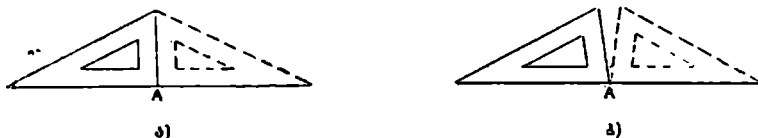


ნახ. 1.

ება სახაზავი და სამკუთხედი. სახაზავი და სამკუთხედი მზადდება კარგი ხის შერქნის, ცელულოიდისა და ლითონისაგან.

ტოპოგრაფიული გეგმისათვის გამოიყენება სახაზავი სიგრძით 60—70 სმ და სიგანით 5—6 სმ; სამკუთხედი უნდა იყოს მართკუთხა, რომლის კათეტები დაახლოებით 15 და 20 სმ-ის სიგრძისაა.

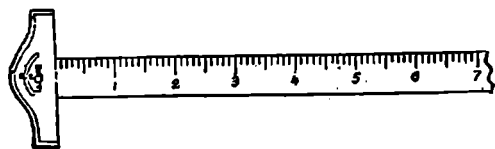
სახაზავისა და სამკუთხედის გვერდები უნდა წარმოადგენდეს სწორ ხაზებს და სამკუთხედის ერთი კუთხე უნდა იყოს მართი. ეს მოთხოვნები სახაზავ-



ნახ. 2.

ვისა და სამკუთხედის მიმართ უნდა შემოწმდეს. შემოწმებები ტარდება შემდეგი თანმიმდევრობით: ქალაღზე აღნიშნულ ორ წერტილს უნდა შეუთავსდეს სახაზავის შესამოწმებელი გვერდი და გატარდეს ხაზი, შემდეგ უნდა შემობრუნდეს სახაზავი შესამოწმებელი გვერდის ირგვლივ 180° -ით, შეუთავსდეს იმავე წერტილებს და იქვე გატარდეს ხაზი. თუ ორჯერ გატარებული ხაზი დაემთხვა ერთმანეთს, პირობა შესრულებულია (ნახ. 1 ა), ხოლო, თუ არ დაემთხვა (ნახ. 1 ბ) — სახაზავი გამოუსადეგარია.

ასეთივე წესით მოწმდება სამკუთხედის გვერდებიც. სამკუთხედში მართი კუთხის შესამოწმებლად უნდა გატარდეს სწორი ხაზი, მასზე არჩეული უნდა



ნახ. 3.

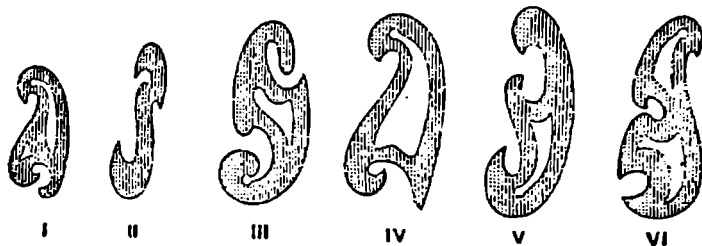
იქნეს A წერტილი, რომელსაც უნდა შეუთავსდეს შესამოწმებელი კუთხის წვერო, ხოლო ერთ-ერთი კათეტი დაემთხვეს ქალაღზე გატარებულ სწორ

ხაზს. ასეთ მდგომარეობაში სამკუთხედის მეორე კათეტი მიმართულდება ტარდება ხაზი, შემდეგ უნდა შემობრუნდეს სამკუთხედი მეორე კათეტის ირგვლივ 180° -ით და ისეთივე თანმიმდევრობით უნდა გატარდეს მეორე კათეტის გვერდზე სწორი ხაზი. თუ აღნიშნული ხაზები დაემთხვა ერთმანეთს, პი-

რეზა შესრულებულია (ნახ. 2 ა), ხოლო თუ მათ შორის შეიქმნება კუთხე (ნახ. 2 ბ), პირობა დარღვეულია. სამკუთხედისა და სახაზავის საშუალებით შეიძლება გატარდეს პარალელური, ურთიერთპერპენდიკულარული და სხვადასხვა კუთხით დახრილი ხაზები.

თუ ნახაზის შესრულებისას ხშირად გვეკირდება პარალელური ან პერპენდიკულარული ხაზების გატარება, უმჯობესია გამოყენებულ იქნეს რეიშინა (ნახ. 3).

მრუდთარგები (ლექალოები). ნახაზების შესრულებისას ხშირად საჭიროა ცვლადი სიმრუდის ხაზების აგება, რისთვისაც გამოიყენება მრუდთარგების კრებული (ნახ. 4). მრუდთარგები მზადდება ცელულოიდისა ან ხისაგან.



ნახ. 4.

მასშტაბის სახაზავი. როდესაც გეგმაზე დიდი სიზუსტით არის დასატანი ხაზის მონაკვეთი, მაშინ გამოიყენება მასშტაბის სახაზავი. მასშტაბის სახაზავზე შრომის (ციკკულის) საშუალებით ზუსტად იღება მონაკვეთი შესადგენი გეგმის მასშტაბის მიხედვით და შემდეგ გადაიტანება გეგმაზე ან სხვა ნახაზზე. მასშტაბის სახაზავი მზადდება ლითონისაგან.

სახაზავი დაფა. იმისათვის, რომ მოხერხებული იყოს ხაზვა, არ დაიკუმუქნოს ქაღალდი და ხაზები გატარდეს დაუმახინჩებლად, საჭიროა სახაზავი დაფის გამოყენება. სახაზავი დაფა, რომელზედაც ქაღალდი მაგრდება, უნდა წარმოადგენდეს სიბრტყეს ყოველგვარი უსწორმასწორობის გარეშე. დაფა უნდა დამზადდეს სავეებით გამოშრალი ხის მასალისაგან, დაფის ზედაპირი კარგად უნდა იქნეს მოშანდაკებული და ინახებოდეს მშრალ ადგილას.

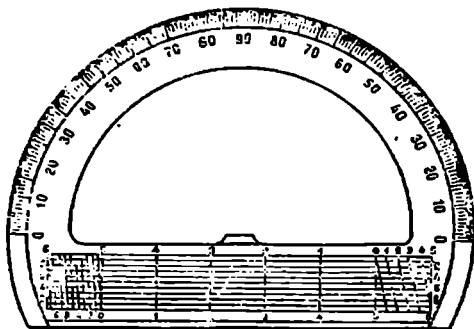
ტუში. ნახაზის დიდი ხნით შენახვისათვის საჭიროა ფანქრით ამოხაზულ ნაწილებზე ტუშის გადატარება. ამ სამუშაოს შესასრულებლად ხმარობენ როგორც კალამს, ისე ხაზკალამს (რუისფედერს).

ხაზვისათვის უკეთესია ფაბრიკული წესით დაზადებული ტუშის გამოყენება, რომელიც შეიძლება იყოს სხვადასხვა ფერის: შავი, წითელი, ლურჯი, ყვითელი, მწვანე და სხვ. გარდა ამისა, გამოიყენება ჯონსიეზური ტუშიც, რომლის დამზადება თვით მხაზველსაც შეუძლია ტუშის მცირე რაოდენობის თბილ წყალში გახსნით.

ტრანსპორტირი. ხაზხეზვის სხვადასხვა კუთხის ასაგებად გამოიყენება ტრანსპორტირი. იგი წარმოადგენს ნახევარწრედს, რომელზედაც დატანილია გრადუსული დანაყოფები (ნახ. 5).

ტრანსპორტირის ქვედა ნაწილში დატანილია მასშტაბის სახაზავი. ტრანსპორტირით კუთხეების აგება შესაძლებელია 0°-დან 360°-მდე. ტრანსპორტირის ლითონისაგან ამზადებენ.

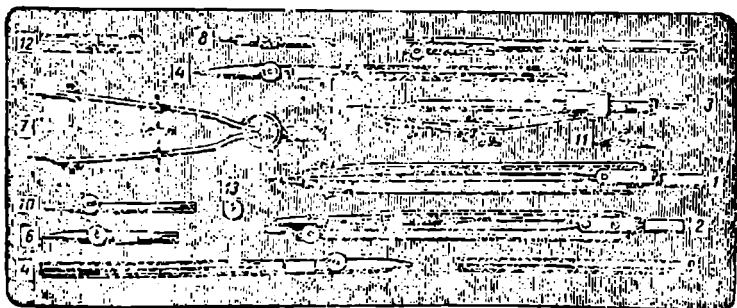
სახაზარი (საფარგლე). სახაზარი ეწოდება კარგად მოპირკეთებულ და შესაბამისი ბუდეებით მოწყობილ ყუთს. რომელშიც მოთავსებულია ხაზვი-



ნახ. 5.

სათვის საჭირო ხელსაწყოები — ხაჯალამი, ფარგალი და სხვა (ნახ. 6). ყველა იარაღი და სახაზავი მოითხოვს ფაქიზად მოპყრობას. სახაზარის ხელსაწყოები ხმარების შემდეგ კარგად უნდა გაიწმინდოს თხელი ნაჭრით და მოთავსდეს შესაბამის ბუდეში; დანით ან სხვა რომელიმე მაგარი საგნით ხაჯალამიდან

ტუმის გაცლა დაუშვებელია. უმჯობესია გაწმენდა წარმოებდეს სველი და



ნახ. 6.

შემდეგ მშრალ ნაჭრით, ვრნიდან სახაზავი ხელსაწყოები სინესტეს ვერ იტანენ.

საღებავები და ფუნჯები. ნახაზების თვალსაჩინოებისა და ლამაზი გაფორებისათვის საჭიროა სხვადასხვა ფერის წყალსაღებავი. ნახაზზე წყალსაღებავის დატანას ფუნჯების საშუალებით ახდენენ: ტოპოგრაფიულ გეგმაზე იღიბიბა ჰიდროგრაფიული ელემენტები, ტყეები, ბაღები და სხვ. შეღებვა უნდა წარმოებდეს ფრთხილად. ნახაზზე საღებავის თანაბარი ფენის მისაღებად საჭიროა სახაზავი დაფა დაეხაროთ ჩვენსკენ; საღებავი დაეიტანოს შესაღები კონტურის ზედა ნაწილზე და ფუნჯის ნელი მოძრაობით, ზევიდან ქვევით, საღებავის წვეთი დაეცუროთ ნახაზზე. ასეთი თანმიმდევრობით საღებავი დაეფინება ქალაღზე თანაბრად და არ აპრელდება.

§ 4. მხიჯი და ნახაზი

რთული ნახაზების აგებამდე, გაურკვევლობისა და მოულოდნელი ცდომილების თავიდან ასაცილებლად, საჭიროა შედგეს სქემატური ნახაზი, ანუ

ესკიზი. ესკიზი წარმოადგენს მომავალი ნახაზის გამოსახულებას; მასზე აღინიშნება ხაზების სიგრძეები, ხაზებს შორის კუთხეები (თუ ისინი მოცემულია ნახაზისათვის), დიამეტრები და სხვა სიდიდეები, რომლებიც აუცილებელია ნახაზის აგებისათვის. ესკიზი იმით განსხვავდება ნახაზისაგან, რომ ესკიზზე არ არის დატული ზომის სიდიდე, ის წარმოადგენს მომავალი ნახაზის სტემატურ სახეს და ღიდ დანმარებას უწევს მხაზეელს ნახაზის სწორად და უშეცდომოდ შესრულებაში.

წარწერები ნახაზზე. ნახაზების ცალკეული ელემენტების დანიშნულებათა, ხასიათისა და სიზუსტის ამოსაკითხავად აუცილებელია მკაფიო წარწერები. წარწერებისათვის ძირითადად გამოყენებული უნდა იქნეს ქართული მთავრული და ნუსხური შრიტები (ნახ. 7). ასოები უნდა იყოს თანაბარი სისქისა

ა ბ გ დ ე ვ ზ თ ი კ ლ მ ნ ო პ

ჟ რ ს ტ უ ფ ქ ლ ყ მ რ ს კ მ წ ჭ

ხ ჯ ჰ დ მ ი მ ბ ე უ ზ რ ღ

ა ბ გ დ ე ვ ზ თ ი კ ლ მ ნ ო პ ჟ რ ს ტ უ ფ ქ ლ

ყ მ რ ს კ მ წ ჭ ჰ ჯ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 №

ა ბ გ დ ე ვ ზ თ ი კ ლ მ ნ ო პ ჟ რ ს ტ უ ფ ქ ლ ყ მ რ ს კ მ წ ჭ ჰ ჯ

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 №

ნახ. 7.

და დახრილი მარჯვნივ თარაზული ხაზიდან 75°-ით. დანიშნულების მიხედვით წარწერის (ასოების) სიდიდე შეიძლება იყოს სხვადასხვა. საერთო წესით, ასოების სიგანე უნდა იყოს მათი სიმაღლის 2/3, გარდა იმ ასოებისა (დ, ზ, თ, ლ, ო, ტ, უ, ფ, რ, ღ, ჰ), რომელთა სიგანე სიმაღლის ტოლია.

დასაშვებია სხვა მარტივად და ლამაზად შესრულებული შრიფტების გამოყენებაც.

ნახაზების გამრავლება. ერთი და იმავე ნახაზის რამდენიმე ეგზემპლარად მიღებისათვის ადგენენ ერთ ნახაზს და მისგან გადაიღებენ რამდენიმე პირს. ნახაზიდან პირის გადაღების ყველაზე კარგი, ზუსტი და სწრაფი საშუალებაა ფოტოგრაფირება ან ლურჯი ანაბეჭდების მიღება. თუ მხოლოდ ერთი ან ორი პირია საჭირო, გამოიყენება ლივი. ლივს, როგორც გამკვირვალე ქაღალდს, მოათავსებენ ნახაზზე და მასზე დაიტანენ ნახაზის გამოსახულებას.

ნახაზის გასადიდებლად ან შესამკირებლად პანტოგრაფს იყენებენ.

§ 5. ტოპოგრაფიული პირობათი ნიშნები

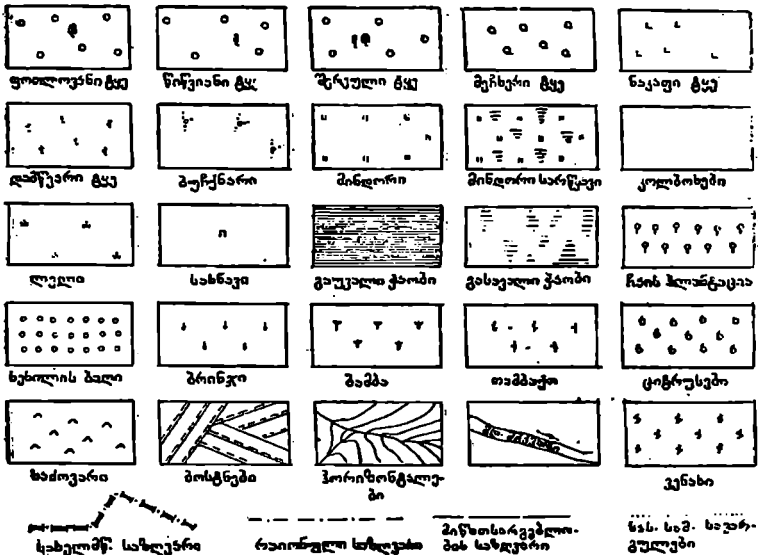
ყოველი გეგმა ან რუკა უნდა წარმოადგენდეს ადგილმდებარეობის ნამდვილ გამოსახულებას. ის საგანი, რომელიც თვალსაჩინოდ გამოისახება ველზე,

ასევე უნდა გამოირჩეოდეს გეგმაზეც. ასეთი თვალსაჩინოება გეგმაზე გადა-
აქვთ პირობითი ნიშნების შერჩევით.

რუკაზე პირობითი ნიშნებით გამოისახება ფიზიკურ-გეოგრაფიული ფაქი-
სებურებანი, ბუნებრივი და ისტორიული. მაჩვენებლები, დასახლებული პუნქ-
ტები, გზები, კავშირგაბმულობის ნაგებობები, გადაღებული რაიონის სამრეწ-
ველო და სასოფლო-სამეურნეო მაჩვენებლები; კულტურული მშენებლობები,
ადმინისტრაციულ-პოლიტიკური მიღწევები და სხვ. ყველა ეს ელემენტი
ტოპოგრაფიულ რუკაზე გვაძლევს რთულ და მრავალფეროვან დატვირთვას.
ამასთან დაკავშირებით, გეგმასა და რუკას, სიზუსტის გარდა, უნდა ახასია-
თებდეს თვალსაჩინოება.

პირობითი ნიშნები ძირითადად სამი სახისაა: 1. კონტურული, ანუ მასშ-
ტაბში გამოისახული; 2. მასშტაბგარეშე და 3. რელიეფის გამომსახველი.

კონტურული. ეს პირობითი ნიშანი ინარჩუნებს გადაღებული ფიგურის
მსგავსებას, მაგალითად, დიდი შენობები, სახნავეები, ტყეები, შინდერები,
ტბები და სხვ. საერთოდ, ყველა ის ობიექტი, რომლებსაც უჭირავს საჭიაროდ



ნ. 8.

დიდი ფართობი მოცემულ მასშტაბში, გამოისახება რუკებზე თარაზულ პრო-
ექტიაში კონტურული პირობითი ნიშნებით (ნახ. 8).

მასშტაბგარეშე. პირობითი ნიშნებს მიეკუთვნება ისეთები, რომლებიც
ობიექტების მსგავსი არიან, მაგრამ არ გამოისახებიან მასშტაბში. მაგალი-
თად, რკინიგზები, კომუნიკაციური ბოძები, გზის მაჩვენებლები, ქარხნის მი-
ლები, კეები, წყაროები, ძეგლები და სხვ.

რელიეფის გამომსახველ პირობითი ნიშნად მიღებულია ჰორიზონტალები.
ჰორიზონტალი წარმოადგენს მრუდ უწყვეტ ხაზს, რომელიც აერთებს დონებ-

რევი ზედაპირიდან ერთსა და იმავე სიმაღლეზე მყოფ წერტილებს. ძირითადად პირობითი ნიშნების გარდა არსებობს კიდევ განმმარტებელი ნიშნები, რომლებსაც ფართო გამოყენება აქვთ თანამედროვე ტოპოგრაფიულ რუკებზე. მაგალითად, ტყის სივრცეების შესწავლის დროს ტოპოგრაფიულმა რუკამ განმმარტებელი ნიშნებით უნდა მოგვეცეს პასუხი ტყის ჭიშხე, სიხშირეზე, ხნოვანებაზე და სხვ.

შიდასამეურნეო მიწათმოწყობის გეგმების შედგენის შემდეგ საჭიროა ცალკეული საეარგულების გაფერადება. გაფერადება უნდა ხდებოდეს (წყალსაღებავების) შვიდი ფერით: 1. ლურჯი (ლაქვარდი), 2. წითელი (ჯარმინი). 3. მიხაკისფერი (მწვარი სიენა), 4. ყვითელი (გუმბუტტი); 5. ღია წითელი (სურინჯი), 6. მუქი მიხაკისფერი (სეფია) და 7. ღია მწვანე (ვერდიტერი). საღებავები იხმარება სუფთა ან ნარევის სახით. ასე, მაგალითად: 1. საზღვრებ (მომიჯნე) იღებება წვრილი ზოლით; 2. გზები, ქუჩები, მოედნები, რომლებზედაც არ არის დატანილი ხელოვნური საფარი, იღებება სეფიის ხსნარით; 3. საკარმიდამო ადგილები და ბოსტნები იღებება მუქი მწვანე ფერით, ლაქვარდისა და გუმბუტტის ნარევი ხსნარით; 4. მიწდერის თესლბრუნვის სახნავეები იღებება სიენის სუსტი ხსნარით; 5. ბოსტნის თესლბრუნვის სახნავეები იღებება ბოსტნების ფერით; 6. მიწდერი-სათიბი იღებება ღია მწვანე ფერით გუმბუტტთან მცირე ლაქვარდის ნარევით; 7. საძოვარი იღებება ნაცრისფერ საღებავით, რომელიც მიიღება ლაქვარდში შავი ტუშის გარევით; 8. ტყეები იღებება მწვანე საღებავებით; 9. ჭაობები იღებება ლაქვარდის სუსტი ხსნარით; 10. მდინარეები, არხები, ტბები იღებება სუსტი ლურჯი ფერით; 11. ბაღები იღებება ყვითელი ფერის საღებავით.

წყალსაღებავებზე გაფერადება არ არის ადვილი შესასრულებელი. ამისათვის საჭიროა ხელის გავარჯიშება. საეარჯიშოდ გამოყენებული უნდა იქნეს სამი ძირითადი ფერი: წითელი, ლურჯი და ყვითელი, რომლებითაც უნდა გაფერადდეს კვადრატები ან სწორკუთხედები, შემდეგ კარგად უნდა იქნეს შესწავლილი პირობითი ნიშნები და რელიეფის ფორმები. საბოლოოდ, სერიოზული ყურადღება უნდა მიექცეს ხელის გავარჯიშებას შრიტების წერაში. რომ გამოძეშვებულ იქნეს ჩვევები ლამაზი წარწერების შესასრულებლად.

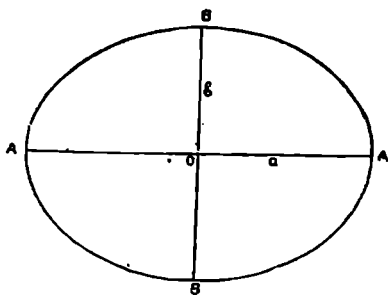
თ ა ვ ი III

ადგილმდებარეობის ჰორიზონტალური აგზგვა

§ 6. დედაპირის სახეები და ხიდიდგვა

თანამედროვე განსაზღვრით, დედაპირის სახედ (ფორმად) მიღებულია გეოიდი. გეოიდი წარმოადგენს დახურულ (შეკრულ) სხეულს, რომელიც მიიღება ოკეანის დონებრივი ზედაპირის (მისი წყნარ, მდგომარეობაში ყოფნის დროს) წარმოდგენითი გაგრძელებით კონტინენტის ქვეშ. გეოიდი რთული და არამათემატიკური ფიგურაა, რომელიც ჭერ კიდევ მთლიანად არ არის შესწავლილი, რის გამოც დედაპირის ფორმად პრაქტიკულად მიღებულია ელიფსოიდი; იგი ძალზე ახლო დგას თავისი სახით გეოიდთან. დედაპირის ელიფსოიდი მიიღება ელიფსის ბრუნვით RII (ნახ. 9) ლერძის ირგვლივ. ელიფსი ხასიათდება ორი ურთიერთაერანდიკულარული AA და BB ლერძით, რომელთაც შესაბამისად დიდი და პატარა ლერძები ეწოდება; ხოლო OA და OB სიდი-

დებს ნახევარღერძები და, ჩვეულებრივ, აღინიშნებიან a და b ასოებით (a დიდი ნახევარღერძია და b — პატარა ნახევარღერძი).



ნახ. 9.

ნახევარღერძების სხვაობის შეფარლებას დიდ ნახევარღერძთან ელიფსის შეკუმშულობა ეწოდება, ე. ი. თუ შეკუმშულობას აღვნიშნავთ $a-b$ -ით, მივიღებთ

$$a = \frac{a-b}{a} \quad (1)$$

რაც ნაკლებია შეკუმშულობა, მით ნაკლებად გადაიხრება ელიფსი წრეხაზისაგან.

ელიფსოიდის სიდიდეები (ზომები) ხასიათდებიან თავიანთი ნახევარღერძითა და შეკუმშულობით. ამ სიდიდეების განსაზღვრა დედამიწის ელიფსოი-

დისათვის წარმოადგენს უმაღლესი გეოდეზიის ამოცანას.

სსრ კავშირში მიღებულია დედამიწის ელიფსოიდის ზომები, რომლებიც გამოიანგარიშა საბჭოთა მეცნიერმა პროფ. ფ. ნ. კრასოვსკიმ (ცხრილი 1).

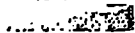
ამ მონაცემებიდან ჩანს, რომ დედამიწის ელიფსოიდის შეკუმშულობა ძალიან მცირე სიდიდეა, დაახლოებით 1:300. ამისათვის ბევრი პრაქტიკუ-

ლი საკითხის გადასაწყვეტად დედამიწის ელიფსოიდი შეგვიძლია მივიჩნიოთ სფეროდ, რომლის საშუალო რადიუსი ტოლია 6371 კმ-ისა.

ბურთისებური ზედაპირის გამოსახულება დაუმახინჯებლად შეიძლება მხოლოდ ბურთისებურ ზედაპირზე (გლობუსზე), ხოლო მისი სიბრტყეზე დაუმახინჯებლად გამოსახვა შეუძლებელია. ამრიგად, დედამიწის ზედაპირის ნაწილი, რომელიც უნდა გამოისახოს გეგმაზე ან რუკაზე, ნაწილობრივ დამახინჯებულია, მაგრამ, თუ ავიღებთ დედამიწის ზედაპირის მცირე ნაწილს, რომლის სიგრძე არ აღემატება 50 კმ-ს (რადიუსით 25 კმ), ის შეგვიძლია მივიჩნიოთ სიბრტყედ და სხვა სიბრტყეზე (ქალაქზე) გადატანისას პრაქტიკულად დაუმახინჯებელია. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ეს წესი არ ვრცელდება დედამიწის ზედაპირზე სხვადასხვა წერტილის სიმაღლეების განსაზღვრის დროს, ენაიდან 300-მეტრიან მონაკვეთზეც კი დედამიწის სიბრტყედ ახდენს საგრძნობ გაველნას.

§ 7. დონეზონის ზედაპირი და გაჯომვების ძირითადი ხმარება

ზედაპირს, რომელზედაც ყველა წერტილი იმყოფება ერთსა და იმავე სიმაღლეზე, დონებრივი ზედაპირი ეწოდება. ასეთ ზედაპირს წარმოადგენს ოკეანის ზედაპირი მის წყნარ მდგომარეობაში ყოფნის დროს. თუ ასეთ ზედაპირს წარმოვიდგინოთ გარბელებულს კონტინენტის ქვეშ, მაშინ დედამიწის



ზედაპირის სხვადასხვა წერტილი სხვადასხვა სიმალით იქნება განლაგებული მისგან (ნახ. 10). მანძილს, დონებრივი ზედაპირიდან დედამიწის ზედაპირის რომელიმე წერტილამდე შვეული მიმართულებით, აბსოლუტური სიმაღლე ეწოდება და აღინიშნება H -ით. მაგალითად, A , B , C და D წერტილების შესაბამისი აბსოლუტური სიმაღლეებია H_A , H_B , H_C და H_D .

პრაქტიკული საკითხების გადასაწყვეტად საჭიროა ვიცოდეთ წერტილებს შორის აწილებები, ე. ი. თუ რამდენად მაღლა ერთი წერტილი მეორეზე ან, პირიქით, ამისათვის საკმარისია ვიცოდეთ ამ წერტილების აბსოლუტური სიმაღლეები, რომელთა სხვაობა მოგვცემს h ამაღლებას.

მაგალითად, B წერტილის ამაღლება A წერტილისადმი გამოისახება ტოლობით

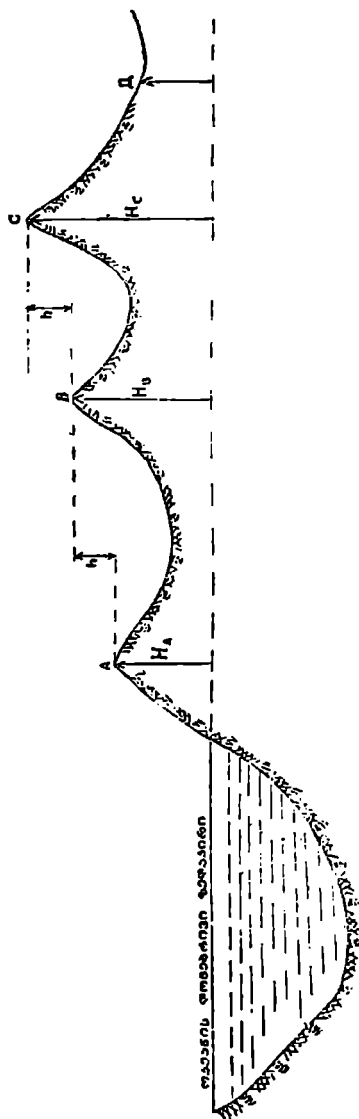
$$h = H_B - H_A \quad (2)$$

თუ ცნობილია ერთი წერტილის აბსოლუტური სიმაღლე და ამ წერტილიდან გავზომეთ ამაღლება მეორე წერტილამდე, ადვილად შეგვიძლია განესაზღვროთ მეორე წერტილის აბსოლუტური სიმაღლე ტოლობით

$$H_B = H_A \pm h \quad (3)$$

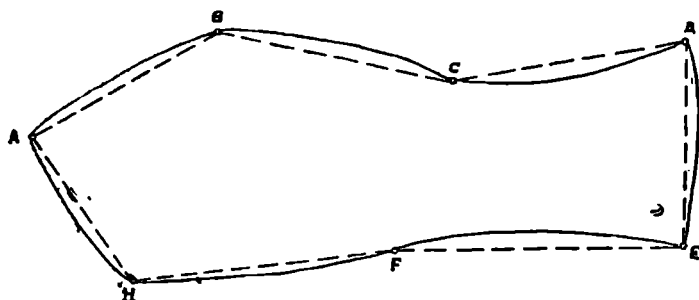
უკანასკნელ ტოლობაში h ამაღლებას წინ უწერია \pm ნიშანი, ვინაიდან ის შეიძლება იყოს დადებითი და უარყოფითი. მაგალითად, თუ B წერტილი მაღლაა, ვიდრე A წერტილი, მაშინ ამაღლება იქნება პლუს ნიშნით, ხოლო, თუ პირიქითაა, მიიღეს ნიშნით.

ყველა გაზომვა დედამიწის ზედაპირზე ტარდება იმ მიზნით, რომ დამყარდეს კავშირი სხვადასხვა წერტილსა და ხაზს შორის. თუ წარმოვიდგინებთ მთელი თავისი სირთულით დედამიწის ზედაპირს, რომელიც შედგება უასრულო წერტილებისაგან, ადვილად დავრწმუნდებით, რომ მისი გადაღება ან



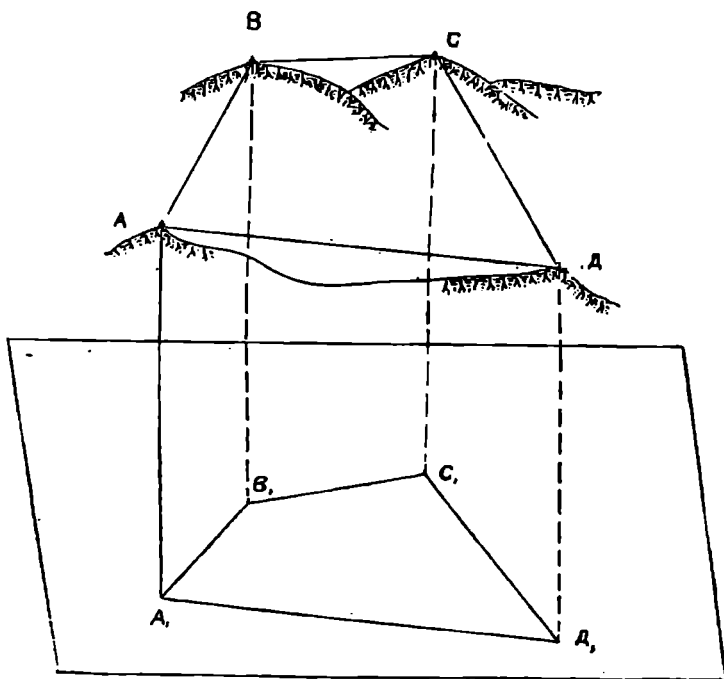
ნახ. 10.

წერტილებს შორის კავშირის დამყარება პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამისათვის გეოდეზიური გადაღებების წარმოების დროს კმაყოფილებიან განსაზღვრული რაოდენობის წერტილებით, რომლებიც შეირჩევა დამახასიათებელი



ნახ. 11.

ადგილებსათვის. მაგალითად, თუ გადასაღებია მიწის ნაკვეთი, ჯერ გაზომევენ მის საზღვრებს და შემდეგ საზღვრებს შორის მოთავსებულ დეტალებს (სი-



ნახ. 12.

ტუაცია). საზღვრების გადაღების დროს ყოველგვარი მრუდი ხაზი მიღებულ იქნა იქნეს უწყისო მრავალკუთხედად განსაზღვრული რაოდენობის წვერო-

ებიანა და სწორი ხაზებით (ნახ. 11). ასეთივე წესით, საზღვრების შიგ მოთავსებულ კონტურებს მრული ხაზებიდან გადაიყვანენ დაახლოებით სწორხაზოვან მონაკვეთებზე და აწარმოებენ მათ გადაღებას. სიმაღლეების განსაზღვრავ წარმოებს მხოლოდ დამახასიათებელ წერტილებზე, რის შედეგადაც ჩაატარებენ რელიეფის ხაზვას.

დედამიწის ზედაპირზე წარმოებული ყველა სახის გაზომვა გადატანილი უნდა იქნეს ელიფსოიდზე ან თარაზულ სიბრტყეზე; ამისათვის გაზომვებს აწარმოებენ ისეთი ხერხით, რომ მათი დაგეგმარება ელიფსოიდის ზედაპირზე ან თარაზულ სიბრტყეზე შესრულდეს ადვილად. მაგალითად, თუ მიწის A, B, C, D ნაკვეთი (ნახ. 12) იმყოფება დედამიწის ზედაპირის სხვადასხვა სიმაღლეზე (დახრილია თარაზულ სიბრტყესთან), მაშინ გაზომვებს აწარმოებენ ისე, რომ ქალაღზე (სიბრტყეზე) მიღებულ იქნეს თარაზული A_1, H_1, C_1 და D_1 გეგმილები.

როგორც ნათქვამიდან ჩანს, გაზომილმა მანძილებმა და კუთხეებმა უნდა განიცადონ გარკვეული ცვლილებები და გარდაიქმნან თარაზულ გეგმილებად: მაგ., გაზომილი მანძილები — თარაზულ მანძილებად და სიერცობრივი კუთხეები — თარაზულ კუთხეებად. აქედან დასკვნა: გეოდეზიური სამუშაოების წარმოების დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს მანძილებისა და კუთხეების გაზომვას. სიმაღლეების განსაზღვრის დროსაც იზომება ან ვერტიკალური ხაზები, ან ვერტიკალური კუთხეები, რომელთა გამოყენებით იანგარიშება ჭერ ამალეებები და შემდეგ აბსოლუტური სიმაღლეები.

§ 8. გაღაღების ხაზეები

ტერიტორიის გადაღებისათვის ძირითადად არსებობს სამი სახე: 1. პორიზონტალური, 2. ვერტიკალური და 3. ტოპოგრაფიული. პორიზონტალური გადაღების დროს, რომელსაც სოფლის მეურნეობაში ხშირად იყენებენ, მიიღება დედამიწის ზედაპირის მონაკვეთის თარაზული პროექცია საზღვრებისა და კონტურების ჩვენებით; ასეთ გეგმაზე არ არის ნაჩვენები რელიეფი, მაგრამ კონტურებს შორის ურთიერთგანლაგება მაღალი სიზუსტითაა ნაჩვენები.

ამრიგად, პორიზონტალური გადაღების დროს გეგმაზე ზუსტად დაიტანება ყველა კონტური, მათა ურთიერთგანლაგება დაკულია და არ არის მონაცემები წერტილების სიმაღლეების ურთიერთგანლაგებაზე, ანუ რელიეფზე. ხშირად, პრაქტიკული მოთხოვნები, მათ შორის სამელიორაციო სამუშაოები და ნიადაგების გამოკვლევები, გვიყარანახებენ დედამიწის რელიეფის ზუსტ ადგენვას, სხვადასხვა წერტილს შორის სიმაღლეთა სხვაობების ზუსტ განსაზღვრას. ასეთი სახის ადგენვის წარმოებას ვერტიკალური გადაღება, ანუ ნიველირება ეწოდება.

პორიზონტალური და ვერტიკალური ადგენვა ცალცალკე გვაძლევს შედარებით შეზღუდულ და ცალმხრივ წარმოდგენას ტერიტორიაზე; გარდა ამისა, ასეთი გადაღების წარმოება ცალ-ცალკე ეკონომიურადაც არახელსაყრელია. საერთოდ, გამომუშაებულთა გადაღების ისეთი სახე, სადაც პორიზონტალური და ვერტიკალური გადაღება წარმოებს ერთდროულად ერთსა და იმავე გეგმაზე. ასეთი სახის გადაღებას ტოპოგრაფიული გადაღება ეწოდება.

§ 9. ცნობები გეგმის, რუკისა და პლანის შესახებ

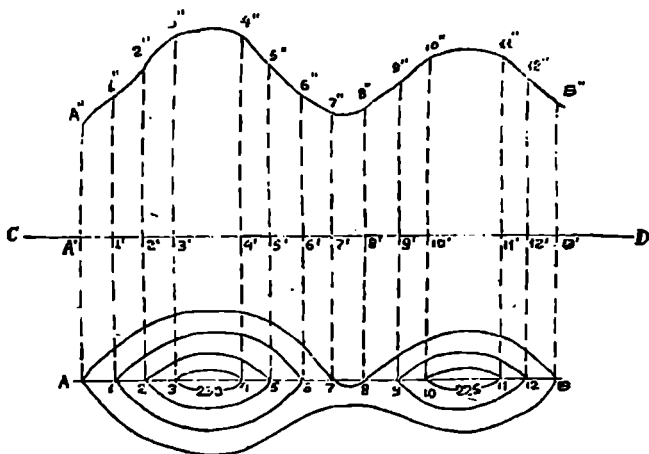
როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, დედამიწას აქვს ბრუნვის ელიფსოიდის სახე და მისი გაშლა სიბრტყეზე დაუმახინჯებლად შეუძლებელია.

თუ ავიღებთ ფართობს, დაახლოებით 20—25 კმ-ის რადიუსით, ის შეგვიძლია შევიჩინოთ სიბრტყედ, რომლის გადატანის დროს გვეგმაზე დამახინჯებები იმდენად მცირე იქნება. რომ პრაქტიკულად შეიძლება მათი უგულვებელყოფა. დედამიწის ზედაპირის მცირე ჰონაკვეთის თარაზული გეგმილის შემცირებული და მსგავსი სახით გამოსახულებას ქალაქზე გეგმა ეწოდება. გეგმის ყველა ნაწილში მასშტაბი (გეგმის შემცირების ხარისხის მაჩვენებელია) მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს.

დიდი ფართობისა და მათ შორის ცალკეული მატერიკების ან მთლიანად დედამიწის ზედაპირის გამოსახულება სიბრტყეზე, დედამიწის სიმრუდის გამო. გაცილებით უფრო რთულ აპოცანას წარმოადგენს, ვიდრე გეგმის შედგენა. დიდი ფართობის გადატანა დედამიწის ზედაპირიდან სიბრტყეზე წარმოებს სხვადასხვა პროექციაში, რომელსაც სპეციალური დისციპლინა—მათემატიკური კარტოგრაფია შეისწავლის. როგორ პროექციაშიც არ უნდა იყოს გადატანილი დედამიწის დიდი ფართობი სიბრტყეზე (ქალაქზე), მასში მაინც დაშვებული იქნება გარკვეული სახის დამახინჯებები, რომელთა აცდენა შეუძლებელია.

დედამიწის ცალკეული ტერიტორიის ან მთლიანად დედამიწის ზედაპირის ქალაქზე შემცირებულ გამოსახულებას (დედამიწის სიმრუდის გათვალისწინებით) რუკა ეწოდება. რუკის სხვადასხვა ნაწილში მასშტაბი ცვალებად სიდიდეს წარმოადგენს. ადგილმდებარეობის ვერტიკალური კრილის გრაფიკულ გამოსახულებას პროფილი ეწოდება.

პროფილის შედგენა საჭიროა გზების, გვირაბებისა და სხვა გრძივი მიმართულების ნაგებობისათვის. პროფილის აგება შეიძლება დედამიწის ზედაპირზე გეოდეზიური სამუშაოების ჩატარების შედეგად მიღებული და დამუშავე-



ნახ. 13.

ბული მასალების საფუძველზე; პროფილის შედგენა შეიძლება პორიზონტალეზიანი გეგმის მასალების მიხედვითაც.

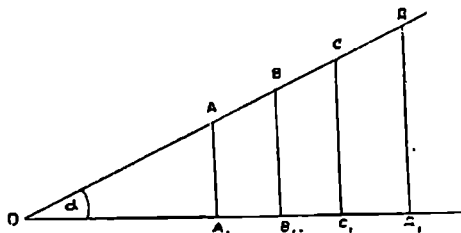
* პორიზონტალეზის განმარტება და პორიზონტალეზიანი გეგმების განხილვა მოცემულია 88-ე პარაგრაფში.

პროფილის აგება ხდება რომელიმე გარკვეული მიმართულების მიხედვით. მაგალითად, თუ მოცემულია ჰორიზონტალური გეგმა, რომლის მიხედვით უნდა აიგოს პროფილი AB მიმართულებით (ნახ. 13), მაშინ გეგმაზე აღნიშნავენ AB მიმართულებას და ამ მიმართულების გადაკვეთას $A, 1, 2, \dots, 12, B$ ჰორიზონტალურად; გახაზავენ ქალაქზე CD ხაზს, რომელზედაც გადაზომავენ შოშით $A-1, 1-2, 2-3, \dots, 12-B$ მანძილებს და აღნიშნავენ $A'-1', 1'-2', 2'-3', \dots, 12'-B'$. $A', 1', 2', \dots, 12', B'$ წერტილებიდან გადაზომავენ შეუღლი მიმართულებით სიმაღლეებს, რომლებსაც დებულობენ ჰორიზონტალუბის მიხედვით და მიიღებენ $A'', 1'', 2'', \dots, 12'', B''$ წერტილებს. ამ წერტილების შეერთება გამოასახავს პროფილს AB მიმართულებით. წერტილების შეერთება უნდა მოხდეს არა ტეხილი, არამედ მრუდი ხაზებით, რისთვისაც უნდა დავეუქვირდეთ რელიეფს. ასე, მაგალითად, $3''$ და $4''$, $10''$ და $11''$ წერტილები შესაბამისად ერთ სიმაღლეზე იმყოფებიან, მაგრამ ისინი გამოხატავენ ჰორიზონტალუბით პატარა მწვერვალებს, რომელთა შორის მონაკვეთები უნდა გამოისახოს ამოხნევილი მრუდებით, ხოლო $7''$ და $8''$ წერტილებს შორის მონაკვეთი — ჩანჩქილი მრუდით.

პროფილის თვალსაჩინოებისათვის სიმაღლეებს გადაზომავენ უფრო მსხვილ მასშტაბში, ვიდრე გეგმის მასშტაბს. მიღებულია, რომ ვერტიკალური მასშტაბი ათჯერ მეტი უნდა იყოს ჰორიზონტალურ მასშტაბზე. მაგალითად, თუ გეგმა შედგენილია 1:5000 მასშტაბში, ვერტიკალური მასშტაბი პროფილისათვის უნდა იყოს 1:500 და ა. შ.

§ 10. მახვილი კუთხის ტრიგონომეტრიული ფუნქციები

გეოდეზიურა სამუშაოების თეორიული და პრაქტიკული საკითხების გადასაწყვეტად ფართოდ იყენებენ ტრიგონომეტრიულ ფუნქციებს. ყოველ მახვილ კუთხეში (ნახ. 14) შეიძლება შევნიშნოთ შემდეგი თვისება: თუ ერთ-ერთ გვერდზე ავიღებთ ნებისმიერი რაოდენობის A, B, C, D, \dots წერტილებს და მის მეორე გვერდზე დავუწევებთ პერპენდიკულარებს $A_1, B_1, C_1, D_1, \dots$ წერტილებზე, მაშინ შეიქმნებიან $OA_1A, OB_1B, OC_1C, \dots$ მართკუთხა სამკუთხედები, რომლებიც ერთმანეთის მსგავსია და მათზე გავრცელდება მართკუთხა სამკუთხედებში შესაბამისი გვერდების შეფარდების ტოლობა, ე. ი. შეგვიძლია დავწეროთ, რომ



ნახ. 14

$$\frac{AA_1}{OA} = \frac{BB_1}{OB} = \frac{CC_1}{OC} = \frac{DD_1}{OD} \text{ და ა. შ.}$$

ეს შეფარდებები დამოკიდებული არიან α (ბერძნული ანბანის პირველი ასო „ალფა“) კუთხის სიდიდეზე და მათ ამ კუთხის სინუსი ეწოდება, რაც აღინიშნება შემოკლებული სიმბოლოთი $\sin \alpha$.

* მასშტაბის განმარტება მოცემულია V თავში (§ 45).

ამრიგად, მართკუთხა სამკუთხედში მახვილი კუთხის მოპირდაპირე კათედის შეფარდებას ჰიპოტენუზასთან ამ კუთხის სინუსი ეწოდება, ანუ

$$\frac{AA_1}{OA} = \sin \alpha, \text{ საიდანაც } AA_1 = OA \sin \alpha.$$

ასეთივე წესით შეიძლება დაიწეროს სხვა შეფარდებების ტოლობანი:

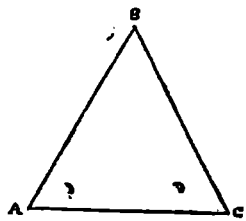
$$\frac{OA_1}{OA} = \frac{OB_1}{OB} = \frac{OC_1}{OC} = \frac{OD_1}{OD} \dots,$$

რომლებსაც α კუთხის კოსინუსი ეწოდება, ე. ი. მართკუთხა სამკუთხედში მახვილი კუთხის მიმდებარე კათედის შეფარდებას ჰიპოტენუზასთან ამ კუთხის კოსინუსი ეწოდება. კოსინუსი შემოკლებით აღინიშნება სიმბოლოთი $\cos \alpha$. ამრიგად, $\frac{OA_1}{OA} = \cos \alpha$, საიდანაც $OA_1 = OA \cdot \cos \alpha$. მართკუთხა სამკუ-

თხედში მახვილი კუთხის მოპირდაპირე კათედის შეფარდებას მიმდებარე კათედთან ამ კუთხის ტანგენსი ეწოდება და აღინიშნება $\text{tg } \alpha$ -თი, ე. ი. $\frac{AA_1}{OA_1} = \frac{BB_1}{OB_1} = \text{tg } \alpha$, საიდანაც $AA_1 = OA_1 \cdot \text{tg } \alpha$ და ა. შ. მართკუთხა სამკუთხედში

მახვილი კუთხის მიმდებარე კათედის შეფარდებას მოპირდაპირე კათედთან ამ კუთხის კოტანგენსი ეწოდება და აღინიშნება $\text{ctg } \alpha$ -თი, ე. ი. $\frac{OA_1}{AA_1} = \frac{OB_1}{BB_1} = \text{ctg } \alpha$, საიდანაც $OA_1 = AA_1 \cdot \text{ctg } \alpha$ და ა. შ. ასეთივე

შებრუნებული შეფარდება ჰიპოტენუზისა კუთხის მიმდებარე კათედთან მოგვეცემს ამ კუთხის სექანსს, ანუ $\frac{OA}{OA_1} = \frac{OB}{OB_1} = \sec \alpha$, ხოლო ჰიპოტენუზის შეფარდება მახვილი კუთხის მოპირდაპირე კათედთან, მოგვეცემს კოსექანსს, ანუ $\frac{OA}{AA_1} = \frac{OB}{BB_1} = \text{cosec } \alpha$. ABC ირიბკუთხა სამკუ-



ნახ. 15.

თხედში (ნახ. 15) ორი ნებისმიერი გვერდის შეფარდება ტოლია ამავე გვერდების მოპირდაპირე კუთხეების სინუსების შეფარდებასთან და ცნობილია სინუსების თეორემის სახელწოდებით, რომელსაც შემდეგი სახე აქვს:

$$\frac{AB}{AC} = \frac{\sin C}{\sin B}; \quad \frac{BC}{AB} = \frac{\sin A}{\sin C}; \quad \frac{AC}{AB} = \frac{\sin B}{\sin C}.$$

ამ ტოლობებში A , B და C წარმოადგენენ ირიბკუთხა სამკუთხედის კუთხეების წევრობებს.

ამ პარაგრაფის ათვისებაზე დამოკიდებულია მრავალი გეოდეზიური საკითხის გადაწყვეტა (კოორდინატების განსაზღვრა, დახრილი მანძილის თარაზულ გეგმში მოყვანა, მიუდგომელ ადგილებზე მანძილების განსაზღვრა და სხვ.).

§ 11. მანათობი ხაზების დასარვა

სანამ უშუალოდ ხაზის გაზომვას შევეუდგებოდეთ, საჭიროა გასაზომი ხაზის ბოლოების აღნიშვნა სპეციალური საჩრებით (ნახ. 16), რომლებიც გაფერადებულია სხვადასხვა (თეთრი და წითელი) ფერით ყოველ 20 სმ-იანი ინტერვალით. ასეთი გაფერადება თვალსაჩინოს ხდის სარს და ადვილი გასარჩევია ბუნების სხვა საგნებისაგან.

ყოველი გასაზომი ხაზის ბოლო წარმოადგენს კუთხის წვეროს, რომელიც გამოყენებული იქნება სხვა გაზომვისათვის; ამისათვის ხაზის ბოლოებს ამაგრებენ (აღნიშნავენ) 30—40 სმ სიგრძის აალოებით, ხოლო ამ პალოების მოსაძებნად გვერდით ჩაუსობენ მეორე პალოს—დარაჯულას (ნახ. 17).

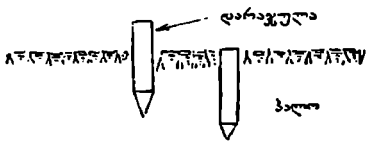
მანძილების გაზომვის დროს დიდი ყურადღება ექცევა ხაზის სწორი მიმართულების შერჩევას, რისთვისაც გასაზომ ხაზზე ერთ წრფეში, ყოველ 70—100 მ მანძილზე, უნდა ჩაისოს საჩრები. ამ პროცესს დასარვა ეწოდება.

ხაზის დასარვა შეიძლება წარმოებულ იქნეს ორი შემთხვევისათვის: 1. როდესაც მოცემულია ორი *A* და *B* წერტილი და საჭიროა ამ ხაზის გაგრძელება რომელიმე მიმართულებით: 2. როდესაც მოცემულია ორი წერტილი და მათ შორის საჭიროა დასარვის წარმოება.

I შემთხვევა. დაეუშვათ, საჭიროა ადგილზე ხაზის გაგრძელება, რომელიც აღნიშნულია ორი სარით *A* და *B* წერტილებში (ნახ. 18). გადამღები გადაინაცვლებს *B* წერტილიდან დაახლოებით 100 ნაბიჯით, შემდეგ გადაადგილდება მარჯვნივ ან მარცხნივ მანამდე, სანამ მასთან უახლოესი *B* სარი დაფარავს *A* წერტილში ჩასმულ სარს. ასეთი თანდათანობითი მიახლოებით იგი იპოვის *C* წერტილს, რომელიც ხაზის წრფე იქნება და ჩაისოზს სარს. შემდეგ გაიწევეს წინ კიდევ 5—10 ნაბიჯით და ისევ გახედავს, *C* წერტილში ჩასობილი სარი ფარავს თუ არა *A* და *B* წერტილებში ჩასობილ სარებს ან ხომ არ არის დახრილი მათ მიმართ. თუ ყველა პირობა

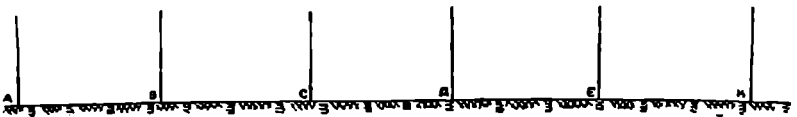


ნახ. 16.



ნახ. 17.

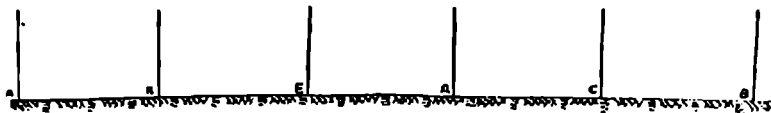
დაკულისა, გადამღები განაგრძობს დასარვას ასეთივე თანმიმდევრობით და ჩაისობს სარებს *D*, *E*, *K* წერტილებში.



ნახ. 18.

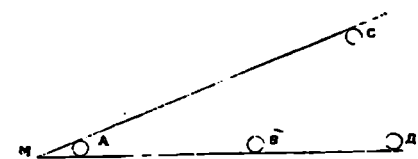
II შემთხვევა. როცა საჭიროა ორ მოცემულ წერტილს შორის დასარვა, გადამღები აგზავნის მუშას *C* წერტილისაკენ (ნახ. 19), ხოლო თვითონ დაიწევეს უკან *A* წერტილიდან 5—10 ნაბიჯით ისე, რომ *AB* ხაზის წრფეად იმყოფებოდეს და ხელით ანიშნებდეს მუშას, გადაიწიოს მარჯვნივ ან მარცხნივ

მანამდე, სანამ აირჩევენ C წერტილს, რომელიც ერთ წრფივ ხაზზე იქნება A და B წერტილებს შორის, ე. ი. C წერტილი მოთავსდება A და B წერტი-



ნახ. 19.

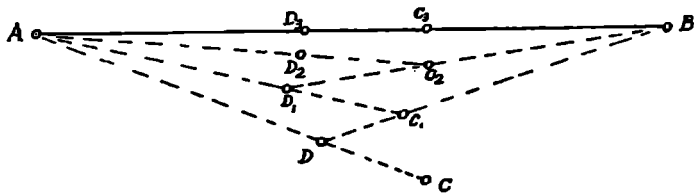
ლებში ვაძვალ შეეულ სიბრტყეზე. ასეთი თანმიმდევრობით მუშა ჩაასობს ს... რებს D , E და K წერტილებში, რომლებიც ერთი წრფივი მიმართულებით იქნებიან განლაგებულნი. საჭიროა გვახსოვდეს, რომ დასარგავს ყოველთვის აწარმოებენ ხაზის მეორე ბოლოდან, როდესაც გადაშლები ხაზის პირველ ბოლოსთან იმყოფება. ეს წესი გამომდინარეობს იმ მოსაზრებიდან, რომ, თუ გადაშ-



ნახ. 20.

ლები დარჩება სარის უკან ერთსა და იმავე მანძილზე M წერტილში, ხოლო მუშა აწარმოებს დასარგავს ახლო მყოფი სარიდან შორს მყოფი სარისაკენ, მაშინ თვალისა და გამოსული სხივები ნებულად გაყვება A წერტილში ჩასობილ სარს L და დაფარავს დიდ

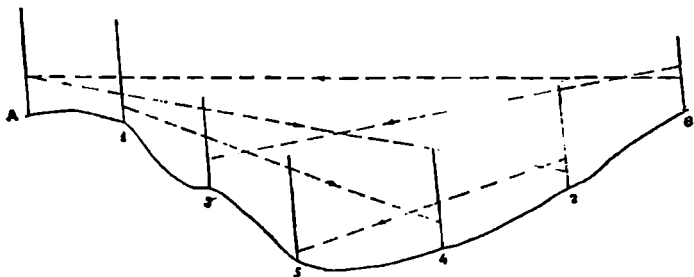
არეს, რომელშიც B , C , D და სხვა სარები არ მოთავსდება ერთ წრფივ ხაზზე (ნახ. 20). გვხვდება დასარგავს სხვა შემთხვევებიც, მაგალითად, თუ გასახოში ხაზის ბოლოებიდან ურთიერთმხედველობა არ არის (ხაზის ბოლოებს შორის გორაკია და სხვ.), მაშინ დასარგავს აწარმოებენ ასეთი თანმიმდევრობით (ნახ. 21): A და B წერტილებში მოათავსებენ სარებს, პირველი მუშა დადგება C წერტილში ისე, რომ კარგად ხედავდეს A და B წერტილებს და დააყენებს მეორე მუშას C_1 ხაზის წრფივი მიმართულებით D წერტილში. ამის შემდეგ მეორე მუშა, რომელიც D წერტილში იმყოფება, გადაიყვანს პირველ მუშას C წერტილიდან C_1 წერტილში DB ხაზის წრფივად. ასეთი თანდათანობითი



ნახ. 21.

მიახლოებით ორივე მუშა მიადწევს C_2 და D_2 წერტილებს, სადაც ორივენი ჩაასობენ სარებს AB ხაზის წრფივად, ე. ი. ისე, რომ C_2 სარიდან D_2 სარი იმყოფებოდეს C_2A ხაზის წრფივში, ხოლო D_2 სარიდან C_2 სარი იმყოფებოდეს D_2B ხაზის წრფივში; ეს კი იმის მაჩვენებელია, რომ ოთხივე სარი წრფივშია. თუ დასარგავს აწარმოებს ხევზე (ნახ. 22), მაშინ გადაშლები B წერტილიდან დააყენებინებს მუშას სარს 1-ელ წერტილში BA ხაზის წრფივში, ხოლო A და 1-ელ

წერტილში მყოფი სარების. საშუალებით მუშა მისცემს ნიშანს, რომ სარი ჩაისოს მე-2 წერტილში. ამის შემდეგ B და მე-2 წერტილში მყოფი სარების

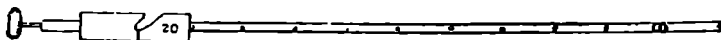


ნახ. 22.

საშუალებით გადამღები მისცემს ნიშანს მუშას, რომ სარი ჩაისოს მესამე წერტილში და ა. შ.

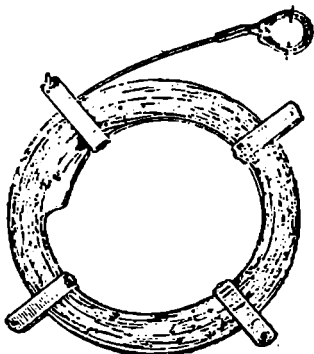
§ 12. მანძილების განსაზღვრი ზელსაწყობი

მანძილების უშუალოდ გაზომვისათვის დედამიწის ზედაპირზე გამოიყენება 20-მეტრიანი ფოლადის ბათთა და ხეეული.

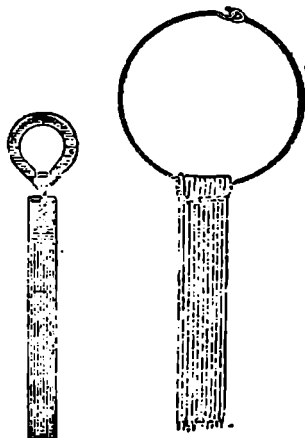


ნახ. 23.

სახომი ბათთა მზადდება ფოლადის წერილი ზოლისაგან (სიგანით 2 სმ) და ბოლოებზე უკეთდება სახელურები, რომლებსაც ოვალური ფორმა აქვთ (ნახ. 23). სახელურებს თავისუფალი პრუნია ახასიათებთ ორი ურთიერთაქრ-



ნახ. 24.

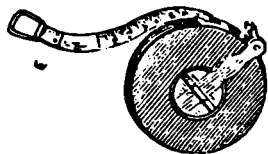


ნახ. 25.

პენდიულარული მამართულებით. ბათთას ბოლოებზე იმყოფება ამონაქრები

ხაზებით, რომლებიც გვიჩვენებენ ბაფთის საწყის და ბოლო წერტილებს. ბაფთაზე ყოველი მეტრი აღნიშნულია სპილენძის ფირფიტებით, რომლებზედაც წარწერილია ციფრები 1, 2, 3...19, 20. ხოლო ყოველი დეციმეტრიანი მონაკვეთი დამოქლონებულია. ბაფთა გადატანის დროს დახვეულია სპეციალურ რგოლზე და დაცულია დაზიანებისაგან (ნახ. 24). ბაფთის ყოველ კომპლექტში შედის რკინის 10 ჩხირი (ნახ. 25), რომლებიც ჩამოცმულია რგოლზე. ბაფთის ბოლოების მიწაზე ფიქსირება ხდება ჩხირების საშუალებით.

ხვეულა. მოკლე მანძილების გასაზომად იყენებენ ფოლადის ან თასმის ხვეულას (ნახ. 26), რომლის სიგრძე 10 ან 20 მეტრია. ხვეულაზე დატანილია მეტრიანი, დეციმეტრიანი და სანტიმეტრიანი დანაყოფები, ხოლო პირველ



ნახ. 26.

მეტრზე დატანილია მილიმეტრებიც. ხვეულას ერთი ბოლო დამაგრებულია ლერძზე, ხოლო მეორე ბოლოზე აქვს აბზინდა ან რგოლი, რომელიც მოთავსებულია ტყავის ან რკინის ბუდეში. იგი ძალიან მსუბუქი და ადვილი მოსახმარია, მაგრამ სუსტია და ოდნავ გაუფრთხილებლობის შემთხვევაში ადვილად გატყდება.

ბაფთა და ხვეულა მუშაობის დაწყებამდე კარგად უნდა შემოწმდეს და შედარებულ იქნეს ნორმალურ ბაფთას. შედარებას აწარმოებენ ე. წ. კომპარატორებში და ადვენენ, თუ რამდენად მეტია ან ნაკლებია მუშა ბაფთა ნორმალურთან შედარებით.

§ 19. მანძილების გაზომვა ბაფთით

მანძილის გაზომვის ბაფთით აწარმოებს ორი მუშა. ვინაიდან ბაფთა ფოლადისაა და ადვილად ტყდება, ბაფთა უნდა გაიშალოს ფრთხილად ისე, რომ არ გადახლართოს. მანძილის გაზომვა წარმოებს შეკმდეგი თანმიმდევრობით: უკანა მუშა დააყენებს ბაფთის საწყის დანაყოფს (მეტრიხი *ა*, ნახ. 24) ისე, რომ ის შეუთავსდეს გასაზომი ხაზის საწყის წერტილს, ხოლო მეორე მუშა 10 ჩხირით მიღის სარის მიმართულებით და ჩერდება ბაფთის სიგრძის ბოლოზე; უკანა მუშა დააყენებს მას სართან წრფივ მდგომარეობაში.

როცა ბაფთა გასწორდება გასაზომი ხაზის მიმართულებით, წინა მუშა დაიქნევს ბაფთას. რათა ბაფთის ქვეშ მოქცეული ბალახები დაიტანოს მიწასთან, დაქიპავს მას დაახლოებით 10 კოლოგრამის ძალით (კომპარირების დროს მიღებული დაქიპვის ძალით) და ჩაარკობენ ჩხირს მიწაში ბაფთის ბოლოზე მოთავსებული ამონაჰერიდან. ამის შემდეგ წინა მუშა წავა ისევ წინ, ხოლო უკანა მუშა, მიადწევს რა ჩხირამდე, გააჩერებს წინა მუშას, მოათავსებს ბაფთის ამონაჰერს წინა მუშის მიერ ჩასობილ ჩხირში, დააყენებს წინა მუშას ისევ წრფივ მდგომარეობაში და გაომეორებენ პირველი გადაზომვის დროინდელ მოქმედებას.

ასეთი თანმიმდევრობით იზომება მთელი მანძილი. გაზომვის დროს წინა მუშა მიწაში ჩაასობს ჩხირს ყოველი გადაზომვის დროს, ხოლო უკანა მუშა ყოველთვის აიღებს მათ. როცა წინა მუშას გაუთავდება ჩხირები, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ 10 გადაზომვა უკვე შესრულებულია, ე. ი. გაზომილია $10 \times 20 = 200$ მეტრი. თუ ხაზის სიგრძე 200 მეტრზე მეტია, წინა მუშას ისევ გადაუტყვია 10 ჩხირი და განაგრძობს გაზომვას ზემოთ აღწერილი წესით. გა-

ზომვა გრძელდება მანამდე, სანამ წინა მუშა მიაღწევს სარს (ხაზის ბოლო წერტილს).

თუ ხაზის ბოლო წერტილს არ ემთხვევა მთელი ბაფთის სიგრძე, ბაფთას გასწევენ სარის იქით და უკანასკნელი ჩხირიდან გადაზომავენ ნაშთს სარამდე. მთელი ბაფთის გადაზომვის რაოდენობას დათვლიან ჩხირების რაოდენობით, რომლებიც ექნება უკანა მუშას უკანასკნელი ჩხირის ჩათვლით.

უხეში ცდომილების თავიდან ასაცილებლად მანძილი იზომება ორჯერ და მათ შორის აიღება საშუალო სიდიდე. თუ გაზომვის დროს ბაფთა გადაიზომა 16-ჯერ და ნაშთი იყო 17 მეტრი, მაშინ მთელი მანძილი $S = 16 \times 20 + 17 = 337$ მეტრს. თუ კომპარირების დროს მუშა ბაფთა აღმოჩნდა ნორმალურ ბაფთასთან შედარებით მეტი ან ნაკლები 20 მეტრზე, მაშინ გაზომილ მანძილში უნდა შევიტანოთ შესწორება.

ველზე მუშაობის დროს ბაფთა უნდა იყოს 20 მეტრის სიგრძისა, ხოლო შემდეგ, კამერალური დაპუშაებისას, შევიტანოთ შესწორებები. შესწორებების შეტანის დროს კარგად უნდა გვახსოვდეს შემდეგი წესი: თუ ბაფთა მეტი აღმოჩნდა დაწესებულ სიგრძეზე, ასეთი ბაფთით გაზომილ მანძილს უნდა დავუმატოთ შესწორება, ხოლო, თუ ბაფთა ნაკლები აღმოჩნდა დაწესებულ სიგრძეზე, მაშინ გაზომილ მანძილს უნდა გამოვაკლოთ შესწორება.

თუ ბაფთის შესწორებას აღვნიშნავთ ΔS -ით, მაშინ ერთ მეტრზე შესწორება ტოლი იქნება $\frac{\Delta S}{20}$, ხოლო მთელი მანძილისათვის S შესწორება იქნება

$$\pm S \frac{\Delta S}{20}$$

მაგალითად: 1. ბაფთით გაიზომა 530 მეტრი მანძილი, ბაფთა გრძელი აღმოჩნდა 1 სმ-ით, ე. ი. $S = 530$ მ და $\Delta S = 0,01$ მეტრს; განისაზღვროს ნამდვილი მანძილი. ფორმულით შესწორება 530 მეტრზე $= +530 \cdot \frac{0,01}{20} = \frac{5,30}{20} + 0,26$ მეტრს, ე. ი. ნამდვილი მანძილი უდრის 530 მ $+ 0,46$ მ $= 530,46$ მ; 2. ბაფთით გაიზომა 720 მეტრი მანძილი; ბაფთა ნაკლები აღმოჩნდა 5 სმ-ით, ე. ი. $S = 720$ მ და $\Delta S = 0,05$ მეტრს; განისაზღვროს ნამდვილი მანძილი. ფორმულით შესწორება 720 მეტრზე $= 720 \cdot \frac{0,05}{20} = -1,8$ მეტრს, ე. ი. ნამდვილი მანძილი უდრის 720 მ $- 1,8$ მ $= 718,2$ მეტრს. გაზომილი ხაზის სიზუსტე ბაფთით ხელსაყრელ პირობებში აღწევს $\frac{1}{2000}$, ხოლო არახელსაყრელ პირობებში — ხაზის სიგრძის $\frac{1}{1000}$ -ს.

გაზომილი ხაზის მოყვანა თარაზულ გეგმულში. წინა პარაგრაფებში აღნიშნული იყო, რომ ყოველი სახის აგეგმვის დროს გაზომილი ფართობები დაპროექტებული უნდა იყოს სიბრტყეზე (დონებრივ ზედაპირზე). ფართობები კი მიიღება ცალკეული ხაზების გაზომვის შედეგად. ე. ი. ყოველი გაზომილი ხაზი მოყვანილი უნდა იყოს თარაზულ გეგმულში. ხაზის თარაზულ გეგმულში მოსაყვანად საჭიროა გაიზომოს თვით დახრილი მანძილი და მისი დახრილობის კუთხე. დახრილობის კუთხე შეიქმნება გაზომილ ხაზსა და მის თარაზულ გეგმულ შორის. ხაზის თარაზული გეგმილის განსაზღვრა წარმოებს შემდეგნაირად: თუ გაზომილ AB მანძილს აღვნიშნავთ S -ით (ნახ. 27), თარაზულ

AC გვერდს აღვნიშნავთ D -თი, ხოლო დახრილობის კუთხეს -- α -თი, მაშინ მართკუთხა სამკუთხედიდან დაეწერათ, რომ

$$D = S \cdot \cos \alpha. \quad (4)$$

ამ ფორმულით შედგენილია ცხრილი, რომლითაც ადვილად იანგარიშება იარაღული გეგმილები. ხშირად განსაზღვრავენ არა უშუალოდ თარაზულ გეგმილს, არამედ გაზომილ მანძილსა და თარაზულ გეგმილს შორის სხვაობას, რომელიც აღინიშნება x -ით, ე. ი. $x = S - D$; მაგრამ $D = S \cdot \cos \alpha$, საიდანაც $x = S - S \cos \alpha = S(1 - \cos \alpha)$. ტრიგონომეტრიიდან ცნობილია, რომ

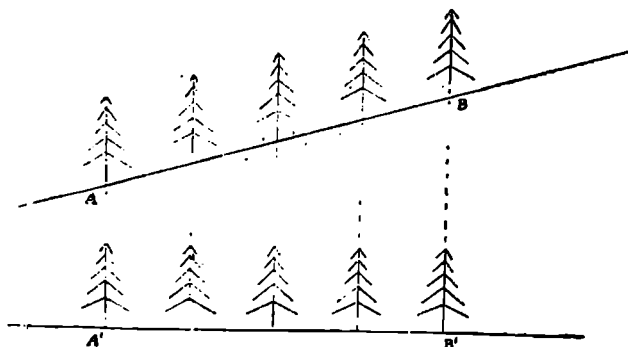
$$1 - \cos \alpha = 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}. \text{ თუ შევიტანთ ამ}$$

წინშენებობას წინა ტოლობაში, მივიღებთ

$$x = 2S \sin^2 \frac{\alpha}{2}.$$

ამ ფორმულაში x წარმოადგენს შესწორებას, რომელიც ყოველთვის უნდა გამოაყლდეს გაზომილ მანძილს; ვინაიდან გეგმილი (კათეტი) ყოველთვის ნაკლებია გაზომილ მანძილზე (ჰიპოტენუზაზე). ყოველი ცალკეული შემთხვევისათვის რომ არ წარმოებდეს გამომანგარიშება და გაადვილდეს შრომა, შედგენილია სპეციალური ცხრილი დახრილ ხაზებში შესწორებების შესატანად (იხ. 25-ე გვერდზე).

დელამიწის ზედაპირის ფართობი დაგვეგმარებულ თარაზულ სიბრტყეზე მკორდება ფიზიკურ ფართობთან შედარებით, მაგრამ ამას არა აქვს პრაქტიკული მნიშვნელობა. ცნობილია, რომ მცენარეულობა იზრდება დელამიწის ზედაპირზე შევეული მიმართულებით და არა დახრილი ზედაპირის პერპენდი-



ნახ. 28.

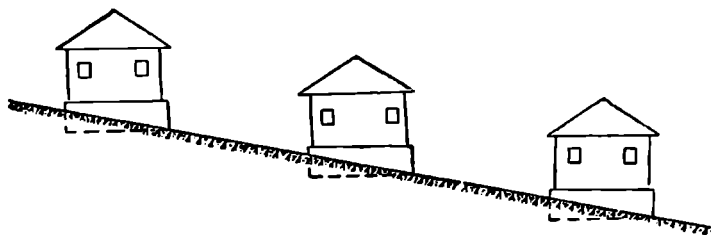
კულარულად. ამრიგად, დახრილ ფართობზე არ მოთავსდება მეტი რაოდენობის მცენარე მის თარაზულ გეგმილთან შედარებით და პრაქტიკულად სასარგებლო ფართობად ითვლება ის ფართობი, რომელიც შეესაბამება დახრილი ფართობის თარაზულ გეგმილს. (ნახ. 28).

დახრილ ხაზებში შეხატანი შესწორების ცხრილი
(მანძილები მოცემულია მეტრობით, შესწორებები მილიმეტრობით)

| დახრილობის კუთხე | და ხ რ ი ლ ი მ ა ნ ძ ი ლ ე ბ ი | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1°00' | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 0 | 11 | 12 | 14 | 15 |
| 1°30' | 3 | 7 | 10 | 14 | 17 | 21 | 24 | 27 | 31 | 34 |
| 2°00' | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 37 | 43 | 49 | 55 | 61 |
| 2°30' | 10 | 19 | 29 | 38 | 48 | 57 | 67 | 76 | 86 | 95 |
| 3°00' | 14 | 27 | 41 | 55 | 69 | 82 | 96 | 110 | 123 | 137 |
| 3°30' | 19 | 37 | 56 | 75 | 93 | 112 | 131 | 149 | 168 | 187 |
| 4°00' | 24 | 49 | 73 | 97 | 122 | 146 | 171 | 195 | 219 | 244 |
| 4°30' | 31 | 62 | 92 | 123 | 154 | 185 | 216 | 247 | 277 | 308 |
| 5°00' | 39 | 76 | 114 | 152 | 190 | 229 | 266 | 304 | 342 | 381 |
| 5°30' | 46 | 92 | 139 | 184 | 230 | 276 | 322 | 364 | 414 | 460 |
| 6°00' | 55 | 110 | 164 | 219 | 274 | 329 | 383 | 438 | 493 | 548 |
| 6°30' | 64 | 129 | 193 | 257 | 321 | 386 | 450 | 514 | 579 | 643 |
| 7°00' | 75 | 149 | 224 | 298 | 373 | 447 | 522 | 596 | 671 | 745 |
| 7°30' | 86 | 171 | 257 | 342 | 428 | 513 | 599 | 684 | 770 | 856 |
| 8°00' | 97 | 195 | 292 | 389 | 487 | 584 | 681 | 779 | 878 | 973 |
| 8°30' | 110 | 220 | 329 | 438 | 549 | 659 | 769 | 879 | 989 | 1093 |
| 9°00' | 123 | 246 | 369 | 492 | 616 | 739 | 862 | 985 | 1103 | 1231 |
| 9°30' | 137 | 274 | 411 | 549 | 686 | 823 | 960 | 1097 | 1234 | 1371 |
| 10°00' | 152 | 304 | 456 | 608 | 760 | 912 | 1063 | 1215 | 1367 | 1519 |
| 10°30' | 167 | 335 | 502 | 670 | 837 | 1005 | 1172 | 1340 | 1507 | 1675 |
| 11°00' | 184 | 367 | 551 | 735 | 919 | 1102 | 1286 | 1470 | 1654 | 1837 |
| 11°30' | 201 | 402 | 602 | 804 | 1004 | 1205 | 1405 | 1606 | 1807 | 2003 |
| 12°00' | 219 | 437 | 656 | 874 | 1093 | 1311 | 1530 | 1748 | 1967 | 2185 |
| 12°30' | 237 | 474 | 711 | 945 | 1185 | 1422 | 1639 | 1856 | 2133 | 2370 |
| 13°00' | 256 | 513 | 769 | 1025 | 1292 | 1538 | 1794 | 2050 | 2307 | 2563 |
| 13°30' | 276 | 553 | 829 | 1105 | 1392 | 1658 | 1934 | 2210 | 2467 | 2763 |
| 14°00' | 297 | 594 | 891 | 1188 | 1485 | 1782 | 2079 | 2376 | 2673 | 2970 |
| 14°30' | 319 | 637 | 956 | 1274 | 1593 | 1911 | 2230 | 2548 | 2867 | 3185 |
| 15°00' | 341 | 691 | 1022 | 1363 | 1704 | 2044 | 2385 | 2728 | 3067 | 3407 |
| 15°30' | 364 | 727 | 1091 | 1455 | 1819 | 2182 | 2546 | 2910 | 3274 | 3637 |
| 16°00' | 397 | 776 | 1162 | 1550 | 1937 | 2324 | 2712 | 3099 | 3496 | 3874 |
| 16°30' | 412 | 824 | 1235 | 1647 | 2059 | 2471 | 2893 | 3294 | 3704 | 4118 |
| 17°00' | 437 | 874 | 1311 | 1748 | 2185 | 2622 | 3059 | 3496 | 3933 | 4370 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 17°0' | 463 | 926 | 1388 | 1851 | 2314 | 2777 | 3240 | 3703 | 4165 | 4628 |
| 18°00' | 489 | 979 | 1466 | 1978 | 2447 | 2917 | 3386 | 3915 | 4405 | 4894 |
| 18°30' | 517 | 1041 | 1550 | 2067 | 2584 | 3101 | 3617 | 4134 | 4651 | 5168 |
| 19°00' | 546 | 1090 | 1634 | 2179 | 2724 | 3279 | 3814 | 4358 | 4903 | 5448 |
| 19°30' | 574 | 1147 | 1721 | 2294 | 2868 | 3442 | 4015 | 4589 | 5162 | 5736 |
| 20°00' | 603 | 1206 | 1809 | 2412 | 3015 | 3618 | 4222 | 4825 | 5428 | 6031 |
| 20°30' | 633 | 1267 | 1900 | 2533 | 3166 | 3800 | 4433 | 5066 | 5700 | 6333 |
| 21°00' | 664 | 1326 | 1983 | 2657 | 3321 | 3985 | 4649 | 5314 | 5978 | 6642 |
| 21°30' | 696 | 1392 | 2087 | 2783 | 3479 | 4175 | 4871 | 5567 | 6262 | 6958 |
| 22°00' | 728 | 1456 | 2185 | 2913 | 3641 | 4369 | 5097 | 5825 | 6553 | 7282 |
| 22°30' | 761 | 1522 | 2284 | 3045 | 3706 | 4517 | 5288 | 6090 | 6851 | 7612 |
| 23°00' | 795 | 1590 | 2395 | 3180 | 3976 | 4770 | 5565 | 6360 | 7155 | 7950 |
| 23°30' | 829 | 1659 | 2498 | 3318 | 4147 | 4976 | 5806 | 6635 | 7465 | 8294 |
| 24°00' | 865 | 1729 | 2594 | 3458 | 4329 | 5187 | 6052 | 6916 | 7781 | 8645 |

იგივე შეიძლება ითქვას შენობების მიერ დაკავებულ ფართობზე. აგებული შენობა დახრილ ნაკვეთზე დაიკავებს იმავე ფართობს, რაც მას უნდა დაკავებინა თარაზულ გეგმილზე (ნახ. 29).



ნახ. 29.

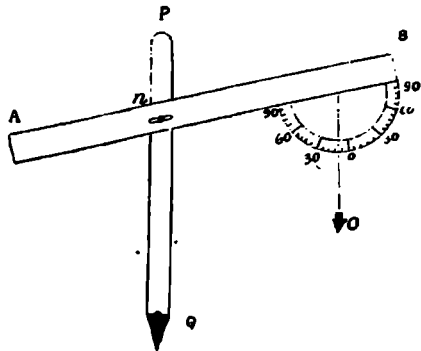
§ 14. ეკლიმეტრი

დახრილობის კუთხეების გასაზომად არსებობს მრავალი სახის ხელსაწყო. მაგრამ ყველაზე მარტივი მათ შორის არის ეკლიმეტრი.

ეკლიმეტრის AB სახაზავზე მიმაგრებულია ნახევარწრე, რომელზედაც გრადუსული და ნახევარგრადუსული დანაყოფებია დატანილი (ნახ. 30).

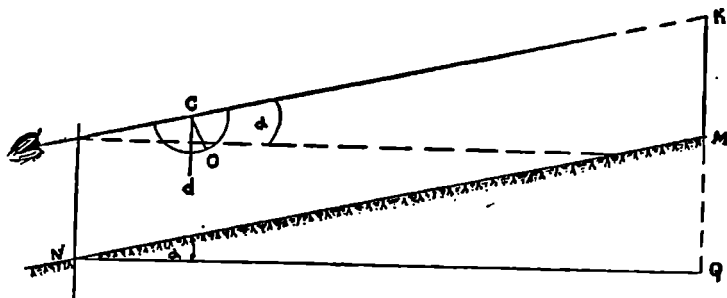
სახაზავი ბრუნავს π ღერძის ირგვლივ და მისი დამაგრება PQ სართან შეიძლება ნებისმიერ კუთხეზე ყურა ქანჩით. ნახევარწრის ცენტრზე დაკიდებულია ძაფი O შვეულით. წარწერები ნახევარწრეზე იზრდება ნულიდან ორივე მიმართულებით 90° -მდე. როცა სახაზავი პოროზონტალურია, მაშინ ნახევარწრის ნულოვანი დანაყოფი ემთხვევა შვეულის ძაფს.

დახრილობის კუთხის გასაზომად ეკლიმეტრი დაიდგმება N წერტილში. შეეულად (ნახ. 31) და დამზერენ სარს, რომელიც ჩასობილია M წერტილში. სარზე წინასწარ აღნიშნავენ K წერტილს, რომელიც ეკლიმეტრის სახაზავის სიმალეზეა მიწიდან. სახაზავის ზედაპირის მიმართულებით K წერტილზე დამზერის შემდეგ დააპაგრებენ სახაზავს ყურა ქანჩით და ასეთ მდგომარეობაში აღებული ანათვალის შეეულის ძაფის მიხედვით ნახევარწრეზე მოგვეცემს acd კუთხეს, რომელიც ტოლია დახრილობის კუთხისა $MNQ = \alpha$.



ნახ. 30.

როდესაც დახრილობის კუთხის გაზომვა მეტი სიზუსტითაა საჭირო, მაშინ ეკლიმეტრით დამატებით დგებიან M წერტილში და დამზერენ N წერ-



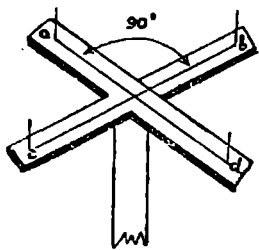
ნახ. 31.

ტილში ჩასობილ სარს. ორი განაზომიდან აღებული საშუალო მოგვეცემს ზუსტი დახრილობის კუთხის სიდიდეს.

§ 15. მკერები, მათი აგებულება და გამოყენება

ზოგჯერ ადგილზე მართი და 45° -იანი კუთხეების ასაგებად გამოიყენება ხელსაწყო, რომელსაც ეკერი ეწოდება. ეკერებიდან ყველაზე უმარტივესია ჯვარისებრი. ჯვარისებრი ეკერი შედგება ორი ურთიერთპერპენდიკულარული ხის ძელაკებისაგან, რომელთა ბოლოებზე სამიზნე ნემსებია მოთავსებული (ნახ. 32). ეკერი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ პირობას: ad და bc ნემსების შემაერთებელი ხაზები ურთიერთპერპენდიკულარული უნდა იყოს. ამ პირობის შესამოწმებლად დააყენებენ ეკერს მიწაზე რომელიმე წერტილში და cb მიმართულებით დაასობენ სარს B წერტილში (ნახ. 33), შემდეგ bc მიმართულებით — Q წერტილში და ბოლოს da მიმართულებითაც — N წერტილში. ყველა ამ მოქმედების შესრულება უნდა მოხდეს ისე, რომ ეკერი არ შემობრუნდეს უმ-

ბიშნელო კუთხითაც კი. ამის შემდეგ შემოაბრუნებენ ეკერს 10° -ით და დააყენებენ ad მიმართულებას BC მიმართულების წრფივად (ნახ. 34), ასეთ



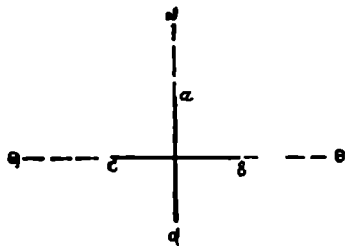
ნახ. 32.

მდგომარეობაში bc მიმართულება უნდა დაემთხვეს N წერტილს. თუ ეს პირობა დარღვეულია, ad და bc მიმართულებები არ ყოფილან ურთიერთპერპენდიკულარული და საჭიროა მათი შესწორება.

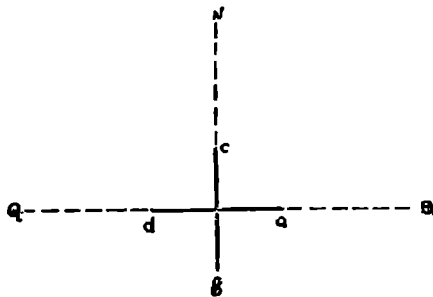
მართი კუთხეების ასაგებად ჯვარისებრი ეკერი უნდა დაეაყენოთ კუთხის წვეროზე და შევეუთავსოთ da მიმართულება იმ გვერდის მიმართულებას, რომლის მიმართ უნდა აიგოს 90° -იანი კუთხე, შემდეგ bc მიმართულების წრფივად ჩავახოთ სარი N წერტილში (ნახ. 34), რის შემდეგ ON და

bc მიმართულებები შექმნიან 90° კუთხეს O წერტილში. ჯვარისებრი ეკერის გარდა, არსებობენ კიდევ ცილინდრული, კონუსისებრი, უაწახანაგოვანი, ორსარკიანი და სხვა სახის ეკერები (ნახ. 35).

ცილინდრული ეკერის ზედაპირზე წრეხაზის ყოველ მერვედ ნაწილს გაკეთებულა აქვს მოგრძო ფორმის წერილი ამონაჭრები, რომელთაც თვალისა და



ნახ. 33.



ნახ. 34.

საგნის დიოპტრები ეწოდება. თვალის დიოპტრი უფრო წერილია და საგნისა კი განიერი, რომლის შუა ნაწილში დაქიმულია ძაფი. თვალისა და საგნის დიოპტრების შემაერთებელ სწორ ხაზს საშუალო ხაზი ეწოდება, ხოლო მათზე გაშვალ შეველ სიბრტყეს — კოლიმაციური სიბრტყე.

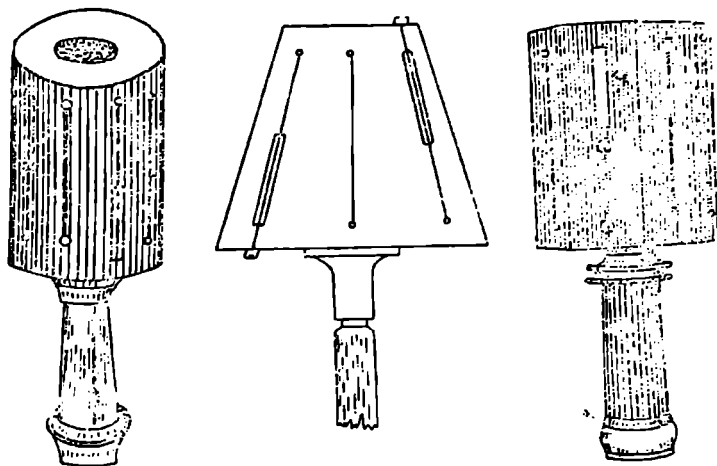
ყველა დანარჩენი ეკერი ასეთვე აგებულებისაა და განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან მხოლოდ ფორმით.

ორსარკიანი ეკერი სხივის არეკვლის კანონზეა აგებული, ძალზე კომპაქტურია და ადვილი გამოსაყენებელი. ეკერისა და ბაფთის საშუალებით შეიძლება სხვადასხვა პრაქტიკული საკითხების გადაწყვეტა დედამიწის ზედაპირზე.

მაგალითად: 1. უნდა განისაზღვროს მანძილი ორ მიუდგომელ წერტილს შორის, ამისათვის A და B წერტილებიდან ამართავენ პერპენდიკულარებს AB ხაზის მიმართ და გადაზომავენ ტოლ AC და BD მანძილებს. C და D წერტილების შემაერთებელი ხაზი ტოლი იქნება საძიებელი AB ხაზისა

(ნახ. 36). ასეთივე წესით გადაწყდება ამოცანა, თუ საჭიროა C ან D წერტილიდან AB ხაზის პარალელის გატარება.

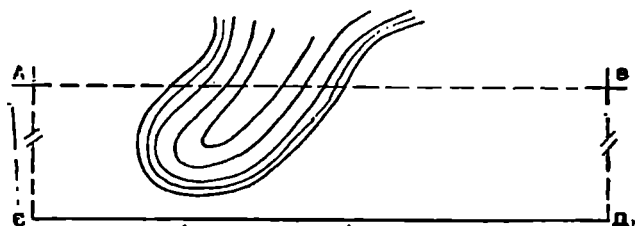
პირველი ამოცანა შეიძლება გადაწყდეს სხვა ხერხითაც: აირჩევენ C წერტილს (ნახ. 37), რომლიდანაც მოიანს A და B წერტილები, გაზომვენ AC .



ნახ. 35.

მანძილს და მის ვაგრძელებაზე გადაზომვენ იმავე მანძილს $CD=AC$, შემდეგ გაზომვენ BC მანძილს და მის ვაგრძელებაზე გადაზომვენ იმავე მანძილს $CK=BC$. KD მანძილი ტოლი იქნება საძიებელი AB მანძილისა.

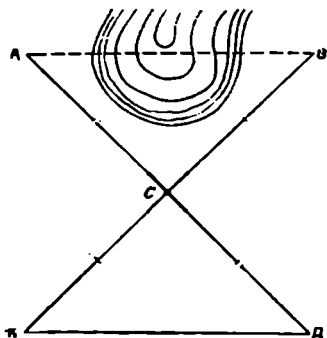
2. საჭიროა განისაზღვროს მანძილი ორ წერტილს შორის, რომელთაგან ერთი მიუღწეველია. B წერტილიდან ამართავენ პერპენდიკულარს AB ხაზის



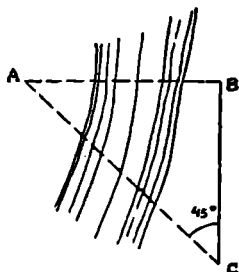
ნახ. 36.

ძიმართ (ნახ. 38) და ამ პერპენდიკულარზე გეკრით იპოვნიან C წერტილს, რომელშიც აღნიშნული პერპენდიკულარი გადაკვეთავს AC მიმართულებას 45° -იანი კუთხით. უშუალოდ გაზომილი BC მანძილი ტოლი იქნება საძიებელი AB მანძილისა, ეს ამოცანა შეიძლება გადაწყდეს მეორე ხერხითაც: A წერტილი მისადგომია, ხოლო B წერტილი მიუღწეველია და საჭიროა მათ შორის მანძილის განსაზღვრა. ამისათვის აღმართავენ პერპენდიკულარს A

წერტილიდან AB ხაზის მიმართ, რომელზედაც აირჩევენ ნებისმიერ C წერტილს (ნახ. 39). C წერტილიდან აღმართავენ პერპენდიკულარს CB ხაზის მი-

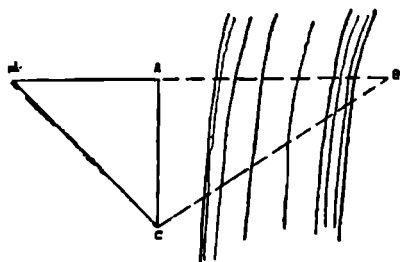


ნახ. 37.



ნახ. 38.

მართ და აღნიშნავენ მას AB ხაზის გადაკვეთაზე N წერტილში. გაზომავენ



ნახ. 39.

AC და AN მანძილებს და იანგარიშებენ შიუდგომელ მანძილს პროპორციით, რომელიც გამომდინარეობს გეომეტრიიდან ცნობილი დებულებით, რომ შართი კუთხის წვეროდან დაშვებული პერპენდიკულარი ჰიპოტენუზაზე არის საშუალო პროპორციული მის მონაკვეთებს შორის.

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

საიდანაც

$$AB = \frac{AC^2}{AN}.$$

§ 16. მკერული გადაღება

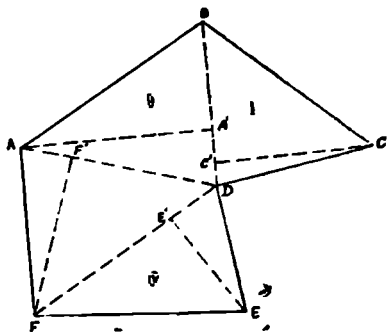
გადაღების დროს ეყერი გამოიყენება ან როგორც დამოუკიდებელი იარაღი, ან როგორც დამხმარე, მეორეხარისხოვანი საგნების გადასაღებად. იგი მარტივი აგებულებისაა, იაფია და ადვილი მოსახმარია. ეყერს ფართო გამოყენება აქვს ვაკე და ღია ადგილებში. შედარებით მცირე ფართობების გადაღების დროს.

არასწორ (რელიეფიან), დახურულ, შენობებით ან ტყით დაფარულ ადგილებში ეყერის გამოყენება უხერხულია და ზოგჯერ შეუძლებელიც.

შედარებით პატარა კონტურების გადაღების დროს, როდესაც ის გამოიყენება როგორც დამოუკიდებელი იარაღი, ეყერით გადაღებას აწარმოებენ სამი ძირითადი ხერხით: 1. სამკუთხედების, 2. კოორდინატებისა და 3. შემოვლის ხერხით. განვიხილოთ თვითნებური მათგანი ცალ-ცალკე.

1. სამკუთხედების ხერხი. თუ გადასაღები კონტური შემოსაზღვრულია სწორი ხაზების მცირე რიცხვით, მაგალითად, $ABCDEF$ კონტურით (ნახ. 40),

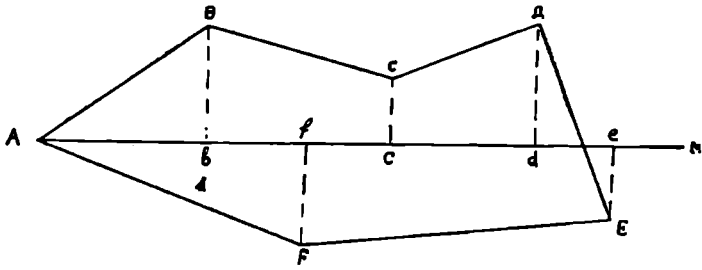
მაშინ მისი გადალება და ფართობის განსაზღვრა შეიძლება შესრულდეს კერისა და ბაფთის გამოყენებით. ამისათვის კონტური უნდა დაიყოს BD , AD და FD დიაგონალებით ოთხ სამკუთხედად (I, II, III და IV), შემდეგ ბაფთით გაიზომოს ყველა დიაგონალის სიგრძე და მათზე დაეშვას ეკერით შევული მიმართულებები მოპირდაპირე C , A , F , E კუთხეებიდან. ამის შემდეგ ბაფთით გაიზომება CC' , AA' , FF' და EE' პერპენდიკულარების სიგრძეები და მათი ფუძეებიდან უახლოესი მანძილები კუთხეების წვეროებამდე დიაგონალების მიმართულებით, ე. ი. BA' , DC' , AF'' და DE' .



ნახ. 40.

ეს მონაცემები სრულიად საკმარისია იმისათვის, რომ დატანილ იქნეს გადალებული შრავალკუთხედის გეგმა ქაღალდზე და გამოანგარიშებულ იქნეს მთელი კონტურის ფართობი, რომელიც ტოლი იქნება I, II, III და IV სამკუთხედების ფართობების ჯამისა.

2. კოორდინატების ხერხი. კოორდინატების ხერხი დამახასიათებელია ეკერული გადალებისათვის. დაეუშვათ, გადასაღებია მოგრძო ფორმის შეკრული $ABCDEF$ კონტური (ნახ. 41), რომელიც ღია ადგილს წარმოადგენს და არავითარი წინააღმდეგობა ხელს არ უშლის ეკერით გადალებას. კოორდინატების ხერხის დროს გადასაღებ ადგილზე აირჩევენ ძირითად ხაზს (მაგისტრალს) ან რამდენიმეს და მათ მიმართ აწარმოებენ სხვადასხვა წერტილის მდებარეობის განსაზღვრას. ისეთ შემთხვევაში, როდესაც მოგრძო კონტურა ასაგები, ძირითადი ხაზი უმჭობესია არჩეულ იქნეს კონტურის შუა ნაწილში გრძივი



ნახ. 41.

მიმართულებით. ჩვენს შემთხვევაში ძირითადი ხაზი იწყება A წერტილში და კონტურის (პოლიგონის) გრძივ მიმართულებას დაახლოებით ჰყოფს შუაზე; ასეთი განლაგების დროს პოლიგონის წვეროები შედარებით ახლოს იმყოფებიან ძირითად ხაზთან და თავიდან არის აცილებული გრძელი ხაზების გაზომვა.

ამგეგმავი უნდა ვაპყვეს ძირითადი ხაზის (AM) მიმართულებას და მო-

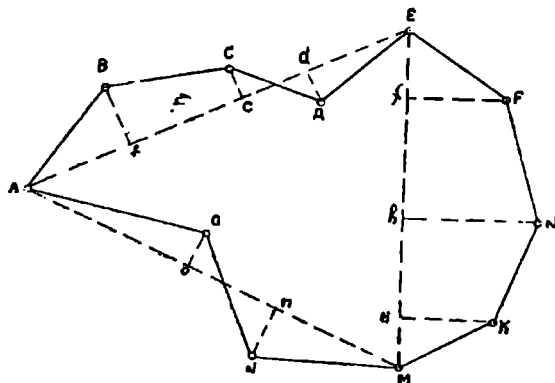
ძებნოს მასზე პოლიგონის წვეროებიდან (B, F, C, D და E) დაშვებული პერპენდიკულარების b, f, c, d და e ფუძეები; ამ ფუძეების პოვნასთან ერთად უნდა გაიზომოს მანძილები A საწყის წერტილიდან ყველა პერპენდიკულარის ფუძემდე. ე. ი. Ab, Af, Ac, Ad და Ae მანძილები, რომლებიც ფაქტიურად წარმოადგენენ პოლიგონის წვეროების ორდინატებს. აღნიშნავენ რა b, f, c, d და e წერტილებს პალოებით, შემდეგ გადასომავენ Bb, Ff, Cc, Dd და Ee პერპენდიკულარების სიგრძეებს, რომლებიც წარმოადგენენ პოლიგონის წვეროების აბსცისებს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ, თუ ძირითადი ხაზის ან პერპენდიკულარების მიმართულებით არსებობს დახრილი ხაზები, საჭიროა დახრილობის კუთხის განსაზღვრა, შესწორების გამოანგარიშება და მათი შეტანა გაზომილ მანძილებში.

აღნიშნული წესით გაზომილი აბსცისები და ორდინატები ან პოლიგონის წვეროების კოორდინატები სრულიად საკმარისია იმისათვის, რომ აიგოს ქალაქში მრავალკუთხედი ნებისმიერი მასშტაბით, რომელიც მსგავსი იქნება ადგილზე არსებული A, B, C, D, E, F მრავალკუთხედისა.

გადაღების სიზუსტის შესამოწმებლად საჭიროა გაიზომოს პოლიგონის AB, BC, CD, DE, EF და FA გვერდებიც. გეგმაზე, როდესაც დატანილი იქნება ძირითადი ხაზი და მასზე აღმართული პერპენდიკულარები მიღებულ მასშტაბში, პერპენდიკულარების ბოლოების შემაერთებელი ხაზები ტოლი უნდა იყოს შესაბამისი გაზომილი მანძილებისა ამავე მასშტაბში.

თუ პოლიგონის ფარგლებში მოთავსებულია ბუნებრივი ან ხელოვნური საგნები, რომელთა გამოსახვა გეგმაზე აუცილებლობას წარმოადგენს, ისინი დაიტანებიან ისევე პერპენდიკულარებით ძირითად ხაზზე ან პოლიგონის რომელიმე გვერდზე. საერთოდ, სხვადასხვა კონტურის დატანა უმჯობესია იმ ხაზზე, რომელიც უფრო ახლოა კონტურთან.

კოორდინატების ხერხი ეკერული გადაღებისას შეიძლება გამოყენებულ იქნეს შეცვლილი სახით: თუ პოლიგონი სიგრძითა და სიგანით დაახლოებით



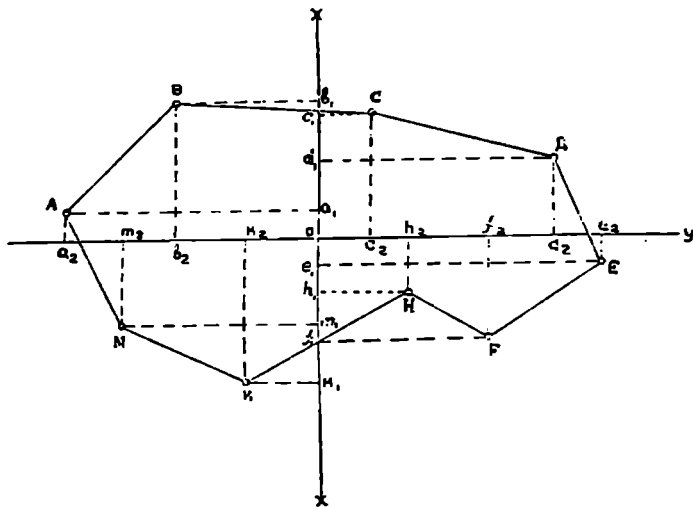
ნახ. 42.

ერთნაირია, სავალდებულო არ არის ერთი ძირითადი ხაზით შეზღუდვა, არამედ საჭიროა არჩეულ იქნეს რამდენიმე ძირითადი ხაზი.

დაეუშვათ, გადასაღებია ეკერიტ და ბაფთით A, B, C, D, E, F, H .

K, M, N, O პოლიგონი (ნახ. 42). იმისათვის, რომ თავიდან იყოს აცდენილი გრძელი ხაზების ზომვა და დაჩქარდეს გადაღების პროცესი, აირჩევენ 3 ძირითად ხაზს— AE, EM და AM , რომელთა გასწვრივ ახლოს არიან განლაგებული პოლიგონის წვეროები. როდესაც ძირითადი ხაზები შეარჩეულია, მაშინ მოემდებენ ისეთივე წესით, როგორც აღწერილია ზემოთ. სახელდობრ, AE ძირითადი ხაზით დაიტანებიან B, C და D წერტილები, EM ძირითადი ხაზით— F, H და K წერტილები და ა. შ. ეს ხერხი კარგი გამოსაყენებელია მაშინ, როდესაც გადასაღები პოლიგონის საზღვრები მრუდხაზოვანია.

გეგმაზე პოლიგონის დატანის დროს ჭერ დაიტანენ ძირითად ხაზებს, ხოლო შემდეგ მათი მიხედვით—პოლიგონის ყველა წვეროს გაზომილი კოორდინატებით. საჭიროა აგრეთვე აღინიშნოს ეკერული გადაღების კიდევ ერთი ნაირსახეობა კოორდინატების ხერხით, რომელსაც ხშირი გამოყენება აქვს პრაქტიკაში. ადგილზე აირჩევენ ორ ურთიერთპერპენდიკულარულ ძირითად ხაზს, რომლებსაც კოორდინატების ღერძები ეწოდება. ყველა გაზომვა წარმოებს მხოლოდ ამ ღერძების ნიშართ და სხვა დამატებითი გაზომვები არ არის



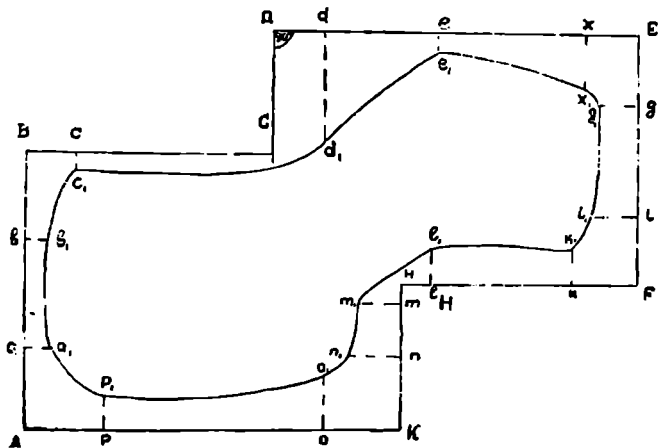
ნ.ხ. 43.

საჭირო. ამისათვის აღნიშნული ხერხი უმჯობესია გამოყენებულ იქნეს იქ, სადაც პოლიგონის ფართობზე ნათესებია, რომელთა გაფუჭება გაზომვების დროს თავიდან იქნება აცილებული ან მინიმუმამდე დაყვანილი. დაუშვათ. გადასაღებია $A, B, C, D, E, F, H, K, M$ პოლიგონი (ნახ. 43), რომელიც დაფარულია ნათესებით. აირჩევენ ორ ურთიერთპერპენდიკულარულ XX და YY მიმართულებს, რომლებიც კოორდინატების ღერძებს წარმოადგენენ. ამ ღერძების გადაკვეთის O წერტილი წარმოადგენს კოორდინატთა სათავეს. ღერძების მიმართულებებს შეარჩევენ ისე, რომ დამთხვეული იყოს ან გზებზე, ან საჯარგულებს შორის მიჯნის ხაზზე. როდესაც აღნიშნული ღერძების დასარგავს დაამოკრებენ, გაპყვებიან ერთ-ერთ მათგანს, მაგალითად, XX ღერძს თანმიმდევრობით

დაუშვებენ მასზე მართობებს პოლიგონის წვეროებიდან და ერთდროულად ზომავენ მანძილებს კოორდინატა სათაიდან მართობების ფუძეებამდე. ასეთივე წესით დაუშვებენ მართობებს $Y Y$ ღერძზე, განსაზღვრავენ მანძილებს კოორდინატა სათაიდან მართობების ფუძეებამდე და ამით ამოიწურება საველე სამუშაოები. მიღებული კოორდინატები საკმარისია გეგმის ასაგებად. იოსთისაჲ დიტიანენ ქალაღზე ურთიერთპერპენდიკულარულ მიმართულებებს (X და Y) და მიღებულ მასშტაბში გადაზომავენ კოორდინატა სათვიდან განაზომთა სიდიდეებს. ამის შემდეგ აღმართავენ მიღებული წერტილებიდან მართობ ხაზებს ღერძების მიმართ და ერთსახელიანი წერტილების მართობების გადაკვეთაში მიიღებენ პოლიგონის წვეროებს გამოსახულს გეგმის მასშტაბში.

კონტროლისათვის სასურველია გაიზომოს პოლიგონის AB, BC, CD, \dots, MA კვერდები, რომელთა სიგრძეები უნდა დამთხვევს აგებულ წვეროებს შორის შესაბამის მანძილებს.

3. შემოვლის ხერხი. შემოვლის ხერხი გამოიყენება მაშინ, როდესაც გადასაღები პოლიგონის ფართობი დასახლებულია, დაფარულია ტყით ან ბუჩქნარით, ჭაობიანია და სხვ. ასეთი პოლიგონის ეკერით აგეგმვა მდგომარეობს



ნახ. 44.

იმაში, რომ ეკერული სვლით უნდა შემოვლაროთ პოლიგონს ირგვლივ მართობებისათვის პოლიგონის აგებით.

დაეშვათ, გადასაღებია ტყით დაფარული პოლიგონი, რომელსაც მრუდხაზოვანი საზღვარი აქვს. ეკერის საშუალებით უნდა დაიკვალოს გადასაღები პოლიგონის გარეთ მართობებისათვის $ABCDEFHK$ მრავალკუთხედი (ნახ.44), რომელიც შეძლებისდაგვარად ახლო უნდა იყოს გადასაღები პოლიგონის საზღვრებთან. შემდეგ იზომება AB, IC, CD, DE გვერდები და ა. შ. გვერდებს გაზომვასთან ერთდროულად დაუშვებენ მათზე მართობებს პოლიგონის საზღვრის ყველა დამახასიათებელი წერტილიდან და აღნიშნავენ მართობების ფუძეებს. ბოლოს გაზომავენ მანძილებს aa_1, bb_1, cc_1 მართობების მიმართულებით და ა. შ., ამით დამთავრდება საველე სამუშაოები. პოლიგონის საზ-

ღვრის დამახასიათებელი წერტილები უნდა შეირჩეს ისე, რომ ორ მეზობელ დამახასიათებელ წერტილს შორის საზღვარი დაახლოებით სწორხაზოვანი იყოს.

გადაღების წარმოების დროს უნდა იხაზებოდეს აბრასი, რომელზედაც უნდა გამოიხაზოს დაახლოებით ყველა გაზომილი სიდიდე და ზუსტად დაიწეროს ყველა ზომა. ამ აბრასის მიხედვით შემდგომში აიგება ზუსტად, სასურველ მასშტაბში, მთელი პოლიგონი ისეთივე წესით, როგორც ზემოთ იყო აღწერილი.

§ 17. კუთხეების გაზომვა

დედამიწის ზედაპირზე გეოდეზიური ან ტოპოგრაფიული სამუშაოების ჩატარების დროს ძირითადად აწარმოებენ ორი სახის გაზომვებს—ხაზოენსა და კუთხოვანს. ხაზოენი გაზომვების მაგალითებს გვევცანით წინა პარაგრაფებში და დავრწმუნდით, რომ, თუ ყურადღებით იქნება ჩატარებული ხაზოენი გაზომვები, ისინი არ წარმოადგენენ რთულ ამოცანას.

ყოველი ცალკეული პოლიგონის საზღვრებს წარმოადგენს მრუდი ან სწორი ხაზები. რომლებიც ურთიერთ შორის ქმნიან გარკვეულ კუთხეებს, გარდა ამისა, ცალკეული ხაზები თარაზულ სიბრტყესთან ქმნიან ე. წ. დახრილობის კუთხეებს. ამრიგად, დედამიწის ზედაპირზე მყოფი ხაზები, რომლებიც სხვადასხვა სიბრტყეში იმყოფებიან, უნდა გამოისახოს გვეგვანზე თარაზულ სიბრტყეში, რისთვისაც მათ შორის უნდა გაიზომოს არა სიერცობრივი, არამედ თარაზული კუთხე და ცალკეული ხაზის თარაზულ გეგმულში მოსაყვანად უნდა გაიზომოს დახრილობა, ანუ შვეული კუთხე. კუთხეების გასაზომად გამოიყენება სხვადასხვა სახისა და სიზუსტის იარაღები. რომელთა შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს თეოდოლიტს.

ყველა სახის კუთხეზომი იარაღები აღჭურვილია თარაზული კუთხის გასაზომად თარაზული წრედით, ანუ ლიშბით, ხოლო შვეული კუთხეების გასაზომად — შვეული წრედით; ორივე წრედზე დატანილია კუთხეების გაზომვისათვის მიღებული სიდიდეები — გრადუსები, მინუტები და სეკუნდები. კუთხეების გაზომვა წარმოადგენს გასაზომი სიდიდის (კუთხის) შედარებას ზომის განსაზღვრულ ერთეულთან: კუთხოვან საზომ ერთეულად მიღებულია მართი კუთხე; მართი კუთხე იყოფა 90 ტოლ ნაწილად, ანუ გრადუსად, ე. ი. მართი კუთხის სიდიდე $d = 90^\circ$. ყოველი კუთხოვანი გრადუსი იყოფა 60 კუთხოვან მინუტად. ე. ი. $1^\circ = 60'$, ხოლო ყოველი კუთხოვანი მინუტი—60 სეკუნდად, ე. ი. $1' = 60''$.

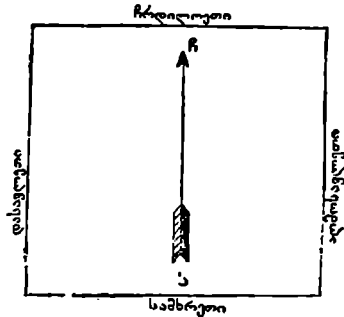
წარმოვიდგინოთ, რომ გასაზომია თარაზული $a'c'b'$ კუთხე (ნახ. 45), რომელიც წარმოადგენს ადვილზე გაზომილი ACB კუთხის თარაზულ გეგმულს. P სიბრტყე თარაზულია; $c'a'$ და $c'b'$ ხაზები წარმოადგენს CA და CB ხაზების თარაზულ გეგმილებს. გავატაროთ CA და CB ხაზებზე შვეული სიბრტყეები, ე. ი. P სიბრტყის შვეული სიბრტყეები.

ორწახნაგოვანი კუთხე, შექმნილი $MNc'a'$ და $KNc'b'$ სიბრტყეებით. გაიზომება $a'c'b' = \beta$ თარაზული კუთხით. თუ AC და CB მიმართულებებზე გავატარებთ სიბრტყეს, ზივილებთ სიერცობრივ β' კუთხეს, რომელიც ყოველთვის მეტია β კუთხეზე ან მისი ტოლი გახდება მაშინ, როდესაც AC და CB მიმართულებები თარაზულია.

თარაზული კუთხის გასაზომად, NC შვეულ მიმართულებაზე (მაგალი-

§ 18. ორიენტირება ადგილზე

დედამიწის ზედაპირზე გაზომილი ხაზების გეგმაზე ან რუკაზე დასატანად საჭიროა ვიცოდეთ ამ ხაზების მდებარეობა მხარეების მიმართ. ხაზების მდებარეობას განსაზღვრავს მხარეების მიმართ ორიენტირება ეწოდება. მხარეებად მოცემული წერტილებიდან მიღებულია შემდეგი მიმართულებები: ჩრდილოეთი, სამხრეთი, აღმოსავლეთი და დასავლეთი. რუკის ან გეგმის ორიენტირება ნიშნავს მათზე აღნიშნული მხარეების შეთავსებას სინამდვილეში (ადგილზე) არსებულ მხარეებთან. რუკაზე, როგორც წესი, ზედა ნაწილი შეესაბამება ჩრდილო მიმართულებას, ქვედა ნაწილი — სამხრეთ მიმართულებას, მარჯვენა ნაწილი — აღმოსავლეთ მიმართულებას და მარცხენა ნაწილი — დასავლეთ მიმართულებას (ნახ. 47). როდესაც რუკა ან გეგმა ორიენტირებულია, მასზე შეიძლება სხვადასხვა საკითხის გადაწყვეტა. მაგალითად, შეიძლება დაინიშნოს მიმართულება მომავალი მარშრუტის ისეთ წერტილებზე, რომლებიც ადგილზე არ ჩანს და რუკაზე კი დატანილია.



ნახ. 47.

§ 19. მერიდიანები და პარალელები

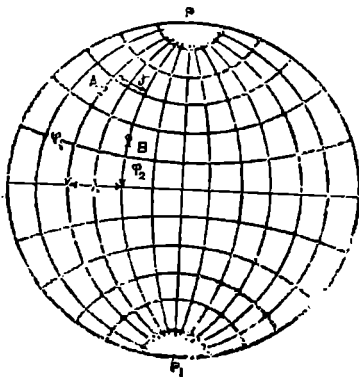
დედამიწის ზედაპირის ნებისმიერ წერტილში შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ მერიდიანი და პარალელი.

დედამიწის წარმოსახვითი ღერძის ბრუნვის ბოლოები აღნიშნავენ P და P_1 პოლუსებს (ნახ. 48), სადაც P არის ჩრდილო პოლუსი და P_1 — სამხრეთ პოლუსი.

სიბრტყეს, რომელიც გაივლის პოლუსებზე, ე. ი. დედამიწის წარმოსახვით ღერძზე, მერიდიანის სიბრტყე ეწოდება, ხოლო მის დატოვებულ კვალს

დედამიწის ზედაპირზე — გეოგრაფიული მერიდიანის ხაზი. სიბრტყეს, რომელიც გაკვეთს დედამიწას მისი წარმოსახვითი ღერძის აერპენდიკულარულად და გაივლის დედამიწის ცენტრში, ეკვატორის სიბრტყე ეწოდება, ხოლო ამ სიბრტყის დატოვებულ კვალს დედამიწის ზედაპირზე — ეკვატორის ხაზი.

ეკვატორის ხაზის პარალელურ ხაზებს დედამიწის ზედაპირზე პარალელები ეწოდება. მერიდიანები და პარალელები დედამიწის ზედაპირზე ურთიერთპერპენდიკულარული ხაზებია და გვიჩვენებს მხარეების მიმართულებას. გეოგრაფიული, ანუ კენზარიტი მერიდიანის ხაზი გვიჩვენებს ჩრდილოეთისა



ნახ. 48.

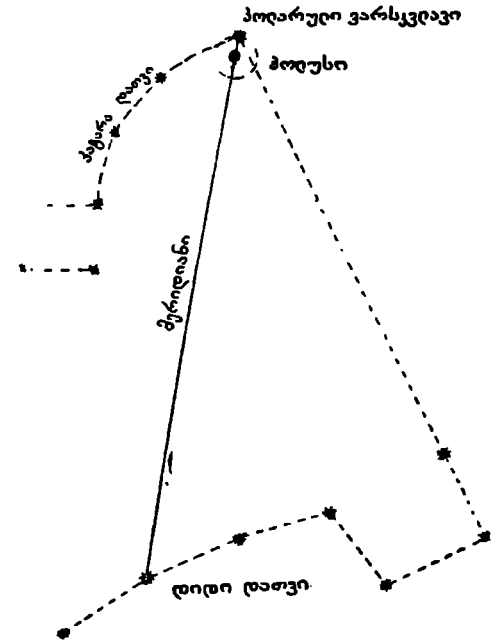
და სამხრეთის მხარეებს, ხოლო პარალელის ხაზი აღმოსავლეთისა და დასავლეთის მხარეებს.

რუკებზე ყოველთვის უნდა იყოს ნაჩვენები მერიდიანებისა და პარალელების ხაზები.

ნახაზზე ჩანს, რომ *A* და *B* წერტილებზე გამავალი მერიდიანები არაა ურთიერთ შორის პარალელური, არამედ უახლოვდებიან ერთმანეთს და *P* პოლუსში კიდევ ერთდებიან. γ კუთხე გამოხატავს მერიდიანებს შორის შიახლოებას, რომელიც დამოკიდებულია მერიდიანების გრძედების λ სხვაობაზე და მოცემული წერტილების φ განედებზე. გრძედები აითვლებიან საწყისი, ანუ ნულოვანი მერიდიანიდან ეკვატორის ან პარალელის რკალის მიმართულებით მოცემულ წერტილზე გამავალი მერიდიანის ფუძემდებ, ხოლო განედები — ეკვატორიდან მერიდიანის რკალის მიმართულებით მოცემულ წერტილამდე. როდესაც შედარებით პატარა ტერიტორიაა გადასაღები, მაგალითად, დიამეტრით 4—5 კილომეტრი, შეიძლება მერიდიანების შიახლოების კუთხე უგულვებელყოფილ იქნეს და ჩაითვალოს ურთიერთპარალელურ ხაზებად. ასეთ შემთხვევაში დაშვებული იქნება ცდომილება ორიენტირებაში დაახლოებით 2—3 მინუტის სიდიდით.

§ 20. ზეშვარიტი მერიდიანის მიმართულების განსაზღვრა

ზეშვარიტი მერიდიანის მიმართულების განსაზღვრა წარმოებს დამით. ცნობილია, რომ პოლარული ვარსკვლავი პატარა დათვის თანავარსკვლავედში ყველაზე მკაფიოდ გამოირჩევა, რომლის პოვნა ადვილად შეიძლება, თუ დიდი



დათვის თანავარსკვლავედის ორ განაპირა ვარსკვლავის გაგრძელებაზე წარმოდგენით გადავზომავთ ხუთჯერ ამ ვარსკვლავებს შორის ტოლ მანძილებს (ნახ. 49).

დღე - ღამის განმავლობაში პოლარული ვარსკვლავი შემოწერს წრეს პოლუსის ირგვლივ და ორჯერ გაივლის მერიდიანს დაახლოებით მაშინ, როდესაც დიდი დათვის თანავარსკვლავედის მარცხნიდან მეორე ვარსკვლავთან ერთად იქნება ერთ შევეულ ხაზზე. დამზერას აწარმოებენ შემდეგნაირად: ძაფზე ჩამოკიდებენ სიმძიმეს, ე. ი. დაამზადებენ შვეულს და ელოდებიან ისეთ მომენტს, როდესაც პოლარული ვარსკვლავი და დიდი დათვის თანავარსკვლავედის მარცხნიდან მეორე ვარსკვლავი აღმოჩნდებიან ერთ-

ნახ. 49.

დროულად შევეულ ხაზზე, რისთვისაც საჭიროა ორივე ვარსკვლავი დაიშვიროს:

ერთდროულად შეეულის ძაფის მიხედვით. მერიდიანის ასეთი წესით განსაზღვრა მოგვეცემს ცდომილებას რამდენიმე მინუტის სიდიდით.

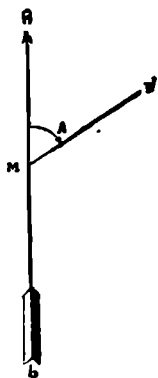
ქვეშაირტი მერიდიანის განსაზღვრას აწარმოებენ მზეზე დამზერითაც.

§ 21. აზიმუტები და რუმბები

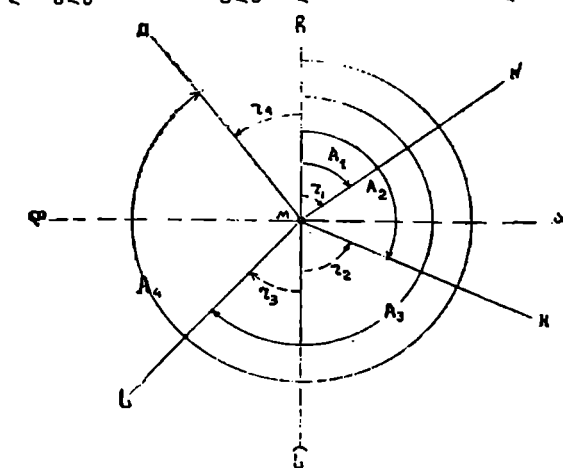
ორიენტირებისათვის აუცილებელია გაიზომოს ისეთი კუთხეები, რომლებიც განსაზღვრავენ ამა თუ იმ ხაზის მდებარეობას გეოგრაფიული. ანუ ქვეშაირტი მერიდიანის მიმართულებასთან. ვინაიდან დედამიწის ზედაპირის ყველა წერტილზე გეოგრაფიულ მერიდიანს აქვს გარკვეული მიმართულება რომელიმე MN (ნახ. 50) ხაზის მდებარეობის განსაზღვრისათვის მხარეების მიმართ, ე. ი. ხაზის ორიენტირებისათვის, სარგებლობენ გეოგრაფიულ მერიდიანსა და ამ ხაზს შორის მოთავსებული A კუთხით. ასეთ კუთხეებზედ მიღებულია აზიმუტები და რუმბები.

კუთხეს, რომელიც აითვლება გეოგრაფიული მერიდიანის ჩრდილო ბოლოდან ხაათის ისრის მიმართულებით მოცემულ ხაზამდე, აზიმუტი ეწოდება.

აზიმუტის სიდიდე იცვლება 0° -დან 360° -მდე. აზიმუტი სავსებით განსაზღვრავს მოცემული ხაზის მდებარეობას მხარეების მიმართ. მაგალითად, MN ხაზს, რომლის აზიმუტი აღნიშნულია A_1 -ით, აქვს ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულება (ნახ. 51); MK ხაზს, რომლის აზიმუტი აღნიშნულია A_2 -ით, აქვს სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულება, ML ხაზს, რომლის აზიმუტია A_3 , აქვს სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულება და MD ხაზს, რომლის აზიმუტია A_4 , აქვს ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულება.



ნახ. 50.

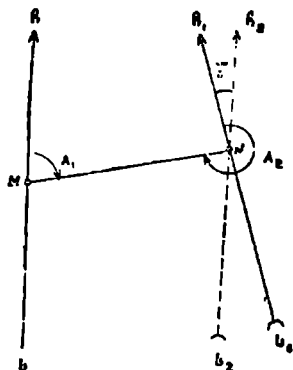


ნახ. 51.

ვინაიდან მერიდიანები თავს იყრის ერთ წერტილში (პოლუსში) და ურთიერთ-შორის პარალელური არ არის, ამიტომ MN ხაზის აზიმუტი იქნება A_1 (ნახ. 52), ხოლო მისი შებრუნებული NM მიმართულების აზიმუტი იქნება A_2 . 52-ე ნახაზიდან ჩანს, რომ შებრუნებულ და პირდაპირ აზიმუტებს

შორის სხვაობა იქნება $A_2 - A_1 = 180^\circ$ ან γ , სადაც γ მიახლოების კუთხეა

(იხ. § 19). მიხლოების კუთხის მისაღებად N წერტილზე უნდა გატარდეს h_{2s} ხაზი, რომელიც პარალელური იქნება ჩს მერიდიანისა, მაშინ h_{1s} ხაზი, h_{1s} გეოგრაფიულ მერიდიანთან, N წერტილში შექმნის მიხლოების γ კუთხეს.



ნახ. 52.

თუ M და N წერტილები ახლოსაა განლაგებული ერთმანეთთან, მაშინ ამ წერტილებზე გამავალი გეოგრაფიული მერიდიანები შეიძლება ჩაითვალოს ურთიერთპარალელურად, ე. ი. $\gamma = 0^\circ$. ასეთ შემთხვევაში

$$A_2 - A_1 = 180^\circ. \quad (6)$$

A_2 აზიმუტი NM მიმართულებისათვის შებრუნებულია, ხოლო A_1 — პირდაპირი. ამრიგად, მოკლე ხაზების შემთხვევაში (2—3 კმ) შეიძლება ჩაითვალოს, რომ პირდაპირი მიმართულების აზიმუტი განსხვავდება შებრუნებულისაგან 180° -ით.

აზიმუტის გარდა, ადგილზე ხაზის ორიენტირებისათვის გამოიყენება სხვა კუთხეები, რომლებსაც რუმბებს უწოდებენ.

კუთხეს, რომელიც აითვლება მერიდიანის უახლოესი მიმართულებიდან (ბოლოდან) მოცემულ ხაზამდე, რუმბი ეწოდება. რუმბის სიდიდე იცვლება 0° -დან 90° -მდე.

MN ხაზის რუმბი არის r_1 კუთხე (ნახ. 51), MK ხაზის — r_2 , ML ხაზის — r_3 და MD ხაზის — r_4 . რუმბის კუთხის სიდიდე მთლიანად არ განსაზღვრავს ხაზის მდებარეობას მხარეების მიმართ, ვინაიდან ერთი და იმავე სიდიდის რუმბის კუთხე შეიძლება იმყოფებოდეს სწვადანსხვა მხარეში, ე. ი. რუმბის კუთხით ხაზის მთლიანად განსაზღვრისათვის საჭიროა აგრეთვე მხარეების ცოდნა, რომელშიც მოცემული მიმართულება მდებარეობს. ასე, მაგალითად, რუმბი ჩა: ექნება MN ხაზს, რომელიც განლაგებულია I მეოთხედში; სა: ექნება ხაზს, რომელიც განლაგებულია II მეოთხედში, სდ: ექნება ხაზს, რომელიც განლაგებულია III მეოთხედში და ჩდ: ექნება ხაზს, რომელიც განლაგებულია IV მეოთხედში.

§ 22. დამოკიდებულება რუმბებსა და აზიმუტებს შორის

გამოანგარიშების დროს რუმბით სარგებლობა უფრო მოსახერხებელია, ეიდრე აზიმუტით, რადგან რუმბი იცვლება მხოლოდ 90° -ის ფარგლებში, ხოლო აზიმუტი — 360° -ის ფარგლებში. ამ მიზნით საჭიროა ვიცოდეთ დამოკიდებულება რუმბებსა და აზიმუტებს შორის, რათა შეიძლებოდეს აზიმუტის გადაყვანა რუმბზე და პირიქით.

51-ე ნახაზიდან ნათლად ჩანს, რომ I მეოთხედში (ჩა:) რუმბი და აზიმუტი ტოლი კუთხეებია, ე. ი.

$$r_1 = A_1;$$

II მეოთხედში (სა:) რუმბი უდრის 180° -ს მინუს აზიმუტი. ე. ი.

$$r_2 = 180^\circ - A_1;$$

III მეოთხედში (სდ:) რუმბი უდრის აზიმუტს მინუს 180°, ე. ი.

$$r_3 = A_3 - 180^\circ;$$

IV მეოთხედში (ჩდ:) რუმბი უდრის 360° მინუს აზიმუტს, ე. ი.

$$r_4 = 360^\circ - A_4.$$

აზიმუტიდან რუმბზე გადასასვლელად ან პირიქით შეიძლება ქვემოთ მოყვანილი ცხრილით სარგებლობა.

| მეოთხედები | აზიმუტის სიდიდე არადუსობით | დამოკიდებულება რუმბებსა და აზიმუტებს შორის | რუმბის სახელწოდება |
|------------|----------------------------|--|--------------------|
| I | 0-90 | $r_1 = A_1$ | ჩა: |
| II | 90-180 | $r_2 = 180^\circ - A_2$ | სა: |
| III | 180-270 | $r_3 = A_3 - 180^\circ$ | სდ: |
| IV | 270-360 | $r_4 = 360^\circ - A_4$ | ჩდ: |

მაგალითად, ხაზების აზიმუტებია: 1. 218°15'; 2. 56°32'; 3. 305°20'; 4. 143°36'. ეიპოვოთ მათი რუმბები. ვისარგებლოთ მოცემული ცხრილით.

1. თუ $A = 218^\circ 15'$, მაშინ ხაზი მოთავსებული ყოფილა III მეოთხედში, რომლის რუმბი $r_3 = A_3 - 180^\circ = 218^\circ 15' - 180^\circ = 38^\circ 15'$, ე. ი. $r_3 =$ სდ: $38^\circ 15'$;

2. თუ $A = 56^\circ 32'$, მაშინ ხაზი მოთავსებულია I მეოთხედში, რომლის რუმბი $r_1 = A_1$, ე. ი. $r_1 =$ ჩა: $56^\circ 32'$;

3. თუ $A = 205^\circ 20'$, მაშინ ხაზი მოთავსებულია IV მეოთხედში, რომლის რუმბი $r_4 = 360^\circ - A_4 = 360^\circ - 205^\circ 20' = 54^\circ 40'$, ე. ი. $r_4 =$ ჩდ: $54^\circ 40'$;

4. თუ $A = 143^\circ 36'$, მაშინ ხაზი მოთავსებულია II მეოთხედში, რომლის რუმბი $r_2 = 180^\circ - A_2 = 180^\circ - 143^\circ 36' = 36^\circ 24'$, ე. ი. $r_2 =$ სა: $36^\circ 24'$.

თუ ცნობილია რუმბები, შეიძლება აზიმუტების პოვნა იმავე ფორმულებით. მაგ., მოცემულია რუმბები:

1. რუმბი ჩდ: $81^\circ 35'$, ე. ი. ხაზი იმყოფება IV მეოთხედში და მისი აზიმუტია $A_4 = 360^\circ - r_4 = 360^\circ 00' - 81^\circ 35' = 278^\circ 25'$;

2. რუმბია სა: $62^\circ 43'$, ე. ი. ხაზი იმყოფება II მეოთხედში და მისი აზიმუტია $A_2 = 180^\circ - r_2 = 180^\circ - 62^\circ 43' = 117^\circ 17'$;

3. რუმბია ჩა: $45^\circ 30'$, ე. ი. ხაზი იმყოფება I მეოთხედში და მისი აზიმუტია $A_1 = r_1$, ე. ი. $A_1 = 45^\circ 30'$;

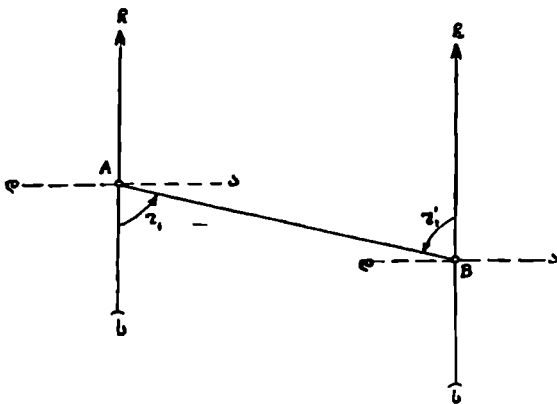
4. რუმბია სდ: $26^\circ 40'$, ე. ი. ხაზი იმყოფება III მეოთხედში და მისი აზიმუტია $A_3 = 180^\circ + r_3 = 180^\circ 00' + 26^\circ 40' = 206^\circ 40'$.

§ 23. კუთხეებისა და რუმბების შორის დამოკიდებულება

როგორც აზიმუტები, ისე რუმბები არიან პირდაპირი და შებრუნებული. დავეუშვათ, მოცემულია AB მიმართულება (ნახ. 53), რომლის რუმბი ტოლია r_1 -ის და მხარეების სახელწოდებაა სა: (სამხრეთ-აღმოსავლეთი), ე. ი. რუმბი იმყოფება მეორე მეოთხედში.

თუ ამის შემდეგ ავიღებთ BA მიმართულებას, მაშინ მისი რუმბი r_1' იქნება შეოთხე მეოთხედში, რომლის სახელწოდება იქნება ჩდ: (ჩრდილო-დასავლეთი). თუ AB მიმართულების რუმბი არის პირდაპირი, BA მიმართულებისა

იქნება შებრუნებული. ვინაიდან A და B წერტილები დიდი მანძილით არ არის დაშორებული ერთმანეთისაგან, ამიტომ მათზე გამავალი მერიდიანის ხაზები შეიძლება ჩაითვალოს პარალელურად; მაშინ პირდაპირი და შებრუნებული რუმბების გრადუსული სიდიდეები ტოლი იქნება, ე. ი. $r_1 = r_1'$ როგორც ჭვარ-



ნახ. 53.

დინად მდებარე კუთხეები, რომელთაც ექნებათ ურთიერთსაწინააღმდეგო მხარეების შეზღვევი სახელწოდებები: სა: r_1 და ჩდ: r_1' .

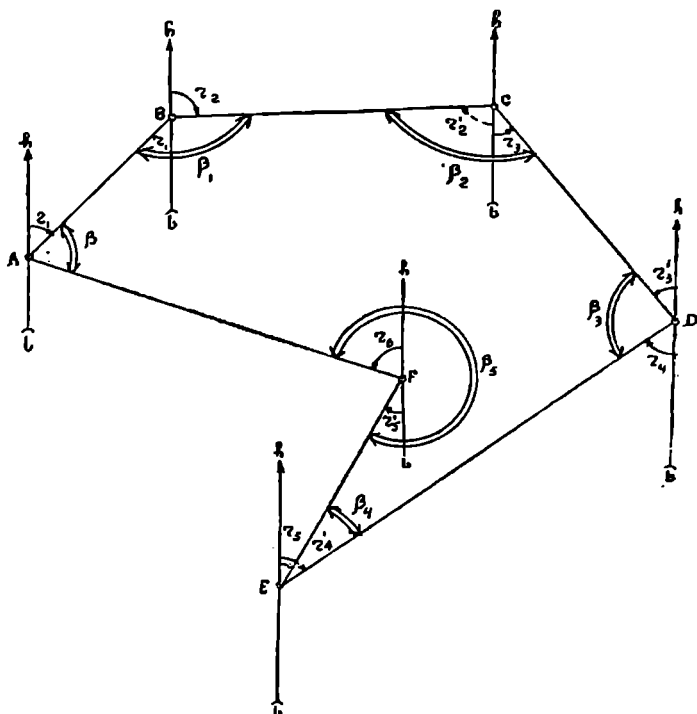
პირდაპირ და შებრუნებულ რუმბებსა და კუთხეებს შორის არსებობს გარკვეული დამოკიდებულება, რაც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს კუთხეებ-რუმბების საშუალებით.

განვიხილოთ პოლიგონი (ნახ. 54), რომელშიც უნდა განისაზღვროს შიგა- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ და β_5 კუთხეები, თუ ცნობილია (გაზომილია) AB, BC, CD, DE, EF და FA გვერდების პირდაპირი და შებრუნებული რუმბები. ნახაზიდან ჩანს, რომ $\beta_1 = 180^\circ + (r_1 - r_2)$ (ყველგან ნახულისხმევია, რომ $r_1 = r_1'; r_2 = r_2'; r_3 = r_3'$ და ა. შ.).

$$\beta_2 = r_2 + r_3; \beta_3 = 180^\circ - (r_3 + r_4); \beta_4 = r_4 - r_5; \beta_5 = 180^\circ + (r_5 + r_6).$$

მივიღეთ ხუთი დამოკიდებულება კუთხეებსა და პირდაპირ და შებრუნებულ რუმბებს შორის, რომლებიც სახეშეცვლილია ხაზების მიმართულებით მხარეების მიმართ, ე. ი. რუმბების სახელწოდებით, სახელდობრ: 1-ელი კუთხე ტოლია 180° პლუს რუმბების სხვაობა, თუ რუმბების სახელწოდების ასოები ერთნაირია, ე. ი. $\beta_1 = 180^\circ + (\text{ჩა:} - \text{ჩა:})$ ან $\beta_2 = 180^\circ + (r_1 - r_2)$; მე-2 კუთხე ტოლია რუმბების ჯამისა, თუ რუმბების სახელწოდების მეორე ასოები ერთნაირია, ე. ი. $\beta_3 = (\text{ჩა:} + \text{სა:})$ ან $\beta_2 = r_2 + r_3$; მე-3 კუთხე ტოლია 180° მინუს რუმბების ჯამი, თუ რუმბების სახელწოდების პირველი ასოები ტოლია, ე. ი. $\beta_4 = 180^\circ - (\text{სდ:} + \text{სა:})$ ან $\beta_4 = 180^\circ - (r_3 + r_4)$; მე-4 კუთხე ტოლია რუმბების სხვაობისა, თუ რუმბების სახელწოდების ყველა ასო სხვადასხვანაირია, ე. ი. $\beta_5 = \text{სდ:} - \text{ჩა:}$ ან $\beta_5 = r_4 - r_5$; მე-5 კუთხე ტოლია 180° პლუს რუმბების ჯამი, თუ რუმბების სახელწოდების მეორე ასოები ერთნაირია, ე. ი. $\beta_6 = 180^\circ + (\text{სა:} + \text{ჩა:})$ ან $\beta_6 = 180^\circ + (r_5 + r_6)$.

უკანასკნელი მეხუთე დაშოკიდებულება მიიღება მაშინ, როდესაც კუთხე 180°-ზე მეტია.



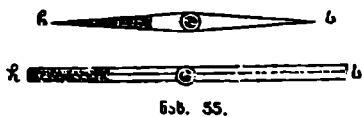
ნახ. 54.

§ 21. მაგნიტური ისარი

მადანს, რომელსაც აქვს თვისება მიიზიდოს რკინა, ნიკელი, კობალტი და სხვა ლითონები, ეწოდება მაგნიტური მადანი და წარმოადგენს ბუნებრივ მაგნიტს. თუ ასეთი მადნის ნაჭრით გავხეხავთ ლითონის ზოლს, ეს უკანასკნელი შეითვისებს მაგნიტურ თვისებებს და წარმოიქმნება ხელოვნური მაგნიტი. ხელოვნურ მაგნიტში მაგნიტური თვისებები დროთა განმავლობაში მცარდება და ბოლოს სავსებით ისპობა. ამიტომ მაგნიტური თვისებების შესანარჩუნებლად ახდენენ მათ დაშავნიტებას.

მაგნიტური ისარი წარმოადგენს ხელოვნურ მაგნიტს, რომელიც მზადდება ფოლადის ზოლისაგან. მაგნიტური ისარის ფორმა უმეტესწილად რომბისებურია ან ვიწრო ზოლისებური (ნახ. 55). მაგნიტურ ისარს შუა ნაწილში აქვს ბუდე, რომელშიც მოთავსებულია კარგად მოშანდაკებული სფერულზედაპირიანი აგატის ქვა. აგატის ქვა ეყრდნობა ფოლადის წვეტს და ისარი იმყოფება თავისუფალ მდგომარეობაში. მაგნიტურ ისარს აქვს ორი წერტილი, რომლებშიც კონცენტრირებულია რკინისადმი მიზიდულობის უდიდესი ძალა; ისინი იმყოფებიან ისარის ბოლოების მახლობლად და მათ პოლუსები ეწოდება.

სწორ ხაზს, რომელიც აერთებს ისრის პოლუსებს, მაგნიტური ღერძს ეწო-
დება. მაგნიტური ღერძი უნდა ემთხვეოდეს ისრის გეომეტრიულ ღერძს, ე. ი.
ისრის წვეროების შემავრთებელ სწორ ხაზს; მაგრამ არის შემთხვევა, როდესაც



ისინი არ ემთხვევიან ერთმანეთს. ის-
რის ერთი ბოლო აღინიშნება რუსული
С (север) ან ფრანგული N (Nord)
ასოთი, ხოლო მეორე ბოლო აღინიშნე-
ბა რუსული Ю (юг) ან ფრანგული
S (Sud) ასოთი. ისრის ჩრდილო ბოლო

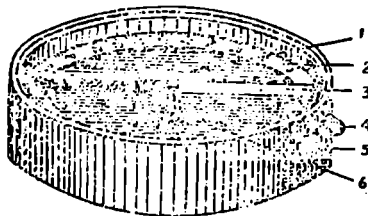
გარკვეულობისათვის იღებება შავი ფერით.

როდესაც ისარი თავისუფლად იმყოფება ფოლადის წვეტზე, მაგნიტური
თვისების გამო, რამდენიმე ხნის რხევის შემდეგ ის დაიკავებს გარკვეულ მიმარ-
თულებას; ერთი ბოლო მიმართული იქნება ჩრდილოეთისაკენ და მას მაგნიტურ
რძი ისრის ჩრდილო ბოლო ეწოდება, ხოლო მოპირდაპირე ბოლო—სამხრეთი-
საკენ, რომელსაც მაგნიტური ისრის სამხრეთი ბოლო ეწოდება.

ისარს რომ მაგნიტური თვისებები მივიანიკოთ, საჭიროა ბუნებრივი მაგნი-
ტით ვაწარმოთ მისი ორმხრევი გახეხვა ან დამაგნიტება ელექტროდენით.

§ 25. ბუსოლი და კომპასი

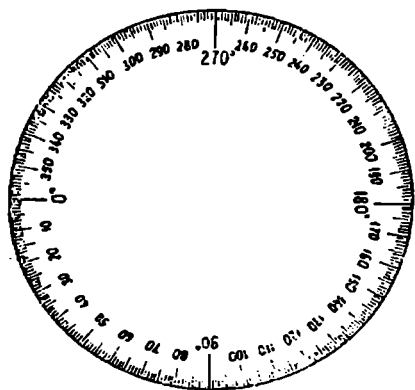
წინა პარაგრაფებში აღნიშნული იყო, რომ დედამიწის ზედაპირზე სხვა-
დასხვა გეოდეზიური სამუშაოების წარმოების დროს საჭიროა პოლიგონის ან
ცალკეული მიმართულების ორიენტირება (გაგნება); ორიენტირებისათვის ფარ-
თოდ იყენებენ ბუსოლს, რომლის არსებით ნაწილს წარმოადგენს მაგნიტური
ისარი. ბუსოლის ნაწილებია: ლითონის კოლოფი (5), რომელიც გადაფარებულია
მინით (ნახ. 56), კოლოფის ცენ-
ტრში მოთავსებულია ფოლადის
წვეტი (6), მაგნიტური ისარი (3),
რომელიც თავისუფლად ბრუნავს
ფოლადის წვეტის ირგვლივ; ბუ-
სოლის რგოლი (2), რომელიც და-
ყოფილია 30°-იანი ან 1°-იანი და-
ნაყოფებით; ისრის საჩერებელი,
ანუ არტირი (4), აგატის ქვა (1),
დაყოფებს ბუსოლის რგოლზე
აქვს წარწერა ყოველ 10°-ზე, რომლებიც იზრდებიან 0°-დან 360°-მდე საათის
აჩრის საწინააღმდეგო მიმართულებით (ნახ. 57).



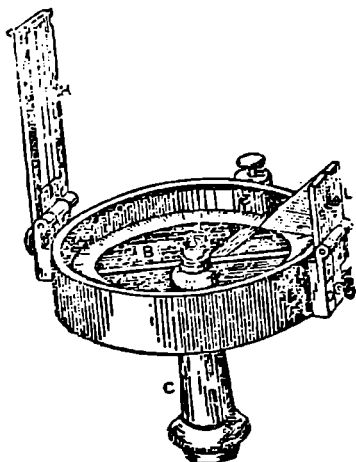
ნახ. 56.

თანამედროვე ჰიროზებში გეოდეზიური სამუშაოების წარმოების დროს
ბუსოლი განაოყენება უმთავრესად როგორც დამხმარე იარაღი, მაგრამ არის
შემთხვევები, როდესაც ბუსოლი გამოიყენება დამოუკიდებელ იარაღად და
მისი საშუალებით აწარმოებენ ტერიტორიის გაღებებს. ასეთ შემთხვევაში გა-
ნაოყენება მხოლოდ საველე ბუსოლი (ნახ. 58). საველე ბუსოლის დანაყოფებია-
ბი რგოლი მიმაგრებულია ისართან და ბრუნავს მასთან ერთად. ბუსოლის კო-
ლოფზე დიამეტრულად განლაგებულია საგნისა და თვალის დიოპტრები. საგ-
ნის დიოპტრი წარმოადგენს სწორკუთხედისებურ ჩარჩოს, რომლის შუა ნაწილ-
ში დაკიმულია ძაფი, ხოლო თვალის დიოპტრი წარმოადგენს პრიზმას, რომ-
ის ზედა ნაწილში პატარა კრილია გაკეთებული საგანზე დასაშვარად და ქვე-

და ნაწილში კი წაიკითხება დანაყოფებიანი რგოლიდან გრადუსული სიდიდეები. მაგალითად, დანაყოფიდან, რომელიც შეესაბამება 10° -ს, დაეცა სხივი d წახნაგს პერპენდიკულარულად და გარდაუტეხად შევიდა პრიზმაში (ნახ. 59). როდესაც სხივი მიაღწევს e აბოტენუსას, აირეკლება და დაეცემა b წახნაგს,



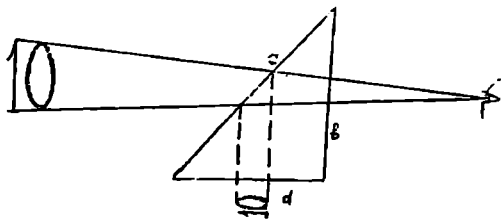
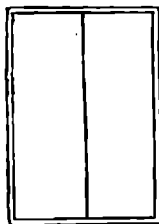
ნ.ხ. 57.



ნახ. 58.

რომლის მახლობლად იწყობება თვალი, სადაც მიიღება ამ დანაყოფის გამოსახულება.

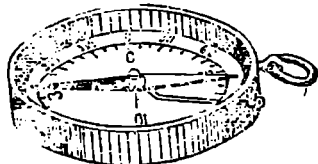
ხშირად გვხვდება ისეთი ბუსოლები, რომლებსაც ეკერისებურად მოწყობ-



ნახ. 59.

ლი დიოპტრები აქვთ, ე. ი. თვალის დიოპტრი წარმოადგენს ეიწრო ღარს, ხოლო საგნის დიოპტრი—უფრო განიერს, რომლის შუა ნაწილში დაკიმულია ძაფი.

ორიენტირებისათვის ყველაზე მარტივი ხელსაწყოა კომპასი (ნახ. 60). კომპასი წარმოადგენს პატარა ზომის (დაახლოებით 6—7 სანტიმეტრის დიამეტრის) ლითონის კოლოფს, რომლის შიგნით ფოლადის წვეტზე ბრუნავს მაგნიტური ისარი. იწინააფვის, რომ ფოლადის წვეტი არ გაცვდეს, სპილენძის ფირფიტით—არეტირით მაგნიტურ ისარს ასწევენ ზევით, ვიდრე მიეზღინებოდეს მინის სახურავს და ასეთ მდგომარეო-



ნახ. 60.

ბაში გადააქვთ ერთი ადგილიდან მეორეზე. მუშაობის დაწყებისას არეტირით ათავისუფლებენ მაგნიტურ ისარს, რომელიც ისევ დაეყრდნობა ფოლადის წვეტს და საშუალება მიეცემა თავისუფლად იმოძრაოს მასზე.

კოლოფს ძირზე დატანილი აქვს გრადუსული ან უფრო დიდი კუთხოვანი დანაყოფები. რომლებიც დაახლოებით განსაზღვრავენ რუმბების ან აზიმუტების მიმართულებებს.

§ 26. ბუსოლის შემოწმება

სანამ ბუსოლით უშუალოდ მუშაობას დაიწყებდეთ, მანამდე საჭიროა მისი წინასწარი შემოწმება და დადგენა. ვარჯისია თუ არა სამუშაოების წარმოებისათვის. ბუსოლი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

1. არ უნდა შეიცავდეს რკინას ან ისეთ ლითონს, რომელიც გავლენას ახდენს მაგნიტურ ისარზე.

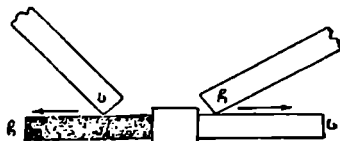
შემოწმებას აწარმოებენ ასე: ამოიღებენ ბუსოლიდან მაგნიტურ ისარსა და ფოლადის წვეტს და ათავსებენ მაგნიტურ ისარს ცალკე სხვა წვეტზე, მაგალითად, ნემსის წვეტზე და ელოდებიან მანამ, სანამ ისარი რხევას შეწყვეტდეს, ზემდეგი მიიტანენ ისართან ბუსოლს მისი სხვადასხვა ნაწილით. თუ მაგნიტური ისარი დარჩა გაუნძრევლად, პირობა დაკუთვია: წინააღმდეგ შემთხვევაში ბუსოლი მუშაობის წარმოებისათვის გააშუსადგვარია.

წვეტი. რომელზედაც ბრუნავს მაგნიტური ისარი, მზადდება ფოლადისაგან, მაგრამ ისარზე არავითარ გავლენას არ ახდენს, ვინაიდან განლაგებულია ისრის ცენტრში, ე. ი. ჩრდილო და სამხრეთ მაგნიტური არეების ცენტრალურ ზონაში.

2. მაგნიტური ისარი უნდა იყოს გაწონასწორებული. იმისათვის, რომ დავრწმუნდეთ. გაწონასწორებულია თუ არა მაგნიტური ისარი, ე. ი. უჭირავს თუ არა თარაზული მდგომარეობა, საჭიროა ბუსოლის დანაყოფებიანი რგოლი მოყვანილი იქნეს თარაზულ მდგომარეობაში მრგვალი თარაზოს საშუალებით, რომელიც თვით ბუსოლზეა მოთავსებული. თუ ასეთ მდგომარეობაში მაგნიტური ისრის ორივე ბოლო თანაბარი სიმძალით არიან დამორებული დანაყოფებიანი რგოლის ზედაპირიდან. პირობა დაკუთვია, ხოლო, თუ ერთი ბოლო მაღლაა, მასზე აჯრავენ ცვილს ისე, რომ ისარი გაწონასწორდეს, ე. ი. შილოს თარაზული მდგომარეობა. ზოგჯერ ისრები აღჭურვილია გადასაადგილებელი რგოლით და გაწონასწორებას აწარმოებენ მისი გადაადგილებით ისრის გრძივი მიმართულებით.

3. ფოლადის წვეტი უნდა იყოს მახვილი, აგატის ქვის სფეროსებრი ზედაპირი კარგად მოშანდაკებული და თვით ისარი კარგად დამაგნიტებული. თუ ფოლადის წვეტი მახვილი არ არის ან აგატის ქვის სფეროსებრი ზედაპირი კარგად არ არის მოშანდაკებული, იქმნება დიდი წინააღმდეგობა და მაგნიტური ისარი ვერ გადალახავს მას, ე. ი. ვერ დაიჭერს მაგნიტური მერიდიანის მიმართულებას. შესაბამისად მაგნიტურ ისარს ათავისუფლებენ არეტირით და როდესაც შეწყვეტს რხევას, იღებენ ანათვალს დანაყოფებიან რგოლზე. ამის შემდეგ მიიტანენ ბუსოლთან რკინის ან სხვა ლითონის ნაჭერს. რომელიც იმოქმედებს მაგნიტურ ისარზე და გამოიყვანს ისარს წონასწორობიდან; შემდეგ მოაშორებენ რკინის ნაჭერს და ისევ დაელოდებიან ისრის გაჩერებას. თუ ისარი გაჩერების შემდეგ გვიჩვენებს დანაყოფებიან რგოლზე იმავე ანათვალს, რაც იყო მისი წონასწორობიდან გამოყვანამდე, პირობა დაკუთვია, წინააღმდეგ შემთხვევაში ფოლადის წვეტი კარგად უნდა გაილესოს და აგატის ქვა კარგად მოშანდაკდეს.

ისრის დამაგნიტების შესამოწმებლად გაწონასწორებულ ისარს გამოიყვანენ წონასწორობიდან ზემოთ აღწერილი წესით; თუ ისარი რამდენიმე გარბევის შემდეგ გაჩერდა გარკვეული მიმართულებით, ისარი დამაგნიტებულია, ხოლო, თუ ისარს დასკირდა დიდი რაოდენობით რბევა, სანამ გაჩერდებოდეს, ისარი დაუშაგნიტებელია. ისრის დამაგნიტებას აწარმოებენ ასე: ათავსებენ სიბრტყეზე (ნახ. 61) და აწარმოებენ ბუნებრივი მაგნიტით დამაგნიტებას გახეხვით. ხეხვა წარმოებს ერთდროულად შუა ადგილიდან ისრის წვერობისაკენ. ისრის სამხრეთ ბოლოს ხეხავენ მაგნიტის ჩრდილო პოლუსით, ხოლო ჩრდილო ბოლოს — მაგნიტის სამხრეთ პოლუსით.



ნ.ხ. 61.

4. ისრის მაგნიტური ღერძი უნდა ემთხვეოდეს მის გეომეტრიულ ღერძს. შემოწმებისათვის, გაჩერებული ისრის ბოლოს მიხედვით, აიღებენ ანათვალს დანაყოფებიან რგოლზე და ბუსოლის გაუნძრევლად ამოიღებენ ისარს (ბუსოლის მინა წინასწარ უნდა იყოს ამოღებული), ამოხრახნიან აგატის ქვის ბუდეს და გადაადგილებენ მას 180° -ით, ე. ი. ჩახრახნიან ისარში მეორე მხრიდან და ისევე მოათავსებენ ფოლადის წვეტზე; მაგნიტური ისრის დაწყნარების შემდეგ ისევე იღებენ ანათვალს. თუ ანათვლები პირველ და მეორე შემთხვევაში დაეშთვა ერთმანეთს, მაშინ ისრის მაგნიტური ღერძი ემთხვევა მის გეომეტრიულ ღერძს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ანათვლების სხვაობის ნახეყარი მოგვეცემს ღერძებს შორის გადახრის კუთხეს; რომლითაც უნდა შესწორდეს საერთოდ მაგნიტური ისრის ბოლოზე აღებული ანათვალი მაგნიტური მერიდიანის სწორი მიმართულების მისაღებად.

5. მაგნიტურ ისარს არ უნდა ჰქონდეს ექსცენტრისიტეტი. ეს შემოწმება გვიჩვენებს, რომ მაგნიტური ისარი უნდა ბრუნავდეს დანაყოფებიანი რგოლის ცენტრში, ე. ი. ფოლადის წვეტიც იმყოფებოდეს რგოლის ცენტრში; ასეთ მდგომარეობაში ისარი დაიკავებს რგოლის დიამეტრალურ მიმართულებას და ანათვლები ისრის ბოლოებზე გვიჩვენებს განსხვავებას 180° -ს, თუ დანაყოფები რგოლზე იზრდება 0° -დან 360° -მდე, ე. ი. აზიმუტურია, ხოლო ანათვლები ტოლი იქნებიან, თუ დანაყოფები რგოლზე იზრდება 0° -დან 90° -მდე ორივე მიმართულებით — ჩრდილოეთიდან და სამხრეთიდან, ე. ი. რუპბულია. სინამდვილეში ფოლადის წვეტი ყოველთვის არ არის მოთავსებული რგოლის ცენტრში და ასეთ შეუთავსებლობას ექსცენტრისიტეტი ეწოდება.

თუ მაგნიტურ ისარს აქვს ექსცენტრისიტეტი, მაშინ აზიმუტურ რგოლზე ისრის ბოლების მიმართ აღებული ანათვლების სხვაობა არ იქნება 180° . ექსცენტრისიტეტის შემოწმებას აწარმოებენ შემდეგნაირად: მოიყვანენ ბუსოლს თარაზულ მდგომარეობაში და იღებენ ანათვლებს დანაყოფებიან რგოლზე. ისრის ორივე ბოლოს მიხედვით ანათვლების აღებას აწარმოებენ რამდენჯერმე დანაყოფებიანი რგოლის სხვადასხვა ნაწილზე ბუსოლის შემობრუნებით შეეული ღერძის ირგვლივ. თუ აღმოჩნდება, რომ ყოველი წყვილი ანათვლები, აღებული დანაყოფებიანი რგოლის სხვადასხვა ნაწილში, განსხვავდება 180° -ით, პირობა დატულია. ე. ი. ექსცენტრისიტეტი არა აქვს მაგნიტურ ისარს და ასეთი ბუსოლით მუშაობის დროს საეყმარისია ანათვალი აღებულ იქნეს ისრის ერთ ბოლოზე. თუ ცალკეული წყვილი ანათვლები განსხვავდება 180° -ზე მეტი ან ნაკლები

სიდიდით, მაშინ ექსცენტრისიტეტი არსებობს და ასეთ ბუსოლზე ანათვლები აღებული უნდა იქნეს ისრის ორივე ბოლოს მიხედვით, რითაც უნდა განისაზღვროს აზიმუტის ან რუმბის ნამდვილი სიდიდე. მაგალითად, ისრის ჩრდილო ბოლოზე ანათვალი მივიღეთ $a_1 = 56^{\circ}45'$, ხოლო სამხრეთ ბოლოზე — $a_2 = 236^{\circ}15'$, მაშინ ნამდვილი ანათვალი იქნება

$$a = \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{56^{\circ}45' + 236^{\circ}15' - 180^{\circ}}{2} = \frac{113^{\circ}}{2} = 56^{\circ}30'.$$

6. დიოპტრების კოლიმაციური სიბრტყეები პერპენდიკულარული უნდა იყოს ბუსოლის დანაყოფებიანი რგოლის სიბრტყისა. ბუსოლს მოიყვანენ თარაზულ მდგომარეობაში, ჩამოკიდებენ ბუსოლიდან 20—30 მეტრის დაშორებით შვეულს და დამზერენ დიოპტრებით შვეულის ძაფს. თუ საგნის დიოპტრის ძაფი ფარავს შვეულის ძაფს მთელ სიგრძეზე, პირობა დაცულია. წინააღმდეგ შემთხვევაში საგნის დიოპტრის ერთ-ერთ მხარეს მოუთავსებენ ფუძის ქვეშ ქაღალდის ფურცლებს აღნიშნული ძაფების დამთხვევამდე. ასეთივე ხერხით გადაადგილებენ თვალის დიოპტრასაც.

7. დიოპტრების კოლიმაციური სიბრტყე უნდა ემთხვეოდეს ბუსოლის რგოლის ნულოვანი დანაყოფის დიამეტრს. შემოწმებისათვის დაჭიმავენ ძაფს თვალის დიოპტრის ქვევითა ნაწილიდან საგნის დიოპტრის ზევითა ნაწილამდე. თვალის დიოპტრში ვახედვით ძაფი უნდა ფარავდეს ნულოვან დანაყოფს. თუ არსებობს შეუთავსებლობა, მას კოლიმაციური ცდომილება ეწოდება და მუშაობის პროცესში შიღებული უნდა იყოს მხედველობაში.

8. ბუსოლის რგოლის გრადუსული დანაყოფები უნდა იყოს ტოლი. შემოწმება ხდება მზომით, რისთვისაც მას შლიან 5 ან 10 დანაყოფის სიგრძეზე და შემოუვლიან მთელ რგოლს ყოველი დანაყოფიდან. აღნიშნული შემოწმებიდან პირველი და მეორე სრულდება ერთხელ, ხოლო დანარჩენები უნდა გამოვარდეს პერიოდულად.

გარდა ჩამოთვლილი შემოწმებებისა, საჭიროა დავრწმუნდეთ ბუსოლის ბრუნვის ღერძისა და დანაყოფებიანი რგოლის სიბრტყის პერპენდიკულარობაში. ამისათვის თარაზოს ბუშტულა მიჰყავთ შუა ადგილას და ბუსოლს შემობარუნებენ 180° -ით, თუ ბუშტულა გადაიხარა, მას შეასწორებენ გადახრის რკალის ნახეარზე თარაზოს შემასწორებელი ხრახნით.

§ 27. ბუსოლური გაღაღება

ბუსოლური გაღაღება, გარდა გადასაღები ტერიტორიის მსგავსი გამოსახულებისა, საშუალებას გვაძლევს მოვანდინოთ მისი ორიენტირება მხარეების მიმართ.

გაღაღების ხერხები მეტია ბუსოლურ გაღაღებაში, ვიდრე ეყვრულში, რისთვისაც ბუსოლს მეტი უპირატესობა ენიჭება და განსაკუთრებით დიდი გამოყენება აქვს დანურული (დასახლებულ, ტყიან და სხვა) ადგილების გადასაღებად.

ბუსოლურ გაღაღებას ძირითადად აწარმოებენ გადაკვეთის, პოლარული და შემოვლის ხერხით.

1. გადაკვეთის ხერხი. გადაკვეთის ხერხით წერტილების მდებარეობა განისაზღვრება ორი გზით: პირდაპირი და შებრუნებული, რომელთა გამოყენებაც დამოკიდებულია ადგილობრივ პირობებზე.

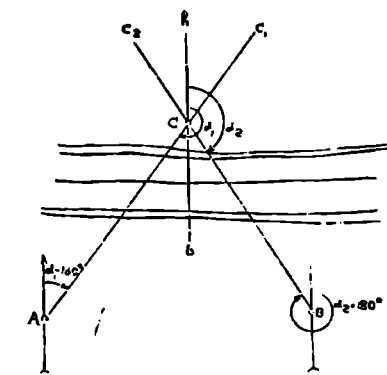
პირდაპირი გადაკვეთა გამოიყენება მაშინ, როდესაც გეგმაზე მოცემულია ორი A და B წერტილი (ნახ. 62) და საჭიროა განისაზღვროს მესამე C წერტილი. პირდაპირი გადაკვეთის დროს A და B ცნობილი წერტილები ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ მათზე შეიძლებოდეს იარაღით დგომა, ხოლო C წერტილი შეიძლება იყოს მიუდგომელი, ე. ი. მასზე იარაღით დგომა შეუძლებელია, მაგალითად, ქარხნის მილი, წყალსაწნევი კოშკი, ეკლესიის სამრეკლოს ჯვარი და სხვა თვალსაჩინო საგნები, რომლებიც გამოიყენება ორიენტირებისათვის.

C წერტილის განსაზღვრისათვის ბუსოლს ათავსებენ ერთ-ერთ ცნობილ წერტილზე, მაგალითად, A წერტილზე და დიოპტრებით დასწერენ C წერტილს; ბუსოლის ისრის მიხედვით განსაზღვრავენ აზიმუტს (ან რუძებს) AC

მიმართულებისათვის, რომლის სიღრდე აღინიშნება α_1 -ით, შემდეგ გადადიან B წერტილში და ასეთივე წესით განსაზღვრავენ BC მიმართულების აზიმუტს. რომლის სიღრდე აღინიშნება α_2 -ით. ეს ორი მონაცემი საკმარისია იმისათვის, რომ მივიღოთ C წერტილის მდებარეობა გეგმაზე. მართლაც, თუ A წერტილზე გავატარებთ მერიდიანის „ჩს“ მიმართულებას და ტრანსპორტირით გადავზომავთ α_1 კუთხეს, მივიღებთ AC_1 მიმართულებას, შემდეგ B წერტილზე თუ გავატარებთ მერიდიანის მიმართულებას და მასზეც ასევე გადავზომავთ α_2 კუთხეს, მივიღებთ BC_2 მიმართულებას. რომელიც გადაკვეთს AC_1 მიმართულებას C წერტილში.

შებრუნებული გადაკვეთა გამოიყენება მაშინ, როდესაც განსასაზღვრელ C წერტილში იარაღით დგომა შეიძლება, ხოლო ცნობილი A და B წერტილები გეგმაზე მიუდგომელია. ასეთ შემთხვევაში ბუსოლს ათავსებენ C წერტილზე (ნახ. 63) და დასწერენ დიოპტრების საშუალებით ჯერ A და შემდეგ B წერტილს, სადაც მიიღებენ CA მიმართულებისათვის α_1 აზიმუტს.

ხოლო CB მიმართულებისათვის α_2 აზიმუტს. მიღებულ აზიმუტებს შეეკვლიან შებრუნებული აზიმუტებით, რისთვისაც AC მიმართულების მისაღებად CA მიმართულების აზიმუტს გამოაკლებენ 180° -ს, ხოლო BC მიმართულების მისაღებად CB მიმართულების აზიმუტს დაუმატებენ 180° -ს, ე. ი. $AC = \alpha_1 - 180^\circ$ და $BC = \alpha_2 + 180^\circ$. ამის



ნახ. 63.

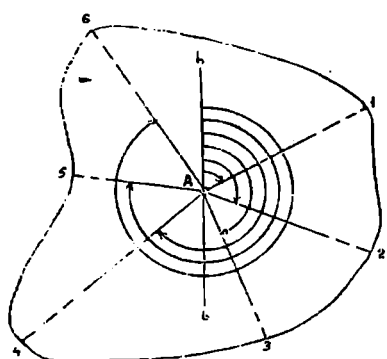
შემდეგ C წერტილის მდებარეობას გეგმაზე იპოვნინან ისე, როგორც პირდაპირი გადაკვეთის დროს, ე. ი. A და B წერტილებში გაატარებენ მერიდიანების

მიმართულებებს და ააგებენ ამ წერტილებში კუთხეებს, რომლებიც ტოლია შებრუნებული აზამუტებისა. მიღებული AC_1 და BC_2 მიმართულებების გადაკვეთაზე მიიღება საძიებელი C წერტილი. გადაკვეთის ხერხი ძალზე გავრცელებულია და ადვილი შესასრულებელი, ვინაიდან არ საჭიროებს მანძილის განზღვრას ადგილზე. ის ხშირად გამოიყენება გაზომვების დროს, განსაკუთრებით კი მიუღვრომელი წერტილების განსაზღვრისას.

გადაკვეთის ხერხი გამოიყენება უმთავრესად ღია ადგილებში. განსასაზღვრელი წერტილის ზუსტად მიღებისათვის საჭიროა გადაკვეთა წარმოებდეს კუთხით, რომელიც ახლოა 90° -თან. კუთხე, რომელიც ნაკლებია 30° -ზე ან მეტია 150° -ზე, გადაკვეთისათვის არ გამოიყენება.

2. პოლარული ხერხი. იგი გამოიყენება მაშინ, როდესაც გადასაღებ კონტურს წრიული ან ნახევარწრიული ფორმა აქვს. ღია ადგილია და გაზომვების სასატიკოდ მისადგომა.

დაეუშვათ, გადასაღებია კონტური, რომლის საზღვრები მრუდხაზოვანია (ნახ. 64). კონტურის გარდატეხის 1, 2, 3... წერტილებში დააყენებენ სარებს,



ნახ. 64.

ხოლო კონტურის შიგნით, ნებისმიერ A წერტილში, დააყენებენ ბუსოლს. ანის შემდეგ აწარმოებენ ორი სახის გაზომვას: 1. განსაზღვრავენ A წერტილიდან ყველა სარაზე მიმართულების აზიმუტებს; 2. გაზომვენ A წერტილიდან ყველა სარაზე მანძილს, ყველა აღნიშნული გაზომვა იწერება აბრისზე. მიღებული ორი სიდიდე—აზიმუტი და მანძილი სრულიად საკმარისია იზისათვის, რომ განისაზღვროს 1, 2, 3... წერტილების მდებარეობა გეგმაზე. საკმარისია აღინიშნოს გეგმაზე ნებისმიერი A წერტილი, გატარდეს მა-

სზე მერიდიანის მიმართულება და გაზომილი აზიმუტების მიხედვით ცალკეული მიმართულებები 1, 2, 3... წერტილებზე. შენდეგ გეგმისათვის მიღებულ მასშტაბში გადაიზომება გაზომილი $A1, A2, A3...$ მანძილები და მიღებული იქნება 1, 2, 3... წერტილების მდებარეობა გეგმაზე, რომელთა თანმიმდევრობითი შეერთება მრუდი ხაზებით გამოსახავს გადასაღები კონტურის ფორმას.

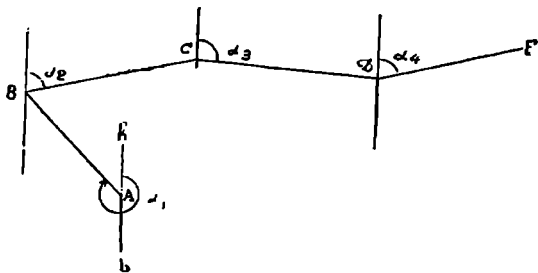
პოლარული ხერხი შედარებით შრომატევადია და სრულდება ნელი ტემპით, ვინაიდან მოითხოვს დიდი რაოდენობის ხაზების უშუალოდ გაზომვას მიწაზე.

3. შემოვლის ხერხი. ბუსოლური გადაღებისას, ისე როგორც სხვა გეოდეზიური იარაღებით გადაღების დროს, ადგილმდებარეობის მთავარი წერტილები (მიწათსარგებლობის საზღვრები, მაგისტრალები და სხვა) განისაზღვრება შემოვლის ხერხით. დაეუშვათ, გადასაღებია $AECD$ მიმართულება, რომელიც შექმნილია ტეხილი ხაზებით (ნახ. 65). ბუსოლს მოათავსებენ საწყის A წერტილში, ხოლო B წერტილში—სარს, გაზომვენ AB მიმართულების აზიმუტსა და მანძილს, შემდეგ ბუსოლით გადავლენ B წერტილში, ხოლო C წერტილ-

შნ მოათავსებენ სარს; აქაც გავზომავენ BC მიმართულების აზიმუტსა და მანძილს. ასეთი თანმიმდევრობით განაგრძობენ მუშაობას ყველა წერტილზე.

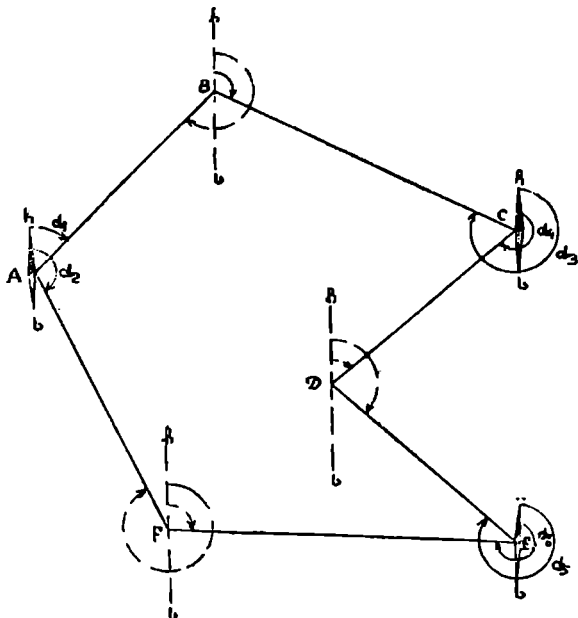
თუ გადასაღებ ტერიტორიაზე არ არის გავრცელებული მაგნიტური ანომალიის მოქმედება, მაშინ ბუსოლით მუშაობის დროს პოლიგონის შემოვლა შეიძლება არა ყოველ წერტილში დგომით, არამედ თითო წერტილის გამოტოვებით. წერტილის გამოტოვებით, გადაღების წარმოების დროს, იზომება ყველა მანძილი და ბუსოლის დგომის წერტილებში (წინ და უკან) აზიმუტები ან რუმბები.

დაეუშვათ, გადასაღებია შემოვლის ხერხით $ABCDEF$ ექვსკუთხედი (ნახ. 66), ამისათვის ბუსოლს დააყენებენ საწყის A წერტილში და აიღებენ აზიმუტებს AB და AF მიმართულებებზე. მაგალითისათვის ავიღოთ, რომ $(AB) = \alpha_1 = 40^\circ$ და $(AF) = \alpha_2 = 135^\circ$. ბაფთით გავზომავენ AB და AF მანძილებს და გადადიან არა B წერტილში, არამედ C წერტილში. აქ განსაზღვრავენ CB და CD მიმართულებებზე.



ნახ. 65.

ბაფთით გავზომავენ AB და AF მანძილებს და გადადიან არა B წერტილში, არამედ C წერტილში. აქ განსაზღვრავენ CB და CD მიმართულებებზე.



ნახ. 66.

ბის აზიმუტებს. დაეუშვათ, ისინი არიან: $(CB) = \alpha_3 = 295^\circ$ და $(CD) = \alpha_4 = 240^\circ$.

ამის შემდეგ გავზომიერებ CB და CD მანძილებს და ბუსოლით ვადადიან D წერტილის გამოტოვებით E წერტილში, სადაც განსაზღვრავენ ED და EF მიმართულებების აზიშუტებს და გავზომიერებ ED და EF მანძილებს. დაეუჭვათ. აზიშუტები (ED)= $\alpha_5=320^\circ$ და (EF)= $\alpha_6=260^\circ$. ამით დაწვავრდება პოლიგონის გადაღება. როგორც ვხედავთ, ბუსოლით დგომა ექვსკუთხედისათვის საკმარისია 3 წერტილში, რომლებზედაც აზიშუტი იზომება როგორც წინა, ისე უკანა მიმართულებისათვის. წვეროებზე, სადაც უშუალოდ გაიზომა ბუსოლით აზიშუტები, კუთხეები მიიღებოან როგორც აზიშუტების სხვაობები უკანა და წინა მიმართულებებზე:

$$\begin{aligned} \angle FAB &= \alpha_2 - \alpha_1 = 135^\circ - 40^\circ = 95^\circ; \\ \angle BCD &= \alpha_3 - \alpha_4 = 295^\circ - 240^\circ = 55^\circ; \\ \angle DEF &= \alpha_6 - \alpha_5 = 320^\circ - 260^\circ = 60^\circ. \end{aligned}$$

ამის შემდეგ პოლიგონის B წვეროზე შიდა კუთხის განსაზღვრისათვის საკმარისა ვიცოდეთ BA და BC მიმართულებების აზიშუტები, რომლებიც ადვილად განისაზღვრებიან, თუ ავიღებთ AB და CB აზიშუტების შებრუნებულ სიდიდეებს. ამრიგად,

$$\begin{aligned} (BA) &= (AB) + 180^\circ = \alpha_1 + 180^\circ = 40^\circ + 180^\circ = 220^\circ; \\ (BC) &= (CB) - 180^\circ = \alpha_4 - 180^\circ = 295^\circ - 180^\circ = 115^\circ; \\ \angle ABC &= (BA) - (BC) = 220^\circ - 115^\circ = 105^\circ. \end{aligned}$$

D წერტილთან პოლიგონის შიგნით მდებარე კუთხე განისაზღვრება ასე: ჯერ უნდა განსაზღვროთ LC და DE მიმართულებების აზიშუტები როგორც შებრუნებული CD და ED მიმართულებებისადმი:

$$\begin{aligned} (DC) &= (CD) - 180^\circ = \alpha_1 - 180^\circ = 240^\circ - 180^\circ = 60^\circ; \\ (DE) &= (ED) - 180^\circ = \alpha_5 - 180^\circ = 320^\circ - 180^\circ = 140^\circ. \end{aligned}$$

აქედან მრავალკუთხედის გარე კუთხე $CDE = (DE) - (DC) = 140^\circ - 60^\circ = 80^\circ$, ე. ი. საძიებელი ნრავალკუთხედის შიდა CDE კუთხე ტოლი იქნება 360° -ს გამოკლებული გარე კუთხე, ანუ შიდა კუთხე $CDE = 360^\circ - 80^\circ = 280^\circ$. ბოლოს EFA კუთხე განისაზღვრება როგორც EF და AF აზიშუტების შებრუნებული სიდიდეების სხვაობა, ე. ი.

$$\begin{aligned} (FE) &= (EF) - 180^\circ = \alpha_6 - 180^\circ = 260^\circ - 180^\circ = 80^\circ; \\ (FA) &= (AF) + 180^\circ = \alpha_2 + 180^\circ = 135^\circ + 180^\circ = 315^\circ. \end{aligned}$$

გარე კუთხე $AFE = (FA) - (FE) = 315^\circ - 80^\circ = 235^\circ$, ხოლო საძიებელი შიდა კუთხე $AFE = 360^\circ - 235^\circ = 125^\circ$. ამრიგად, განისაზღვრება როგორც ყველა კუთხე ნრავალკუთხედში, ისე გავზომილი ყველა მანძილიც. ეს სიდიდეები სრულიად საკმარისია პოლიგონის ასაგებად. თუ გავზომილი მანძილები დახრილია, საჭიროა ეკლინეტრით გაიზონოს დახრილობის კუთხეები, რათა ხაზები მოყვანილ იქნეს თარაზულ გეგზილში.

პოლიგონის შემოვლის შემდეგ აწარმოებენ მის შიგნით მდებარე სიტუაციის (დეტალების) გადაღებას გადაკვეთის, პოლარული, პერპენდიკულარისა და სხვა ხერხებს გამოიყენებით.

ბუსოლით გადაღება წარმოებს სწრაფად და უმთავრესად გამოიყენება წინასწარი გეგმის შესაღვენად. ვინაიდან მისი სიზუსტე ძალზე დაბალია. სიზუსტეზე დიდ გავლენას ახდენს როგორც მაგნიტური ისრის მერყეობა დღე-ღამის

განმავლობაში, ისე ანათვალის აღების დაბალი სიზუსტეც. ბუსოლის დანაყოფებიანი რგოლი დაყოფილია ყოველ 1°-ზე ან 30'-ზე, ე. ი. ანათვალის აღების სიზუსტე იქნება ან 30', ან 15'. ამ მიზეზების გამო ბუსოლით იღებენ შედარებით პატარა ნაკვეთებს.

§ 28. თეოდოლიტური საშუაოემაი

დედამწის ზედაპირზე მიმართულეებს შორის კუთხეების ზუსტ გასაზომად გამოიყენება თეოდოლიტი. თეოდოლიტით კუთხეები იზომება ერთი მინუტის, ნახევარი მინუტის და ზოგჯერ ერთი სეკუნდის სიზუსტით. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ასაგეგმად ძირითადად გამოიყენება მინუტიანი და ნახევარმინუტიანი თეოდოლიტები. რა სიზუსტისაც არ უნდა იყოს კუთხმზომი იარაღები, ყველა მათგანს აქვთ საერთო შემადგენელი ნაწილები. ამისათვის ჯერ გავეცნოთ შემადგენელ ნაწილებს, მათ აგებულებასა და დანიშნულებას, ხოლო შემდეგ თვით კუთხმზომ იარაღს.

§ 29. ლიზბი და ალიდადა

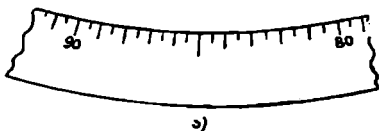
კუთხმზომი იარაღების ძირითად ნაწილს წარმოადგენს ლითონის წრედი თანაბარი რკალეების აღმნიშვნელი დანაყოფებით (მტრიხებით), რომლებიც გამოისახულია გრადუსულ ზომებში (30', 20' და ა. შ.). წრედს, რომელზედაც დატანილია გრადუსულ ზომებში გამოსახული დანაყოფები, ლიზბის წრედი ეწოდება, ხოლო დანაყოფებს შორის მოთავსებული რკალის სიდიდეს გრადუსულ ზომებში — ლიზბის საფასური. ლიზბის წრედი მზადდება თითბერის ან ბრინჯაოსაგან, რომლის ზედა ნაწილს წაკვეთილი კონუსის ფორმა აქვს და ზედ მიდუღებულია ვერცხლის რგოლი დანაყოფებით.

კუთხმზომი იარაღების მეორე მთავარ ნაწილს წარმოადგენს ლიზბის ზემოთ მოთავსებული წრედი — ალიდადა, რომლის ღერძის ბრუნვის ცენტრი დაეშთხვევა ლიზბის ღერძის ბრუნვის ცენტრს. ალიდადის წრედის ერთ-ერთი დიამეტრის ბოლოებთან განლაგებულია ვერნიერები, რომლებიც წარმოადგენენ რკალებს დანაყოფებით. ვერნიერების საშუალებით აწარმოებენ ანათვლების აღებს ლიზბის წრედიდან.

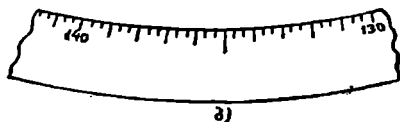
თანამედროვე თეოდოლიტებში ლიზბის საფასური უმთავრესად გვხვდება 30' და 20'. დანაყოფების წარწერა ლიზბზე ყოველთვის იზრდება საათის ისრის მიმართულებით 0°-დან 360°-მდე ყოველ 10°-ზე.

ლიზბის საფასურის განსაზღვრა პრაქტიკულად წარმოებს შემდეგნაირად: გაიგებენ ორ მეზობელ წარწერას შორის სხვაობას, დაითვლიან ამ წარწერებს შორის დანაყოფთა რიცხვს და მიღებულ სხვაობას გაყოფენ დანაყოფთა რიცხვზე. მაგალითად, წარწერებს შორის სხვაობა უდრის 10° (ხაზ. 67 ა), დანაყოფთა რიცხვი უდრის 20, ე. ი.

ლიზბის საფასური იქნება $\frac{10^\circ}{20} = \frac{1^\circ}{2} = 30'$.



ა)



ბ)

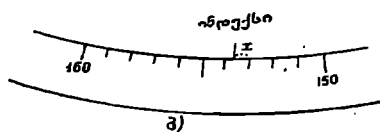
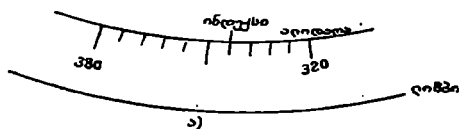
ხაზ. 67.

წარწერებს შორის სხვაობა უდრის 10° , დანაყოფთა რიცხვი უდრის 30 (ნახ. 67 ბ), მაშინ ლიშბის ერთი დანაყოფის საფასური იქნება $\frac{10^{\circ}}{30} = \frac{1^{\circ}}{3} = 20'$.

კუთხის გაზომვის სიზუსტე, სხვადასხვა მიზეზის გარდა, დამოკიდებულია თვით იარაღის სიზუსტეზეც. თანამედროვე თეოდოლიტების სიზუსტე არანაკლები ერთი მინუტისაა. თუ ავიღებთ დედამიწის ზედაპირზე ხაზს, რომლის სიგრძე უდრის 3438 მეტრს და ამ ხაზის მიმართულებაში დავეშვებთ ცდომილებას ერთ მინუტს, მაშინ ხაზის ბოლო წერტილი გადაინაცვლებს ერთი მეტრით ($\text{tg } 1' = 1 : 3438$), ხოლო, თუ მიმართულებაში დავეშვებთ ცდომილებას $30''$ -ს ხაზის ბოლო წერტილი გადაინაცვლებს 0.5 მ. ასეთი სიზუსტე სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების გადაღების დროს სრულიად საკმარისია.

§ 30. პირენეისი და შინის თეოდოლიტი

ლიშბის წრედიდან ანათვლების ასაღებად საკმარისია ალიდადის წრედზე დატანილი იყოს ერთი შტრიხი (ინდექსი). მაგალითად, (ნახ. 68 ა) ალიდადის შტრიხის მიხედვით ანათვალი არის $324^{\circ}00'$. აქ აღებულია ისეთი შემთხვევა,

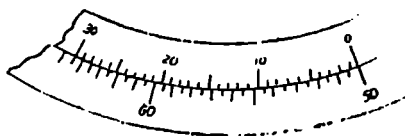


ნახ. 68.

როდესაც ალიდადის შტრიხი დაემთხვა ლიშბის ერთ-ერთ დანაყოფს, მაგრამ ასეთი შემთხვევა პრაქტიკაში ძალიან იშვიათად გვხვდება; მეტწილად ალიდადის ინდექსი მოთავსდება ლიშბის ორ მეზობელ შტრიხებს შორის (ნახ. 68 ბ), სადაც საჭირო იქნება „წანაცის“ (ნახაზზე აღნიშნულია X-ით) თვალდათვალ აღება; ჩვენს შემთხვევაში ინდექსი მო-

თავსებულია 153° -ისა და 154° -ის აღმნიშვნელ შტრიხებს შორის დაახლოებით 0,6—0,7 მანძილზე 153° -ის აღმნიშვნელი შტრიხიდან.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ლიშბის დანაყოფის საფასურია 1° , ანუ 60, რომლის 0,6 უდრის $36'$ -ს, ხოლო 0,7 უდრის $42'$ -ს, ე. ი. მთლიანი ანათვალი უნდა ავიღოთ ან $153^{\circ}36'$, ან $153^{\circ}42'$. როგორც ვხედავთ, წანაცის თვალდათვალ აღების დროს შესაძლებელია დაშვებულ იქნეს შეცდომა 0,1, რაც 60-იანი რკალისათვის გვეძლევა $6'$ -ს; ასეთი შეცდომა წინა პარაგრაფში მოყვანილი მაგალითისათვის იძლევა ხაზის ბოლო წერტილის გადაადგილებას 6 მეტრის მანძილზე, რაც ტლანქ შეცდომად უნდა ჩაითვალოს.



ნახ. 69.

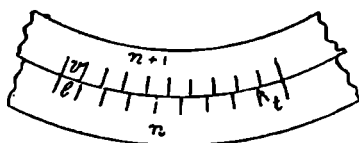
იმისათვის, რომ აღნიშნული X წანაცა ათვლოდ იქნეს მეტი სიზუსტით. გამოიყენება ვერნიერი. ამ მიზნით ლიშბის რკალს კენტი დანაყოფების რიცხვით

დაიტანენ ალიდადის რკალზე (ნახ. 69) და დაყოფენ თანაბარ ნაწილებად, რომელთა რიცხვი ერთით მეტი უნდა იყოს ლიშბიდან აღებულ დანაყოფთა რიცხვზე. ნახაზზე მოყვანილია ლიშბზე აღებული კენტი დანაყოფთა რიცხვი—29, ხოლო ალიდადზე—ლიშბის იგივე რკალი და დაყოფილია ერთით მეტ თანაბარ ნაწილებად, ანუ 30 ნაწილად. ასეთ დაყოფილ რუკას ალიდადის წრედზე ვერნიერ-ეწოდება.

აღებულ მავალითისათვის ვერნიერის ერთი დანაყოფი შეადგენს $14^{\circ}, 5:30 = 29'$ (ლიშბის რკალის 29 დანაყოფი შეესაბამება ამ შემთხვევაში $14^{\circ}, 5$), ამრიგად, ვერნიერის ერთი დანაყოფი ნაკლები იქნება ლიშბის ერთ დანაყოფზე $30' - 29' = 1'$ სიდიდით. თუ ვერნიერის ინდექსს (ნულოვან დანაყოფს) შეეუთავებთ, ლიშბის რომელიმე დანაყოფს, მაშინ ვერნიერის პირველი დანაყოფი ვერ მიადწევს ლიშბის შემდეგ დანაყოფამდე ერთმინუტიანი რკალის სიდიდით. მეორე დანაყოფი — ორმინუტიანი რკალის სიდიდით და ა. შ.

განვიხილოთ ვერნიერის სიზუსტე. ავიღოთ ლიშბის რკალზე n დანაყოფი

და აღვნიშნოთ ერთი დანაყოფის სიდიდე l -ით (ნახ. 70); ასეთივე სიდიდის რკალი ავიღოთ ალიდადზე, დავყოთ $n+1$ ნაწილად და თვითეული ნაწილი აღვნიშნოთ v -თი, ე. ი. l წარმოადგენს ლიშბის დანაყოფის საფასურს, ხოლო v —ვერნიერის დანაყოფის სიდიდეს, რომელთა სხვაობა მოგვცემს ვერნიერის t სიზუსტეს. ამრიგად,



ნახ. 70.

$$t = l - v. \quad (7)$$

ლიშბზე აღებული რკალის სიდიდე იქნება nl , ხოლო იმავე რკალის სიდიდე ვერნიერისათვის იქნება $(n+1) \cdot v$, ე. ი.

$$n \cdot l = (n+1) \cdot v,$$

საიდანაც

$$v = \frac{nl}{n+1}.$$

შევიტანოთ ეს მნიშვნელობა (7) ტოლობაში; მაშინ

$$t = l - \frac{nl}{n+1} = \frac{nl + l - nl}{n+1},$$

ე. ი. საბოლოოდ

$$t = \frac{l}{n+1}. \quad (8)$$

ამრიგად, ვერნიერის სიზუსტის განსაზღვრისათვის საჭიროა ლიშბის ერთი დანაყოფის საფასური გაიყოს ვერნიერის დანაყოფთა რიცხვზე. მაგალითად, თუ ლიშბის ერთი დანაყოფის საფასური უდრის $20'$ -ს, ხოლო ვერნიერზე დატანილია 40 დანაყოფი, მაშინ ვერნიერის სიზუსტე $t = 20' : 40 = 0', 5 = 30''$.

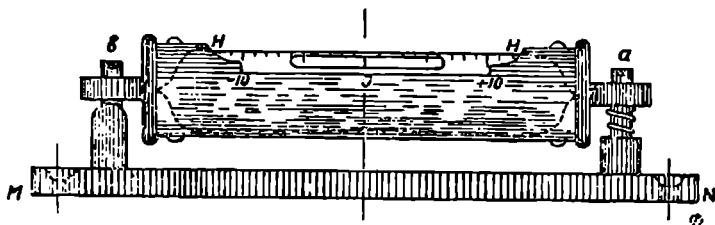
§ 31. თარაზომები

წინა პარაგრაფში აღნიშნული იყო, რომ დედამიწის ზედაპირზე იზომება არა სივრცობრივი, არამედ თარაზული კუთხეები. კუთხზომი იარაღების საშუ-

აღებთ თარაზული კუთხეების გასაზომად საჭიროა ლიშის წრედი მოყვანილ ჯენს თარაზულ მდგომარეობაში, რისთვისაც აუცილებელ აღჭურვილობას წარმოადგენს თარაზო.

თარაზოს მოწყობილობას საფუძვლად უდევს სიმძიმის ძალის გავლენა სითხეებზე — წყალზე, სპირტზე და სხვა. თუ ავიღებთ რომელიმე კუკრქელს და ჩავასხამთ მასში სითხეს, ამ სითხის ზედაპირი, სიმძიმის ძალის გავლენის გამო, მიიღებს ჰორიზონტალურ, ანუ თარაზულ მდგომარეობას.

თავისი ფორმის შიხედვით თარაზო გვხვდება ორი სახის: ცილინდრული და მრგვალი, რომელთაგან ცილინდრული უფრო ზუსტია, ვიდრე მრგვალი. აქედან განვიხილავთ მხოლოდ ცილინდრულ თარაზოს. ცილინდრული თარაზო წარმოადგენს სპილენძის ბუდეში მოთავსებულ მინის მილს (ნახ. 71). რომელშიც ჩასხმულია სითხე. მინის ცილინდრულ მილში სითხეს ასხამენ ცხელ მდგომარეობაში და მინას შეაღებებენ. ამრიგად, სითხე გაცივებისას შეიკუმშება და ცილინდრულ მილში დარჩება უჰაერო სივრცე — ბუშტულა, რომელიც ყოველთვის დაიკავებს მილში ყველაზე მაღალ ადგილს. თანამედროვე გეოდეზიური იარაღებისათვის ცილინდრულ თარაზოებში ჩასხმულია ეთეროვანი სითხე.



ნახ. 71.

აღწერილი წესით დამზადებულ მინის მილს ათავსებენ სპილენძის ბუდეში და აბარებენ თაბაშირით, სპილენძის ბოლოებზე მოათავსებენ შვერილებს, რომლებშიც შედიან *a* და *b* ხრახნები. ამ ხრახნებს თარაზოს შემასწორებელი ხრახნები ეწოდება; მათი დანიშნულებაა დახარონ თარაზო *MN* სახაზავის სიბრტყის მიმართ. *a* ხრახნზე მოათავსებენ ზამბარას, რომელიც საშუალებას იძლევა თარაზოს ერთ-ერთი ბოლო დაიწიოს ან აიწიოს მდგომარეულად. თარაზოს მილს ზედა ნაწილი წარმოადგენს რკალს, რომლის შუა ადგილს ნული პუნქტი ეწოდება. თუ ნულ პუნქტში გავატარებთ *HH* მხებს, შვიდიღებთ თარაზოს წარმოადგენით ღერძს. ამრიგად, *HH* მხებს, ცილინდრული თარაზოს ღერძი ეწოდება. თუ *a* ხრახნით გადავადგილებთ თარაზოს ერთ ბოლოს ისე, რომ ბუშტულას შუა ნაწილი დაემთხვეს ნულ პუნქტს, მაშინ თარაზოს *HH* ღერძი მიიღებს ჰორიზონტალურ მდგომარეობას.

§ 32. სამზერი ბოზარი

გეოდეზიურ იარაღებში გამოიყენება ასტრონომიული სამზერი კოვარი, რომელიც იძლევა წარმოსახვითსა და შებრუნებულ გამოსახულებას.

სამზერი კოვარი, რომელიც სქემატურადაა გამოსახული 72-ე ნახაზზე, შედგება ოკულარისა (1) და ობიექტივის მუხლებისაგან (2). ოკულარის მუხლის ბოლოს მოთავსებულია შემკრები ლინზა (3), რომელთანაც თავსდება თვალსაგანზე დასამზერად და ოკულარი ეწოდება. ობიექტივის მუხლის ბო-

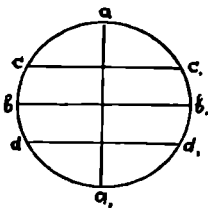
ლოს მოთავსებულია ასევე შემკრები ლინზა (4), რომელიც ყოველთვის მიმართულია დასამზერი ობიექტისაკენ და მას ობიექტივი ეწოდება. სხვადასხვა მანძილზე საგნების მკაფიო დანახვისათვის საჭიროა ფოკუსირების რეგულირება, რაც ხორციელდება ოკულარის მუხლის გადაადგილებით ობიექტივის მუხლში კრემალიერის ხრახნის (5) საშუალებით. ოკულარის ლინზის ახლოს მოთავსებულია ძაფთა ბადე, რომლის დია-



ნახ. 72.

მეტრულად ურთიერთპერპენდიკულარული ძაფების გადაკვეთის წერტილი უნდა დამთხვევს დასამზერ საგანს. ძაფთა ბადის ურთიერთპერპენდიკულარული ძაფების გადაკვეთის წერტილისა და ობიექტივის ცენტრის შემაერთებელ წარმოსახვით ხაზს კოგრის სამზერი ღერძი ეწოდება. თანაბდროვე გეოდე-

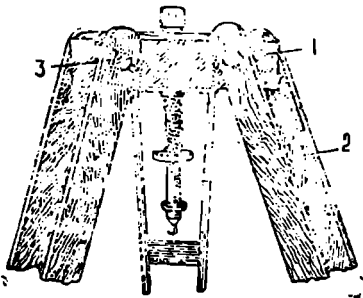
ზიურ იარაღებში საწერი კოგრი შიდა ფოკუსირებისაა, ე. ი. ოკულარის მუხლი არ მოძრაობს ობიექტივის მუხლში, რაც იცავს კოგრს დამტვერისაგან. ძაფთა ბადე (ნახ. 73) დატანილია მინაზე, რომელიც მოთავსებულია სპილენძის ან თითბერის რგოლში. გარდა დიამეტრულად ურთიერთპერპენდიკულარული *aa* და *bb* ხაზებისა (ძაფებისა), რომლებიც წმინდად არის დატანილი მინაზე, კიდევ კეთდება ორი პორიზონტალური *cc* და *dd* ხაზი. ეს ხაზები თანაბარი მანძილებითაა დაშორე-



ნახ. 73.

ბული შუა პორიზონტალური *aa* ხაზიდან და წარმოადგენს მანძილმზომის ძაფებს, ანუ ხაზებს. ძაფთა ბადის რგოლი შეიძლება გადაადგილდეს პორიზონტალური და ვერტიკალური მიმართულებით კოგრის შიგნით სპეციალური ხრახნებით, რომლებსაც ძაფთა ბადის შემასწორებელი ხრახნები ეწოდება.

კუთხნაზომი იარაღების შემადგენელ ნაწილებს წარმოადგენს სამფეხი (შტატივი) და შვეული. საძმეხი (ნახ. 74) მზად-



ნახ. 74.



ნახ. 75.

დება კარგი გამომზრალი ხის მასალისაგან. სამფეხის თავზე (1) ქანკიკებით მაგრდება სამი ფეხი (2), რომლებიც ემნაინ ურთიერთ შორის 120°-იან კუთხეს.

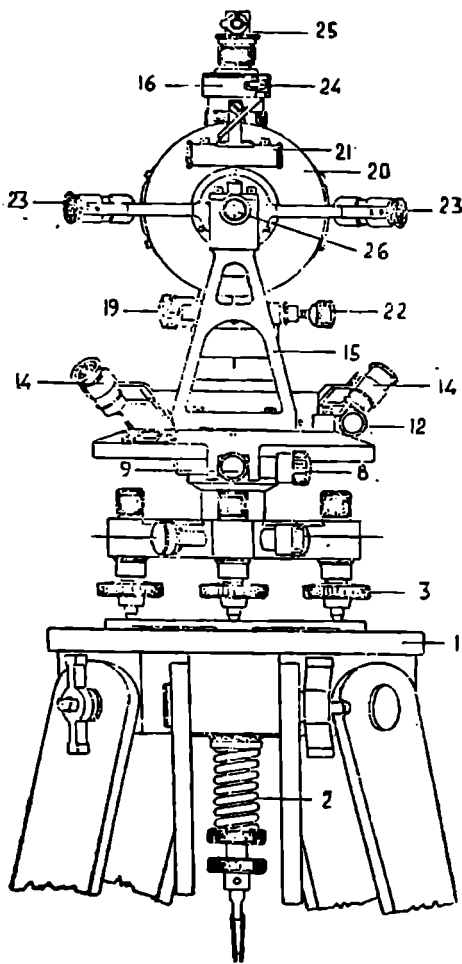
როდესაც სამუშაოს დაყენებენ მიწაზე გარკვეული სიძალით, ფეხებს ამაგრებენ ქანჩებით (3). ფეხების ბოლოებზე გაკეთებულია რკინის სათითურები, რომ ხის მასალა არ დაზიანდეს მიწაში ჩასობის დროს. სამუშაო უნდა იყოს მსუბუქი და მდგრადი. შვეული წარმოადგენს ძაფზე ლაკიდულ სიმძიმეს (ნახ. 75), რომლის დანიშნულებაა კუთხნომი იარაღის დაყენება ზუსტად გასაზომი კუთხის წვეროზე. ამ მოქმედებას იარაღის დაცენტრება ეწოდება.

§ 33. თეოდოლიტი

თეოდოლიტი წარმოადგენს კუთხნომი იარაღს და მას დიდი გამოყენება აქვს გეოდეზიურ სამუშაოებში. თეოდოლიტი გვხვდება მარტივი და გასამეორებელი.

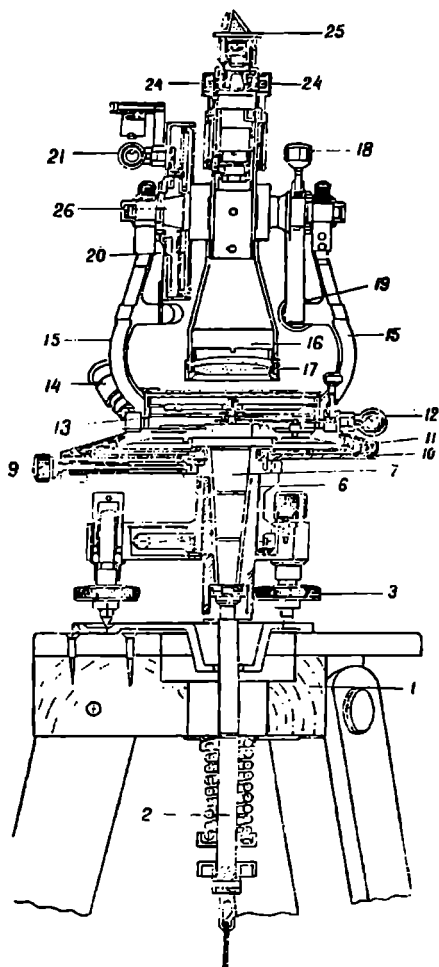
მარტივ თეოდოლიტში ლიზბის წრედი ხშულად არის დამაგრებული სადგართან, რაც გამორიცხავს კუთხის განმეორებითი გაზომვის საშუალებას. ამ მიზეზის გამო თანამედროვე ქარხნებში მას აღარ ამზადებენ და პრაქტიკაშიც ნაკლებად გვხვდება.

გასამეორებელ თეოდოლიტში (ნახ. 76) ლიზბის წრედი ბრუნავს თავისი შვეული ღერძის ირგვლივ, ხოლო ალიდადის წრედის ბრუნვის ღერძი მოთავსებულია ლიზბის წრედის ბრუნვის ღერძში. ამრიგად, ლიზბი და ალიდადა ბრუნვით დამოუკიდებლად, ეს კი საშუალებას იძლევა კუთხე გაიზომოს ორჯერ ან რამდენიმეჯერ ერთი დგომის წერტილიდან და კონტროლი გაეწიოს გაზომილი კუთხის სიზუსტეს. ჰოვარი (16) ხშულად არის დამაგრებული თარაზულ (26) ღერძზე (ნახ. 76 და 77), ხოლო ჰოვართან ხშულად არის მიმაგრებული ვერტიკალური წრედი (20) დახრილობის კუთხეების გასაზომად. ვერტიკალურ წრედთან მოთავსებულია ვერნიერები მადიდებით (23) და თარაზოთი (21), ვერტიკალური



ნახ. 76.

წრედის ვერნიერებსა და თარაზოს აქვს მიკრომეტრული ხრახნი (22). ჰოგარის ბრუნვის ღერძი მოთავსებულია სადგარზე (15), ბუდეში, რომელსაც შეუძლია თავისუფლად ბრუნვა, ე. ი. ჰოგარს შეუძლია ბრუნვა შევეულ სიბრტყეში თარაზული ღერძის ირგვლივ. ჰოგარს აქვს თავისი დასამაგრებელი (18) და მიკრომეტრული (19) ხრახნები; სადგარი დამაგრებულია ალიდადის წრედზე (11); გარდა



1. სამფეხი.
2. ძირითადი ხრახნი ზამბარით.
3. ანწევი ხრახნები.
4. ლიშბის დასამაგრებელი ხრახნი.
5. ლიშბის მიკრომეტრული ხრახნი.
6. ლიშბის ღერძი.
7. ალიდადის ღერძი.
8. ალიდადის მიკრომეტრული ხრახნი.
9. ალიდადის დასამაგრებელი ხრახნი.
10. ლიშბის წრედი.
11. ალიდადის წრედი.
12. თარაზო ალიდადის წრედზე.
13. ბუსოლი მაგნიტური ირით.
14. მადილები ალიდადის ვერნიერებზე.
15. ჰოგარის ქვედადამკები.
16. ჰოგარი.
17. ობიექტივი.
18. ჰოგარის დასამაგრებელი ხრახნი.
19. ჰოგარის მიკრომეტრული ხრახნი.
20. ვერტიკალური წრედი.
21. ვერტიკალური წრედის თარაზო.
22. ვერტიკალური წრედის თარაზოს მიკრომეტრული ხრახნი.
23. ვერტიკალური წრედის ვერნიერები მადილებით.
24. ძვეთა ბადის შემასწორებელი ხრახნები.
25. ოქულარი.
26. ჰოგარის ბრუნვის ღერძი.

ნახ. 77.

ამისა, ალიდადის წრედზე დამაგრებულია ბუსოლი (13), ცილინდრული თარაზო (12) და მადილები (14) ვერნიერებიდან ზუსტი ანათვლების ასაღებად. ალიდადის დასამაგრებელი ხრახნი (9) და ალიდადის მიკრომეტრული ხრახნი (8). ალიდა-

ღი ქვემოთ იპოვება ლიშბის წრედი (10), რომელსაც, ისე როგორც ალიდალს, აქვს თავისი დასაპაგრებელი (4) და მიკრომეტრული ხრაახნები (5).

ყველა ზემოთ აღწერილი ნაწილები მილაკის საშუალებით ეყრდნობა სამფეხს. სამფეხს აქვს სამი ბერკეტი, რომლებშიც, შვეულ მდგომარეობაში, მოთავსებულია ამწევი ხრაახნები (3). ამწევი ხრაახნებით თეოდოლიტი ეყრდნობა სამფეხს (1). თეოდოლიტის დამაგრება სამფეხთან სრულდება ძირითადი ხრაახნის (2) საშუალებით. ძირითადი ხრაახნი წარმოადგენს ლითონის ლერს, რომელიც გადის სამფეხის თავის ხერცღში და ეხრაახნება უშუალოდ თეოდოლიტს. მაგრამ ასეთი შეერთება ვერ უზრუნველყოფს თეოდოლიტის უძრავობას სამფეხისადმი, რაც აუცილებელია თეოდოლიტით მუშაობის დროს. უძრავობა სრულდება შემდეგნაირად: ლეროს უკეთდება ხრაახნი, მასზე ჩამოეცმევა ძლიერი ზამბარა და ქვევიდან უკეთდება ქანჩი. ქანჩის მოჭერით ზამბარის ქვედა ბოლო ებჯინება სამფეხის თავს და იწყებს შეკუმშვას, რაც, თავის მხრივ, უზრუნველყოფს თეოდოლიტის უძრავობას. ლეროს ქვედა ბოლოს უკეთდება ამონაჭერი, რომელშიც თავსდება შვეული. თეოდოლიტის ცალკეული ნაწილების უკეთ შესასწავლად ზემოთ ჩამოთვლილია მათი დასახელება (ნახ. 76 და 77).

§ 34. თეოდოლიტის ძირითადი შემოკრებიები და შესწორებები

თეოდოლიტმა მუშაობის პროცესში რომ მოგვეცეს სასურველი შედეგები, ის უნდა მოწმდებოდეს პერიოდულად. განვიხილოთ თეოდოლიტის ძირითადი შემოკრებიები და მათი შესწორებები.

1. ალიდალის წრედზე მოთავსებული თარაზოს ღერძი პარალელური უნდა იყოს ლიშბის სიბრტყისა ან თარაზოს ღერძი პერპენდიკულარული უნდა იყოს აარლის შვეული ლერძისა. ამ შემოკრებიებისათვის თეოდოლიტის ლიშბს დააყენებენ დაახლოებით თარაზულ მდგომარეობაში, შემოაბრუნებენ ალიდალის წრედს ისე, რომ მასზე მოთავსებული თარაზო დაახლოებით პარალელური იყოს ორი რომელიმე ამწევი ხრაახნისა და ამავე ამწევი ხრაახნებით მოიყვანენ თარაზოს ბუშტულას ნულ პუნქტში. შემდეგ შემოაბრუნებენ ალიდალს 180°-ით: თუ თარაზოს ბუშტულა დარჩა ისევე ნულ პუნქტში, პირობა დაკული ყოფილა, ხილო, თუ ბუშტულა გადაადგალდა ნული პუნქტიდან რომელიმე მიმართულებით. მაშინ თარაზოს შემასწორებელი ხრაახნებით ბუშტულას გადაადგილებენ ნული პუნქტის მიმართულებით გადახრის რკალის ნახევარზე. ეს შემოკრება მეორდება მანამდე, სანამ თარაზოს ბუშტულა ალიდალის წრედის 180°-ზე შემობრუნების შემდეგ არ დარჩება ნულ პუნქტში ან გადაიხრება არა უმეტეს ორი უანაყოფისა თარაზოს რკალზე. ამ პირობის შემოკრებისა და შესწორების შემდეგ საჭიროა ლიშბის თარაზულ მდგომარეობაში დაყენება, რისთვისაც თარაზოს დააყენებენ ისევე ორი ამწევი ხრაახნის პარალელურად; ამავე ხრაახნებით მოიყვანენ ბუშტულას ნულ პუნქტში, შემოაბრუნებენ ალიდალს 90°-ით და ამ მდგომარეობაში მხოლოდ მესამე ამწევი ხრაახნით მოიყვანენ ბუშტულას ნულ პუნქტში. ასეთი მოკმედების ჩატარების შემდეგ ალიდალის წრედის რენისმიერი კუთხის შემობრუნებისას თარაზოს ბუშტულა დარჩება ნულ პუნქტში ან გადაიხრება მისგან არა უმეტეს ორი დანაყოფისა.

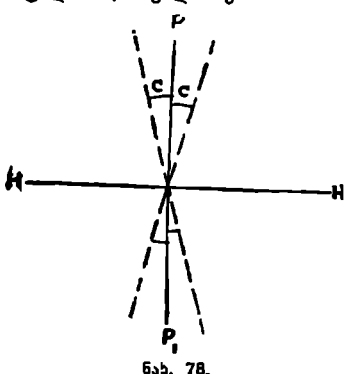
2. კოგრის საშხერი ღერძი პერპენდიკულარული უნდა იყოს კოგრის ბრუნვის ღერძისა. თუ კოგრის საშხერი PP_1 ღერძი და კოგრის ბრუნვის HH , ღერძი (ნახ. 78) არ არის ურთიერთპერპენდიკულარული, მაშინ მათ შორის არ იქნება წართ კუთხე. სწავობა აღნიშნულ ღერძებს შორის მდებარე კუთხესა და მარჯ

კუთხეს შორის აღინიშნება C -თი და მას კოლიმაციური ცდომილება ეწოდება. ჭოგრის სამზერ და ბრუნვის ღერძებს შორის პერპენდიკულარობის გამოსაკრევეად აწარმოებენ შემდეგ მოქმედებებს: აირჩევენ რაც შეიძლება შორის მდებარე წერტილს, რომელიც დაახლოებით იარაღის დგომის წერტილის სიმ-ლზეა განლაგებული და დამზერენ ჭოგრით ზუსტად; აიღებენ I და II ვერნიერებზე ანათვლებს (I ვერნიერზე აიღება მთლიანი ანათვლები — გრადუსები. მინუტები და სეკუნდები, ხოლო II ვერნიერზე — მხოლოდ მინუტები და სეკუნდები) და საშუალო ანათვალს დაიწერენ; შემდეგ მოუშვებენ ჭოგრის დასმაგრებელ ხრახნს და შემოაბრუნებენ ჭოგრის თავისი ბრუნვის ღერძის ირგვლივ ისე, რომ ოკულარის მუხლმა გადაიაროს ზევით, ხოლო ობიექტივმა სადგარებს შორის, ე. ი. ლიშისა და ალიდადის წრედების შემოუბრუნებლად ოკულარი მოთავსდება ობიექტივის ადგილზე, ხოლო ობიექტივი — ოკულარის ადგილზე. ამ მოქმედებას ჭოგრის ზენიტზე გადაყვანა ეწოდება. ამ მდგომარეობაში მოუშვებენ ალიდადის დასამაგრებელ ხრახნს (ლიშში უძრავად უნდა იყოს), შემოაბრუნებენ ალიდადას და დამზერენ ზუსტად შორის მდებარე იმავე წერტილს; აიღებენ აღწერილი წესით ორივე ვერნიერზე ანათვლებს და საშუალო ანათვალს ჩაიწერენ. თუ პირველად და მეორედ აღებული საშუალო ანათვლების სხვაობა მოგვცემს 180° -ს, მაშინ ჭოგრის სამზერი ღერძი პერპენდიკულარულია ჭოგრის ბრუნვის ღერძისა, ე. ი. პირობა დატულია, ხოლო, თუ სხვაობა მოგვცემს 180° -ზე მეტ ან ნაკლებ სიღრმეს, ეს სიდიდე იქნება $2C$, რომელსაც ორმაგი კოლიმაციური ცდომილება ეწოდება. კოლიმაციური ცდომილება უნდა შესწორდეს, რომლის თანმიმდევრობა განვიხილოთ ქვემოთ მოყვანილ მაგალითზე.

დავეშვათ, პირველად აღებული საშუალო ანათვალი იყო $56^{\circ}28'30''$, ხოლო მეორედ აღებული საშუალო ანათვალა $236^{\circ}31'30''$, მათ შორის სხვაობა მოგვცემს $236^{\circ}31'30'' - 56^{\circ}28'30'' = 180^{\circ}03'00''$. როგორც ვხედავთ, სხვაობა 180° -ზე ზეტია $3'$ -ით, ე. ი. $2C = 3'$ და $C = 1'30''$.

ვინაიდან სხვაობა ზეტი აღმოჩნდა 180° -ზე, საჭიროა უკანასკნელ (მეორედ) ანათვალს გამოვაკლოთ C . ე. ი. $236^{\circ}31'30'' - 1'30'' = 236^{\circ}30'00''$ და ალიდადის მიკრომეტრული ხრახნით გადავადგილოთ ალიდადის წრედი ისე, რომ მივიღოთ I ვერნიერზე ანათვალი $236^{\circ}30'00''$. ამ პროცესის შესრულებისას ერთი ხელით ვაშოძრავებთ ალიდადის მიკრომეტრულ ხრახნს და თვალით ვზერით I ვერნიერის მაღიდის გამოყენებით.

როდესაც ვერნიერზე დავაყენებთ $236^{\circ}30'00''$, ჭოგრში დავინახავთ, რომ ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილი გადაადგილდება დამზერილი წერტილიდან. იმისათვის, რომ ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილი ისევ დამთხვევს ჩვენს მიერ არჩეულ შორის მდებარე წერტილს, უნდა გადავადგილოთ ძაფთა ბადის რგოლი მისი შემასწორებელი ხრახნებით თარაზული მიმართულებით; ხოლო, ვინაიდან გეოდეზიურ იარაღებში გამოიყენება ასტრონომიული ჭოგრები, რომლებშიც ვლებულობთ შებრუნებულ გამოსახულებებს, ძაფთა ბადის რგოლი უნდა

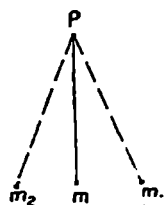


ნახ. 78.

კადადგილდეს ჭოგარში ხილული მიმართულების საწინააღმდეგოდ. მაგალითად, თუ დასაშვარი წერტილი ძაფთა ბადის მარცხნივ მოჩანს ჭოგარში, მაშინ ძაფთა ბადის რგოლი უნდა გადაადგილდეს მარჯვნივ. ძაფთა ბადის რგოლის გადაადგილებისას რომელიმე მიმართულებით, შემასწორებელი ხრახნის ჩახრახნამდე, აუცილებელია ამოიხრახნოს მოწინააღმდეგე მხარეზე მოთავსებული შემასწორებელი ხრახნი, რათა დატული იყოს ძაფთა ბადის რგოლი გატეხისაგან.

კოლიმაციური ცდომილების მთლიანად მოსპობა ძალზე რთულია და ზოგჯერ შეუძლებელიც. რის გამო კუთხეების გაზომვებს ატარებენ ვერტიკალურა წრედის ორი მდგომარეობით — მარჯვნივ და მარცხნივ (აქ ნაგულისხმევია თეოდოლიტის ვერტიკალური წრედი, რომელიც ჭოგარის ზენიტზე გადაყვანისას ოცვლის ადგილს მარჯვნივ და მარცხნივ). მიღებული კუთხეების საშუალო სიდიდე გამოიყენება კოლიმაციურ ცდომილებას.

3. ჭოგარის ბრუნვის ღერძი პერპენდიკულარული უნდა იყოს იარაღის (ძირითადი) შვეული ღერძისა. ამ პირობის შესრულება აუცილებელია იმისათვის, რომ ჭოგარის საშვარი ღერძის მიერ აღწერილი სიბრტყე, ანუ კოლიმაციური სიბრტყე, ლიშბის პორიზონტალურ მდგომარეობაში ყოფნის დროს იყოს შვეული. ეს პირობა მოწმდება შემდეგნაირად: იარაღს დააყენებენ რომელიმე მაღალ ნაგებობასთან 20—25 მეტრის დაშორებით, მოიყვანენ ლიშბის სიბრტყეს პორიზონტალურ მდგომარეობაში და დამზერენ ჭოგარით ნაგებობის რაჟ შეიძლება მაღლა მდებარე წერტილზე, შემდეგ მოუშვებენ ჭოგარის დასამაგრებელ ხრახნს და დასწვებენ ობიექტის ისე, რომ ჭოგარმა მიიღოს დაახლოებით თარაზული მდგომარეობა. კედელთან დააყენებენ ერთ-ერთ მუშას, რომელიც იარაღთან მომუშავის მითითებით აღნიშნავს ძაფთა ბადის გადაკვეთის პროექციას კედელზე, ამის შემდეგ გადაიყვანენ ჭოგარს ზენიტზე, შემობარუნებენ ალიდადის წრედს და დამზერენ იმავე მაღლა მდებარე წერტილს. ამ მდგომარეობაში (ლიშბი და ალიდადა დამაგრებულია) მოუშვებენ ჭოგარის დასამაგრებელ ხრახნს. ისე როგორც პირველ შემთხვევაში და დააგეგმილებენ და აღნიშნავენ კედელზე, ფანქრით, მაღლა მდებარე წერტილის პროექციას. თუ პირველ და მეორე შემთხვევაში ფანქრით აღნიშნული წერტილები დაემთხვა ერთმანეთს, პირობა დატულია, ხოლო, თუ არ დაემთხვა, — იარაღი მოითხოვს შესწორებას.) დაეუშვათ,



ნახ. 79.

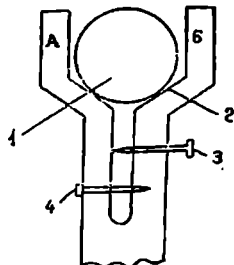
დამზერილი იყო მაღლა მდებარე P წერტილი (ნახ. 79); პირველი დაგეგმარების შედეგად კედელზე ფანქრით აღნიშნული იყო m_1 წერტილი, ხოლო მეორე დაგეგმარების შედეგად — m_2 წერტილი. როგორც ნახაზიდან ჩანს, შვეულ მდგომარეობაში მყოფი კოლიმაციური სიბრტყე გაივლის Pm მიმართულებით და კედელზე მოგვეცემს m წერტილს, რომელიც წარმოადგებს შუა მანძილს m_1 და m_2 წერტილებს შორის. ამრიგად, საჭიროა ჭოგარის კოლიმაციურ სიბრტყეს მივცეთ Pm მიმართულება და პირობა დაკმაყოფილებული იქნება. თუ ჭოგარის ერთ-

ერთ ჭვესადგარს ავამაღლებთ ან დავადაბლებთ, ჭოგარის ბრუნვის ღერძი მიიღებს თარაზულ მდგომარეობას, კოლიმაციური სიბრტყე კი — შვეულ მდგომარეობას, რისთვისაც ერთ-ერთ სადგარს, რომლის გვერდითი ხედი წარმოადგენილია 39-80 ნახაზზე, უკეთდება ამონაჭერი, რომელიც ჰყოფს სადგარის ზედა ნაწილს A და B ნაწილებად. თუ ამ ნაწილებს მივუახლოებთ ერთმანეთს, მაშინ მათ დაეცემა გვერდებზე (2) აცურდება ჭოგარის ბრუნვის ღერ-

ქი (1) და აიწვევს ზევით, ხოლო, თუ დაეპოვებოდა მათ — დაიწვევს. სადგარის A და B ნაწილების დაშორება ან დაახლოება ხორციელდება (3) და (4) კანქიკების საშუალებით. თუ კანქიკის (3), რომელიც ჩახრახნილია B ნაწილში და ბოლოთი ებჯანება A ნაწილს, ჩახრახნით, მაშინ A და B ნაწილები დაშორდება ერთმანეთს, ე. ი. კოგრის ბრუნვის ღერძი დაიწვევს ძირს, ხოლო, თუ კანქიკის (4), რომელიც თავისუფლად მოძრაობს A ნაწილში და ეხრახნება B ნაწილს, ჩახრახნით, A და B ნაწილები დაუახლოვდება ერთმანეთს. ე. ი. კოგრის ბრუნვის ღერძი აიწვევს ზევით.

დაუშვებელია რომელიმე კანქიკის ჩახრახვნა მანამდე, სანამ საწინააღმდეგო კანქიკი არ იქნება ამობრახნილი. კანქიკებით კოგრის ბრუნვის ღერძს დააყენებენ ისე, რომ ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილი დაემთხვევს m_1 და m_2 წერტილებს შორის შუა მანძილს, ე. ი. m წერტილს (ნახ. 79), რის შემდეგაც შესწორება დამთავრებულად ჩაითვლება.

4. ალიდადის ბრუნვის ღერძის ცენტრი უნდა ემთხვეოდეს ლიმიბის ბრუნვის ღერძის ცენტრს, ანუ არ უნდა არსებობდეს ექსცენტრიხიტეტი. თეოდოლიტში ექსცენტრისიტეტი მოწმდება ისევე, როგორც ეს განხილული იყო მაგნიტური ისრისათვის ბუსოლში. ექსცენტრისიტეტის თავიდან ასაცილებლად ანათვლები აიღება ორივე ვერნიერზე (მეორე ვერნიერზე — მხოლოდ შინუტები და სკეუნდები), რომელთაგან შემდეგ გამოჰყავთ არითმეტიკული საშუალო.



ნახ. 80.

უნდა აღინიშნოს, რომ სინამდვილეში ექსცენტრისიტეტის გავლენა, განსაკუთრებით ვერნიერებზე ანათვლების აღების დროს, უფრო მეტად რთულია და ვერნიერებზე აღებული ანათვლების არითმეტიკული საშუალო ექსცენტრისიტეტის ცდომილებას მთლიანად ვერ გამოორიცხავს.

თეოდოლიტისაგან მოვითხოვთ, რომ ვერნიერებზე აღებული ანათვლების სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს ვერნიერის გაორკეცებულ სიზუსტეს. ე. ი. ერთმინუტისანი ვერნიერისათვის ექსცენტრისიტეტი უნდა იყოს არა უმეტესი ორი მინუტისა. ექსცენტრისიტეტის შესწორება შეიძლება მხოლოდ ქარხანაში.

5. ვერტიკალური წრედის ნულის ადგილის განსაზღვრა. როგორც წინა პარაგრაფებში იყო აღნიშნული, დედამიწის ზედაპირზე გავშრილი ხაზები, დაიტანება სიბრტყეზე (ქალაღზე) თარაზულ გეგმილში. თარაზული გეგმილის შისაღებად საჭიროა გაიზომოს მანძილი და დახრილობის კუთხე.

თეოდოლიტში დახრილობის კუთხეების გასაზომად გამოიყენება ვერტიკალური წრედი.

იმისათვის, რომ ვერტიკალურმა წრედმა სწორად გეჩვენოს დახრილობის კუთხის სიდიდე, საჭიროა განისაზღვროს ნულის ადგილი. ანათვალს ვერტიკალურ წრედზე, როდესაც კოგრის სამზერი ღერძი პორიზონტალურია და ვერტიკალური წრედის თარაზოს ბუმტულა იმყოფება ნულს კუნჭტში, ნულის ადგილი ეწოდება. პრაქტიკული მუშაობის დროს უმჯობესია ნულის ადგილი იყოს ნულის ტოლი, რისთვისაც საჭიროა ჯერ განისაზღვროს ნულის ადგილი და შემდეგ შესწორდეს ისე, რომ გაუტოლდეს ნულს. ნულის ადგილის განსაზღვრა ხდება შემდეგნაირად: დააყენებენ თეოდოლიტს სამფეხზე. შემდეგ მოიყვანენ

ლიმბს თარაზულ მდგომარეობაში, აირჩევენ რომელიმე მკაფიო წერტილს და დაშვებენ მას ზუსტად ძაფთა ბადის გადაკვეთაზე; მოიყვანენ ვერტიკალურ წრედის თარაზოს ბუშტულას თავისივე მიკრომეტრული ხრახნით ნულ პუნქტში (ამის შემდეგ საჭიროა გაეხედოთ ჰოგარში, რათა დაერწმუნდეთ, რომ სამზერმა ღერძმა არ შეიცვალა პირვანდელი მდგომარეობა) და ვერნიერებზე აიღებენ ანათვლებს (მეორე ვერნიერზე იღებენ მხოლოდ მინუტებსა და სეკუნდებს); გადაიყვანენ ჰოგარს ზენიტზე. დაშვებენ იმავე წერტილს შუა პორიზონტალური ძაფით ან ძაფთა ბადის გადაკვეთით, მიკრომეტრული ხრახნით მოიყვანენ თარაზოს ბუშტულას ნულ პუნქტში და ისევ იღებენ ანათვალს ვერტიკალურ წრედზე. ნულის ადგილის საპოვნელად სარგებლობენ ფორმულით:

$$\text{ნულის ადგილი} = \frac{\text{წრ. მარჯვნივ} + \text{წრ. მარცხნივ}}{2}$$

ვერდიანის სახელმძღვანელოებში შემოღებულია შემოკლებული აღნიშვნებურული ასოებით

MO — „место нуля“ — ნულის ადგილი,
 KP — „круг нуля“ — წრედი მარჯვნივ,
 KL — „круг лево“ — წრედი მარცხნივ.

ამრიგად, ნულის ადგილის ფორმულა იქნება

$$MO = \frac{KP + KL}{2} \quad (9)$$

დახრილობის α კუთხე იანგარიშება ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \frac{KP - KL}{2} \\ \alpha &= KP - MO \\ \alpha &= MO - KL \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

თუ MO ნულის ადგილი აღმოჩნდება ვერნიერის გაორკეცებულ სიზუსტეზე მეტი, საჭიროა მისი შესწორება; შესწორებას ახდენენ შემდეგი თანმიმდევრობით: ჰოგარს დააყენებენ ისე, რომ ჰოგარის სამზერი ღერძი დაახლოებით იყოს პორიზონტალურ მდგომარეობაში, შემდეგ ვერტიკალური წრედის თარაზოს ბუშტულას მიიყვანენ შუა ადგილას (ნულ პუნქტში) და ჰოგარის მიკრომეტრული ხრახნის მოძრაობით დააყენებენ ანათვალს ვერტიკალურ წრედზე MO-ს ტოლს. თარაზოს მიკრომეტრული ხრახნის მოძრაობით ვერნიერის ნულს შეათავსებენ ვერტიკალური წრედის ნულთან. ეს უკანასკნელი გამოიწვევს თარაზოს ბუშტულას გადახრას მარჯვნივ ან მარცხნივ. თარაზოს შემასწორებელი ხრახნების საშუალებით ბუშტულას გადაადგილებენ ნულ პუნქტში. ასეთი თანმიმდევრობით სრულდება ნულის ადგილის განსაზღვრა და შესწორება.

განვიხილოთ დახრილობის კუთხისა და ნულის ადგილის გამოთვლის მაგალითი. გაზომილია KP = 8°40' და KL = 351°26'. ნულის ადგილი

$$MO = \frac{KP + KL}{2} = \frac{8^{\circ}40' + 351^{\circ}26'}{2} = \frac{360^{\circ}06'}{2}$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც მრიცხველში ვღებულობთ 360°-ზე მეტ სიდი-

დეს, MO დადებითა და რიცხვი 360° კი გადასავლება. ამრიგად, MO = + $\frac{.06'}{2}$ = +3'. დახრილობის კუთხე განისაზღვრება მე-10 ფორმულით.

$$\alpha = \frac{K\Pi - KJ}{2} = \frac{368^{\circ}40' - 351^{\circ}26'}{2} = +8^{\circ}37';$$

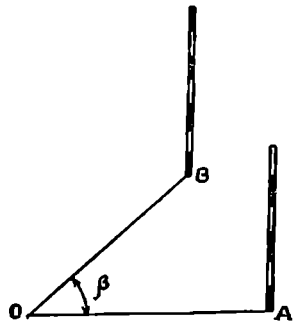
$$\alpha = K\Pi - MO = 8^{\circ}40' - 3' = +8^{\circ}37';$$

$$\alpha = MO - KJ = 360^{\circ}03' - 351^{\circ}26' = +8^{\circ}37'.$$

კუთხეების ზუსტი გაზომვა და დახრილობის (±) ნიშნის განსაზღვრა აუცილებელია გეოდეზიური ნიველირების, ე. ი. ამალღებების განსაზღვრის დროს, ხოლო დახრილი მანძილების თარაზული გეგმილების გამოსაანგარიშებლად ნიშნის არავითარი მნიშვნელობა არ აქვს, დახრილობის კუთხეები კი შეიძლება გაიზომოს ათეული მინუტის სიზუსტით.

§ 35. კუთხეების გაზომვა თეოდოლიტით

თეოდოლიტით კუთხის გაზომვას აწარმოებენ ასეთი თანმიმდევრობით: დააყენებენ სამფეხზე თეოდოლიტს ისე, რომ შეეული ზუსტად აღნიშნავდეს გასაზომი კუთხის წვეროს (პალოს), შემდეგ მოიყვანენ ლიშბს თარაზულ ჰდგომარეობაში, გასაზომი კუთხის მიმართულების ბოლოებზე ჩაასობენ სარებს შევეულად (ნახ. 81) და იწყებენ OA და OB ნიშართულებების გაზომვას. დაანაგრებენ ლიშბის წრედს, აუშვებენ ალიდადის წრედს და ნიშართავენ ჯოგრს ჯერ მარჯვენა OA მიმართულებით A სარკისაკენ, დაამაგრებენ ისევე ალიდადის წრედს და ალიდადის და ჯოგრის მიკრომეტრული ხრახნებით ზუსტად დაანთხვევენ ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილს სარის ყველაზე ქვევითა ხაწილს ისე, რომ ძაფთა ბადის შევეულმა ძაფმა გაიაროს სარის შუა ნაწილზე. ასეთ მდგომარეობაში ორივე ვერნიერზე იღებენ ანათვლებს (ღორე ვერნიერზე ნიშნუტებს და სეკუიდეტს), რომლებიც იწერება ეურნალში (იხილეთ ეურნალი 1).



ნახ. 81.

ხოლო შენდეგ აუშვებენ ალიდადას (ლინბი უძრავია) და ზემოთ აღწერილი წე-

ეურნალი 1

| დგომის წერტილი | დასახური დასახული | ვერნიერები | | ს. შევლო ანათვლები | კუთხეები | საშუალო კუთხეები | დახრილობის კუთხე | მანძილები | შენიშვნა |
|----------------|-------------------|----------------|-----|--------------------|-----------|------------------|------------------|-----------|------------------------------------|
| | | I | II | | | | | | |
| 0 | A | წრედი მარჯვნივ | | 215°40' 5 | 114°23' 0 | | 6°15' | 261,53 | 1—2 მიმართულების რუმბია ჩა: 42°15' |
| | B | 215° 0' | 41' | | | | | | |
| | A | წრედი მარცხნივ | | 40° 0' 5 | 114°24' 0 | 114°23' 5 | | | |
| | B | 236° 26' | 27' | | | | | | |

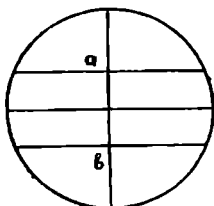
სით დაშვრენ B წერტილში ზღვომ სარს; ისევ აიღებენ ანათვლებს ვერნიერებზე და ჩაიწერენ ქურაალში პირველად ჩაწერილი ანათვალის ქვეწრთ. ამის შეწდვ გადიკვავენ ჳოგრს ზენიტზე, შეწობარუებენ ლინბის წრედს რარდენიზე გრ:დუსით. ისევ დაამარებები მას და გაიწორობენ დაშვრებს ჳერ A და შეწდვ B წერტილზე, რონლებზეც აიღებენ ანათვლებს თაიმიწდვრობით და ჩაიწერენ ქურიალში. ინისათვის, რომ ნივილოთ საძიებელი \times კუთხე (ნახ. 81). საჭიროა OA მიმართულებზე ნილებულ საშუალო ანათვალი როგორც „წრედი მარჯვნივ“, ისე „წრედი მარცხნივ“ შეწმხევევაპი. ჩვეი ზავალითისათვის $218^{\circ}44',5 - 104^{\circ}17',5 = 114^{\circ}23',0$ (წრედი მარჯვნივ) და $40^{\circ}50',5 - 286^{\circ}26',5 = 114^{\circ}24',0$ (წრედი მარცხნივ).

მიმართულებების აღგებრული გამოკლება დაუშვებელია თუ პირველ მიმართულებებზე აღებულ ანათვლებს არ აკლდება მეორე მიმართულების ანათვლები, მაშინ პარველს დაემატება მთელი პერიოდი, ე. ი. $\pm 60^{\circ}$. ჩვენს შეწმხევევაში $40^{\circ}50' + 360^{\circ} = 400^{\circ}50',5$, ე. ი. $400^{\circ}50',5 - 286^{\circ}26',5 = 114^{\circ}24',0$.

როდესაც კუთხე გაზომილია ერთი წრედით, ვღებულობთ ნახევარ იღეთს, რომელიც შეიცავს კოლიმატიურ ცდომილებას, ხოლო, როდესაც კუთხე გაზომილია ორივე წრედით, ვღებულობთ მთელ იღეთს, რომელიც თავისუფალია კოლიმატიური ცდომილებისაგან. ნახევარი იღეთებით მიღებული კუთხეებიდან ვანგარიშობთ საშუალო კუთხეს, რომელიც იწერება იმავე სახელწოდების სვეტში ($114^{\circ}23',5$).

§ 36. თეოდოლიტის მანძილზომი

თეოდოლიტით იზომება არა მარტო თარაზული და შვეული კუთხეები, არამედ მანძილებიც. როგორც ზემოთ იყო აღწერილი, ჳოგრში ორი დიამეტრულად განლაგებული ურთიერთპერპენდიკულარული ძაფების გადაკვეთის წერტილი გამოიყენება საგანზე დასაშვრად, მაგრამ დამატებით კიდევ ორი ჳორიზონტალური a და b ძაფები (ნახ. 82) წარმოადგენენ მანძილზომის ძაფებს. თანაბდროვე თეოდოლიტში მანძილზომის ძაფები ისეა დატანილი, რომ ობიექტზე დანზერისას a და b ძაფებს ჳორის ხილოლი მახძილი განზრავლებული 100-ზე მოგვეცემს ნატურალურ მანძილს თეოდოლიტიდან ობიექტამდე, ე. ი. თუ ობიექტზე დანზერისას a და b ძაფებს ჳორის მანძილი აღმოჩნდა 1,3 მეტრი. მაშინ მანძილი თვით ობიექტამდე ტოლი იქნება $1,3$ მეტრი $\times 100 = 130$ მეტრის. როგორც ვხედავთ,



ნახ. 82.

თეოდოლიტში მანძილზომის კოეფიციენტი $k = 100$ -ს. ინისათვის, რომ ობიექტზე არ დაგჭირდეს მანძილზომის ძაფებს ჳორის მოთავსებული მონაკვეთების გაზომვა, შეწმხევებელია სპეციალური ლარტყები (ნახ. 83), რომლებზედაც დატანილია მეტრული ჳომების დანაყოფები. ასეთი ლარტყებით ადვილად იანგარიშება მანძილზომის ძაფებს ჳორის მოთავსებული დანაყოფების რაოდენობა, რომელთა ნამრავლი ასზე მოგვეცემს საძიებელ მანძილს თეოდოლიტიდან ლარტყამდე. ყოველი სანტიმეტრიანი დანაყოფი ლარტყაზე მანძილზომის ძაფებს ჳორის მოგვეცემს ერთ მეტრს ადგილზე (1 სმ $\times 100 = 100$ სმ = 1

პეტრს). ამრიგად, თუ მანძილშომის ძაფებს შორის ლარტყაზე მოთავსდა 168 სანტიმეტრი, მანძილი ლარტყამდე ყოფილა 168 მეტრი და ა.შ.

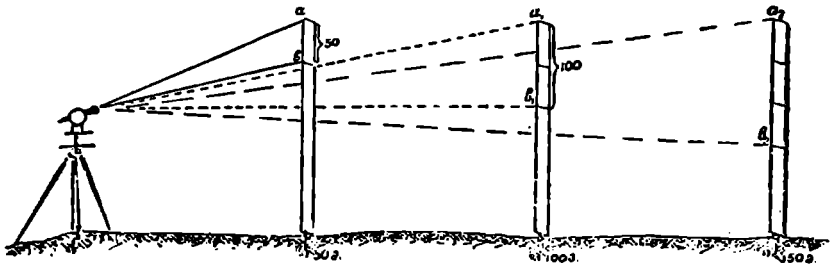
ვიდრე მანძილშომით მჭეაობა დაიწყებოდეს საკიროა დაერწყმუნდეთ. მანძილშომის კოეფიციენტი K ტოლია თუ არა ასისა, ამისათვის შეარჩევენ ვაკე ადგილს, წრფივი მიმართულებით გადაზომავენ თეოდოლიტის დგომის წერტილიდან (აქ თეოდოლიტის C მუღშივი, როგორც მცირე სიდიდე. უჯულებელყოფილია) 50, 100 და 150 მეტრ მანძილს. რომელსაც აღნიშნავენ პალოებით, შემდეგ 50 მეტრის აღნიშვნელ პალოზე დააყენებენ ლარტყას. კოჯრით და მზერისას მანძილშომის ძაფებს შორის უნდა გამოჩნდეს ლარტყის 50-სანტიმეტრიანი დანაყოფი; 100 მეტრზე დაისეიისას—100-სანტიმეტრიანი დანაყოფი და ა. შ.

თუ ეს პირობა არ სრულდება, მანძილშომის კოეფიციენტი არ უდრის ასს ($K \neq 10$) და მისი გამოყენება არ შეიძლება. ასეთ შემთხვევაში შეიძლება თვით შემსრულებლის მიერ დამზადდეს ისეთი ლარტყა. რომელიც ზელოვნურად გახდის მანძილშომის კოეფიციენტს 100-ის ტოლს. ამისათვის სარგებლობენ იმავე პალოებით. რომლებიც განლაგებულა 50, 100 და 150 მეტრზე; დამზადებენ 3 ან 4 მეტრის სიმაღლის, 10 სმ სიგანისა და 2 ან 2,5 სმ სისქის ძელაკს, რომლის ერთ-ერთ გვერდს შედებენ თეთრი ფერის ზეთის საღებავით. ძელაკის გაშრობის შემდეგ გავლენ ველზე და დააყენებენ მას თეოდოლიტთან 50 მეტრის მანძილზე. რომელსაც დამზადდეს ის, რომ მანძილშომის ერთი a ძაფი (ნახ. 84) მოთავსდეს ძელაკის ზედა ბოლოზე. ასეთ მდგომარეობაში, თეოდოლიტთან მომუშავის მითითებით, დამმარე მუშა აღნიშნავს ძელაკზე ფანქრით მანძილშომის მეორე ძაფის b გეგმის, ე. ი. ab მონაკვეთი ძელაკზე შეესაბამება 50 მეტრს ადგილზე. აზრს შემდეგ გადაიტანენ ძელაკს იმ პალოზე, რომელიც დაშორებულია თეოდოლიტიდან 100 მეტრით და გაიმეორებენ იმავე მოქმედებას. ე. ი. მიიღებენ ძელაკზე a_1b_1 მონაკვეთს. თუ ყველა მოქმედება სწორად არის ჩატარებული, ab მონაკვეთი ძელაკზე ტოლი უნდა იყოს a_1b_1 მონაკვეთის ნახევრისა. ასეთივე წესით მიიღებენ a_2b_2 მონაკვეთს, როდესაც ძელაკი მოთავსდება 150 მეტრზე თეოდოლიტიდან, სადაც a_2b_2 მონაკვეთი სამჯერ მეტი უნდა იყოს ab მონაკვეთზე. ამ მოქმედების შესრულების შემდეგ ძელაკის დარჩენილი მონაკვეთის დაყოფას, ab მონაკვეთის ტოლ ნაწილებად, აწარმოებენ კამერალურად. ab და მის ტოლ მონაკვეთებს ძელაკზე დაჰყოფენ ზუსტად 5-5 ნაწილად. რომლებიც შეესაბამებიან 10 მეტრს ადგილზე (5 მ:5 = 10 მ), ხოლო ამ უკანასკნელებს კიდევ დაჰყოფენ 5 — 5პატარა ნაწილად, რომლებიც შეესაბამებიან 2 მეტრს ადგილზე.



ნახ. 83.

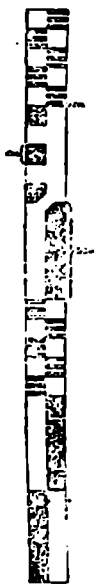
დანაყოფებს ძელაკზე შეღებავენ ზეთის საღებავებით ისე, როგორც ნახვენები 85-ე ნახაზზე. მეტი თვალსაჩინოებისათვის გამოიყენება ორი ფერი—წითელი და შავი. სადაც ცალკეული ფერი შეესაბამება 100 მეტრს აღგილზე.



ნახ. 84.

ამგვარი წესით დამზადებული ძელაკი წარმოადგენს ლარტყას, რომელზედაც დანაყოფების საფასური ხელოვნურად არის შერჩეული მოცემული თეოდოლიტისათვის ისე, რომ მანძილშომის კოეფიციენტი უდრის ასს.

თეოდოლიტში არის ე. წ. მულტიპლიკაციური მანძილშომი, რომლითაც მანძილის გაზომვის სიზუსტე დაახლოებით უდრის $\frac{1}{400}$, ე. ი. 400 მეტრის მანძილზე შეცდომა აღწევს ერთ მეტრს.



ნახ. 85.

§ 37. თეოდოლიტური გადაღება

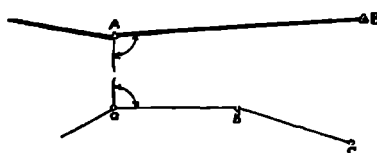
თეოდოლიტით კოლმეურნეობის, საბჭოთა მეურნეობის ან სხვა მიწათმოსარებელთა ტერიტორიის გადაღების წინ საჭიროა ჩატარდეს რეკოგნოსირება, რაც გულისხმობს მიწათსარგებლობის საზღვრების (პოლიგონის) შემოვლას, პოლიგონის კუთხის წვეროების შერჩევას და მათი პალოებით აღნიშვნას, პოლიგონის შიგნით მდებარე სიტუაციის გადაღების ხერხების შერჩევას და სხვა. მოხვევის წერტილებს, ანუ კუთხის წვეროებს აირჩევენ ისე, რომ გასაზომი ხაზები არ იყოს ძალზე პატარა (არანაკლები 75 მეტრისა) და დიდი (არაუმეტეს 400—500 მეტრისა). ხაზები უნდა შეირჩეს გასაზომად მოხერხებულ ადგილზე (მაგარი გრუნტი, ნაკლებადმორცეებიანი და სხვა) და ყოველი კუთხის წვეროდან კარგად უნდა მოჩანდეს მეზობელი კუთხეების წვეროები. თუ თეოდოლიტის ძირითადი სელა (პოლიგონი) დაემთხვევა მიწათსარგებლობის საზღვრებს, მაშინ გაზომვის წინ საჭიროა მოხვევის წერტილები დამაგრებულ იქნეს ბოძებით.

სანამ უშუალოდ ტერიტორიის გადაღებას შეუდგებოდეთ, მანამდე საჭიროა მისი საზღვრების გაზომვა (როდესაც თეოდოლიტური სელა იწყება რომელიმე წერტილიდან და სვლის ჩატარების შემდეგ დაბრუნდება ისევ საწყის წერტილში, შეკრული, ანუ დახურული ეწოდება), გაწონასწორება, ანუ ცდომილებების განაწილება მათემატიკური გამოანგარიშების საფუძველზე და შეკრუ-

ლი პოლიგონის კუთხეების წვეროებსა და მანძილებზე დაყრდნობით სიტუაცი-
ას გადაღება.

როგორც წესი, თეოდოლიტური სელები ყოველთვის უნდა ეყრდნობოდეს
სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის წერტილებს, რომლებაც განსაზღვრულია
მაღალი სიზუსტით და წარმოადგენს საფუძველს სხვადასხვა სახის გადაღებისა-
თვის. მაგრამ არის შემთხვევები, როდესაც გადასაღებია პატარა ნაკვეთები და
მათი გადაღების დროს დასაშვებია აღებულ იქნეს ნებისმიერი საწყისი წერ-
ტილი.

სახელმწიფო გეოდეზიური ქსელის წერტილებზე დაყრდნობილ სელებს,
ანუ ე. წ. მიბმულ სელებს, გადაეცემა ერთი ან რამდენიმე წერტილის კოორ-
დინატები და რომელიმე გვერდის დირექციული კუთხე. ამ სიდიდებით და თე-
ოდოლიტური სელის განაზომების მონაცემებით განისაზღვრება პოლიგონის
დანარჩენი წვეროების კოორდინატები და ყველა გვერდის დირექციული კუთხე.
ვთქვათ, თეოდოლიტური სელის ახლოს იპყოფება ორი საყრდენი *A* და *B*
პუნქტები (ნახ. 86). ირისათვის, რომ შივბათ მათ გასაზორი *abc*
პოლიგონი, საჭიროა გაიზომოს ზუსტად *Aa* მანძილი და ე. წ. მომიჯნავე *Ba* და *Aib* კუთხე-
ები. ეს იქნება უშუალო ნიბნა, ანუ მიბმა უშუალო გაზომვით. თუ
მანძილი *A* და *a* წერტილებს შო-
რის დიდია, მაშინ ის უნდა იყოს ტეხილი. ასეთ შემთხვევაში, მომიჯნავე კუ-
თხეების გარდა, უნდა გაიზომოს ყველა ტეხილი ხაზის სიგრძეები და მათ შო-
რის შექნეილი კუთხეები.



ნახ. 86.

§ 85. ძირითადი თეოდოლიტური სელები და მიუღვრომელი მანძილების განსაზღვრა

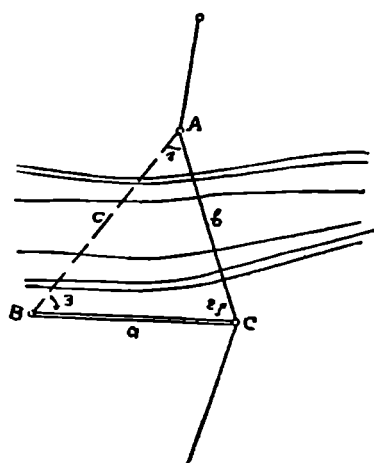
ძირითადი თეოდოლიტური სელები იზომება რაც შეიძლება ზუსტად, რათა
შეიქმნას ე. წ. მუშა საფუძვლის დასაყრდენი ქსელი. ძირითადი თეოდოლიტური
სელებსა და მასზე დაყრდნობილი მუშა საფუძვლის წერტილები გამოიყენება
უშუალოდ წვლილარობის ან ცალკეული კონტურებისა და ობიექტების გადა-
ღებისათვის. სამიწათმოწყობო სამუშაოების ჩატარების დროს ძირითადი თეო-
დოლიტური სელები ემთხვევა გადასაღები ნაკვეთების საზღვრებს და ასეთ
სელებს (კოლმეურნეობებისა ან საბჭოთა მეურნეობების) გარე, ანუ ირგვლივი
საზღვრები ეწოდება.

ძირითად სელებში კუთხეებისა და ხაზების გაზომვის სიზუსტე დამოკიდე-
ბულია გადასაღები ნაკვეთის სიდიდზე, გადაღების დანიშნულებაზე და ყველა
ცალკეული შემთხვევისათვის დადგენილია შესაბამისი ინსტრუქციები.

სამიწათმოწყობო სამუშაოებისათვის ხაზები იზომება 20-მეტრიანი ფოლა-
დის ბაფთით ორჯერ და კუთხეები—ერთმინუტიანი ან 30''-იანი თეოდოლიტით
ერთი მთლიანი ილეთით. გაზომილი ხაზების თარაზული გეგმილების მისაღებად
იზომება დახრილობის კუთხეები დაწყებული 2°-დან ზევით.

გარდა ამისა, არის შემთხვევები, როდესაც ხაზის უშუალოდ გაზომვა შეუ-
ძლებელია (მდინარე, დიდა ხევი და სხვა) ან შესაძლებელია, მაგრამ ადვილმდე-
ბარების გამო ვერ სრულდება საჭირო სიზუსტით (ბუჩქნარები, ბორცვიანი ად-
გილები და სხვა). ე. ი. გასაზომი მანძილი მიუღვრომელია. მიუღვრომელი მანძილე-
ვის გაზომვა შეიძლება სხვა გაზომვების მეშვეობათა. დაეუშვათ, თეოდოლო-

ტური სვლის CA გვერდი (ნახ. 87) გაღის მდინარეზე, ქაშინ მისი სიგრძის მისაღებად მდინარის ნაპირას შეარჩევენ C წერტილიდან მარჯვნივ ან მარცხნივ ვასაზომად მოსახერხებელ ადგილს და ამ მიმართულებაზე აღნიშნავენ პალოთი B წერტილს; შემდეგ, რაც შეიძლება მაღალი სიზუსტით, გაზომავენ ბაფით მანძილს $BC=a$, რომელსაც ბაზისი ეწოდება, და ABC სამკუთხედის სამივე



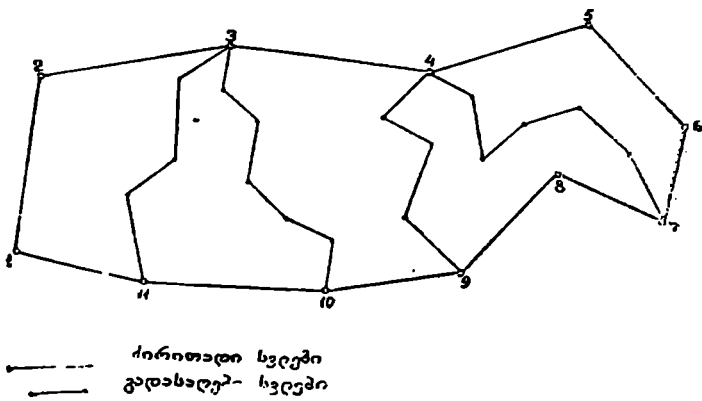
ნახ. 87.

კუთხეს 1, 2 და 3. ამ მონაცემებით გვერდი $CA=b$ ადვილად იანგარიშება სინუსების თეორემით (ჩიუდგომელი მანძილის გამოანგარიშება განხილულია § 41-ში). განოკლებების შედეგად დადგენილია, რომ ჩიუდგომელი მანძილების გამოანგარიშების საუკეთესო შედეგი მიიღება იმ შემთხვევაში, თუ ბაზისის ნობირდაპირე კუთხე უდრის ან ახლოა 90° -თან. ამრიგად, ბაზისის ანორჩევისას უნდა ვისწრაფოდეთ, რომ ბისი მოპირდაპირე კუთხე ახლო იყოს 90° -თან, უკიდურეს შემთხვევაში კი ბაზისის ნობირდაპირე კუთხე 30° -ზე ნაკლები დაუშვებელია. კონტროლისა და A განონგარიშებულ მანძილის დაზუსტების

სათვის მიუდგომელი მანძილის განსაზღვრა წარმოებს ორჯერ ორი დამოუკიდებელი ბაზისიდან.

§ 39. სიტუაციის გადაღება

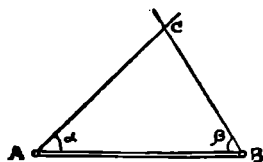
სიტუაციის გადასაღებად საჭიროა: ჩატარდეს ე. წ. დიაგონალური სვლები; ანუ შეიქმნას გადასაღები საფუძველი, რომელიც ეყრდნობა ძირითადი სვლის



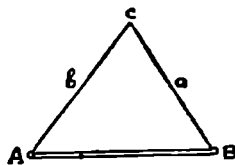
ნახ. 88.

წერტილებს. დიაგონალური სვლები აუცილებლად უნდა იწყებოდეს და მთავრდებოდეს ძირითადი სვლის წერტილებზე, ანუ დიაგონალური სვლა უნდა იყოს მიბმული (ნახ. 88). დაკიდული (მიუბმელი) სვლების ჩატარება ყოველად დაუშვებელია. სიტუაციის, ანუ ცალკეული კონტურებისა და საგნების გადაღება წარმოებს შემოვლის, გადაკვეთისა და პოლარული ხერხით.

შემოვლის ხერხი ძირითადად გამოიყენება ისეთ ადგილებში, სადაც გადასაღები კონტურის გამოსახულება ყველა მიმართულებიდან არ მოჩანს, მაგალითად, ტყე, მაღალი ბუჩქნარი, კაობი და სხვა. ასეთ შემთხვევაში გადასაღები ტე-



ნახ. 89.



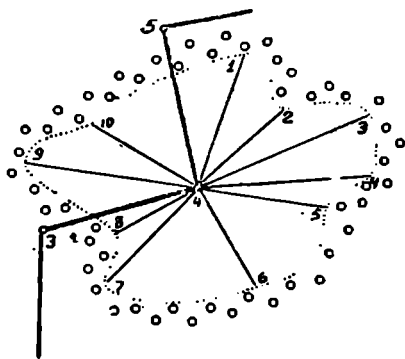
ნახ. 90.

რიტორიის ირგვლივ შემოვივლიან თეოდოლიტური სვლით, სადაც კუთხეებს ზომავენ ნახევარი ილეთით და მანძილი იზომება ერთჯერ დიდი ყურადღებით.

გადაკვეთის ხერხი არსებობს ორი სახის — კუთხოვანი და ხაზოვანი. კუთხოვანი გადაკვეთის დროს ბაზისის AB (ნახ. 89) ბოლოებიდან, ე. ი. A და B წერტილებიდან, გაზომავენ α და β კუთხეებს, რომლებიც იწერება აბრისზე და შემდეგში ამ კუთხეებით და ბაზისით ადვილად განისაზღვრება C წერტილის მდებარეობა გეგმაზე. ხაზოვანი გადაკვეთის დროს გამოიყენება ბაფთა

კუთხეებისა და მანძილების აღნიშვნა

| №№ | კუთხეები | მანძილი |
|----|----------|---------|
| 1 | 16°16' | 1:9,6 |
| 2 | 23°-2' | 1:7,6 |
| 3 | 41°35' | 153,1 |
| 4 | 83°17' | 145,0 |
| 5 | 99°43' | 131,6 |
| 6 | 1:9°50' | 1:1,9 |
| 7 | 201°22' | 1:42,3 |
| 8 | 216°03' | 12,7 |
| 9 | 279°19' | 15:4 |
| 10 | 3:2'51' | 135,1 |



ნახ. 91.

(ნახ. 90). თუ საქირია C წერტილის განსაზღვრა, საკმარისია გაიზომოს მანძილები $b = AC$ და $a = BC$. ეს ორი მანძილი და ბაზისი საკმარისია C წერტილის განსაზღვრისათვის გეგმაზე.

პოლარული ხერხით აწარმოებენ ისეთი კონტურების გადაღებას, რომლებიც წრეულად არიან განლაგებულნი (ნახ. 91), მაგალითად, ტყის შიგნით მოთავსებული მინდორი. პოლარული ხერხით გადაღების დროს იზომება პოლარული კუთხე

და რადიუსი ვექტორი, ანუ მანძილი 1, 2, 3... კონტურულ წერტილამდე. კუთხე-ების გასაზომად საკმარისია ნახევარი ილეთი, თეოდოლიტის ლიშბისა და ალი-დადის ნულოვან დანაყოფებს შეუთავსებენ ერთმანეთს და მიმართავენ ძირითა-დი ან გადასაღები საფუძვლის ხაზის მიმართულებით (ჩვენს შემთხვევაში მიმა-რთულება 4—5, ნახ. 91), შევლევ დაამაგრებენ ლიშბს, მოუშვებენ ალიდადს და დამზერენ 1, 2, 3... 10 წერტილებზე თანმიმდევრობით დაყენებულ ლარტყას, რომელზედაც აიღებენ მანძილს მანძილზომით და ერთ ვერნიერზე ანათვალს, ანუ პოლარულ კუთხეს. ყოველ ცალკეულ განაზომებს (კუთხეებს და მანძი-ლებს) ჩაიწერენ აბრისის ფურცლებზე, რომელთა მეშვეობით ადვილად აიგება ყველა დამზერილი წერტილის მდებარეობა გეგმაზე.

§ 40. თეოდოლიტით გაღამავული მასალის დაშუაება

განაზომთა რიცხობრივი მონაცემების დამუშავება შემდეგია: 1. გაზომილი მანძილების თარაზული გეგმილების გამოანგარიშება; 2. საშუალო კუთხეების გამოანგარიშება; 3. კუთხეების გაწონასწორება; 4. მიუდგომელი მანძილების გამოანგარიშება; 5. მიმართულებების დირექციული კუთხეების გამოთვლა; 6. რუმბების გამოთვლა და 7. გეგმის შედგენა რუმბებით.

შიდა კუთხეების ჯამი დახურულ (შეკრულ) პოლიგონში, გეომეტრიიდან ცნობილი თეორემის თანახმად, უდრის $180^\circ(n-2)$. სადაც n კუთხეების რი-ცხეა. ეს თეორემა შეიძლება გამოისახოს ასეთი ფორმულის სახით

$$\Sigma \beta - 180^\circ(n-2) = 0. \quad (11)$$

აქ Σ ასოთი (ბერძნული ანბანის ასოა „სიგმა“) აღინიშნება ჯამი, რომელ-საც მიეწერება იმ სიდიდის აღმნიშვნელი სიმბოლო, რომლის ჯამიც არის აღე-ბული. მაგალითად. β -თი აღინიშნება თარაზული კუთხე და $\Sigma \beta$ აღნიშნავს კუთხეების ჯამს, ე. ი. $\Sigma \beta = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n$. ფორმულა (11) გამოისახავს შეკ-რული პოლიგონის შიდა კუთხეების თეორიულ პირობას.

გაზომვის ჩატარება შეუცდომლად ყოველად შეუძლებელია (რა თქმა უნდა, ლაპარაკია არა უხეშ ცდომილებაზე, არაჰედ მომუშავისაგან დამოუკიდებელ ცდომილებაზე — თვით თეოდოლიტის მიერ გამოწვეული ცდომილება, დამზე-რის, ანათვლის ალების, გარემო პირობების და სხვა ცდომილებები, რომლებიც ვაეღენას ახდენენ კუთხის საბოლოო შედეგზე), რის გამო გაზომვის შედეგად მიღებული კუთხეების ჯამი ვერ დააკმაყოფილებს მე-11 ფორმულის მარჯვენა ნაწილს, სადაც მივიღებთ არა ნულს, არაჰედ სხვა სიდიდეს, რომელსაც შეუსა-ბამობა ეწოდება და აღინიშნება f_{β} -თი (ეფბეტა), სადაც f შეუსაბამობა და β აღნიშნავს, რომ შეუსაბამობა მიღებულია კუთხეებში.

ამრიგად, კუთხოვანი შეუსაბამობა გამოისახება ფორმულით

$$\Sigma \beta - 180^\circ(n-2) = f_{\beta}. \quad (12)$$

შეუსაბამობა შეიძლება იყოს როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი ნიშნით. ნიშანში რომ არ დაეუვათ შეცდომა, საჭიროა გვახსოვდეს, რომ პრაქტიკულად მიღებული კუთხეების ჯამს ($\Sigma \beta$) უნდა გამოაკლდეს თეორიულად გამოანგა-რიშებული კუთხეების ჯამი $180^\circ(n-2)$. f_{β} შეუსაბამობა კუთხეებში არ შეიძ-ლება იყოს ნებისმიერი სიდიდე, რადგანაც არსებობს გარკვეული ზღვარი, რომელსაც ეს სიდიდე არ უნდა აჭარბებდეს. მრავალჯნის პრაქტიკული გაზომვისა და ანალიზის შედეგად მიღებულია, რომ ერთმინუტიანი სიზუსტის თეოდოლი-

ტით კუთხის ერთი ილეთით გაზომვის ზღვრული ცდომილება $\Delta\beta$ (დელტა ბეტა) არ უნდა აღემატებოდეს

$$\Delta\beta = \pm 1', 5\sqrt{n}, \quad (13)$$

სადაც n ყველა გაზომილი კუთხის რიცხვია. დაეუშვათ, გაზომილია 9 კუთხე, მაშინ $\Delta\beta = \pm 1', 5 \cdot \sqrt{9} = \pm 1', 5 \cdot 3 = \pm 4', 5$. \pm ნიშანი აღნიშნავს, რომ შეუსაბამობა შეიძლება იყოს როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი და ორივე შემთხვევაში მისი ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს აბსოლუტური სიდიდით ზღვრულ ცდომილებას (ჩვენი მაგალითისათვის $4', 5$).

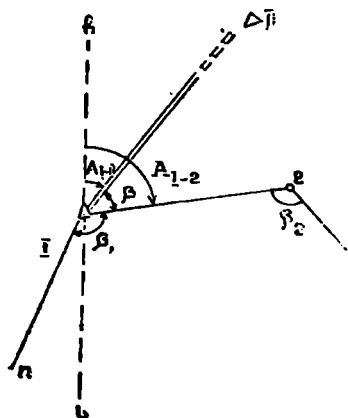
თუ შეუსაბამობა გამოვიდა ზღვრულ ცდომილებაზე მეტი, კუთხეების გაზომვა უნდა განმეორდეს, ხოლო, თუ ნაკლებია ან ზღვრული ცდომილების ტოლია, მაშინ გაზომილი კუთხეები უნდა გაწონასწორდეს, ე. ი. კუთხეები უნდა შესწორდეს ისე, რომ მათი პრაქტიკული ჯამი ტოლი იყოს თეორიული ჯამისა.

მიღებულია წესი, რომ შესწორება ყველა კუთხეში უნდა იყოს თანაბარი. მაგრამ არის შემთხვევები, როდესაც ამ წესის დაცვა შეუძლებელია. დაეუშვათ, გაზომილი იყო 12-კუთხიანი პოლიგონი და ცდომილება კუთხეების ჯამში შეადგენს $0', 4$, ხოლო პირობის თანახმად, კუთხეების დამრგვალება ხდება $0', 1$ -მდე, მაშინ შესწორება შეიტანება მხოლოდ 4 კუთხეში. ასეთ შემთხვევაში შესწორებებს შეიტანენ იმ კუთხეებში, რომლებსაც მოკლე გვერდები აქვთ, ვინაიდან მოკლე გვერდებზე გავლენას ახდენს დაცენტრებისა და დამზერის სიზუსტე უფრო მეტად, ვიდრე გრძელ გვერდებზე. თუ კუთხეები იზომება ერთმინუტიანი სიზუსტის თეოდოლიტით, მათი შესწორება ერთ მინუტზე მეტი სიდიდით დაუშვებელია. კუთხეებში მიღებული შეუბმელობის სიდიდე უნდა განაწილდეს ყოველთვის შებრუნებული ნიშნით. მართლაც, თუ გაზომილი კუთხეების ჯამი ნაკლებია კუთხეების თეორიულ ჯამზე, მათი სხვაობა მოგვცემს უარყოფით ნიშანს, ე. ი. გაზომილი კუთხეები ყოფილა ნაკლები სიდიდისა და მათი თეორიულ ჯამთან გასატოლებლად საჭიროა ცალკეულ გაზომილ კუთხეებს დაეუმატოთ, ანუ შეეიტანოთ მათში დადებითი ნიშნით შესწორებები.

§ 41. დირექციული კუთხეებისა (ან აზიმუთების) და რუმბების გაზომვებისათვის

პოლიგონში კუთხეების გაწონასწორებას შემდეგ იანგარიშებენ გვერდების დირექციულ კუთხეებს. ერთ-ერთი გვერდის დირექციული კუთხე მიიღება საყრდენი ქსელის წერტილებთან მიზმის შედეგად, რომელიც წარმოებს შემდეგნაირად: დაეუშვათ, გადასაღები პოლიგონის ერთ-ერთი წვერო იმყოფება საყრდენი ქსელის I წერტილზე (ნახ. 92). საყრდენი ქსელის I და II წერტილების შემაერთებელ გვერდს, რომლის დირექციული A_{I-II} კუთხე ცნობილია, საყრდენი, ანუ საწყისი გვერდი ეწოდება. I წერტილში დგომის დროს თეოდოლიტით იზომება I—II და I—2 მიმართულებებს შორის მოთავსებული β_1 კუთხე, ანუ პოლიგონის ერთ-ერთი შიდა კუთხე. გარდა ამისა, დირექციული კუთხის გადასაცემად I—2 გვერდზე აუცილებლად უნდა გაიზომოს ე. წ. მომიჯნავე β კუთხე I—II და I—2 მიმართულებებს შორის. ამ გაზომვების შემდეგ, I—2 გვერდის დირექციული კუთხის (A_{1-2}) მისაღებად, საკმარისია I—II გვერდის დირექციულ კუთხეს (A_{I-II}) მივემატოთ გაზომილი β კუთხე, ე. ი. $A_{1-2} = A_{I-II} + \beta$. პოლიგონში საკმარისია ვიცოდეთ ერთ-ერთი გვერდის დირექციული კუთხე, დანარჩენი დირექციული კუთხეები შეიძლება ვიანგარი-

შოთ გაზომ-ლი და გაწონასწორებულ კუთხეების საშუალებით. მაგალითად. ცნობილია პოლიგონის 1-2 გვერდის დირექციული A_{1-2} კუთხე (ნახ. 92)



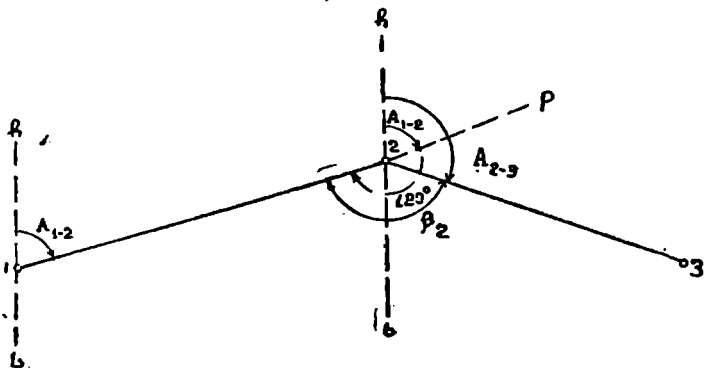
ნახ. 92.

და გაზომილია პოლიგონის მეორე წერტილზე β_2 კუთხე. 1-2 გვერდის დირექციული კუთხეა A_{1-2} ; წარმოვიდგინოთ, რომ 1-2 გვერდი გაგრძელებულია სწორხაზოვნად (იახაზზე ნაჩვენებია წვეტილი ხაზით 2-P), მაშინ მეორე წერტილში ამ მიმართულებაზე მივიღებთ დირექციულ A_{1-2} კუთხეს; თუ მივუმატებთ ამ კუთხეს 180° (ნახაზზე ნაჩვენებია წვეტილი რკალით) და გამოვაკლებთ გაზომილ (გაწონასწორებულ) β_2 კუთხეს, მივიღებთ საძიებელი 2-3 გვერდის დირექციულ კუთხეს. ამრიგად,

$$A_{2-3} = A_{1-2} + 180^\circ - \beta_2. \quad (14)$$

ასეთივე წესით იანგარიშება დანარჩენი გვერდების დირექციული კუთხეებიც.

კუთხეების გაზომვისას, როგორც წესი, შეკრულ პოლიგონს შემოუვლიან საათის ისრის მიმართულებით და ზომავენ პოლიგონის შიდა, ანუ მარჯვნივ მდებარე კუთხეებს. თუ ამ გარემოებას მივიღებთ მხედველობაში, ფორმულა (14) გამოითქმის როგორც წესი: ყოველი წინა გვერდის დირექციული კუთხე (აზიმუტი) უდრის უკანა გვერდის დირექციულ კუთხეს (აზიმუტს) პლუს 180° და მინუს მარჯვნივ მდებარე გაზომილი კუთხე. დირექციული კუთხეების გამოანგა-



ნახ. 93.

რიშების შექმნე იანგარიშება რუმბები. ყველა გამოანგარიშებული სიდიდე შეიტანება სპეციალურ უწყისში, რომლის ნიშნში მოყვანილია ქვემოთ.

უწყისის 1-ელ სვეტში ჩაიწერება პოლიგონის კუთხეების წვეროების ნომრები: მეორე სვეტში — ველზე გაზომილი კუთხეების საშუალო სიდიდეები, რომელთა პრაქტიკულმა ჯამმა მოგვცა $\Sigma \beta = 540 \cdot 01', 1$. კუთხეების თეორიული ჯამი (ხუთ-

| კუთხეების №№ | გაზომილი კუთხეები | შესწორებები | შესწორებული კუთხეები | დირექციული კუთხეები | რუმბები | თრზული მანძილები |
|---|--|-------------|-----------------------|---------------------|------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 89°21',3 | -0',3 | 89°21' | 10°09' | ჩა: 10°09' | 341,52 |
| 2 | 122°22',0 | 0 | 122°22' | 67°47' | ჩა: 67°47' | 217,70 |
| 3 | 90°04',3 | -0',3 | 90°04' | 157°43' | სა: 22°17' | 308,10 |
| 4 | 144°54',3 | -0',3 | 144°54' | 192°49' | სდ: 12°49' | 194,98 |
| 5 | 93°19',2 | -0',2 | 93°19' | 274°30' | ჩდ: 80°30' | 340,30 |
| 1 | | | | | | P = 1402,60 |
| $\Sigma \beta =$ $180^\circ \times 3 =$ $f_{\beta} =$ $\Delta \beta =$ | $\left\{ \begin{array}{l} 5;0^{\circ}01',1 \\ 5;0^{\circ}00',0 \\ +1',1 \\ \pm 1.5 \times \end{array} \right.$ | -1,1 | $\sqrt{5} = \pm 3',4$ | | | |

კუთხიანი პოლიგონისათვის) გვაძლევს $180^\circ(n-2) = 180^\circ \times 3 = 540^\circ$. პრაქტიკული და თეორიული კუთხეების ჯამის სხვაობა $f_{\beta} = 540^\circ 01' 1 - 540^\circ = +1', 1$. დასაშვები ცდომილება კი $\Delta \beta = \pm 1', 5$. $5 = \pm 3', 4$, ე. ი. ყელზე კუთხეების გაზომვა ჩატარებულია კარგად და საჭიროა კუთხეების გაწონასწორება. ვინაიდან შეუსაბამობა მიღებულია პლუს ნიშნით, ამიტომ შესწორებები კუთხეებში შეიტანება მინუს ნიშნით (ჩვენს შემთხვევაში შესწორებები შეტანილია იმ ძვალსაზრისით, რომ კუთხეების სიდიდეები დამრგვალებულიყო მცელ მინუსტამდე). რომელიც იწერება მესამე სვეტში. ჩემთხე სვეტში ჩაიწერება შესწორებული კუთხეები. მეხუთე სვეტში მოცემულია 1-2 გვერდის დირექციული კუთხე $10^\circ 09'$, რომლის მახედვით იანგარიშება დანარჩენი გვერდების დირექციული კუთხეები (ფორმულა 14) და რუმბები შემდეგი თანმიმდევრობით:

| | |
|---|---|
| $ \begin{array}{r} + 10^{\circ}09' \\ + 180^{\circ} \\ \hline 190^{\circ}09' \\ - 122^{\circ}22' \text{ — მეორე კუთხე} \\ \hline 67^{\circ}47' \\ + 180^{\circ} \\ \hline 247^{\circ}47' \\ - 90^{\circ}04' \text{ — მესამე კუთხე} \\ \hline 157^{\circ}43' \end{array} $ | <p>. რუმბი (1—2) = ჩა: $10^{\circ}09'$</p> <p>. რუმბი (2—3) = ჩა: $67^{\circ}47'$</p> <p>. რუმბი (3—4) = სა: $22^{\circ}17'$</p> |
|---|---|

$$\begin{array}{r}
 +180^{\circ} \\
 \hline
 337^{\circ}43' \\
 -144^{\circ}54' \text{ — მეოთხე კუთხე} \\
 \hline
 192^{\circ}49' \\
 +180^{\circ} \\
 \hline
 372^{\circ}49' \\
 -93^{\circ}19' \text{ — მეხუთე კუთხე} \\
 \hline
 279^{\circ}30' \\
 +180^{\circ} \\
 \hline
 459^{\circ}30' - 360^{\circ} = 99^{\circ}30', \\
 99^{\circ}30' \\
 -89^{\circ}21' \text{ — პირველი კუთხე} \\
 \hline
 10^{\circ}09'
 \end{array}$$

$$\cdot \text{ რუმბი } (4-5) = \text{სდ: } 12^{\circ}49'$$

$$\cdot \text{ რუმბი } (5-1) = \text{ჩდ: } 80^{\circ}30'$$

$$\cdot \text{ რუმბი } (1-2) = \text{ჩა: } 10^{\circ}09'$$

ხელმეორედ მიღებული დირექციული კუთხე 1—2 გვერდისათვის წარმოადგენს კონტროლს და მოწმობს იმას, რომ დირექციული კუთხეების გამომანგარიშებაში არ არის დაშვებული შეცდომა. რუმბები გადაიწერება მეექვსე სვეტში. ხოლო მეშვიდე სვეტში ჩაიწერება გაზომილი მანძილებისა და დახრილობის კუთხეებით გამოთვლილი თარაზული გეგმილები და მიუდგომელი მანძილები.

მიუდგომელი მანძილების განსაზღვრა

მიუდგომელი მანძილის უშუალოდ განსაზღვრამდე საჭიროა გაწონასწორდეს გაზომილი კუთხეები.

დავუშვათ, ABC სამკუთხედში (ნახ. 87) 1, 2 და 3 კუთხეების ერთმინუტიანი თეოდოლიტით გაზომვის შედეგად მიღებულია:

$$\begin{array}{r}
 1 = 34^{\circ}43',5 \\
 2 = 66^{\circ}58',8 \\
 3 = 78^{\circ}16',5 \\
 \hline
 \text{ჯამი} = 178^{\circ}58',8
 \end{array}$$

$$\text{ზეუსაბამობა } f_{\beta} = 178^{\circ}58',8 - 180^{\circ} = -1',2,$$

$$\text{დასაშვები ცდომილება } \Delta\beta = \pm 1',5 \cdot \sqrt{3} = \pm 2',6.$$

ვინაიდან დასაშვები, ანუ ზღვრული ცდომილება მეტია მიღებულ შეუსაბამობაზე, ამიტომ შეიძლება კუთხეების გაწონასწორება.

შესწორება თვითეული კუთხისათვის იქნება

$$-1',2 : 3 = -0',4,$$

ამრიგად,

$$\begin{array}{r}
 1 = 34^{\circ}43',5 + 0',4 = 34^{\circ}43',9 \\
 2 = 66^{\circ}58',8 + 0',4 = 66^{\circ}59',2 \\
 3 = 78^{\circ}16',5 + 0',4 = 78^{\circ}16',9 \\
 \hline
 \text{ჯამი} \qquad \qquad = 180^{\circ}00'.
 \end{array}$$

ამ კუთხეებით წარმოებენ მიუდგომელი მანძილის განსაზღვრა. სინუსების თეორემის თანახმად, სამკუთხედის გვერდების შეფარდება მათ მოპირდაპირე კუთხეების სინუსებთან წარმოადგენს ტოლ სიდიდეებს. ამრიგად, $\frac{a}{\sin 1} = \frac{c}{\sin 2} =$

$= \frac{b}{\sin 3}$ (ნახ. 87). ჩვენთვის ცნობილია ყველა კუთხე და a ბაზისი, ხოლო

საძიებელია b გვერდი, ე. ი. $\frac{a}{\sin 1} = \frac{b}{\sin 3}$, საიდანაც $b = \frac{a \cdot \sin 3}{\sin 1}$. გაზომილი ბაზისის სიგრძეა 243,74 მ.

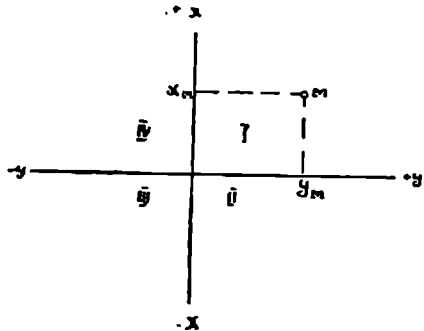
$$\begin{aligned} \sin 1 &= 0,56974, \\ \sin 3 &= 0,97915. \end{aligned}$$

საძიებელი გვერდის სიგრძე $b = \frac{243,74 \cdot 0,97915}{0,56974} = 418,89$ მეტრს.

ასეთივე წესით იანგარიშება (კონტროლისათვის) იმავე გვერდის სიგრძე მეორე სამკუთხედიდან. რუმბებითა და თარაზული მანძილებით შეიძლება პოლიგონის დატანა ქალაქზე, ე. ი. გეგმის შედგენა, რომლის პროექტს გავეცნობით შემდეგ პარაგრაფებში.

§ 42. მართკუთხა კოორდინატების სისტემა

გეოდეზიაში გადასაღები ტერიტორიის ყველა წერტილის ურთიერთგანლაგების სიზუსტის დაცვისათვის დიდი გამოყენება აქვს მართკუთხა კოორდინატების სისტემას. მართკუთხა კოორდინატების ასაგებად გეგმის ნებისმიერ ადგილას ტარდება ორი ურთიერთპერპენდიკულარული ax და ay ხაზი (ნახ. 94), რომლებსაც კოორდინატების ღერძები ეწოდება. გეოდეზიაში ax ღერძი ღერძითი მერიდიანის პარალელურია და მას აბსცისების, ანუ იქსების ღერძი ეწოდება, ხოლო მის პერპენდიკულარულ ay ღერძს — ორდინატების, ანუ იგრეების ღერძი. ღერძების გადაკვეთის O წერტილი წარმოადგენს კოორდინატთა სათავეს. ხეზისმიერი M წერტილის მდებარეობა განისაზღვრება მისი x_M და y_M კოორდინატებით, რისთვისაც ისინი გადაიზომებიან კოორდინატთა სათავედან შესაბამისი სიდიდეებით ღერძებზე და მიღებული წერტილებიდან აღმარული პერპენდიკულარების გადაკვეთაზე შიილება საძიებელი M წერტილი.



ნახ. 94.

იგრეების ღერძიდან ჩრდილოეთით „იქს“ ღერძი დადებითია, ხოლო სამხრეთით — უარყოფითი. იქსების ღერძიდან აღმოსავლეთით „იგრეკ“ ღერძი დადებითია, ხოლო დასავლეთით — უარყოფითი.

თუ კოორდინატთა ღერძებით შექმნილ შეოთხედებს I, II, III და IV აღნიშნავთ ისეთი თანმიმდევრობით როგორც ნახაზზეა აღნიშნული, მაშინ კოორდინატების ნიშნები განლაგდებიან ქვემოთ მოყვანილი ტაბულის მიხედვით.

როგორც აღნიშნული იყო წინა პარაგრაფებში, პოლიგონის ერთ-ერთი წვეროს კოორდინატები მიღებული იქნება საყრდენ წერტილებზე შიბშით, რომელთა საშუალებით იანგარიშება თანმიმდევრობით დანარჩენი წვეროების კოორდი-

ნატებიც. კოორდინატების გამოსათვლელად საუკროა წინასწარ განისაზღვროს ნაზრდები.

იმ სადიდეებს, რომლებითაც უნდა გადიდდეს წერტილის ცნობილი კოორდინატები, რათა მიღებულ იქნეს საძიებელი წერტილის კოორდინატები, ეწოდება: კოორდინატების ნაზრდები და აღინიშნება აბსცისებისათვის Δx (დელტა ბქსი) სიმბოლოთი; ხოლო ორდინატებისათვის $-\Delta y$ (დელტა იგრეკი) სიმბოლოთი.

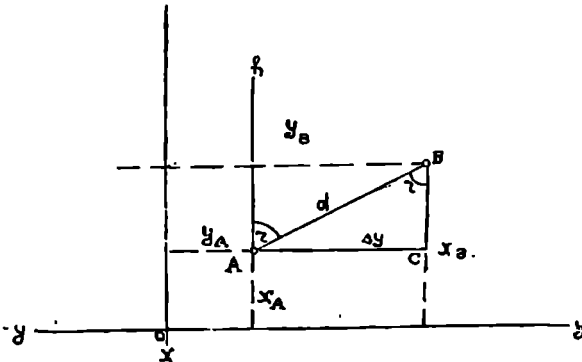
აღვიშნით A წერტილის ცნობილი კოორდინატები X_A და Y_A -თი, ხოლო საძიებელი B წერტილის კოორდინატები X_B და Y_B -თი. ასეთი აღნიშვნებით კოორდინატების განსაზღვრის პროცესი (ნახ. 95) შეიძლება გამოისახოს ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} X_B &= X_A + \Delta X \\ Y_B &= Y_A + \Delta Y \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

აქედან კოორდინატების ნაზრდებისათვის მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= X_B - X_A \\ \Delta Y &= Y_B - Y_A \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

95-ე ნახაზიდან ჩანს, რომ კოორდინატების ნაზრდები წარმოადგენს პარტკუთხა სამკუთხედის კათეტებს, რომელთა ჰიპოტენუზაა თარაზული მან-



ნახ. 95.

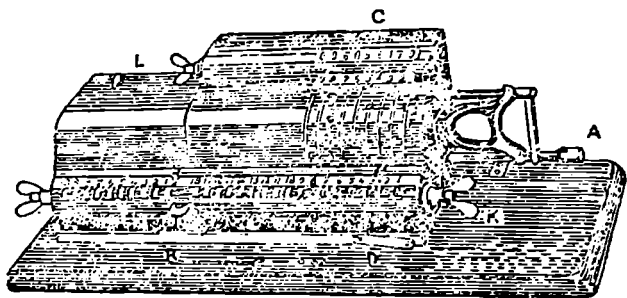
ძილი $AB=d$, თუ A წერტილზე წარმოვიდგენთ ღერძითი მერიდიანის ან X ღერძის პარალელურ ხაზს, მაშინ ამ ხაზსა და AB მიმართულებას შორის კუთხე წარმოადგენს r რუმბს. ეს იმას ნიშნავს, რომ კათეტი ΔX -იც კმაის ჰიპოტენუზასათაი (AB ხაზთან) r კუთხეს.

პარტკუთხა ACB სამკუთხედიდან მივიღებთ (იხ. § 10) კოორდინატების ნაზრდებს (კათეტებს) შემდეგი ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= d \cdot \cos r \\ \Delta Y &= d \cdot \sin r \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

კოორდინატების ნაზრდები იანგარიშება სპეციალური ცხრილით, რომელსაც „მართკუთხა კოორდინატების ნაზრდების გამოსაანგარიშებელი ცხრილი“ ეწოდება. გამოანგარიშება შეიძლება აგრეთვე ლოკალიზებული და ტრიგონომეტრიული ფუნქციების ნატურალური ცხრილითაც, სადაც გასამოაველებლად გამოიყენება არიფ. მომეტრი (ნახ. 96). რუმბების მიხედვით ნაზრდებს ეცვლებათ ნიშნები და სხვადასხვა შეთანხვებში გაააწილებიან აღნიშნული ცხრილის მიხედვით.

| მეთოდები | რუმბის დ.ს. ხელები | ნიშნები | |
|----------|--------------------|------------|------------|
| | | Δx | Δy |
| I | ჩა: | + | + |
| II | სა: | - | + |
| III | სდ: | - | - |
| IV | ჩდ: | + | - |



ნახ. 96.

§ 43. შეუსაბამობა ნაზრდებში, მათი განაწილება და კოორდინატების გამოთვლა

შეკრული პოლიგონის მართკუთხა კოორდინატების ნაზრდების აღგებრული ჯამი ყოველთვის ნულის ტოლი უნდა იყოს, ე. ი. $\sum \Delta x = 0$ და $\sum \Delta y = 0$. სინამდვილეში, კუთხეებისა და მანძილების გაზომვის დროს, დაშვებული შეცდომების გამო, მათი ჯამი არ იქნება ნულის ტოლი, არამედ მოგვეცემს რაიმე x_n და y_n სიდიდეებს, რომლებსაც ნაზრდებში შეუსაბამობა ეწოდება.

განვიხილოთ ნაზრდების გამოთვლის, გაწონასწორებისა და კოორდინატების გამოანგარიშების უწყისის ნიმუში, რომელიც მოყვანილია ქვემოთ (უწყისი 2).

ამ უწყისის მეორე და მესამე სვეტში რუმბები და მანძილები აღებულია პირველი უწყისიდან, ვინაიდან რუმბების გამოანგარიშება წარმოებს ისეთივე წესით და თანმიმდევრობით, როგორც განხილული იყო 41-ე პარაგრაფში.

მესამე სვეტის ჯამი წარმოადგენს პოლიგონის p პერიმეტრს, რომელიც ჩვენი მაგალითისათვის უდრის 1402,60 მეტრს. მეოთხე და მეხუთე სვეტში იწერება გამოანგარიშებული ნაზრდები.

როგორც აღვნიშნეთ, შეკრული პოლიგონის ნაზრდების ჯამი უნდა უდრიდეს ნულს. ჩვენი მაგალითისათვის მივიღეთ, რომ:

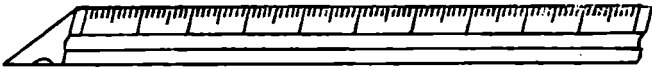
$$x_n = \sum \Delta x = -0,62 \text{ მ და } y_n = \sum \Delta y = -0,31 \text{ მ.}$$

ნაზრდებში შეუსაბამობის (ცდომილების) შესაფასებლად უნდა განისაზღვროს

თვალზომური აპარატი გულისხმობს ისეთ აპარატს, როდესაც ან სრულიად არ გამოიყენება გეოდეზიური იარაღები, ან გამოიყენება ყველაზე მარტივი, ისიც ორიენტირებასათვის. ხანდახან აუცილებელი ხდება, რაც შეიძლება სწრაფად იქნეს მიღებული რომელიმე მიწის ნაკვეთის გეგმა. თუ არ გვაქვს ამ ნაკვეთის რუკა ან გეგმა, მაგრამ იმდენად ხანდაზნულია, რომ მასზე არსებული კონტურები სრულიად არ შეესაბამება სინამდვილეს, მაშინ იძულებული ვხდებით გამოვიყენოთ თვალზომური აპარატი.

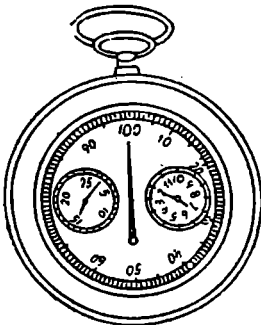
თვალზომური აპარატისათვის საჭიროა მუყაოს ფურცელი, ზომით დაახლოებით 25×35 სმ, რომელზედაც დამაგრდება სახაზავი ქაღალდი; სამწახნაგისანი სახაზავი (ნახ. 97) მილიმეტრიანი დანაყოფებით და კომპასი.

მუშაობის დაწყების წინ საჭიროა განისაზღვროს მომუშავეს ნაბიჯის ზომა. საშუალო სიჩქარით მოძრაობის დროს, რაც ადვილად განისაზღვრება მიწაზე



ნახ. 97.

გაშლილი 20-მეტრიანი ბაფთის მიმართულებით ნაბიჯის დათვლის გზით. როდესაც ნაბიჯის ზომა განსაზღვრულია, მისი მეტრებში გადაყვანა მოხდება ნაბიჯის ზომის გადამრავლებით ნაბიჯთა რაოდენობაზე. შედარებით რთულ პროცესს

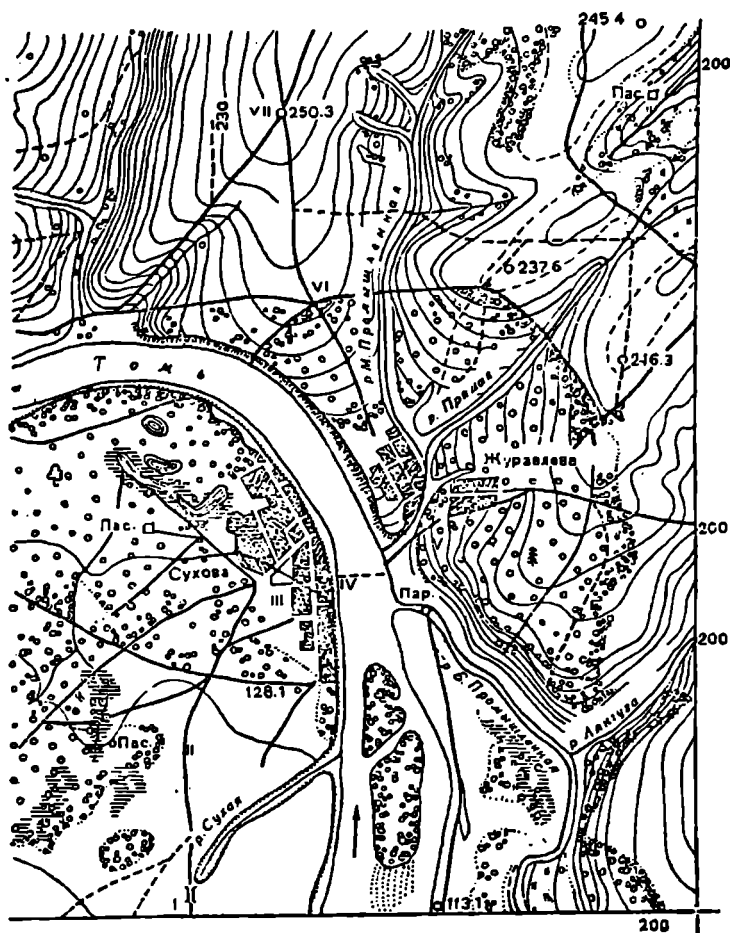


ნახ. 98.

წარმოადგენს ნაბიჯის თვლა, სადაც მოსალოდნელია შეცდომები, რის გამო უმჯობესია დაითვალოს არა ყოველი ნაბიჯი, არამედ მეორე, ე. ი. დათვლა წარმოედღეს ყოველთვის მარჯვენა ან მარცხენა ფეხზე. არსებობს იარაღი, რომელიც გარეგნობით წავაგვს ჯიბის საათს, მას ნაბიჯზომი ეწოდება (ნახ. 98). ასეთი ნაბიჯზომი მაგრდება ფეხზე მუხლის ქვემოთ და ყოველი ნაბიჯის გადადგმაზე მისი ქანქარა იცვლის მდგომარეობას, რაც, თავის მხრივ, იწვევს მექანიზმის ბორბლის შემობრუნებას; ეს უკანასკნელი ამოძრავებს ისარს ასათვლელი ციფერბლატის ირგვლივ. ამრიგად, აღირიცხება მარჯვენა ფეხის ყოველი გადადგმა. ციფერბლატზე აღებული ანათვლილი გამრავლებული ორზე მოგვემს ნაბიჯთა რაოდენობას.

მუყაოს ფურცელი, რომელსაც პლანშეტი ეწოდება, უნდა იყოს ორიენტირებული საწყის წერტილზე ჰაგნიტური მერიდიანის მიმართულებით. საწყისი წერტილს შერჩევა ნებისმიერია, მას აირჩევენ ისე, რომ გადასაღები ტერიტორია მოთავსდეს სახაზავ ქაღალდზე. 99-ე ნახაზზე წარმოდგენილია თვალზომური აპარატის ნიმუში, რომლის მიზანი იყო სოფ. სუხოვასა და ჟურავლიოვას მიწების გადაღება. პირველი წერტილი (1) აღებულია გზაზე, სოფ. სუხოვას სამხრეთით, ხილთან. კომპასით გაორიენტირებულია პლანშეტი ჩრდილოეთისა და

სამხრეთის მიმართულებით. პირველი წერტილი დამთხვეულია სახაზავის გვერდს და მეორე შერჩეული წერტილისაყენ დამზერილია სახაზავის ზედა წახნავის მიმართულებით. ნახაზზე მეორე (II) წერტილი აღებულია გზის მოსახვევამდე:



ნახ. 99.

მანძილი I და II წერტილებს შორის გაზომილია ნაბიჯით და დატანილია გეგმაზე. შემდეგ მეორე წერტილში მოხდა პლანშეტის ორიენტირება და დაინიშნა მესამე წერტილი და ა. შ.

მანძილების დატანა წარმოებს გარკვეულ მასშტაბში (მასშტაბები განხილული იქნება შემდეგ პარაგრაფში) ანა ფარგლით, არამედ სახაზავით. თვალზომური სელის ძირითად წერტილებზე (I, II და ა. შ.) დგომის დროს, მარჯვნივ და მარცხნივ, ამ წერტილებიდან აწარმოებენ სხვადასხვა კონტურზე დამზერას

| №№ | რუბები | მ. ნძი- ლები | გამონგარიშებულ | | შესწორებული | | კორდინაციები | |
|----|-------------|-----------------|----------------|-------------|-------------|------------|--------------|---------|
| | | | Δx | Δy | Δx | Δy | x | y |
| 1 | ჩა: 10°09' | 311,52 | +15 | +08 | | | 100°,00 | 1040,00 |
| 2 | ჩა: 67°ა7' | 217,70 | +336,19 | +60,18 | +339,34 | +60,26 | 1996,34 | 1081,26 |
| 3 | სა: 22°17' | 303,10 | +8,31 | +201,57 | +82,41 | +201,62 | 1418,75 | 1261,85 |
| 4 | სდ: 12°ა9' | 194,83 | +14 | +07 | | | 1131,74 | 1378,78 |
| 5 | ჩდ: 80°30' | 340,90 | -285,15 | +116,34 | -285,01 | +116,90 | 94,70 | 1335,57 |
| 1 | | | +08 | +04 | | | 100°,0 | 100°,00 |
| | | | -190,17 | -43,25 | -180,04 | -43,21 | კონტროლი | |
| | | | +15 | +07 | | | | |
| | | | +56,15 | -135,64 | +56,30 | -935,57 | | |
| | $p=1402,60$ | | +474,85 | +978,58 | | | | |
| | | | -475,27 | -978,89 | | | | |
| | | | $v_x=-0,62$ | $v_y=-0,31$ | | | | |

$$f_s = \sqrt{0,62^2 + 0,31^2} = 0,68$$

$$\frac{f_s}{p} = \frac{0,68}{1402,60} = \frac{1}{2060}$$

შესწორებები პერიმეტრის ასეულ მეტრზე $\Delta x = \frac{62}{14} = 4,43$,
 $\Delta y = \frac{31}{14} = 2,21$.

აბსოლუტური f_s ცდომილება, რომელიც იანგარიშება ფორმულით

$$f_s = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}; \tag{18}$$

ამრიგად, $f_s = \sqrt{0,62^2 + 0,31^2} = 0,68$ მ.

აბსოლუტური ცდომილების შეფარდება პოლიგონის პერიმეტრთან მოგვცემს ე. წ. შეფარდებით ცდომილებას, ე. ი.

$$\frac{f_s}{p} = \frac{0,68 \text{ მ}}{1402,60 \text{ მ}}$$

შეფარდებით ცდომილებას, როგორც წესი, გამოსახვენ ალიკვოტური წილადის სახით, ე. ი. ისეთი წილადის სახით, რომლის მრიცხველი უდრის ერთს. ასეთი სახის წილადის მისაღებად საჭიროა ვნიშვნული გაიყოს მრიცხველზე. დაიწეროს მნიშვნელად და მრიცხველად კი დაიწეროს ერთი, ანუ $1402,60 \text{ მ} : 0,68 \text{ მ} = 2060$, ამ რიცხვს დაეწერება მრიცხველად ერთი და მივიღებთ

$$\frac{f_s}{p} = \frac{1}{2060}$$

შეფარდებითი ცდომილებით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ, თუ რამდენად სწორად

იყო წარმოებული ველზე კუთხოვანი და ხაზოვანი ვაზომვები. მიღებულია რომ ვაკე და ღია ადგილებისათვის შეფარდებითი ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს $\frac{1}{2000}$ -ს, შედარებით ბორცვიანი და უსწორმასწორო ადგილებისათვის—

$\frac{1}{1500}$ -ს და მთაგორიანი ადგილებისათვის — $\frac{1}{1000}$ -ს. ჩვენი მაგალითისათვის მიღებული შეფარდებით ცდომილება $\frac{1}{2060}$ მოწმობს იმას, რომ

ვაზომვა კარგად არის ჩატარებული და შეიძლება ნაზრდების გაწონასწორება. გაწონასწორება გულისხმობს ნაზრდებში შესწორებების შეტანას, რაც უნდა ჩატარდეს ვაზომილი მანძილების პროპორციულად. ჯერ იანგარიშებენ რამდენი შესწორება უნდა იქნეს შეტანილი ყოველი 100 მეტრი მანძილისათვის, რისთვისაც პერიმეტრს დაამრგვალებენ მთელ მეტრებამდე (ჩვენი მაგალითისათვის 1403 მეტრი), შედეგს გაყოფენ 100-ზე ($1403 \text{ მ} : 100 = 14,03 \text{ მ}$) და მიღებულ სიდიდეზე გაყოფენ შეუსაბამობებს, ალებულს სანტიმეტრებში, ე. ი.

$$\text{ნაზრდებისათვის იქსებში } \Delta x \dots \frac{62}{14,03} = 4.43 \text{ სმ.}$$

$$\text{იგრეკებში } \Delta y \dots \frac{31}{14,03} = 2.21 \text{ სმ.}$$

ამრიგად, მიღებულ იქნა შესწორებები ყოველ 100 მეტრ მანძილზე. აღებული მაგალითისათვის 1—2 გვერდის მანძილია 341,52 მეტრი, ანუ დაახლოებით 3,5 ასეული მეტრი. ნაზრდებში Δx -სათვის შესწორება იქნება $3,5 \times 4.43 \text{ სმ} = 15 \text{ სმ}$ და Δy -სათვის — $3,5 \times 2,21 \text{ სმ} = 7,75 = 8 \text{ სმ}$. ეს შესწორებები შეიტანება ნაზრდებში 1—2 გვერდისათვის დადებითი ნიშნით (ცინიდან შესწორებები ნაზრდებშიც შეიტანება მიღებული ცდომილების შებრუნებული ნიშნით) და იწერება უწყისში ხაზრდების ზემოთ. ცალკეულ ნაზრდებში შეტანილ შესწორებათა ჯამი ზუსტად უნდა უდრიდეს მიღებულ ცდომილებას შებრუნებული ნიშნით. მეექვსე და მეშვიდე სვეტში იწერება შესწორებული ნაზრდები, რომლებიც მოხაწილეობენ კოორდინატების გამოთვლებში.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, პირველი ან რომელიმე სხვა წერტილის კოორდინატები პოლიგონში ცნობილი უნდა იყოს. დავუშვათ, ცნობილია პირველი წერტილის კოორდინატები $X = 1000,00 \text{ მ}$ და $Y = 1000,00 \text{ მ}$, მეორე წერტილის კოორდინატების მისაღებად მათ დაემატებათ (აღგებრულად) 1-2 გვერდის ნაზრდები $\Delta x = +336,34$ და $\Delta y = +60,26$; მიღებულ შედეგებს დაემატება რიგითი ნაზრდები და ასეთი თანმიმდევრობით გამოითვლება პოლიგონის ყველა წვეროს კოორდინატები. უკანასკნელი ნაზრდების აღგებრულვა შეჯამებამ უკანასკნელი წერტილის კოორდინატებთან (დახურულ პოლიგონში) უნდა მოგვცეს ისევ პირველი წერტილის კოორდინატები, რაც წარმოადგენს კონტროლს.

თეოდოლიტურ სვლებში, პოლიგონის წვეროების კოორდინატებით გამოთვლის შემთხვევაში, პირველი და მეორე უწყისები გაერთიანდებიან ერთ უწყისად.

(დამზერის დროს ყურადღება უნდა მიექცეს, რომ პლანშეტი ყოველთვის იყოს ორიენტირებული) 300-400 მეტრის მანძილზე. ამ კონტურამდე მანძილის განსაზღვრა წარმოებს თვალდათვალ, გადალება კი გადაკვეთის, პოლარული, პერპენდიკულარებისა და შემოვლის ხერხით. ცდების შედეგად გარკვეულია, რომ შეკრულ თვალზომურ სვლაში შეუსაბამობა არ უნდა აღემატებოდეს 1:50. ყველა საეარგული და საგანი დატანილი უნდა იყოს შესაბამისი პირობითი ნიშნითა და წარწერით. თუ საჭიროება მოითხოვს, თვალდათვალ განსაზღვრავენ სიმაღლეებს და ხაზავენ რელიეფს პორიზონტალებში; გადალების შემდეგ გეგმა უნდა გამოინახოს კარგად ფანქრით ან ტუშით.

თავი IV

გეგმების უზღვევა

§ 45. მასშტაბები

დედამიწის ზედაპირზე გაზომილი მანძილები დატანილი უნდა იქნეს გეგმაზე (ქალაქზე) შემციირებული ზომით, რაც ხდება მასშტაბის საშუალებით. მასშტაბი ძირითადად გეგვდება სამი სახის: რიცხობრივი, ხაზოვანი და განივი.

რიცხობრივი მასშტაბი გამოისახება წილადის სახით, რომლის მრიცხველი უდრის ერთს და წარმოადგენს გეგმაზე ან რუკაზე აღებულ ერთეულს, ხოლო მნიშვნელი წარმოადგენს რიცხვს, რომელიც გამოსახავს გეგმაზე აღებული ერთეულების რაოდენობას ადგილზე (მიწაზე). მაგალითად, მასშტაბი $\frac{1}{1000}$

ნიშნავს, რომ ერთ სანტიმეტრს გეგმაზე შესაბამება 1000 სანტიმეტრი ადგილზე (თარაზულ გეგმილში). ამრიგად, გეგმაზე აღებული მონაკვეთის შეფარდებას მისი შესაბამისი მონაკვეთის თარაზულ გეგმილთან ადგილზე, მასშტაბი ეწოდება. რაც მეტია რიცხობრივი მასშტაბის მნიშვნელი, მით პატარაა მასშტაბი და პირიქით. ვინაიდან მანძილები ადგილზე იზომება მეტრებში, ამიტომ რიცხობრივი მასშტაბის მნიშვნელს გადაიყვანენ მეტრებში და იტყვიან: მასშტაბი 1 სმ-ში

10 მეტრი $\left(\text{ნაცვლად } \frac{1}{1000} \right)$ ან მასშტაბი 1 სმ-ში 50 მ $\left(\text{ნაცვლად } \frac{1}{5000} \right)$

და ა. შ.

ერთი სანტიმეტრის შესაბამისი მეტრების რაოდენობას მივიღებთ, თუ რიცხობრივი მასშტაბის მნიშვნელიდან გადავაგდებთ ორ უკანასკნელ ნულს.

გეგმები და რუკები, რომლებზედაც დაწვრილებით უნდა იყოს ნაჩვენები კონტურები, გადაიღება დიდ მასშტაბებში: $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$, $\frac{1}{5000}$

და $\frac{1}{10000}$. ტოპოგრაფიული რუკები გადაიღება შემდეგ მასშტაბებში:

$\frac{1}{10000}$, $\frac{1}{25000}$, $\frac{1}{50000}$, $\frac{1}{100000}$ და $\frac{1}{200000}$. რიცხობრივი; მას-

შტაბით პრაქტიკულად შესაძლებელია ორი ამოცანის გადაწყვეტა: 1. ადგილზე გაზომილი მანძილით ვიანგარიშოთ მოცემულ მასშტაბში მასი შესაბამისი მანძილი გეგმაზე და 2. გეგმაზე ცნობილი მანძილით ვიანგარიშოთ მოცემულ მასშტაბში მისი შესაბამისი მანძილი ადგილზე.

გადაწყვეტით პირველი ამოცანა მასშტაბისათვის $\frac{1}{5000}$ (სმ-ში 50

მეტრი). დაუშვათ, ადგილზე გაზომილია ხაზი, რომლის სიგრძეა 276,5 მეტრი. ვინაიდან ყოველი 50 მეტრი ადგილზე გეგმავს 1 სანტიმეტრს გეგმაზე, ამიტომ მთელი ხაზის სიგრძე მოგვცემს $276,5 : 50 = 5,53$ სმ. ამრიგად, პირველი ამოცანის გადაწყვეტა სრულდება გაზომილი მანძილის გაყოფით რიცხობრივი მასშტაბის ასჯერ შემცირებულ მნიშვნელზე.

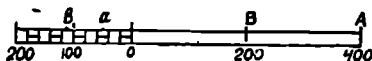
მეორე ამოცანა, როგორც შემბრუნებული პირველი ამოცანისა, სრულდება გეგმაზე აღებული მონაკვეთის სიგრძის გამრავლებით რიცხობრივი მასშტაბის ასჯერ შემცირებულ მნიშვნელზე. მაგალითად, მანძილი გეგმაზე უდრის 6.32

სმ-ს, მასშტაბია $\frac{1}{10000}$ (1 სმ-ში 100 მეტრი). ცხადია, რომ მანძილი ადგილზე ტოლი იქნება $6,32 \times 100 = 632$ მეტრის.

§ 46. ხაზოვანი მასშტაბი

პრაქტიკაში ზემოაღნიშნული ამოცანების გადაწყვეტას (გაყოფას და გამრავლებას) არ ასრულებენ. ნაცვლად ამისა, აგებენ ხაზოვან მასშტაბს, რომლის საშუალებით ორივე ამოცანის გადაწყვეტა სრულდება მექანიკურად და სწრაფად. რიცხობრივი მასშტაბისათვის

$\frac{1}{10000}$ (1 სმ-ში 100 მეტრი) ხა-



ზოვანი მასშტაბი აიგება ასე: გადაიზომება სწორ ხაზზე 2 სმ,

ნახ. 100.

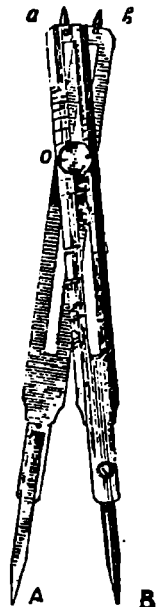
4 სმ და ა. შ. მანძილების პირველი (მარცხენა) მონაკვეთი დაიყოფა 10 ტოლ ნაწილად (ნახ. 100). ყოველ დანაყოფთან იწერება მეტრების რაოდენობა ადგილზე, რომელიც შეესაბამება გაზომილ მოიაკვეთს გეგმაზე. იმ მონაკვეთებს, რომლებიც გადაიზომება ხაზოვანი მასშტაბის ასჯებამდე, მასშტაბის ფუძე ეწოდება.

მასშტაბის ფუძედ, როგორც წესი, აღება 2 სანტიმეტრი. ვინაიდან ჩვენს მიერ აღებულ მასშტაბში 1 სმ-ში 100 მეტრია, ხოლო ხაზოვანი მასშტაბის ფუძე 2 სმ-ია, ფუძეში გვექნება 200 მეტრი. მარცხენა ფუძეში, რომელიც 10 ნაწილად არის დაყოფილი, თვითიული პატარა ნაწილი შეესაბამება $200 : 10 = 20$ მეტრს. ე. ი. პატარა ნაწილისათვის უნდა იყოს წარწერა 20, 40, 60, 80 და ა. შ. მაგრამ ადგილის უქონლობის გამო ეს წარწერები ყოველ დანაყოფზე არ კეთდება. ასეთ შემთხვევაში წარწერებს აკეთებენ ყოველ მეორე და მესამე დანაყოფზე (ჩვენს ნახაზზე გაკეთებულია მეხუთე დანაყოფზე). ასეთი ხაზოვანი მასშტაბით თუ გვინდა გავიგოთ გეგმის რომელიმე მონაკვეთის შესაბამისი სიგრძე ადგილზე, საჭიროა გეგმაზე ფარგლით ავიღოთ მონაკვეთის სიგრძე და ფარგალი მოვთავსოთ ხაზოვან მასშტაბზე ისე, რომ ფარგლის ერთი წვერო მოთავსდეს ნულოვანი დანაყოფის მარცხნივ, ხოლო მეორე წვერო—მარჯვნივ, ზუსტად რომელიმე დანაყოფზე. დაუშვათ, ფარგლის ერთი წვერო მოთავსდა A წერტილში, ხოლო მეორე — a წერტილში. მაშინ Aa მონაკვეთი შეესაბამება 450 მეტრს, ვინაიდან ფარგლის ნაბიჯში მოთავსდა ორი ფუძე (400 მეტრი) და ორნახევარი პატარა დანაყოფი (ნახევარი დანაყოფი აღებულია თვალდათვალ), ე. ი. $2,5 \times 20 = 50$ მეტრს.

მასშტაბის სიზუსტელ ითვლება ის ხაზოვანი სიდიდე ადგილზე (შიწაზე) რომელიც მოცემულ მასშტაბში ქალღღზე გამოისახება 0,1 მილიმეტრში. ამ მიზნის გამო გადაღებისათვის შეარჩევენ ისეთ მასშტაბს, რომ გეგმაზე გამოისახოს ყველა საჭირო კონტური და საგანი მსგავსი ფიგურების სახით.

§ 48. პროპორციული შარბალი

ცალკეული კონტურების ან მონაცემების დატანას ერთმასშტაბიანი გეგმიდან მეორეზე აწარმოებენ პროპორციული ფარგლით (ნახ. 102). პროპორციული ფარგალი შედგება ორი ორმხრივწვეროიანი ფარგლის ფეხისაგან, რომლებიც შეერთებული არიან მოძრავი O საკისარით ისე, რომ საკისრიდან ორივე მხარეს იქმნება ორი ფარგალი — მზომი. საკისარი მოძრაობს ფარგლის ფეხების გრძივ ამონაკრებში და მისი დამაგრება შესაძლებელია ნებისმიერ ადგილას. acb და AUB სამკუთხედების მსგავსებიდან შეგვიძლია დავწეროთ: $\frac{ab}{AB} = \frac{oa}{ob} = \frac{ob}{OA}$, ე. ი. ფარგლის ორივე მხარეს (ფეხებს) შორის მანძილების შეფარდება ტოლია ფარგლის ფეხების სიგრძეების შეფარდებისა. ფარგლის ფეხების გრძივ ამონაკრებში საკისრის გადაადგილებით შეგვიძლია მივიღოთ ab და AB ხაზებს შორის ნებისმიერი შეფარდება, რისთვისაც გრძივი ამონაკრების ვასწერივ დატანილია და წარწერილია დანაყოფები.



ნახ. 102.

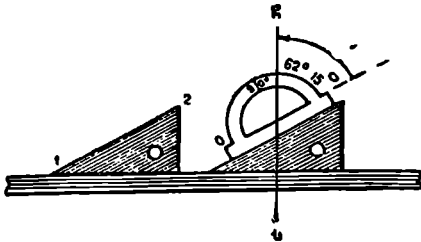
პროპორციული ფარგლით ნახაზის შინაარსის გადატანას ერთი გეგმიდან მეორეზე აწარმოებენ გადაკეთების ხერხით ორივე გეგმის საერთო წერტილიდან. საერთო წერტილებად მიღებულია გეოგრაფიული (მერდიანები და პარალელები) და კილომეტროვანი ბადეები, გეოდეზიური ქსელის საყრდენი წერტილები და სხვა. დიდი რაოდენობის კონტურებისა და ობიექტების გადატანას პროპორციული ფარგლით არ აწარმოებენ; ასეთ შემთხვევაში გამოიყენება სხვადასხვა იარაღი და მათ შორის ანტოგრაფი.

§ 49. გეგმების შედგენა

გეგმების შედგენა, ანუ პოლიგონის დატანა ქალღღზე გარკვეულ მასშტაბში, შეიძლება შესრულდეს ორი ხერხით: 1) პოლიგონის შიდა კუთხეების აგებით და 2) რუმბებით. შიდა კუთხეებით აგებული პოლიგონი გეგმაზე იძლევა დიდ შეცდომებს და ამ ხერხით პოლიგონის აგებას თითქმის არ აწარმოებენ. მეტად გავრცელებულია პოლიგონის აგება რუმბებით, რომლებიც შედარებით ზუსტია და შესასრულებლად კი მარტივი. დავუშვათ, მოცემულია რუმბები და თარაზული მანძილები:

| კუთხის წვეროები | რუმბები | თარაზული მანძილები (მეტროებით) |
|-----------------|------------|--------------------------------|
| 1 | ჩ: 62°15' | 122,5 |
| 2 | სა: 5°00' | 102,3 |
| 3 | ჩა: 86°-5' | 2-3,7 |
| 4 | სდ: 1°15' | 185,9 |
| 5 | სდ: 77°15' | 335,3 |
| 6 | ჩდ: 16°15' | 164,5 |

ჯერ ქალაქის ფორმატის შუა ნაწილში გაატარებენ მერიდიანის ხაზს, შემდეგ აირჩევენ და აღნიშნავენ ქალაქზე პირველი წერტილის მდებარეობას ნებისმიერად ისე, რომ მთელი პოლიგონის გამოსახულება აღებულ მასშტაბში მოხერხებულად (სიმეტრიულად) განლაგდეს. ამის შემდეგ მერიდიანის ნებისმიერი წერტილიდან ტრანსპორტირით ააგებენ პირველი ხაზის რუმბს, ჩა: $62^{\circ}15'$ ისე, რომ სამკუთხედისა და სახაზავის დახმარებით გადაეცეს ეს მიმ-



ნახ. 103.

ართულება პირველ წერტილს, როგორც ნაჩვენებია 103-ე ნახაზზე. სამკუთხედის ჰიპოტენუზის გასწვრივ გაიხაზება მიმართულება, გადაიზომება მასზე 122,5 მეტრი მაძილი (მიღებულ მასშტაბში) და მიიღება პოლიგონის მეორე წერტილი. მეორე ხაზის მისაღებად ისევ აიგება რუმბი სა: $54^{\circ}00'$ მერიდიანის ნებისმიერი

წერტილიდან, შემდეგ სამკუთხედისა და სახაზავის დახმარებით აღნიშნული მიმართულება გადაეცემა მეორე წერტილს, რომლიდანაც გადაიზომება 102,5 მეტრი ხაზის სიგრძე და მიიღება მესამე წერტილი. ზუსტად ასეთი თანმიმდევრობით აიგება ყველა დანარჩენი ხაზი. მანამდე, სანამ შეექმნე წერტილიდან არ გადაიზომება უკანასკნელი ხაზი ჩა: $16^{\circ}15'$ 64,5 მეტრი მაძილით.

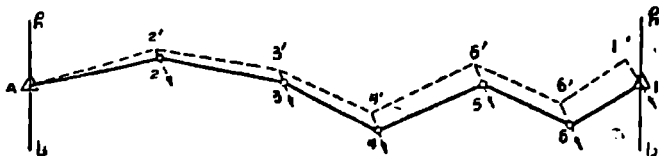
თუ საველე გადაღება და სამხაზველო სამუშაოები ზუსტად არის შესრულებული, მაშინ უკანასკნელი ხაზის ბოლო წერტილი უნდა დაემთხვეს საწყის (პირველ) წერტილს. მაგრამ, თუ სხვადასხვა ცდომილების გამო, რომლებიც დაშვებულია როგორც ველზე მუშაობის დროს, ისე გეგმის გამოსახვისას, უკანასკნელი ხაზის ბოლო არ დაემთხვევა საწყის წერტილს, მაშინ მიიღება ხაზოვანი შეუსაბამობა.

წყვეტილი ხაზებით (ნახაზი 104-ე) ნაჩვენებია რუმბებით დატანილი პოლიგონი, რომლის უკანასკნელი ხაზის ბოლო 1-ელი წერტილის ნაცვლად მოთავსდა 1' წერტილში. მაძილი 1' და 1 წერტილებს შორის წარმოადგენს ხაზოვან შეუსაბამობას, რომლის მიმართულება ნაჩვენებია ისრით 1' წერტილიდან 1 წერტილისაკენ. თუ შეუსაბამობა მიღებულია მცირე ცდომილებათა რაოდენობის საფუძველზე, მაშინ მისი სიგრძე — აბსოლუტური სიდიდე, რომელიც განისაზღვრება გეგმის მასშტაბით — არ უნდა აღემატებოდეს პერიმეტრის

$\frac{1}{200}$ -ს; ასეთი შეუსაბამობა უნდა განაწილდეს ხაზების სიგრძის პროპორცი-

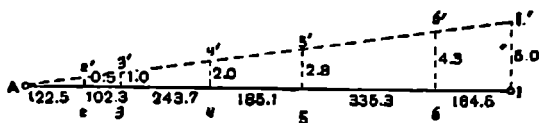
ულად და მთელი ნახაზი ნაწილობრივ შესწორდეს. დავუშვათ, აბსოლუტური შეუსაბამობა უდრის 5 მეტრს, პერიმეტრი — 1154,2 მეტრს, მაშინ შეუსაბამობის შეფარდება პერიმეტრთან (შეფარდებითი ცდომილება) ტოლი იქნება $5:1154,2 = 1:231$, რაც ნაკლებია ზღვარზე, ე. ი. შეუსაბამობა დასაშვებია და შეიძლება ის განაწილდეს. შეუსაბამობის განაწილებას აწარმოებენ გრაფიკულად. ამისათვის გაატარებენ თარაზულ ხაზს ქალაქზე, აირჩევენ მასზე ნებისმიერ წერტილს (ნახ. 105) და ამ წერტილიდან გადაზომავენ პოლიგონის გვერდების სიგრძეებს ნებისმიერ მასშტაბში, შემდეგ ყოველი გადაზომილი გვერდის

ბოლოდან აღმართავენ შვეულ ხაზებს; 1-ელი წერტილიდან აღმართულ შვეულ ხაზზე გადაზომავენ აბსოლუტურ შეუსაბამობას 1'—1 ნატურალური სიდიდით (იმ მასშტაბში, რა მასშტაბშიც პოლიგონია აგებული) და 1' მიღებულ წე-



ნახ. 104.

რტილს შეაერთებენ სწორი ხაზით A წერტილთან. მიღებული 2'—2, 3'—3, 4'—4... მონაკვეთები წარმოადგენს შეუსაბამობის იმ ნაწილებს, რომლებითაც უნდა გადაადგილდეს 2', 3', 4'... წერტილები. გადაადგილებას აწარმოებენ 1'—1 შეუსაბამობის მიმართულების პარალელური ხაზებით, რომლებიც ტარდება საკუთხედისა და სახაზავის გამოყენებით 2', 3', 4'... წერტილებიდან (ნახ. 104). შეუსაბამობას განაწილებს შემდეგ მიღებული 2, 3, 4... წერტილები უნდა შეერთდეს მთლიანი ხაზით. ხოლო წყვეტილი ხაზით აგებული პოლიგონი უნდა წაიშალოს სუფთად ფანჯრის საშუალებით. ზუსტად ასეთივე წესით დაიტანება და გაწონასწორდება პოლიგონის შიგნით ჩატარებული დია-



ნახ. 105.

გონალური სვლები. დიაგონალური სვლებისათვის შეუსაბამობა დასაშვებია, თუ მისი შეფარდებითი სიდიდე არ აღემატება პერიმეტრის (დიაგონალური სვლის გვერდების ჯამის) 1:100-ს.

ძირითადი პოლიგონისა და დიაგონალური სვლების გვეგმაზე დატანისა და შესწორების შემდეგ დაიტანება ყველა კონტური და საგანი, რომლებიც კვლავ მუშაობის დროს იყო გადაღებული.

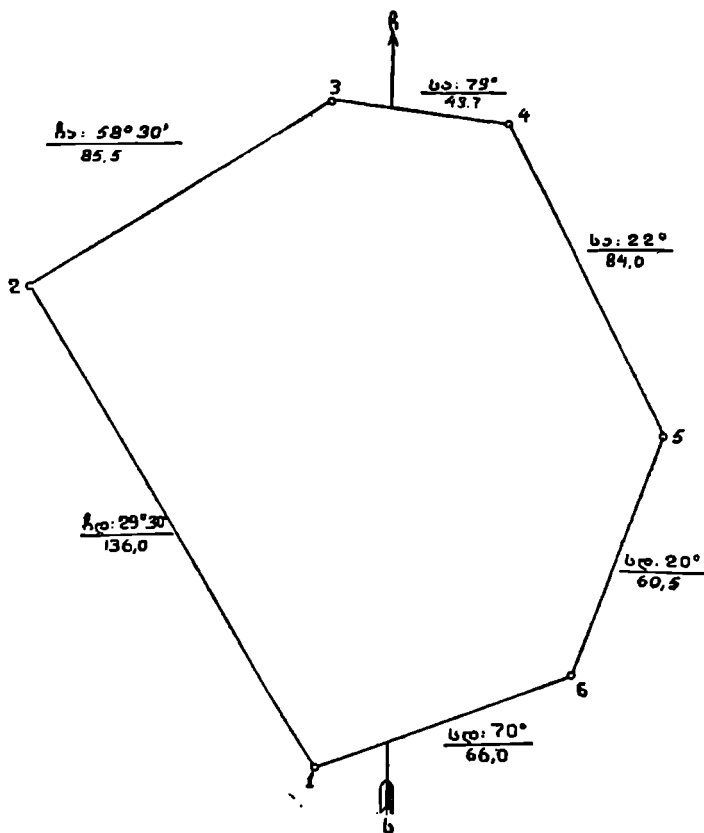
პრაქტიკული საზარჯიშოვები

შეადგინეთ გეგმა რუმბებით მასშტაბებში: 1 სმ-ში 10 მეტრი შემდეგი მონაცემებით:

| კუთხეები | დავალება № 1 | |
|----------|--------------|-----------|
| | რუმბები | მანძილები |
| 1 | ჩდ: 29'30' | 136,0 |
| 2 | ჩა: 58°30' | 85,5 |
| 3 | სა: 79° | 43,7 |
| 4 | სა: 22° | 84,0 |
| 5 | სდ: 20° | 60,5 |
| 6 | სდ: 70° | 66,0 |

გაიანგარიშეთ მიღებული შეუსაბამობა და დაადგინეთ დასაშვებია თუ არა ის; გაანაწილეთ შეუსაბამობა წერტილებზე; შესწორებული პოლიგონი ამოხაზეთ

ტუშით და იანგარიშეთ რუმბებით ყველა შიდა კუთხე; რუმბები და მანძილები დაწერეთ პოლიგონის გვერდების შუა ადგილას, ხოლო რუმბებით გამოანგარიშებული კუთხეები კი — შესაბამის წვეროებთან (ნახ. 106).



ნ.ხ. 106.

დავალემა № 2, მასშტაბი 1:1000; დავალემა № 3, მასშტაბი 1:2500.

| კუთხეები | რუმბები | მანძილები | კუთხეები | რუმბები | მანძილები |
|----------|------------|-----------|----------|------------|-----------|
| 1 | ჩა: 0° | 60,0 | 1 | სა: 88°30' | 251,0 |
| 2 | სა: 77° | 251,2 | 2 | სდ: 3°40' | 322,1 |
| 3 | სდ: 0°45' | 82,5 | 3 | სდ: 72°59' | 269,2 |
| 4 | ჩდ: 67° | 80,3 | 4 | ჩდ: 3°16' | 288,3 |
| 5 | სდ: 89°30' | 36,1 | 5 | ჩა: 20°23' | 125,4 |
| 6 | ჩდ: 80°30' | 46,2 | | | |
| 7 | ჩდ: 65°30' | 96,8 | | | |

დავალემა № 4, მასშტაბი 1:5000; დავალემა № 5, მასშტაბი 1:2500.

| კუთხეები | რუმბები | მანძილები | კუთხეები | რუმბები | მანძილები |
|----------|------------|-----------|----------|------------|-----------|
| 1 | ჩა: 73°43' | 298,5 | 1 | ჩა: 71°15' | 171,5 |
| 2 | ჩა: 69°28' | 219,5 | 2 | სა: 76°15' | 114,4 |
| 3 | ჩა: 77°18' | 483,3 | 3 | სა: 30°45' | 294,2 |
| 4 | სა: 28°03' | 164,8 | 4 | სდ: 82°15' | 259,1 |
| 5 | სდ: 48°16' | 785,2 | 5 | ჩდ: 32°15' | 310,2 |
| 6 | ჩდ: 80°01' | 304,9 | | | |
| 7 | ჩდ: 40°13' | 205,1 | | | |
| 8 | ჩდ: 6°24' | 194,2 | | | |

დავალემა № 6, მასშტაბი 1:2500; დავალემა № 7, მასშტაბი 1:2500.

| კუთხეები | რუმბები | მანძილები | კუთხეები | რუმბები | მანძილები |
|----------|------------|-----------|----------|------------|-----------|
| 1 | ჩა: 33°53' | 184,0 | 1 | ჩა: 45° | 189,1 |
| 2 | სა: 62°43' | 119,1 | 2 | სა: 23°45' | 148,2 |
| 3 | სა: 54°27' | 268,2 | 3 | სდ: 29°15' | 24,4 |
| 4 | სდ: 89°43' | 126,0 | 4 | სდ: 45° | 128,3 |
| 5 | სდ: 66°02' | 289,2 | 5 | ჩდ: 38°30' | 145,7 |
| 6 | ჩა: 9°55' | 111,3 | | | |
| 7 | ჩდ: 39°38' | 86,2 | | | |

დავალემა № 8, მასშტაბი 1:1000; დავალემა № 9, მასშტაბი 1:1000.

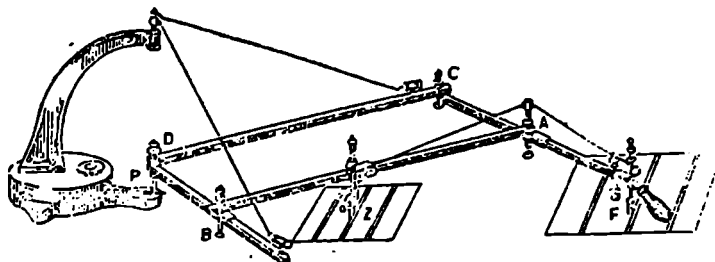
| კუთხეები | რუმბები | მანძილები | კუთხეები | რუმბები | მანძილები |
|----------|------------|-----------|----------|------------|-----------|
| 1 | ჩდ: 38°30' | 45,0 | 1 | ჩდ: 23° | 73,5 |
| 2 | ჩა: 28° | 48,5 | 2 | ჩა: 75° | 48,2 |
| 3 | სა: 88° | 46,5 | 3 | ჩა: 35° | 50,0 |
| 4 | ჩა: 64°30' | 43,5 | 4 | სა: 45° | 60,1 |
| 5 | სა: 16° | 89,3 | 5 | სდ: 13° | 50,3 |
| 6 | სდ: 57°30' | 75,0 | 6 | სდ: 45°30' | 40,5 |
| 7 | ჩდ: 51° | 52,5 | 7 | სდ: 88° | 49,2 |

§ 50. ვეგვის შეღვევა კოორდინატებით

გეგმის ასაგებად საჭიროა სახაზავი ქალაღლის ფურცელზე აიგოს კოორდინატა ღერძები, ე. ი. ორი ურთიერთპერპენდიკულარული ხაზი (ნახ. 107); ვერტიკალური ხაზი იქნება OX -ის, ანუ აბსცისების ღერძი, ხოლო ჰორიზონტალური — იგრეკების, ანუ ორდინატების ღერძი. დავუშვათ, პოლიგონის პირველი წვეროს კოორდინატებია O და O , ე. ი. ემთხვევა კოორდინატების სათავეს, მაშინ მეორე M წერტილის დასატანად საჭიროა გადაიზომოს კოორდინატების ღერძებზე om და oa მონაკვეთები (x -ის და y -ის ნიშნების გათვალისწინებით); მიღებული წერტილებიდან (m და a) გაატარებენ ღერძების პარალელურ ხაზებს და მათი გადაკვეთის წერტილში იქნება პოლიგონის მეორე M წვერო. ასეთივე წესით N წერტილის ასაგებად გადაზომავენ მის ox და oy კოორდინატებს, მიღებული წერტილებიდან გაატარებენ ღერძების პარალელურ ხაზებს და მათი გადაკვეთის წერტილში იქნება პოლიგონის მესამე N წვერო. შემდეგ O, M, N, \dots , წერტილების შეერთების შედეგად მიიღება პოლიგონის d_1, d_2, d_3 გვერდები... რომელთა სიგრძეები და რუმბები, შემოწმებული ფარგლითა და ტრანსპორტი-

ვატარებთ შემოსატარებელ წვერს რომელიმე კონტურზე: მაშინ F ფანქარი მოხაზავს ზუსტად ისეთივე კონტურს, მხოლოდ შემცირებულს ხუთჯერ.

თუ შემოსატარებელ წვერსა და ფანქარს შეუუცვლით ადგილებს, მივიღებთ გადიდებულ ასლებს. პანტოგრაფით მუშაობის დროს ადგილი აქვს ცდომილ-



ნახ. 108.

ბებს და მხედველობაში უნდა ვიჭონიოთ, რომ ეს ცდომილებები ასლების გადიდებისას მეტია, ვიდრე შემცირებისას. თუ გადიდება ვაწარმოებთ 3 ან 5-ჯერ, გეგმას შეუძლია დაკარგოს თავისი სიზუსტე და ასლი ჩაითვლება არა გეგმად. არამედ სქემად.

§ 52. ფართობის გამოსანგარიშება

ყველა საპეურნო საკითხის გადაწყვეტა: რომლებიც დაკავშირებული არიან გადაღებასთან და დედამიწის ზედაპირის სხვადასხვა ნაკვეთის გამოსახულება-სთან, მოითხოვს ამ უკანასკნელი ფართობის ცოდნას.

ფართობის გამოსანგარიშებლად სარგებლობენ გეომეტრიული თეორემებით, რომლებიც გამოხატავენ ფართობის დამოკიდებულებას ხაზოვან სიდიდეებთან (გვერდები, ფუძეები, სიმაღლეები და სხვა). იმის მიხედვით, თუ რა ხერხით იზომება ხაზები. მიიღება ფართობის გამოსანგარიშების ხერხიც. თუ ფართობის გამოსანგარიშებლად გამოიყენება ადგილზე (ნატურაში) გამოძილი მონაცემები, მაშინ მას უწოდებენ ფართობის გამოსანგარიშებას ნატურალური მონაცემებით.

ბშირად გეგმები შედგენილია ისეთი გაზომვის საფუძველზე, რომლის გამოყენება ფართობის გამოსანგარიშებლად შეუძლებელია; ასეთ შემთხვევებში საჭირო ხაზებს აგებენ და ზომავენ ფარგლით უშუალოდ გეგმაზე და გადააყვანთ მოკუმული მასშტაბით მათ შესაბამის ხაზებთან ადგილზე. ასეთი ხერხით ფართობის გამოთვლას გრაფიკული ხერხი ეწოდება.

თუ ფართობის გამოსანგარიშება გვინდა მაღალი სიზუსტით, მაშინ საჭირო ხაზების სიდიდეებს იანგარიშებენ ფორმულით და შემდეგ გამოიყენებენ მას ფართობის გამოსანგარიშებლად. ასეთ ხერხს ანალიზური ხერხი ეწოდება.

ბშირ შემთხვევებში ფართობი (განსაკუთრებით კი მრუდხაზოვანი კონტურებიანი) იზომება უშუალოდ გეგმაზე სპეციალური იარაღით—პლანიმეტრით. ფართობი ასეთ შემთხვევაში მიიღება მექანიკურად, რისთვისაც მას მექანიკური ხერხი ეწოდება.

§ 59. ფართობის გამოსახობა ნატურაში გავრეხვის მონაცემებით

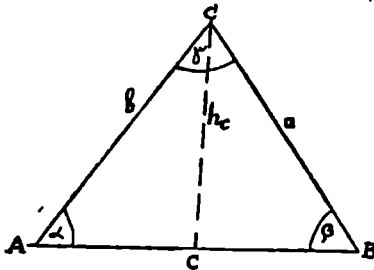
ნებისმიერი სწორხაზოვანი ფიგურა (პოლიგონი) შეიძლება დაიყოს დიაგონალებით რიგ სამკუთხედებად. ფიგურის ფართობი ასეთ შემთხვევაში ტოლი იქნება სამკუთხედების ფართობის ჯამისა. სამკუთხედი წარმოადგენს უმარტივეს ფიგურას და მისი ფართობის გამოთვლა ყველაზე უფრო ხშირად ხდება პრაქტიკაში. სამკუთხედის ფართობის გამოსათვლელი ძირითადი ფორმულა ცნობილია გეომეტრიიდან:

$$F = \frac{1}{2} ch_c \quad (19)$$

ე. ა. სამკუთხედის ფართობი უდრის ფუძისა და სიმაღლის ნამრავლის ნახევარს. სამკუთხედის სიმაღლე ნატურაში გავრეხვის დროს, როგორც წესი, არ განისაზღვრება. სამკუთხედის ფართობის გამოანგარიშების დროს, ნატურაში წარმოებული გავრეხვის მიხედვით, ხშირად გვხვდება შემდეგი შემთხვევები:

1. ადგილზე გავომილია სამკუთხედის ორი რომელიმე გვერდი და მათ შორის მდებარე კუთხე. მაგალითად, გავომილია b და c გვერდები და მათ შორის მდებარე α კუთხე (ნახ. 109). ასეთ შემთხვევაში სამკუთხედის ფართობი იანგარიშება ტრიგონომეტრიიდან ცნობილი ფორმულით:

$$F = \frac{1}{2} bc \cdot \sin \alpha, \quad (20)$$



ნახ. 109.

ე. ა. სამკუთხედის ფართობი უდრის ორი ნებისმიერი გვერდისა და მათ შორის მდებარე კუთხის სინუსის ნამრავლის ნახევარს.

2. ადგილზე გავომილია სამკუთხედის ორი კუთხე და მათ შორის მოთავსებული გვერდი,

მაგალითად, α და β კუთხეები და c გვერდი. ასეთ შემთხვევაში სამკუთხედის ფართობი იანგარიშება ფორმულით

$$F = \frac{C^2}{2(ctg \alpha + ctg \beta)}. \quad (21)$$

(19) და (21) ფორმულებიდან ადვილად მიიღება ფუძისა და მასთან მდებარე კუთხეების დამოკიდებულება სამკუთხედის სიმაღლესთან:

$$h_c = \frac{C}{ctg \alpha + ctg \beta}. \quad (22)$$

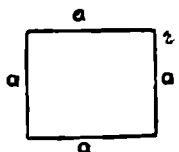
შ. ადგილზე გავომილია სამკუთხედის სამივე გვერდი. ასეთ შემთხვევაში სამკუთხედის ფართობი იანგარიშება ფორმულით

$$F = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}, \quad (23)$$

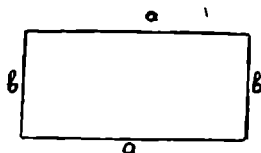
სადაც p აღნიშნავს სამკუთხედის ნახევარ პერიმეტრს

$$p = \frac{1}{2}(a+b+c).$$

მარტივ ფიგურებს წარმოადგეს აგრეთვე კვადრავტი, სწორკუთხედი და ტრაპეცია (ნახ. 110, 111, 112).



ნახ. 110.



ნახ. 111.

კვადრატის ფართობი იანგარიშება ფორმულით

$$F = a \cdot a = a^2; \quad (24)$$

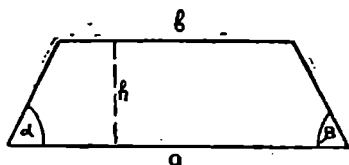
სწორკუთხედის ფართობი იანგარიშება ფორმულით

$$F = a \cdot b; \quad (25)$$

ტრაპეციის ფართობის გამოსანგარიშებელი ფორმულა ცნობილია გეომეტრიიდან

$$F = \frac{1}{2} (a + b) \cdot h, \quad (26)$$

სადაც a და b ტრაპეციის ფუძეებია და h მისი სიმაღლე. ამრიგად, ტრაპეციის ფართობი უდრის ფუძეების ჯამისა და სიმაღლის ნამრავლის ნახევარს.



ნახ. 112.

ტრაპეციის h სიმაღლე ველზე არ იზომება, ამიტომ, თუ ტრაპეციის ქვედა ფუძესთან მიმდებარე α და β კუთხეები გაზომილია (ნახ. 112), მაშინ სიმაღლე განისაზღვრება ფორმულით

$$h = \frac{a - b}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}.$$

§ 54. ფართობის გამოანგარიშება ზრახვიანი ხეხით

როგორც წინა პარაგრაფში იყო აღნიშნული, გრაფიკული ხერხით ფართობის გამოანგარიშების არსი იმაში მდგომარეობს, რომ რიცხობრივი მონაცემები მიიღება უშუალოდ გეგმაზე აღებული გაზომვების საფუძველზე. ყველა შემთხვევაში, სადაც კი შესაძლებელია, ფართობის გამოანგარიშების დროს აუცილებლად უნდა იქნეს გამოყენებული ნატურალში გაზომილი სიდიდეები (მიწათსარგებლობის გარე საზღვრები და სხვა). გეგმაზე მანძილების გაზომვის დროს ფარგლის წვეროები აფუჭებენ გეგმას, რისთვისაც უმჯობესია გამოყენებულ იქნეს დაცურებულგვერდიანი სახაზავი სანტიმეტრიანი და მილიმეტრიანი დანაყოფებით. სახაზავზე დატანილი დანაყოფების სიზუსტე წინასწარ უნდა იყოს შედარებული ნორმალურ სახაზავთან (ამ მიზნით შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მასშტაბის სახაზავი). ასეთი სახაზავით მანძილების გაზომვისას სახაზავის საწყისი ან ნულოვანი დანაყოფი კი არ უნდა შეუთავსდეს გასაზომი ხაზის ერთ-ერთ ბოლოს, არამედ უნდა მოთავსდეს ხაზთან ნებისმიერი დანაყოფით და ანათვლები უნდა იქნეს აღებული ხაზის ორივე ბოლოდან. მაგალითად: თუ ანათვლები მიღებულია

19,2 და 167,6 მმ (მილიმეტრის მეათედი ნაწილი იღება თვალდათვალ), მაშინ ხაზის სიგრძე უდრის $167,6 - 19,2 = 148,4$ მმ. ამის შემდეგ, კონტროლისა და გაზომვის სიზუსტისათვის, სახაზავი უნდა გადაადგილდეს ხაზის გასწვრივ მარჯვნივ ან ზარცხნივ და ანათვლების ალება უნდა განმეორდეს. დაეუშვათ, განმეორებითი გაზომვის დროს მიღებულია ანათვლები 16,8 და 165,4 მმ, მაშინ ხაზის



ნ. ხ. 113.

სიგრძე უდრის $165,4 - 16,8 = 148,6$ მმ. სხვაობა ორი განაზომიდან მიღებულ შედეგებს შორის არ უნდა აღემატებოდეს 0,2 მმ-ს, მოყვანილ მ. გალითში სხვაობა უდრის 0,2 მმ-ს, რომლიდანაც უნდა შეიქმნას არითმეტიკული საშუალო, ე. ი. $1/2(148,4 + 148,6) = 148,5$ მმ,

ანუ 14,85 სანტიმეტრი. ამ რიცხვის (14,85 სმ) გამრავლებით, მასშტაბის მნიშვნელის ასჯერ შემციობების შემდეგ მიღებულ რიცხვზე, ზიილება გეგმაზე გაზომილი ხაზის შესაბამისი სიგრძე ადვილზე გამოსახულ მეტრებში.

ფართობის გრაფიკული ხერხით გამოთვლისას პოლიგონი, ისე როგორც წინა პარაგრაფებში იყო აღწერილი, იყოფა მარტივ ფიგურებად (ტრაპეციები, სწორკუთხედები, სამკუთხედები და სხვა) და ფართობი იანგარიშება იმავე ფორმულებით. შემდეგ ყველა ფართობის ჯამი მოგვეცემს მთელი პოლიგონის ფართობს.

კონტროლის მიზნით ფართობი ყოველი ფიგურისათვის უნდა განისაზღვროს ორჯერ. იმისათვის, რომ არ განმეორდეს ერთი და იგივე შეცდომა, საჭიროა ფიგურას შეეცვალოს ფუძე და შესაბამისი სიმაღლე ფართობის განმეორებითი გამოთვლის დროს. მაგალითად, ABC სამკუთხედში (ნახ. 113) ფართობი პირველად თუ იყო ნაანგარიშები AB ფუძისა და h_1 სიმაღლის ნამრავლის ნახევრით, მეორედ უნდა განისაზღვროს CB ფუძითა და h_2 სიმაღლით. ფართობის განმეორებითი გამოანგარიშებისას შეიძლება პოლიგონის სხვა ფიგურებად დაყოფა. მაგალითად, პირველად სამკუთხედებად და მეორედ—ტრაპეციებად ან ორივესი კომბინირებით. აუცილებელი ცდომილების გამო, ერთი და იმავე ფიგურის ორჯერ გამოანგარიშებული ფართობის სიდიდეებს შორის მიიღება სხვაობა, რომლის შეფარდება ამავე ფიგურის საშუალო ფართობთან მოგვეცემს შეფარდებით ცდომილებას. გრაფიკული ხერხით ფართობის განსაზღვ-

რის დროს შეფარდებითი ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს $\frac{1}{200}$ -ს,

თუ ეს პირობა სრულდება, ორი მიღებული სიდიდიდან იღებენ ფართობის არითმეტიკულ საშუალოს, რომელიც წარმოადგენს საბოლოო შედეგს.

გრაფიკული ხერხით ფართობის განსაზღვრის დროს ყველაზე დიდი ცდომილება წარმოიქმნება გეგმაზე ხაზების არაზუსტი გაზომვის შედეგად. როგორც ცნობილია. გეგმაზე ხაზების გაზომვის ზღვრული სიზუსტე უდრის 0,2 მმ-ს. აქედან გამომდინარეობს, რომ ფართობის ცდომილება დამოკიდებულია გეგმის მასშტაბზე, ვინაიდან მსხვილ მასშტაბში 0,2 მმ გამოსახავს ნაკლებ სიგრძეს ადგილზე.

გეგმაზე ხაზების გაზომვის აბსოლუტური ცდომილება ერთნაირია ნებისმიერი სიგრძის ხაზებისათვის. მაგალითად, გეგმაზე მასშტაბში 1:10000 ხაზებისათვის 500 მ და 50 მ გაზომვის აბსოლუტური ცდომილება უდრის 2 მეტრს. მაგარამ. ასეთ შემთხვევაში, 500-მეტრიანი მანძილისათვის შეფარდებითი ცდო-

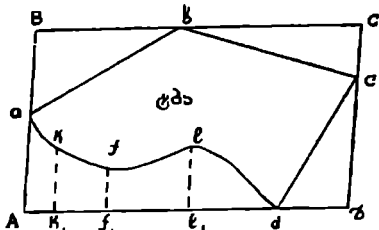
მიღება უდრის 1:250, ხოლო 50-მეტრიანი მანძილისათვის — 1:25. ამრიგად, გრძელი ხაზები იზომება გეგმაზე შედარებით ზუსტად, რისთვისაც უნდა ვისწრაფოდეთ, რომ ფართობის გამოსაანგარიშებლად გამოყენებული იყოს გრძელი ხაზები. ბოლოს, ფართობის გამოანგარიშების სიზუსტეზე გავლენას ახდენს ფუძისა და სიმაღლის შეფარდება. ყველაზე ნაკლები შეცდომა მიიღება მაშინ, როდესაც ფუძისა და სიმაღლის შეფარდება უდრის ერთს, ე. ი. როდესაც სიმაღლე უდრის ფუძეს.

ზემოაღნიშნულის საფუძველზე დადგენილია გრაფიკული ხერხით ფართობის გამოთვლის დროს პოლიგონის მარტივ ფიგურებად დაყოფის შემდეგი პირობები: 1. გეგმა უნდა იყოს დატანილი რაც შეიძლება მსხვილ მასშტაბში; 2. პოლიგონი უნდა დაიყოს, შეძლებისდაგვარად, დიდ და მარტივ ფიგურებად; 3. პოლიგონის დაყოფისას უნდა ვისწრაფოდეთ მივიღოთ ისეთი ფიგურები, რომელთა სიმაღლეები თავიანთი სიდიდით უახლოვდებიან ფუძეებს.

§ 55. მრუდხაზოვანი კონტურის ფართობის გამოთვლა

ფიგურის ფართობის გამოთვლა, რომელიც შემოსაზღვრულია მრუდხაზოვანი კონტურით, წარმოებს ამ ფიგურის გარეთ ან შიგნით სწორხაზოვანი მრავალკუთხედის აგვით.

ჯერ იანგარიშებენ მრავალკუთხედის ფართობს ისეთივე ხერხით, როგორც წინა პარაგრაფში იყო აღწერილი, ხოლო მრავალკუთხედსა და კონტურს შორის მოთავსებული ფართობი იყოფა სამკუთხედებად ან ტრაპეციებებად და მათი ჯამი გამოაქვდება მრავალკუთხედის ფართობს. მაგალითად, ტბის ფართობის გაზომვისათვის იანგარიშებლად, მის ირგვლივ, ააგებენ $ABCD$ სწორკუთხედს (ნახ. 114) და e , f და K წერტილებიდან დაუშვებენ პერპენდიკულარებს AD გვერდზე. ასეთ შემთხვევაში ტბის ფართობი ტოლი იქნება სწორკუთხედის ფართობს



ნახ. 114.

გამოკლებული aBb , bCc , cDd და dee_1 სამკუთხედებისა და ef_1e_1 , fk_1f_1 და $kaAk_1$ ტრაპეციების ფართობის ჯამი.

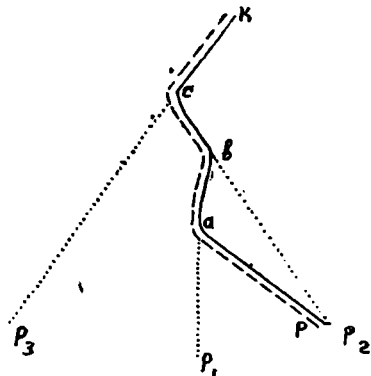
აღნიშნული ხერხით ფართობის განსაზღვრა არაზუსტია და გამოსაანგარიშებლად მოითხოვს დიდ დროს. მისი გამოყენება შეიძლება მოხდეს მხოლოდ უედიურეს შემთხვევაში, როდესაც სხვა ხელსაწყო ან მოწყობილობა არ გვაქვს.

§ 56. მრჩივი ფორმის მრუდხაზოვანი კონტურის ფართობის განსაზღვრა

გრიძივი ფორმის მრუდხაზოვანი კონტურის (გზები, არხები, მდინარეები და სხვა) ფართობის გამოსაანგარიშებლად გეგმიდან აიღებენ ფარგლით კონტურის სიგრძესა და საშუალო სიგანეს.

კონტურის სიგრძის განსაზღვრისათვის აიღებენ ფარგლით ისეთ მონაკვეთს, რომელიც შეიძლება ჩაითვალოს სწორხაზოვნად და შემდეგ აჯამებენ მას. პრაქტიკულად ფარგლით შეიძლება უშუალოდ იქნეს აღებული ცალკეული სწორხაზოვანი მონაკვეთის ჯამი. მაგალითად, $pacbk$ გზის სიგრძის გასაზომად

(ნახ. 115) დააყენებენ ფარგლის ერთ წვეროს p წერტილში, ხოლო მეორე წვეროს— a წერტილში, შემდეგ ფარგლის ნაბიჯის შეუცვლელად და წინა წვეროს a წერტილიდან მოუშორებლად გადაადგილებენ ფარგლის უკანა წვე-



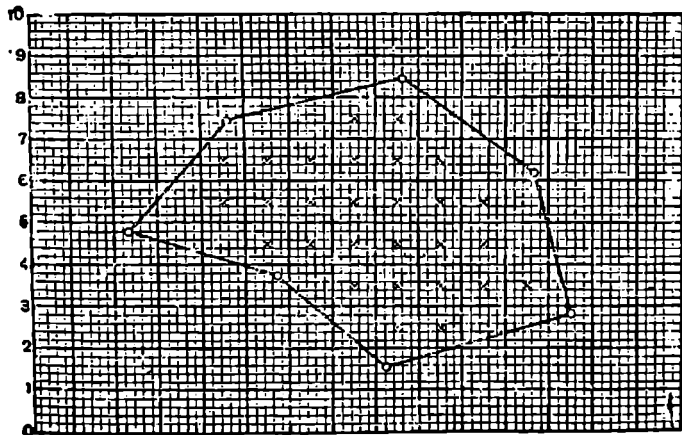
ნახ. 115.

როს p წერტილიდან p_1 წერტილში ისე, რომ ap_1 მიმართულება წარმოადგენდეს ha მიმართულების გაგრძელებას და p_1 წერტილზე დაკრძნობით გაზრდიან ფარგლის ნაბიჯს ab მონაკვეთით, ე. ი. მიღებული იქნება ფარგლის p, b ნაბიჯი, რომელიც ტოლია $pa + ab$ მონაკვეთისა. ამის შემდეგ გადაიტანენ ფარგლის უკანა წვეროს p_1 წერტილიდან p_2 წერტილში cb მიმართულების გაგრძელებაზე და ასეთი წესით გავლენ ბოლო k წერტილამდე. სადაც ფარგლის ნაბიჯი p_2k ტოლი იქნება pa, ab, bc და ck მონაკვეთების ჯამისა, რომლის ნაბრაველი გზის საშუალო

სიგანეზე მოგვეცემს გზის მიერ დაკავებულ ფართობს p -დან k წერტილამდე. თუ რომელიმე კონტური, მაგალითად, საველე გზა გამოსახულია გეგმაზე მასშტაბგარე პირობითი ნიშნით, მაშინ მის სიგანეს აიღებენ ველზე ნატურაში გაზომვით.

§ 57. ფართობის გამოსაზომადი პალებით

პალეტი. საშუალებით ძალზე მოსაწერებელია მრუდხაზოვანი და განსაკუთრებით პატარა კონტურიანი ფართობის გამოთვლა. პალეტი წარმოადგენს გამჭვირვალე ფურცელზე (მინა, ქარსი ან ლივი) გარკვეულ ზომებში დატანილ

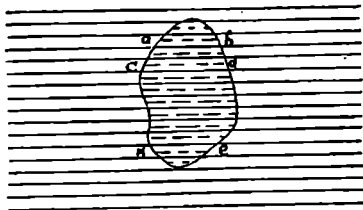


ნახ. 116.

კვადრატებს, მაგალითად. მილიმეტრებში (ნახ. 116). მისი დამზადება ყოველთვის

შეიძლება კალკზე (ლივზე) სუფთად და ზუსტად კვადრატების დატანით. პალეტით ფართობის გამოთვლას აწარმოებენ შემდეგი წესით: მოათავსებენ მას კონტურზე და დაითვლიან ჯერ კონტურის შიგნით მოთავსებულ მთელ კვადრატებს, ხოლო შემდეგ კვადრატების ნაწილებს, ე. ი. არასრულ კვადრატებს, რომელთა ზომები უნდა შეფასდეს თვალდათვალ. კვადრატების ნაწილების თვალთ შეფასება იწვევს საგრძნობ ცდომილებას, რისთვისაც ასეთი ხერხით ფართობის გამოთვლა არაზუსტია.

პალეტის დამზადება ლივზე შეიძლება გარკვეულ მანძილზე ერთმანეთისაგან დაშორებული პარალელური ხაზების გატარებით, მაგალითად, ყოველ 2 მმ-ზე (ნახ. 117). თუ ასეთ პალეტს მოვათავსებთ რომელიმე კონტურზე. მაშინ ეს უკანასკნელი დაიყოფა რიგ ტრაპეციებად, რომელთა საშუალო ab, cd, \dots, ke ხაზები შეგვიძლია ჩავთვალოთ ტრაპეციის ფუძეების არითმეტკულ საშუალოდ, ხოლო კონტურის ბოლოებში კი მივიღებთ ორ სამკუთხედს. ყველა ამ სამკუთხედის და ტრაპეციის ფართობის ჯამი მოგვცემს კონტურის ფართობს. კონტურის ფართობის გამოსაანგარიშებლად ფარგლით იზომება ტრაპეციის საშუალო ხაზების სიგრძეები ისე, როგორც გრძივი ფორმის კონტურების დროს წარმოებდა გაზომვა (§ 56); მიღებულ სიდიდეს ამრავლებენ ორ



ნახ. 117.

მეზობელ პარალელურ ხაზებს შორის მანძილზე (მაგალითად, 2 მმ-ზე) და შედეგს მიუმატებენ კონტურის ბოლოებში მიღებული სამკუთხედის ფართობს, რომლის ფუძეები იზომება ფარგლით, ხოლო სიმაღლეები განისაზღვრება თვალდათვალ. როგორც აღვნიშნეთ, პალეტით გაზომილი ფართობი არა ზუსტია, მაგრამ წინასწარი ან საორიენტაციო ფართობის მისაღებად მისი გამოყენება მიზანშეწონილია სიმარტივის გამო. პალეტით გამოთვლილი ფართობის სიზუსტე აღწევს 1:50-ს.

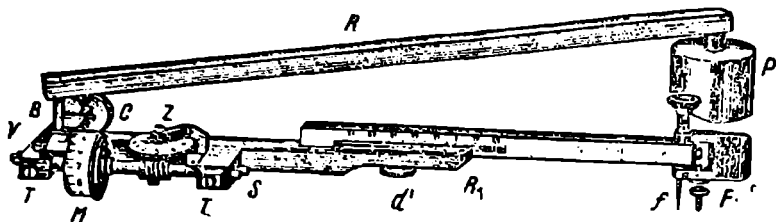
§ 58. ჰატიოზის გამოთვლა მქანნიჭარი ხეხით. პლანიმეტრი

პლანიმეტრი ეწოდება ხელსაწყოს, რომლის საშუალებით შეიძლება მიღებულ იქნეს გეგმიდან სხვადასხვა სახის ფიგურის ფართობი მექანიკურად. პლანიმეტრი მუშაობისათვის ძალზე მოსახერხებელია და იძლევა საკმაო სიზუსტეს.

118-ე ნახაზიდან ჩანს, რომ პლანიმეტრი შედგება ორი R და R_1 ბერკეტისაგან; რომლებიც შეერთებულია B წერტილში. R ბერკეტი ერთი ბოლოთა დამაგრებულია ქალაღზე p წერტილში, რომელსაც პოლუსი ეწოდება, ხოლო მეორე R_1 ბერკეტი თავისი f წვეროთი შემოუვლის გასაზომი ფართობის კონტურს და თან გადაადგილებს ამთველ Z და M მექანიზმებს, რომლებიც მოდიან ბრუნვით მოძრაობაში ბერკეტის გადაადგილებასთან ერთად.

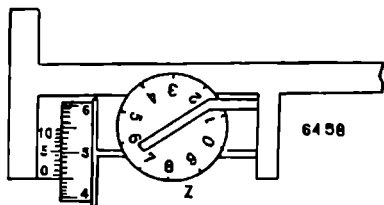
R ბერკეტს პოლარული ეწოდება, ხოლო R_1 ბერკეტს—შემოსავლები. პლანიმეტრით სარგებლობის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ f წვერო უნდა აყოს დაყენებული შემოსავლები კონტურის მკვეთრად გამოსახულ წერტილზე; ასეთ მდგომარეობაში აიღება ანათვლები Z წრედზე, M წრედსა და x ვერნიერზე, მაგალითად, 6458 (ნახ. 119); შემდეგ მარჯვენა ხელის ცერით და შუა

თითოთ ვკიდებთ შემოსავლები ბერკეტის ბოლოზე მოთავსებულ სახელურს, რომელიც ეყრდნობა ქალაღს F საყრდენით. ბოლოს საჩვენებელი თითოთ



6.ბ. 118.

f წვეროს დაწვეით კონტურამდე (ნახ. 120). დიდი ყურადღებით შემოტარდება f წვერო გასაზომი ფართობის კონტურზე საათის ისრის მიმართულ-ბით საწყის წერტილში დაბრუნებამდე. ასეთ მდგომარეობაში ისევე აიღება ანა-

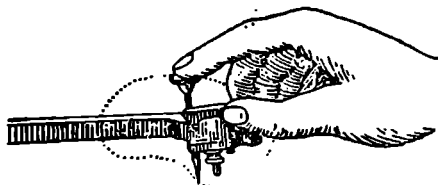


5.ბ. 119

თვლები ამთველ მექანიზმზე, მაგალითად, 9361; სხვაობა $9361 - 6458 = 2903$ წარმოადგენს გასაზომი ნაკვეთის ფართობს გამოსახულს პლანიმეტრის დანაყოფებში. იმისათვის, რომ ეს შედეგი გადაყვანილ იქნეს ჰექტარებში ან კვადრატულ მეტრებში, უნდა ვიყოდეთ პლანიმეტრის ერთი დანაყოფის საფასური, რომელზედაც

უნდა გამრავლდეს მიღებული სხვაობა (2903). მაგალითად, თუ პლანიმეტრის ერთი დანაყოფის საფასური უდრის 0,01 ჰექტარს, ანუ 100 მ², მაშინ პლანიმეტრის 2903 დანაყოფი შეესაბამება 29 ჰექტარს და 100 მ².

პლანიმეტრზე ანათვლის აღება წარმოებს შემდეგნაირად: ჭერ აიღებენ Z წრეღის მაჩვენებლებთან უმცროს ციფრს (ნახ. 119), მაგალითად 6, შემდეგ M ბორბალზე აიღებენ იმ ციფრს, რომელმაც ვერ შიღწია ვერნიერის ნულოვან დანაყოფამდე. მაგალითად 4, შემდეგ აითვლიან დანაყოფების რაოდენობას ბორბალზე მე-4 ციფრიდან ვერნიერის ნულოვან დანაყოფამდე (ჩვენს მაგალითში ეს ციფრი უდრის 5-ს) და, ბოლოს, მოძებნიან ვერნიერის რომელი დანაყოფი ემთხვევა ზუსტად M ბორბლის დანაყოფს (ჩვენს მაგალითში ზუსტად ემთხვევა შერვე დანაყოფი). ამრიგად, საბოლოო ანათვლი იქნება 6458, სადაც ათასები აიღება Z წრეღზე, ანუ ციფერბლატზე, ასეულები და ათეულები M ბორბალზე და ერთეულები—ვერნიერზე.



ნახ. 120.

პლანიმეტრის პრაქტიკული გამოყენება ძალზე მარტივია, ხოლო პლანიმეტრის თეორია საკმაოდ რთულია, ამიტომ წინამდე-

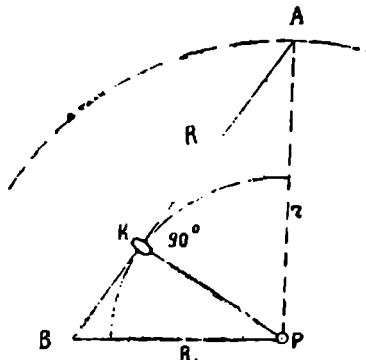
ბარე სახელმძღვანელოში არ არის განხილული და აღებულია მხოლოდ მუშა ფორმულა, რომლითაც იანგარიშება ფართობი. მაგალითად, თუ დიდი ფართობია გამოსახვარიშებელი და პოლუსი მოთავსებულია კონტურის შიგნით, მაშინ ფართობი

$$F = RL + Q, \quad (27)$$

სადაც R არის შემოსავლები ბერკეტის სიგრძე, L — რკალის სიგრძე, რომლითაც შემობრუნდება ბორბალი მთელი კონტურის შემოვლის დროს და Q — პლანიმეტრის მუდმივა, რომელიც უდრის $\pi(R^2 + R_1^2 \pm 2Rr)$, ე. ი. $Q = \pi(R^2 + R_1^2 \pm 2Rr) = \pi \cdot r^2$.

როგორც ფორმულიდან ჩანს, Q მუდმივას რიცხვი უდრის წრის ფართობს, რომლის r რადიუსი (ნახ. 121) წარმოადგენს მანძილს p პოლუსიდან შემოსავლები ბერკეტის A წვერომდე პლანიმეტრის ისეთი მდგომარეობის დროს, როდესაც ბორბლის სიბრტყე გაივლის პოლუსზე. თუ პლანიმეტრის პოლუსი მოთავსებულია გამოსახვარიშებელი კონტურის გარეთ, მაშინ ფართობი იანგარიშება ფორმულით

$$F = RL. \quad (28)$$



ნახ. 121.

პრაქტიკული მუშაობის დროს ყოველთვის აწარმოებენ ფართობის განსაზღვრას პოლუსით კონტურის გარეთ. ასეთ შემთხვევაში, თუ დიდი ფართობია გამოსახვარიშებელი და პლანიმეტრის ერთი დაყენებით შეუძლებელია კონტურის შემოვლა, მაშინ მას დაყოფენ წმინდა ხაზებით (ფანქრით) ორ ან რამდენიმე ნაკვეთად და თვითეული ნაკვეთის ფართობს იანგარიშებენ ცალ-ცალკე, რომლის შეჯამებით მიიღება მთელი კონტურის ფართობი.

§ 59. პლანიმეტრის დანაყოფის საფასური. ფართობის გამოსახვა პლანიმეტრის დანაყოფით

კონტურის შემოვლის დაწყებამდე აღებული ანათვალა ვერაიერზე აღვნიშნოთ m_1 -ით, ხოლო შემოვლის შემდეგ — m_2 -ით. თუ შემოვლა წარმოებს საათის ისრის მიმართულებით, მაშინ მეორე ანათვალა მეტი იქნება პირველზე და დანაყოფთა რაოდენობა, რომლითაც შემობრუნდა ბორბალი, განისაზღვრება $m_2 - m_1$ სიდიდით. აღვნიშნოთ ბორბალზე დატანილი უმცირესი დანაყოფის რკალის სიგრძე d -ით, მაშინ მთელი რკალის სიგრძე, რომელზედაც შემობრუნდება ბორბალი, კონტურის შემოვლის შემდეგ

$$L = d \cdot (m_2 - m_1). \quad (29)$$

შევიტანოთ ეს მნიშვნელობა L ფორმულაში (28), მივიღებთ

$$F = Rd(m_2 - m_1). \quad (30)$$

Rd ნაწარმოები წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს პლანიმეტრის შემოსავლები ბერკეტის მოცემული დაყენების დროს და იმ ფართობს, რომელიც იწვესაბამება პლანიმეტრის ერთ დანაყოფს (სწორკუთხედის ფართობი, რომლია ფუძე უდ-

რის შემოსავლები ბერკეტის სიგრძეს და სიმაღლე ტოლია ბორბლის ერთი დანაყოფისა). ფართობს, რომელიც შეესაბამება პლანიმეტრის ბორბლის ერთ დანაყოფს, პლანიმეტრის დანაყოფის საფასური ეწოდება. თუ პლანიმეტრის დანაყოფს საფასურს აღვნიშნავთ C -თი, მივიღებთ

$$C = Rd. \quad (31)$$

ვერნიერზე აღებული ანათვლების სხვაობა გამოსახავს კონტურის უერთობს პლანიმეტრის დანაყოფებში; აღვნიშნოთ ეს სიდიდე f -ით, ე. ო. მივიღებთ

$$f = m_2 - m_1. \quad (32)$$

თუ შევიტანთ (29) ფორმულაში Rd და $m_2 - m_1$ მნიშვნელობებს (31) და (32) ფორმულებიდან. მაშინ მივიღებთ პლანიმეტრის ფორმულას

$$F = Cf. \quad (33)$$

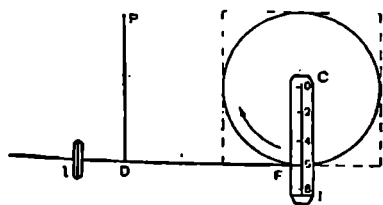
ფართობი პლანიმეტრის დანაყოფში მიიღება მუშაობის პროცესში, ხოლო დანაყოფის საფასური უნდა განისაზღვროს წინასწარ.

§ 60. პლანიმეტრის დანაყოფის განსაზღვრის განსაზღვრა

პლანიმეტრის დანაყოფის საფასურის განსაზღვრის ხერხი გამომდინარეობს (33) ფორმულიდან. ამისათვის საჭიროა პლანიმეტრით განისაზღვროს რომელიმე კონტური წინასწარი ცნობილი F_0 ფართობით და ეს უქანასკნელი გაიყოს მისი შესაბამისი ანათვლების სხვაობაზე f_0 , ე. ო.

$$C = \frac{F_0}{f_0}. \quad (34)$$

ცნობილი ფართობის კონტურებად გამოყენებულია კვადრატის, სწორკუთხედი, წრე და სხვა. უმჯობესია გამოყენებულ იქნეს გეგმაზე დატანილი კონტურებიანი კვადრატული ბადე ან საკონტროლო სახაზავი. საკონტროლო სახაზავით პლანიმეტრის შემოსავლები F წვერო (ნახ. 122) შექანიკურად შემოუვლის სხვადასხვა ფართობის მქონე წრეებს. სახაზვე C წარმოადგენს საკონტროლო სახაზავს, რომელსაც ყოველ 2 სანტიმეტრზე აქვს წმინდა ხერტილი. სახაზავზე ნულოვანი დანაყოფის მოპირდაპირე მხარეს გაკეთებულია პატარა ნემსი, რომლითაც სახაზავი მაგრდება ქაღალდზე და ბრუნავს მის ირგვლივ. ვინაიდან სახაზავის სიგრძე (რადიუსი) ცნობილია, ამიტომ ადვილად იანგარიშება წრის ფართობი გეომეტრიიდან ცნობილი ფორმულით πR^2 . წრის შემოვლაზე და შემოვლის შემდეგ



ნახ. 122.

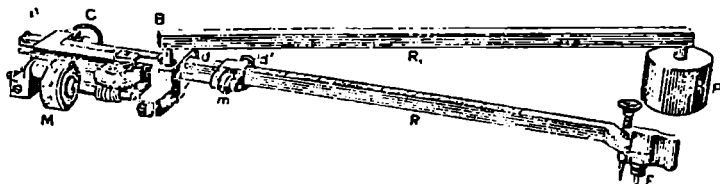
ლია, რომ საფასური განისაზღვრება მით უფრო ზუსტად, რაც უფრო დიდი კონტური იქნება ამ მიზნისათვის გამოყენებული. მაგრამ ძალზე დიდი

კონტურის გამოყენებაც დაუშვებელია, რადგან პლანიმეტრის ბერკეტები მიიღებენ ისეთ მდგომარეობას, რომ მათ შორის შეიქმნება ძალზე მახვილი ან ძალზე ბლაგვი კუთხეები, რის შედეგადაც პლანიმეტრი ნაკლებად მდგრადი ხდება და მოგვეცემს უხეშ ცლომილებებს.

§ 61. პლანიმეტრის დანაყოფის საფასურის შვავლა

რიცხობრივი გამოსახულებით პლანიმეტრის დანაყოფის საფასური უნდა იყოს განსაზღვრული არანაკლები 5 ციფრისა მძიმის შემდეგ. თუ პლანიმეტრით საანგარიშებელია დიდი რაოდენობის სიტუაციური კონტურები, მაშინ საჭიროა პლანიმეტრის დანაყოფის საფასურის შეცვლა მარტივი რიცხვით, რაც დამოკიდებულია პლანიმეტრის შემოსავლები ბერკეტის სიგრძის შეცვლაზე. ამ მიზნით მზადდება ცვლადი სიგრძის ბერკეტიანი პლანიმეტრები (ნახ. 123).

ფორმულიდან (31) ჩანს, რომ დანაყოფის საფასური პირდაპირპროპორციულია ბერკეტის სიგრძისა. დავუშვათ, R ბერკეტის სიგრძის დროს დანაყოფის



ნახ. 123.

საფასურია C , რომელიც უნდა შეიცვალოს უფრო მარტივი C_1 საფასურით. იმისათვის, რომ მივიღოთ R_1 ბერკეტის ახალი სიგრძე, რომელიც შეესაბამება C_1 დანაყოფის საფასურს. ვისარგებლოთ პროპორციით $C:C_1=R:R_1$, საიდანაც

$$R_1 = R \frac{C_1}{C}. \quad (35)$$

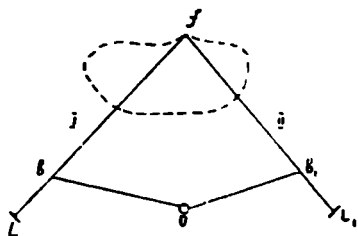
ამ ფორმულით გამოანგარიშებული სიდიდით დააყენებენ პლანიმეტრზე ახალ სიგრძეს და კონტროლისათვის ისევ შეამოწმებენ პლანიმეტრის დანაყოფის ახალ საფასურს ზემოთ აღწერილი წესით.

§ 62. პლანიმეტრის შემოწმება

პლანიმეტრი ისე უნდა იყოს შემოწმებული მუშაობის წინ, როგორც ყოველი გეოდეზიური იარაღი. პლანიმეტრის წინაშე დაყენებულია ორი ძირითად მოთხოვნა: 1. ამთვლელი ბორბალი უნდა ბრუნავდეს თავისუფლად ხახუნის გარეშე, არ უნდა მერყეობდეს ღერძის გასწვრივ, ახლო იყოს ვერნიერთან და არ ეხებოდეს მას; 2. ამთვლელი ბორბლის საღრის სიბრტყე პერპენდიკულარული უნდა იყოს ბორბლის ბრუნვის ღერძისა, ხოლო ეს უქანასკნელი პარალელური შემოსავლები ბერკეტის ღერძისა.

ბორბლის ბრუნვის დროს ღერძის ბოლოებზე წარმოიქმნება ხახუნი, ამისათვის ღერძი ისე უნდა იქნეს რეგულირებული, რომ არც ძლიერ იყოს დაჭერილი და არც სუსტად, რათა ღერძმა არ მიიღოს მერყეობა. რეგულირება ისე

უნდა იყოს ჩატარებული, რომ ბორბალმა თითის ოდნავი შეხებით იბრუნოს თავის ღერძზე საკმაოდ დიდ ხანს თავისუფლად და არ ჰქონდეს გვერდითი რხევები. გარდა ღერძის ხახუნისა, მოსალოდნელია ბორბლის ხახუნი ვერნიერზეც, თუ მათი სიბრტყეები ეხება ერთმანეთს. მეორე მხრით, ეს სიბრტყეები ახლო უნდა იყოს ერთმანეთთან, რათა იკითხებოდეს მათზე ანათვლები. აჭრივად, ბორბლის რეგულირება უნდა მოხდეს განსაკუთრებული ყურადღებით, რათა ზემოთ აღწერილი პირობები შესრულდეს ერთდროულად. რაც შეეხება ბორბლის სალტის სიბრტყის პერპენდიკულარობას ბრუნვის ღერძისადმი, ის საკმაოდ მაღალი სიზუსტით სრულდება ქარხანაში დამზადების დროს და არ აღემატება ხაზოვან ზომებში 0,01 მმ-ს, რასაც პრაქტიკული მნიშვნელობა არა აქვს. ბორბლის ბრუნვის ღერძისა და შემოსავლები ბერკეტის ურთიერთპარალელურობას ამოწმებენ პლანიმეტრის ორი მდგომარეობით: I მდგომარეობა, როდესაც ამთვლელი ბორბალი O პოლუსიდან იმყოფება მარცხნივ და II — როდესაც ბორბალი იმყოფება მარჯვნივ (ნახ. 124). პლანიმეტრზე აღებული ანათვლების სხვაობას ადარებენ ერთმანეთთან და თუ ისინი კარგად არიან შე-



ნახ. 124.

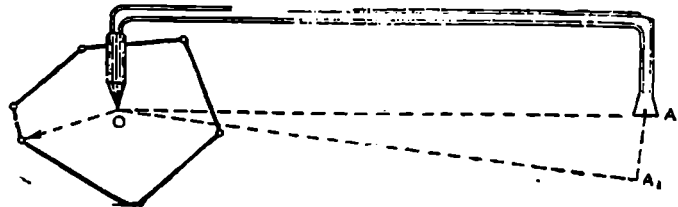
თანხმებული (სხვაობა არ აღემატება 2—3 დანაყოფს), პირობა დაცულია, ხოლო, თუ ანათვლების სხვაობა არ არის დასაშვები (აღემატება 3 დანაყოფს), პარალელურობა არ არის დაცული. ამ დეფექტის შესწორება პლანიმეტრში ძალზე რთულია, მაგრამ პლანიმეტრის I და II მდგომარეობაში ყოფნის დროს ცდომილება ფართობის გასაზღვრაში მოკმედებს ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით და ორი ცედევიდან აღე-

ბული არითმეტიკული საშუალო თავისუფალია ცდომილებებისაგან. ამ კარგი თვისების გამო თახამედროვე პლანიმეტრებს უწოდებენ საკონაქსესაციუმებს.

§ 63. პლანიმეტრი ნაჯახი

პლანიმეტრი ნაჯახი წარმოადგენს იარაღს, რომლის დამზადება შეიძლება 25—30-სანტიმეტრიანი მათულისაგან (ნახ. 125).

ფართობის განსაზღვრა აღნიშნული პლანიმეტრით წარმოებს შემდეგნაირად: O წვეროს მოათავსებენ დაახლოებით შემოსავლები კონტურის სიმძივის ცენტრში და ნაჯახისებური A ბოლოთი დააწვებიან ქალღღებზე ისე (გეგმაზე),



ნახ. 125.

რომ მან დატოვოს კდე (ყვალი), შემდეგ O წვეროს გადააცურებენ კონტურის რომელიმე წერტილთან და შემოუვლიან მთელ კონტურს ისე, რომ O წვერო

დაბრუნდეს იმავე გზით საწყის წერტილში (სიმძიმის ცენტრში). შემოტარებისას პლანიმეტრი ყოველთვის შევეულ მდგომარეობაში უნდა იყოს. როდესაც O წვერო დაუბრუნდება საწყის მდგომარეობას, ნაჭახისებური ბლოთი ისევ გააკეთებს კლდე ქალაღზე, მაგალითად A_1 წერტილში, ამ ორ A და A_1 კლდეებს შორის იზომება მანძილი მასშტაბის სახაზავზე ფარგლით. ფართობი განისაზღვრება მიღებული მანძილისა და პლანიმეტრის სიგრძის ნამრავლით, ე. ი. თუ მანძილს კლდეებს შორის აღვნიშნავთ m -ით, ხოლო პლანიმეტრის სიგრძეს — l -ით, მაშინ ფართობი

$$F = l \cdot m. \quad (36)$$

ასეთი პლანიმეტრით ფართობის განსაზღვრის სიზუსტე უდრის დაახლოებით 1:50.

§ 64. შაბლონის დაყოფა თესლაზუნვის მინდვრებად

ფართობის დაყოფა როგორც გეგმაზე, ისე ნატურაში მიზნად ისახავს მიწის მასივების დაყოფას ცალკეულ ნაკვეთებად წინასწარ განსაზღვრულ ზომებში.

მიწის მასივების დაყოფისას, უწინარეს ყოვლისა, შედგენილი უნდა იქნეს დაყოფის პროექტი. საპროექტო დავალებაში ჩამოყალიბებული უნდა იყოს მითითებები იმაზე, თუ რომელი ფართობი ან მასივი როგორ უნდა დაიყოს, ფართობის დაყოფის შემდეგ რის მიღებაა ნაგულისხმევი, რა მოთხოვნები უნდა აკმაყოფილებდეს ახლად მიღებული ნაკვეთები. თავიანთი ჩაოდენობით, ფორმით და სიდიდით.

გარდა ამისა, საჭიროა ვიცოდეთ, მიწათსარგებლობის გეგმის საფუძველზე საიდან უნდა იწყებოდეს ფართობის მთავარი გამყოფი ხაზები, რომელი წერტილიდან ან ხაზიდან, რა მიმართულებით უნდა მიდიოდეს გამყოფი ხაზები, რა სიგანისა და სად უნდა გაეთდეს გზები ან სასოფლო-სამეურნეო მანქანების გარკვეული ტრასები და სხვა.

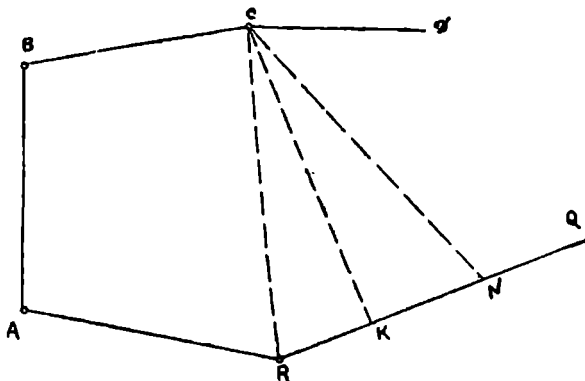
პროექტის დამთავრების შემდეგ გამოთვლილი უნდა იყოს ახლად დაპროექტებული ნაკვეთების ფართობების ჯამი, რომელიც ტოლი უნდა იყოს დასაპროექტებლად აღებული მასივის ფართობისა. ფართობის დაყოფა წარმოებს მარტივ გეომეტრიულ ფიგურებად, რისთვისაც საჭიროა განვიხილოთ რამდენიმე მაგალითი.

§ 65. მრავალკუთხედი დაპროექტება სამკუთხედებით

დავუშვათ, საერთო $ABCD...QR$ მასივი საჭიროა C წვეროზე გამავალი ხაზით მოიჭრას ნაკვეთი, რომლის ფართობი იქნება F (ნახ. 126). დაპროექტება იწყება გეგმაზე არსებული ცნობილი წერტილებითა და ხაზებით შექმნილი ფიგურების ფართობის გამოთვლით. ეს ფიგურები ისე უნდა იყოს შერჩეული, რომ მათი ფართობის ჯამი ახლო იყოს გამოსაანგარიშებელ F ფართობთან. განვიხილოთ სამკუთხედებით გრაფიკული დაპროექტება კონკრეტულ მაგალითზე. დავუშვათ, C წერტილიდან გამავალი ხაზით უნდა მოიჭრას მარცხენა მხრიდან 16 ჰექტარი ფართობი, ე. ი. $F = 16$ ჰა. ამისათვის ჭერ უნდა განისაზღვროს $ABCR$ ოთხკუთხედის F_1 ფართობი, რომელიც განისაზღვრება ძალზე მარტივად გრაფიკული ხერხით. თუ ფართობი მეტი აღმოჩნდა F საძიებელ ფართობზე, მაშინ CR ხაზიდან მარცხნივ უნდა დაპროექტდეს სამკუთხედი ისეთი სიდიდის ფართობით. რა სიდიდითაც გამოანგარიშებული F_1

ფართობი მეტი აღმოჩნდება საძიებელ X ფართობზე. დაეუშვათ, გამოანგარიშების შედეგად მივიღეთ, რომ $ABCR$ ობსკურხედის ფართობი $F = 13,65$ ჰექტარს. აღვიზნოთ $F - F_1 = f$, ე. ი. ჩვენი მაგალითისათვის $f = 16$ ჰა - $13,65$ ჰა = $2,35$ ჰა.

როგორც ვხედავთ, საძიებელი ფართობი მეტია გამოანგარიშებულ ფართობზე 2,35 ჰექტარით: ე. ი. საჭიროა CR ხაზიდან მარჯვნივ დაპროექტდეს



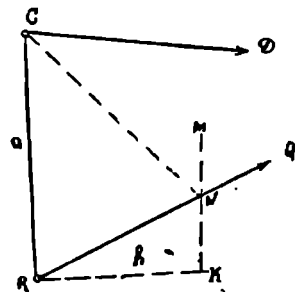
ნახ. 126.

ისეთი სამკუთხედი, რომლის ფართობი ტოლი იქნება 2,35 ჰექტარისა. ამისათვის C წერტილიდან დაეუშვათ პერპენდიკულარი RQ მიმართულეზე და მივიღოთ ის საძიებელი სამკუთხედის სიმაღლე. 126-ე ნახაზზე პერპენდიკულარია $ck = h$, რომელიც იზომება რაც შეიძლება მაღალი სიზუსტით. დაეუშვათ, გაზომვისა და გეგმის მასშტაბის გამოყენებით (ნატურალურ ზომებში გადაყვანით) მივიღეთ, რომ $h = 264$ მეტრს. ამის შემდეგ საჭიროა ვიპოვოთ სამკუთხედის a ფუძე, რისთვისაც ესარგებლოთ ჩვენთვის ცნობილი სამკუთხედის ფართობის გამოსაანგარიშებელი ფორ-

$$\text{მულით } 2f = a \cdot h, \text{ აქედან ვიპოვით, } a = \frac{2f}{h}$$

სადაც f უნდა იყოს გამოსახული კვადრატულ მეტრებში. ჩვენი მაგალითისათვის $a = \frac{470 \text{ ჰა}}{264 \text{ მ}} = \frac{47000 \text{ მ}^2}{264 \text{ მ}}$. $a = 178$ მეტრს. აღ-

ნიშნული სიდიდე აღებული გეგმის მასშტაბში უნდა გადაიზომოს R წერტილიდან Q წერტილისაკენ. დაეუშვათ, გადაზომვის შედეგად მივიღეთ N წერტილი, მაშინ ამ უკანასკნელს შევეუერთებთ C წერტილს და მივიღებთ $ABCNRA$ კონტურს, რომლის ფართობი ტო-



ნახ. 127.

ლი იქნება საძიებელი (დასაპროექტებელი) ფართობისა. დასაპროექტებელი სამკუთხედის ფუძედ შეიძლება მიღებულ იქნეს გვერდი $CR = a$ (ნახ. 127). ასეთ შემთხვევაში a ფუძე იზომება გრაფიკულად გეგმაზე, ხოლო h სიმაღლე

იანგარიშება ფორმულით $h = \frac{2f}{a}$. გამოანგარიშებული სიმაღლე აიგება CR

მიმართულების პერპენდიკულარულად C ან R წერტილიდან. მაგალითად, თუ ასეთი პერპენდიკულარი აღიშართა R წერტილიდან, მაშინ მის ბოლო K წერტილზე გაატარებენ CR ხაზის პარალელურ KM ხაზს, რომლის გადაკვეთა RQ მიმართულებასთან მოგვცემს საძიებელ N წერტილს. ეს მეორე ვარიანტი ნაკლები სიზუსტისაა, ვიდრე პირველი, ვინაიდან პარალელური ხაზების გატარებით იწვეება ცდომილების დაზატებითი წყარო; გარდა ამისა, მისი აგება შოითხოვს მეტ დროსაც.

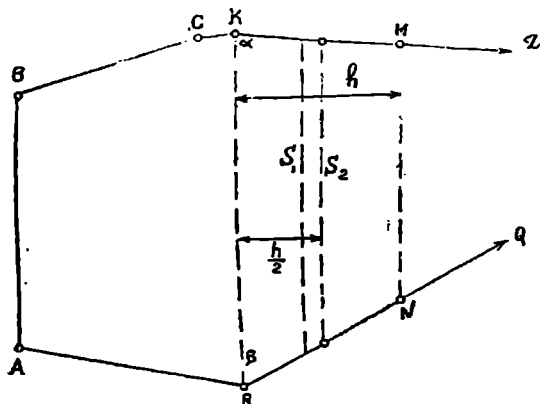
§ 66. პრაქტიკული დაპროექტება ტრაპეციიებით

დავუშვათ, საჭიროა დაპროექტდეს F ფართობი ისეთი ხაზით, რომელიც პარალელურია AB გვერდისა (ხაზ. 128). პროექტირება იწყება AB გვერდის პარალელური RK ხაზის აგებით, რომელიც მოკვეთს მოცემული F ფართობიდან F_1 ფართობს (ფიგურა $ABCKRA$). $ABCKRA$ ფიგურის ფართობი F_1 იანგარიშება რაც შეიძლება ზუსტად გრაფიკული ხერხით ან პლანიმეტრით და დანაკლისი ან ნაკარბი განისაზღვრება მოცემულ F ფართობანდე ფორმულით $f = F - F_1$.

ტრაპეციით გრაფიკული დაპროექტების არსი მდგომარეობს იმაში, რომ გვეგმაზე უნდა გაიზომოს მისი საშუალო ფუძის S სიგრძე, ფუძის სიგრძითა და მოცემული f ფართობით იანგარიშება ტრაპეციის h სიმაღლე გეომეტრიიდან ცნობილი ფორმულით

$f = Sh$, საიდანაც $h = \frac{f}{S}$. ვინაიდან გეგ-

მაზე ტრაპეციის საშუალო ფუძის სიგრძე არ არსებობს, ამიტომ დაპროექტება უნდა წარმოებდეს თანდათანობითი მიახლოების წესით. ამისათვის საშუალო ხაზის (S_1)



ნ.ხ. 128.

მდებარეობას აირჩევენ თვალდათვალ (F ფართობის გათვალისწინებით), გაზომავენ მას გვეგმაზე და იპოვიან სიმაღლის პირველ მიახლოებას $h_1 = \frac{f}{S_1}$

მიღებული სიმაღლის ნახევარს გადაზომავენ RK ფუძიდან და მის ბოლოზე გაატარებენ RK ხაზის პარალელურ ხაზს, ე. ი. ტრაპეციის საშუალო ფუძის სიგრძეს. თუ ეს ხაზი დაემთხვა წინასწარ შერჩეულ და გაზომილ საშუალო S_1 ხაზს, მაშინ ამოცანა გადაწყვეტილია. მაგრამ, პირველი ცდით, როგორც წესა, ეს ამოცანა არ გადაწყდება და საჭირო ხდება გაიზომოს ტრაპეციის საშუალო ფუძის მეორე S_2 სიგრძე, რომლის მიხედვით უნდა იქნეს გამოანგარიშებული

ტრაპეციის სიმაღლის ახალი მნიშვნელობა $h_2 = \frac{f}{S_2}$, რომელიც უფრო ზუსტი

იქნება, ვიდრე პირველი. ასეთი თანდათანობითი მიახლოებით მიაღწევენ ისეთ სიზუსტეს, როდესაც ტრაპეციის სიმაღლის მნიშვნელობა უკანასკნელ ორ განსაზღვრაში განსხვავებული იქნება ერთმანეთისაგან არა უმეტეს მასშტაბის გრაფიკული სიზუსტისა.

საბოლოოდ, ნაოვნ სიმაღლეს გადაზომავენ RK ხაზის ნებისმიერი წერტილიდან პერპენდიკულარულად და მის ბოლოზე გაატარებენ MN ხაზს, რომელიც პარალელური იქნება RK ხაზისა. MN ხაზი იქნება საპროექტო.

პროექტის ნატურაში გადატანის დროს გრაფიკულად იზომება CM , RN მანძილები და თვით საპროექტო ხაზის MN სიგრძეც.

ტრაპეციით დაპროექტება ნაკლებად ზუსტია, ვიდრე სამკუთხედით, ვინაიდან ცდომილებათა წყაროები მეტია (საშუალო ფუძის სიგრძის გაზომვა, სიმაღლის გამოანგარიშება, სიმაღლის გაზომვა, საპროექტო ხაზის გატარება, CM და RN ხაზების გადაზომვა). თუ ძირითადი AB , CD, \dots, QR და RA ხაზების ღირებულებები კუთხეები ცნობილია, ადვილად იანგარიშება ტრაპეციის ფუძესთან მდებარე α და β კუთხეები

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= (BA) - (CD) \\ \beta &= (RQ) - (AB) \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

ამ შემთხვევაში ტრაპეციის გვერდებს, $KM = p$ და $RN = q$ გრაფიკულად განსაზღვრის ნაცვლად, იანგარიშებენ ფორმულით

$$p = \frac{h}{\sin \beta} : q = \frac{h}{\sin \beta} \quad (38)$$

ასეთი წესით გამოანგარიშება გაცილებით უფრო ზუსტია.

§ 67. ჩიზი ნაკვეთების დაპროექტება მათ მასივში

დავუშვათ, $ABCDEFGA$ მასივში საჭიროა AB გვერდის პარალელური ხაზებით დაპროექტდეს რიგი ნაკვეთები (ნახ. 129). ამ მიზნით მთელი მასივი უნდა დაიყოს პოლიგონის წვეროებიდან გატარებული AB გვერდის პარალელური ხაზებით რიგ ტრაპეციებად (მასივის ბოლოს დარჩება ერთი სამკუთხედი), რის შემდეგ იანგარიშება ყველა მიღებული ტრაპეციისა და სამკუთხედის ფართობი, რომლებიც უნდა გაწონასწორდეს მთელი მასივის ფართობთან.

ტრაპეციისა და სამკუთხედის ფართობების გამოსანგარიშებლად შეიძლება გრაფიკულად აიგოს და გაიზომოს მათი სიმაღლეები და საშუალო ფუძეები, მაგრამ როდესაც მოცემულია მასივის გვერდების სიგრძეები და ღირებულებები, მაშინ უპრობესია გამოანგარიშებულ იქნეს ყველა აღნიშნული ელემენტი, ეს იძლევა უფრო ზუსტ ფართობს და, რაც მთავარია, ზუსტად იქნება შენარჩუნებული მოცემული AB გვერდის პარალელური მიმართულება. ყოველი ტრაპეციის ფუძესთან მდებარე α და β კუთხეები ადვილად განისაზღვრება ფუძისა და გვერდის ღირებულებების სხვაობით, გარდა ამისა. ცნობილია ტრაპეციის ერთი ფუძე და ერთ-ერთი გვერდი. ყველა ეს ელემენტი საკმარისია იმისათვის, რომ გამოანგარიშებულ იქნეს ტრაპეციის ფართობი. ასე, მაგალითად, პირველ ტრაპეციაში ცნობილია AB ფუძე და ერთი GA გვერდი,

რომლებიც მასივის გვერდებს წარმოადგენენ. ტრაპეციის GA გვერდით და α კუთხით ვიპოვიოთ h_1 სიმაღლეს შემდეგნაირად:

$$h_1 = GA \cdot \sin \alpha_1. \quad (39)$$

ამის შემდეგ ადვილად შიინახება ტრაპეციის მეორე გვერდიც

$$BB' = \frac{h_1}{\sin \beta_1}. \quad (40)$$

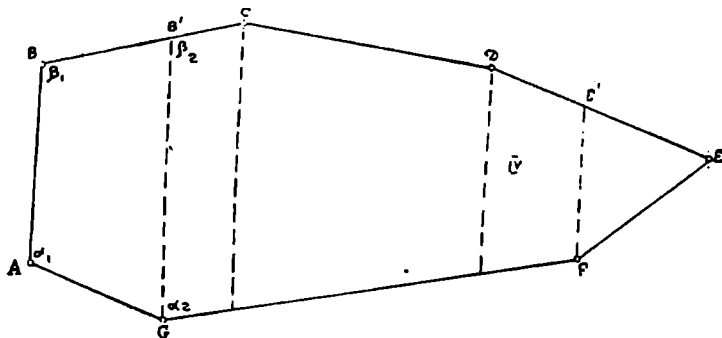
AB ფუძით, h_1 სიმაღლით და α_1 და β_1 კუთხეებით იანგარიშება ტრაპეციის მეორე ფუძე შემდეგი ფორმულით

$$GB' = AB - h_1(\cotg \alpha_1 + \cotg \beta_1). \quad (41)$$

ამრიგად, ცნობილი განდა ტრაპეციის ყველა ელემენტი და მისი f_1 ფართობი იანგარიშება ადვილად გეოპეტრიიდან ცნობილი ფორმულით

$$f_1 = \frac{1}{2} h_1 (AB + GB'). \quad (42)$$

მეორე ტრაპეციაზე გადასვლისას ჯერ უნდა განისაზღვროს მისი $B'C$ გვერდი ფორმულით $BC = BC - BB'$, ხოლო შემდეგ ფართობის განსაზღვრა იწარმოება



ნახ. 129.

ისტითვე წესით და თანმიმდევრობით, როგორც პირველი ტრაპეციისათვის, თუ ზივილებთ მხედველობაში, რომ $\beta_2 = \beta_1$. ასეთი თანმიმდევრობით განისაზღვრება ყველა დანარჩენი ტრაპეციის ფართობი და ბოლოს FEE' სამკუთხედის ფართობიც, რომელშიც ცნობილი იქნება ყველა გვერდი და კუთხე. გამოანგარიშებული ფართობის ჯამისა და მთელი მასივის ფართობს შორის ცდომილება იანგარიშება ფორმულით

$$\Delta f = \Sigma f_j - F, \quad (43)$$

სადაც F არის მთელი მასივის ფართობი. ზღვრული ცდომილებები დამოკიდებულია ფართობის გამოთვლის მეთოდზე და განისაზღვრება ფორმულით

$$\Delta f = \frac{F}{2000}. \quad (44)$$

თუ ფართობის გამოანგარიშება წარმოებდა ანალიზური ხერხით,

$$\Delta f = \pm 0,05 \frac{M}{10000} \sqrt{F} \text{ ჰა} \quad (45)$$

თუ ფართობის გამოანგარიშება წარმოებდა გრაფიკული ხერხით, $\Delta f = \pm 0,1 \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{F}$ ჰა, სადაც F არის ფართობი ჰექტრებში და M — გვერის მასშტაბის მნიშვნელო. ცდომილება უნდა განაწილდეს ყველა ფიგურის ფართობის პროპორციულად.

გაწონასწორების შემდეგ აწარმოებენ ნაკვეთების დაპროექტებას. პირველი ნაკვეთის საპირო ფართობი უნდა შედარდეს მიღებულ ფართობს პირველ ტრაპეციაში და თუ უკანასკნელი მეტი აღმოჩნდა საპიროზე, მას ჩამოეკრება ნაკრები, ხოლო საწინააღმდეგო შემთხვევაში — მიემატება მეორე ტრაპეციიდან და ა. შ.

§ 68. სამიწათმოყვანო საფუძვლიანი კოლმეურნეობებისა და საბჭოთა მიწაწილობის მიწათმოყვანის ღირსეულობის დროს

კოლმეურნეობებისა და საბჭოთა მეურნეობებისათვის მიწის სწორი გამოყენება სოფლის მეურნეობის ყველა დარგის აღმავლობის ერთ-ერთი გადამწყვეტია პირობაა. მოწინავე მეურნეობებზე ითვლება ისეთი კოლმეურნეობები და საბჭოთა მეურნეობები, რომლებიც რაციონალურად იყენებენ მიწებს და ყოველი ჰექტარი სავარგულიდან შრომისა და სახსრების მინიმალური დანახარჯებით მიიღებენ მაქსიმალური რაოდენობით პროდუქტებს. მიღწეული უნდა იქნეს, რომ ყოველი ჰექტარი მიწა გამოყენებული იყოს მთლიანად და სწორად. ამ საკითხში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მიწათმოყვანას.

სოციალისტური მიწათმოყვანის ამოცანაა ახალი მიწათსარგებლობის შექმნა და არსებულის მოწესრიგება, ყველა პირობის შექმნა იმისათვის, რომ კოლმეურნეობებმა, საბჭოთა მეურნეობებმა და სხვა სასოფლო-სამეურნეო საწარმოებმა რაციონალურად გამოიყენოს მიწები.

მიწათმოყვანა მელიორაციასთან, აგროსატყეომელიორაციასა და სხვა ღონისძიებებთან კომპლექსში ხელს უწყობს ახალი მიწების ათვისებას, ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებას, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის სისტემატურ ზრდას, მეცხოველეობის პროდუქტიულობის გადიდებას, სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის მაქსიმალურ გამოყენებას, მეურნეობის ცალკეული დარგებისა და სოციალისტური წარმოების სწორ ორგანიზაციას.

მიწათმოყვანა იყოფა ორ ძირითად სახედ — მეურნეობათაშორისო და შიდასამეურნეო. მეურნეობათაშორისო მიწათმოყვანის საშუალებით საბჭოთა სახელმწიფო აწესრიგებს საადგილმამულო ურთიერთობას, ახორციელებს მიწის ფონდების განაწილებასა და გადანაწილებას სახალხო მეურნეობის ცალკეულ დარგებს შორის და კონკრეტულ შემთხვევაში ატარებს ახალ, არსებული მიწათსარგებლობის მოწესრიგებასა და ცვლილებებს.

ამრიგად, მეურნეობათაშორისო მიწათმოყვანა თავისი მოქმედებით მოიცავს სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგს.

მეურნეობათაშორისო მიწათმოყვანის დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს ის, რომ იგი ერთდროულად ტარდება მეურნეობების ტერიტორიაზე, ხო-

ლო ხანდახან მთელი ადმინისტრაციული რაიონისა და ეკონომიური ზონის ტერიტორიაზეც.

მეურნეობათაშორისო მიწათმოწყობა თავის მხრივ იყოფა: 1. სოციალისტური სოფლის მეურნეობის საწარმოების (კოლმეურნეობები, საბჭოთა მეურნეობები და სხვა), მიწათსარგებლობის შექმნისა და მოწესრიგების, არა სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწათსარგებლობის შექმნისა და მოწესრიგების, რომელშიც შედის: ა) მიწების გამოყოფა მრეწველობის, ტრანსპორტის, სამთამადნო და სხვა არა სასოფლო-სამეურნეო საწარმოებისათვის; ბ) მიწების გამოყოფა ქალაქებისა და ქალაქის ტიპის დაბებისათვის და გ) მიწების გამოყოფა სახელმწიფო სატყეო მეურნეობის საჭიროებისათვის და სხვა სახესხვაობებად.

კოლმეურნეობების მიწათსარგებლობის შექმნა

თანამედროვე მსხვილი კოლმეურნეობების მიწათსარგებლობა შეიქმნა წვრილ სასოფლო-სამეურნეო არტელების გაერთიანების შედეგად, რომელთა მიწათსარგებლობა, თავის მხრივ, შეიქმნა ერთპიროვნული გლეხური მეურნეობების სარგებლობაში არსებული მიწების განსაზოგადების საფუძველზე.

სასოფლო-სამეურნეო არტელის სანიმუშო წესდების თანახმად, არტელს ემაგრება მიწა უვადო სარგებლობაში, ე. ი. საპუდამოდ (მუდლი 2). ეს პრინციპი, რომელიც უზრუნველყოფს საკოლმეურნეო მიწათსარგებლობის სიმყარეს, განმტკიცებულია საბჭოთა კავშირის სოციალისტური რესპუბლიკების კონსტიტუციით, სადაც ჩაწერილია, რომ: მიწა, რომელიც კოლმეურნეობებს უკავიათ. ემაგრებათ მათ უფასო და უვადო სარგებლობაში, ე.ი. სამუდამოდ (მუხლი მ).

კოლმეურნეობებს მიეცემული აქვთ მიწით უვადო სარგებლობის უფლება სახელმწიფო აქტებით. ამჟამად კოლმეურნეობებისათვის სახელმწიფო აქტების მიცემა ხდება მათი გაყოფის ან შეერთების შემთხვევაში.

სახელმწიფო აქტების გაცემაზე ტარდება სამიწათმოწყობო სამუშაო. რომლის დროსაც უნდა დაწესდეს კოლმეურნეობების მიწათსარგებლობის გარესაზღვრები.

კოლმეურნეობებისათვის მიწათსარგებლობის გარესაზღვრების დაწესება იმაში მდგომარეობს, რომ მიწათმოწყობა კოლმეურნეობებისა და მოსაზღვრე მიწათმოსარგებლეთა წარმომადგენლებთან ერთად შემოუვლის მიწათსარგებლობის გარესაზღვრებს. საზღვრებს დადგენის შემდეგ კეთდება სამიჯნო ნიშანი (ბოძი) და წარმოებს ხაზებისა და კუთხეების გაზომვა (თუ მუშაობა წარმოებს თეოდოლიტით) ან სამიჯნო ნიშნების აგებვა მენზულით, შემდეგ საზღვრების დამყარების შესახებ დგება ოქმი. გამსხვილებული კოლმეურნეობების საზღვრების დაწესებისას გამოიყენება გაერთიანებული კოლმეურნეობების საზღვრები არსებული სამიწათმოწყობო და ახლად მიღებული გეოდეზიური მონაცემები.

არსებული ან ახლად მიღებული გეოდეზიური მონაცემების საფუძველზე დგება გამსხვილებული კოლმეურნეობების მიწების საპროექტო გეგმა. გეგმაზე დაიტანება მიწათსარგებლობის გარე საზღვრები, შიგნით მოქცეული სხვა მიწათმოსარგებლეთა მიწის ნაკვეთების საზღვრები, შემდეგ გამოიანგარიშება გეგმის საზღვრებში მოქცეული მიწების მთელი ფართობი, აგრეთვე მიწის ის ფართობი, რომელიც კოლმეურნეობას ემაგრება და გარეშე მიწათმოსარგებლეთა მიწების ფართობი (ცალ-ცალკე); ზემოაღნიშნულისათვის გამოიყენება წვრილი კოლმეურნეობებისათვის მიწებზე არსებული ექსპლიკაცია. საზღვრე-

ბის დამყარების პროექტს ამტკიცებს მშრომელთა დეპუტატების რაიონული საბჭოს აღმასრულებელი კომიტეტი.

კოლმეურნეობებს, გარდა სახელმწიფო აქტით მიმდგრებული მიწებისა, შეიძლება მიეცეთ დროებით (მოკლევადიანი ან გრძელვადიანი) სარგებლობაში სახელმწიფო მიწის ფონდი (უმთავრესად სათიბები და საძოვრები); რომელიც სახელმწიფო აქტში არ შეიტანება.

საბჭოთა მეურნეობების მიწათსარგებლობის შექმნისას ტარდება იგივე სამიწათმოწყობო სამუშაოები, როგორც კოლმეურნეობების მიწათსარგებლობის შექმნის დროს, მხოლოდ საბჭოთა მეურნეობას ეძლევა მიწით სარგებლობის უფლება აქტით.

კოლმეურნეობებისა და საბჭოთა მეურნეობების შიდასამეურნეო მიწათმოწყობა

შიდასამეურნეო მიწათმოწყობას სხვა დანიშნულება და შინაარსი აქვს. იგი ტარდება ცალკეულ კონკრეტულ (კოლმეურნეობების, საბჭოთა მეურნეობებისა და სახელმწიფო მეურნეობების) ჩარჩოებში.

კოლმეურნეობების შიდასამეურნეო მიწათმოწყობის შემადგენელი ნაწილებია: 1. დასაწვავი პუნქტების, საწარმოო ცენტრებისა და კომპლექსური ბრიგადების მიწის მასივების განლაგება; 2. მაგისტრალური საჯაო ქსელის განლაგება; 3. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებისა და თესლბრუნვის ორგანიზაცია; 4. თესლბრუნვის ტერიტორიის ორგანიზაცია; 5. ბაღებისა და ვენახების ტერიტორიის ორგანიზაცია; 6. საძოვრების ტერიტორიის ორგანიზაცია; 7. სათიბების ტერიტორიის ორგანიზაცია და სხვა.

საბჭოთა მეურნეობების შიდასამეურნეო მიწათმოწყობა ასევე შეიძლება შემადგენელი ნაწილისაგან შედგება, რომელთაგან ექვსი (გარდა პირველისა) იგივეა, რაც კოლმეურნეობებში. ნაცვლად დასახლებული პუნქტებისა, საწარმოო ცენტრებისა და კომპლექსური ბრიგადების მიწების მასივების განლაგებისა, საბჭოთა მეურნეობაში პირველ შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს განყოფილებებისა და სამეურნეო ცენტრების განლაგება.

კოლმეურნეობაში ან საბჭოთა მეურნეობაში შიდასამეურნეო მიწათმოწყობის პროექტის შედგენამდე ტარდება კამერალური და საველე მოსამზადებელი სამუშაოები.

კამერალური და მოსამზადებელი სამუშაოები ითვალისწინებს პროექტის შედგენისათვის საჭირო მასალის შეგროვებას და მის შესწავლას (სავეგმო კარტოგრაფიული მასალა, მიწების აღრიცხვის მონაცემები, ნიადაგების რუკა, წინათ შედგენილი მიწათმოწყობის პროექტი და სხვ.).

საველე მოსამზადებელ სამუშაოებს მიეკუთვნება: მეურნეობის მიწათსარგებლობის გარე საზღვრების დათვალიერება და აღდგენა, საზოგადოებრივ და საკარმიდამო მიწებს შორის საზღვრების შემოწმება, სავეგმო კარტოგრაფიული მასალის კორექტირება, სასოფლო-სამეურნეო წინამორბედი კულტურების აგეგმვა და სხვა.

იმ შემთხვევაში, როდესაც მოცემული მეურნეობის მიწათსარგებლობის გეგმა არ არსებობს, ტარდება ახალი აგეგმვა თეოდოლიტით, მენზულით ან აეროგადაღებით.

მეურნეობის მიწათსარგებლობის გარე საზღვრების დათვალიერებას და აღდგენას აწარმოებს მიწათმოწყობი მეურნეობის წარმომადგენელთან ერთად

შემდეგი თანმიმდევრობით: 1. ლივზე მზადდება მიწის უვადო სარგებლობის სახელმწიფო აქტში ჩაბანული გემის ასლი გეოდეზიური მონაცემებით (რუმბები, კუთხეები, ხაზის ზომები); 2. მიწათმომწყობი მეურნეობის წარმომადგენელთან ერთად ათვალეობებს მიწათსარგებლობის მთელ საზღვრებს და გეგმაზე აღნიშნავს დაკარგულ ან დარღვეულ სასაზღვრო ნიშნებს და 3. მოცემული მეურნეობისა და მოსაზღვრე მიწათმოსარგებლეთა წარმომადგენლებთან ერთად ალდგენს დაკარგულ სასაზღვრო ნიშნებს.

საზღვრის ნიშანი — ბოძი, როგორც წესი, უნდა იყოს 1,5 მეტრის სიგრძისა და 15—20 სმ დიამეტრის. ბოძის ზედა ნაწილში კეთდება ჩანაქდევნი, რომელზედაც ამოწვავენ ასოებს „სსრკ“ ჩაქუჩისა და ნამგლის გამოხატულებით. ბოძის ბოლოში კეთდება ამონაქერი, სადაც გარდიგარდმო ჩადებენ ხის პატარა (40 სმ სიგრძის) ძელს. ბოძის ქვედა ნაწილი (80 სმ) ჩასობილი უნდა იქნეს მიწაში. ბოძის დაკარგვის შემთხვევაში, ზის აღსადგენად, ბოძს ქვეშ დაუდებენ აგურს ან ქვას. ბოძის გარშემო კეთდება მიწის ყორღანი.

დაკარგული სასაზღვრო ნიშნის აღდგენა ხდება საზომი ბაფთითა და თეოდოლიტის გამოყენებით იმის მიხედვით, თუ როგორია ადგილმდებარეობა ან რა გეოდეზიური ხერხით იყო დაყენებული საზღვრის ნიშანი.

საზღვრების აღდგენის შემდეგ წარმოებს მიწათსარგებლობის საგეგმო მასალის კორექტირება ველზე. თვითველი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულის კონტური (საბნავი, სამოვარი, სათიბი, ბაღი, ვენახი, ჩაი, ციტრუსი, ბუჩქნარი და სხვა) უნდა შემოწმდეს და ყველა მომხდარი ცვლილება დატანილი იქნეს გეგმაზე.

შემოწმებული საგეგმო მასალის მიხედვით წარმოებს ფართობის გამოანგარიშება და ექსპლიკაციის შედგენა სავარგულების მიხედვით.

შიდასამეურნეო მიწათმომწყობის პროექტის შესადგენად საჭიროა დამზადდეს საგეგმო ფუძე. ეს უკანასკნელი მზადდება მიწათსარგებლობის გეგმის ნატურაში სათანადო კორექტირების შეტანის მიხედვით და ამის შემდეგ საგეგმო ფუძეზე დაიტანება ყველა აუცილებელი სიტუაცია — საბნავი, ნასვენნი. სათიბი, სამოვარი, ბაღი, ვენახი, ჩაი, ციტრუსები, საკარმიდამო : ნაკვეთები. საზოგადოებრივი ნაგებობები: გზები, არხები, მდინარეები და სხვა.

შიდასამეურნეო მიწათმომწყობის პროექტის შემადგენელი ნაწილებია: პროექტის გრაფიკული ნაწილი, რომელიც დგება ზემოაღნიშნულ საგეგმო ფუძეზე, და წერილობითი ნაწილი.

პროექტის გრაფიკული ნაწილზე, ანუ საგეგმო ფუძეზე, დატანილი უნდა იქნეს ყველა ზემოაღნიშნული ელემენტი — დასახლებული პუნქტები, საწარმოო კუთხრები და კომპლექსური ბრიგადების მიწის მსიყეები, მაგისტრალური საგზაო ქსელი, თესლობუნების მინდვრები, დაპროექტებული ბაღები, ვენახები და სხვა მრავალწლიანი ნარგავები, სამოვრები, სათიბები და სხვა. პროექტის სათანადო წესით განხილვისა და გამტკიცების შემდეგ ხდება მისი ნატურაში გადატანა, ანუ პროექტის გაადგილება.

პროექტის გაადგილებისათვის ამზადებენ სამუშაო ნახაზებს. სამუშაო ნახაზზე დაიტანება გეოდეზიური მონაცემები (რუმბები, კუთხეები, ხაზის ზომები), რაც საჭიროა იმისათვის, რომ პროექტში მოცემული ყველა მონაცემი გადატანილი იქნეს ადგილზე — ნატურაში.

პროექტის ნატურაში გადატანა წარმოებს თეოდოლიტითა და ფოლადის ბაფთით ან მარტო ბაფთათ; ცალკეულ შემთხვევებში კი მენზულით ან მენზულითა და ბაფთათ.

§ 69. ხაერთო ცნობები რუკებზე

როგორც წინა პარაგრაფებში იყო აღნიშნული, დედამიწის აქვს გეოიდის ფორმა და პრაქტიკულად კი მიღებულია ბრუნვის ელიფსოიდი, რომელიც თავისი სიდიდით და ფორმით ძალზე ახლო დგას გეოიდთან.

როდესაც სიბრტყეზე გამოისახება დედამიწის ზედაპირის შედარებით მცირე ფართობი (20X20 კმ), მაშინ დედამიწის სიმრუდე შეიძლება უგულვებლყოთ. ე. ი. მიღებული გამოსახლება სიბრტყეზე იქნება გეგმა დამის ყოველ ნაწილში მასშტაბი უცვლელი სიდიდით იქნება; რუკაზე კი გამოისახება მთელი დედამიწის ფართობი ან მისი საგონებლად დიდი ნაწილი, სადაც მისი სიმრუდე აუცილებლად უნდა იქნეს მიღებული მხედველობაში.

სფეროიდალური ზედაპირის სიბრტყეზე გაშლა დაუმახინჯებლად ყოველ შემთხვევაში და ამიტომ სიბრტყეზე გადასვლა ხორციელდება მათემატიკური ხერხით, რომელიც განსაზღვრავს ელიფსოიდისა და სიბრტყის ზოგიერთ წერტილს შორის დამოკიდებულებას. ასეთი გადასვლისას რუკის შინაარსის ელემენტები ინარჩუნებს ზუსტ გეოგრაფიულ მდებარეობას, მაგრამ კონტურების მოხაზულობა ან ფართობის შეფარდება მახინჯდება. ამრიგად, რუკაზე მასშტაბი ნაწილობრივ დამახინჯებულია და მის სხვადასხვა ნაწილში ცვალებადი სიდიდეა.

რუკაზე გამოისახება ყველა ის საგანი და მოვლენა, რომლებსაც ადგილი აქვთ დედამიწის ზედაპირზე. რუკის პირველ თავისებურებას წარმოადგენს ის, რომ ყველა ელემენტი გამოისახება მასზე ორთოგონალურ პროექციაში. მეორე თავისებურებას წარმოადგენს ის, რომ რუკის შინაარსის ელემენტები გამოისახება სპეციალური პირობითი ნიშნებით. ზოგი პირობითი ნიშანი თავისი სურათით წააგავს რუკაზე გამოისახავ ობიექტს, ხოლო ზოგი სრულიად არ ემსგავსება მას. სხვადასხვა პირობითი ნიშნის გამოყენება საშუალებას იძლევა შეიქმნას ისეთი რუკა, რომელიც პასუხს იძლევა რიგ კითხვებზე, ახასიათებს ერთ ან რამდენიმე მოვლენას.

რუკაზე ობიექტების უმრავლესობის გამოსახლებისათვის აიღება მათი კონტურები და კონტურების შიგნით დაიტანება შესაბამისი პირობითი ნიშნები.

თუ რომელიმე ობიექტის გამოსახვა რუკის მასშტაბით შეუძლებელია, მაშინ გამოიყენება ნებისმიერი ზომის პირობითი ნიშანი. მაგალითად, რკინიგზის პირობითი ნიშანს თუ გავზომავთ რუკაზე, ის ძალზე განიერი აღმოჩნდება მის ნამდვილ სიგანესთან შედარებით, მაგრამ ისეა განლაგებული, რომ მისი ღერძი ემთხვევა ადგილზე გაყვანილ რკინიგზის ღერძს.

რუკაზე დატანილი პირობითი ნიშნებით ხდება რუკის „წაკითხვა“. რუკის საშუალებით შეიძლება ფართობის გამოანგარიშება, მიმართულების დადგენა, ქანობის განსაზღვრა, ნებისმიერი მიმართულებით პროფილის აგება, კილომეტრთა ვანა ბადის გამოყენებით რუკის ნებისმიერი წერტილის კოორდინატების განსაზღვრა. ხოლო მერიდიანებისა და პარალელების გამოყენებით — გეოგრაფიული გრძედისა და განედის განსაზღვრა და სხვა. რუკებს ფართო გამოყენება აქვთ სახალხო მეურნეობის ყველა დარგში.

§ 70. ამროფოტოგრაფია

უქანასკნელი 40 წლის მანძილზე აეროფოტოგრაფიებში საბჭოთა კავშირში დიდი ადგილი დაიკავა რუკების შექმნის საქმეში.

დიდი ოქტომბრის სოციალისტურ რევოლუციამდე ყველა მასობრივი გადაღება წარმოებდა ცალკეული ტოპოგრაფებისა და გეოდეზისტების მიერ. უშუალოდ მიწის ზედაპირზე მუშაობით. კაპერგელისა და მენზულის გამოყენებით. ამჟამად კი გადაღებურ დიდი უმრავლესობა წარმოებს თვითმფრინავიდან გადაღებული სურათების გამოყენებით, რომელსაც აეროფოტოგრაფია ეწოდება. ამრიგად, აეროფოტოგრაფიებში თითქმის მთლიანად შეცვალა მიწის ზედა გადაღება, ვინაიდან იგი სწრაფია, ზუსტი და გაიკლებით იაფი ჯდება.

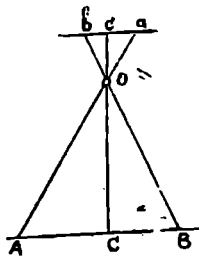
საბჭოთა კავშირის დიდი ტერიტორია ამჟამად დაფარულია აეროფოტოგრაფიის მასალებით — ფოტოგეგმებით. ახლა აგრონომებსა და მიწათმომწყობებს უზირად უნდებათ თავიანთი რაიონების შესწავლა არა ტოპოგრაფიული მასალებით, არამედ ფოტოგეგმებით და, ზოგიერთ შემთხვევაში, ცალკეული აეროფოტოსურათებით. აგრონომმა უნდა იცოდეს როგორ წარმოებს აეროფოტოგრაფია, როგორ იქმნება ფოტოგეგმა და მასზე გამოსახული კონტურები.

კარგი ფოტოაპარატით კარგ ფოტოფირზე ან ფოტოფსკზე გადაღებული სურათი სწორად და ნათლად გამოსახავს საგნებს. აეროსურათების დამუშავების შედეგად ფოტოგრაფიულ გამოსახულებაში შედგენილ გეგმებსა და რუკებს ფოტოგეგმები ან ფოტორუკები ეწოდება. თუ ცალკეულ აეროსურათებს დავლაგებთ მათი გადაღების რიგის (მარშრუტის) მიხედვით, მივიღებთ ადგილმდებარეობის სქემატურ გამოსახულებას, ვინაიდან მარშრუტის ცალკეული სურათების მასშტაბები ნაწილობრივ განსხვავებულნი არიან. ასეთ სქემატურ გამოსახულებას ფოტოსქემა ეწოდება.

აეროსურათების ფოტოგრაჰმეტრიული დამუშავების შედეგად შეიძლება მივალწიოთ მარშრუტის ყველა სურათის ერთ მასშტაბში მოყვანას. ერთ მასშტაბში სურათების დალაგება მარშრუტების მიხედვით მოგვცემს ფოტოგეგმას, რომელზედაც მასშტაბი შენარჩუნებული იქნება ყველა მიმართულებით. ფოტოგეგმაზე შეიძლება რელიეფის ხაზვა ველზე კაპერგელის გამოყენებით. აეროსურათებს აქვთ დამოუკიდებელი მნიშვნელობაც. ისინი იძლევიან კონტურების ისეთ დაწვრილებით გამოსახულებებს, რომელთა მიღება შეუძლებელია გეგმებსა და რუკებზე უშუალოდ გადაღების დროს. კონტურებისა და მათი ფორმის განსხვავება აეროსურათზე გამოისახება სინათლით და ჩრდილით. ეს საშუალებას იძლევა გავარჩიოთ საგნები აეროსურათზე ყოველგვარი პირობითი ნიშნის გარეშე. მაგრამ აეროსურათები ნაწილობრივ დამაზარებელია. რაც აძნელებს მათ უშუალო გამოყენებას.

აეროსურათთა შეიძლება იყოს გეგმური და პერსპექტიული. გეგმური აეროსურათი მიიღება მაშინ, როდესაც ფოტოგრაფიული კამერის ოპტიკური ღერძი ვერტიკალურია. ტექნიკის თანამედროვე მდგომარეობით ჯერ კიდევ არ არის საშუალება უზრუნველყოთ ფოტოკამერის ოპტიკური ღერძის ვერტიკალობის

სიზოსტის დაცვა. ამისათვის გეგმური აეროსურათი შეიძლება ეწოდოს ისეთს, რომლის გადაღების დროს ფოტოკამერის ოპტიკური ღერძის გადახრა ვერტიკალური მდგომარეობიდან არ აღემატება 2—3 გრადუსს. გეგმურ აეროსურათებს აქვთ დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა, ვინაიდან ბევრ შემთხვევაში ისინი გამოიყენებან როგორც გეგმები. პერსპექტიული აეროსურათი მიიღება მაშინ, როდესაც ფოტოკამერის ოპტიკური ღერძის მიმართულება გადახრილია ვერტიკალურიდან წინასწარ გამოანგარიშებული რომელიმე კუთხით 90° -ის ფარგლებში. ასეთი ფოტოსურათი ღებულობს პანორამულ სახეს და დედამიწის

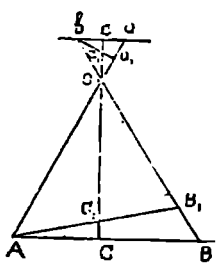


ნახ. 130.

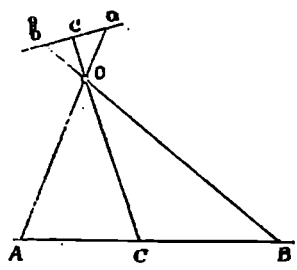
ზედაპირიდან გადაღებული ფოტოსურათიდან განსხვავდება იმით, რომ ის გადაღებულია შედარებით დიდი სისაღლიდან.

ხაზის ყოველგვარ გამოსახულებას ზედაპირზე (სიბრტყეზე), რომელიც აგებულია ვარკვეულ მათემატიკურ კანონებზე, პროექცია ეწოდება. ამ თვალსაზრისით აეროსურათი წარმოადგენს ცენტრალურ პროექციას; გამოსახულება მიიღება მასზე დედამიწის ზედაპირის წერტილებიდან არეკლილი სწორხაზოვანი სხივებით, რომლებიც გაივლიან ფოტოკამერის ობიექტივის ობიექტივის ოპტიკური O ცენტრი (ნახ. 130) წარმოადგენს პროექციის ცენტრს.

ab ფოტოფირი ან ფოტოფსკი წარმოადგენს პროექციის სიბრტყეს, ხოლო სწორხაზოვანი AOa , BOb სხივები — დამპროექტებელ სხივებს. როგორც ცნობილია, გეგმა მიიღება ორთოგონალურ პროექციაში, ე. ი. ისეთ პრო-



ნახ. 131.



ნ. ხ. 132.

ექციაში, სადაც გამოსახულება სიბრტყეზე მიიღება შვეული ურთიერთპარალელური სხივებით.

არის კერძო შემთხვევა, როდესაც ცენტრალური და ორთოგონალური პროექციები გვაძლევენ მსგავს გამოსახულებებს. თუ გადასაღები ადგილი წარმოადგენს თარაზულ AB სიბრტყეს (ნახ. 130), ab ფოტოფირი ან ფოტოფსკი თარაზულია და ფოტოკამერის ოპტიკური OC ღერძი ვერტიკალური. მაშინ აეროსურათის გამოსახულება მოგვეცემს გადაღებული ადგილის გეგმას. თუ გადასაღები AB , ადგილი ან a_1b_1 ფოტოფირი (ნახ. 131), ან მთლიანად ფოტოკამერა (ნახ. 132) დახრილია, მაშინ აეროფოტოსურათი არ მოგვეცემს

კადასაღები ადგილის თარაზული პროექციის მსგავს გამოსახელებას, ე. ო. გადასაღები ადგილის გეგმას.

§ 71. ამროსურათის მასშტაბი

აეროგადაღებისას ფოტოაფსკი თარაზულია ან, როგორც იტყვიან, გვაქვს გადაღების იდეალური შემთხვევა (ნახ. 130) და შეგვიძლია განვსაზღვროთ აეროსურათის მასშტაბი. მსგავსი AOB და oob სამკუთხედებიდან შეგვიძლია დავწეროთ

$$\frac{cO}{Co} = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H}$$

ვინაიდან $\frac{ab}{AB}$ წარმოადგენს აეროსურათზე აღებული მონაკვეთის შეფარდებას მის შესაბამის მონაკვეთთან ადგილზე, ამიტომ მივიღებთ აეროსურათის მასშტაბს $\frac{1}{m}$, ე. ო.

$$\frac{f}{H} = \frac{1}{m}, \quad (46)$$

სადაც f არის ფოტოკამერის ფოკუსური მანძილი, H — ფოტოგრაფირების სიმაღლე და m — მასშტაბის შინაშენელი. ამრიგად, თარაზული ადგილის თარაზულ სურათზე გამოსახულების მასშტაბი უდრის ფოტოკამერის ფოკუსური მანძილის შეფარდებას ფრენის სიმაღლესთან.

ვინაიდან f და H მოცემული სურათისათვის მუდმივი სიდიდეებია, ამიტომ ამ სურათის მასშტაბაც მუდმივი სიდიდეა. ე. ო. ერთნაირია მის ყველა ნაწილში. ფორმულიდან (46) ჩანს, რომ მოცემული ფოტოგრაფირების სიმაღლის დროს აეროსურათის მასშტაბი მით უფრო მსხვილია, რაც უფრო დიდია ფოკუსური მანძილი, ხოლო მოცემული ფოკუსური მანძილის დროს აეროსურათის მასშტაბი მით უფრო მსხვილია, რაც უფრო ნაკლებია ფოტოგრაფირების სიმაღლე.

გარდა ამისა, მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ, რომ გეგმური სურათები ნაკლებად მიიღება ფოტოკამერის ოპტიკური ღერძის ვერტიკალურ მდგომარეობაში ყოფნის დროს. ამ მიზეზის გამო აეროსურათის სხვადასხვა ნაწილში მასშტაბი ნაწილობრივ განსხვავებულია.

თვითმფრინავს არ შეუძლია შეინარჩუნოს ფრენის სიმაღლე დიდ მანძილზე, რის გამო ერთა და იმავე მარშრუტის ცალკეული სურათების მასშტაბებიც განსხვავებული არიან ერთმანეთისაგან და იცვლებიან ფრენის სიმაღლის ცვალებადობასთან ერთად. დახრილი სურათის მასშტაბი მუდმივი არ არის და იცვლება სურათის სხვადასხვა მიმართულებით. მასშტაბის ცვალებადობა ხდება სურათის მთელ ფართობზე.

თუ ცნობილია ფოტოგრაფირების, ანუ ფრენის H სიმაღლე და ფოტოკამერის ფოკუსური f მანძილი, ადვილად გაიისაზღვრება სურათის მასშტაბი. დავეთვათ, $f = 20$ სმ, $H = 2000$ მ, მაშინ აეროსურათის რიცხობრივი მასშტაბი $\frac{1}{m} = \frac{f}{H} = \frac{20}{200000} = \frac{1}{10000}$. თუ ფოტოგრაფირების სიმაღლე უცნობია, მაშინ აეროსურათის მასშტაბი უნდა განისაზღვროს ასე: ვაზომავენ აეროსურათ-

თის ab მანძილს ორ რომელიმე წერტილს შორის და მათივე შესაბამის წერტილებს შორის AB მანძილს ადგილზე; თუ, მაგალითად, $ab=4$ სმ, ხოლო $AB=1000$ მ, მაშინ მასშტაბი $\frac{1}{m} = \frac{4}{100000} = \frac{1}{25000}$. თუ აეროსურათზე

შეიძლება ჰოინახოს ორი ისეთი წერტილი, რომელთა შორის მანძილი ადგილზე წინასწარ ცნობილია ან შეიძლება გაიისაზღვროს რუკაზე, მაშინ ამოცანის გადაწყვეტა მარტივდება. გვეშური სურათით, როდესაც განსაზღვრული იქნება მისი ნასკტაბი, შეგვიძლია ვისარგებლოთ ისე, როგორც გვემით.

§ 72. დამახინჯებაანი ამროსურათოზე

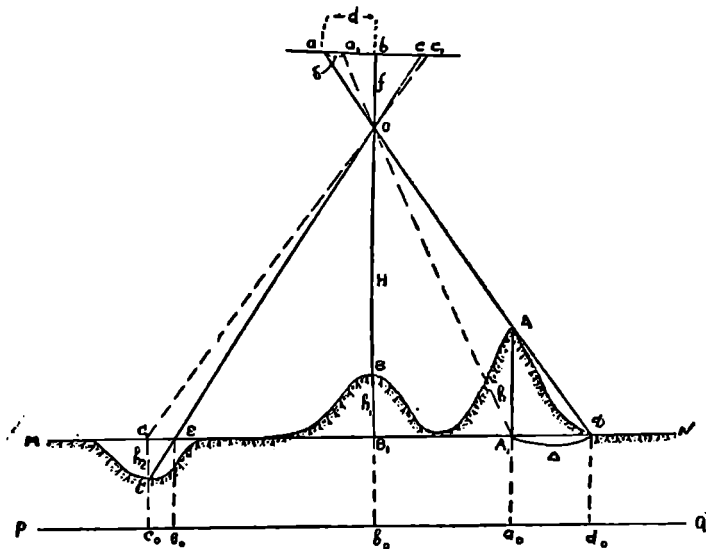
დამახინჯება სურათის დახრილობისათვის. ვაჲე ადგილის გამოსახულება პორიზონტალურ სურათზე შესაბამისი ადგილის თარაზული პროექციის მსგავსია და წარმოადგენს გეგმას. ასეთ სურათზე კუთხეები არ მახინჯდება და ნებისმიერ მონაკვეთზე მასშტაბი მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს. თუ სურათი გადაღების მომენტში დახრილი იყო, მაშინ მასზე მიმართულებები და კუთხეები დამახინჯებულია. დახრილობით გამოწვეული დამახინჯებები შეიძლება შესწორდეს სურათის ტრანსფორმირებით. ტრანსფორმირება ნიშნავს სურათების ისეთ გარდაქმნას, როდესაც დახრილი სურათი გარდაიქმნება თარაზულ სიბრტყეზე, ანუ გეგმაში. აქ იგულისხმება, რომ პროექციის ცენტრს ორივე შემთხვევაში უჭირავს ერთი და იგივე მდებარეობა გადასაღები ადგილის მიმართ. ტრანსფორმირების პროცესში აეროსურათის გადიდებით ან შემცირებით ერთდროულად ზდება სურათის გამოსახულების სასურველ მასშტაბში მოყვანა. აეროსურათის ტრანსფორმირებას აწარმოებენ სპეციალური ხელსაწყოთი, რომელსაც ტრანსფორმატორი ეწოდება.

დამახინჯება რელიეფის გამო. თუ გადასაღები ტერიტორია რელიეფურია. აეროსურათის სიბრტყის თარაზულობის შემთხვევაშიც მიიღება დამახინჯებები. რომელთანაც ბრძოლა მით უფრო ძნელია, რაც უფრო მეტად არის გამოსახული რელიეფი.

133-ე ნახაზზე წარმოდგენილია რელიეფური ადგილი ორი A და B გორაკით და ერთი C ქვაბობით. ფოტოკამერის ობიექტივის O ცენტრი და ადგილზე აღებული B წერტილი იპოყება ერთ შევეულ მიმართულებაზე. Bab სხივი პერპენდიკულარულია ac სურათის სიბრტყისა და მას მთავარი სხივი. ანუ ფოტოკამერის ოპტიკური ღერძი ეწოდება.

ფოტოკამერის ღერძის გადაკვეთის წერტილს სურათის სიბრტყესთან სურათის მთავარი წერტილი ეწოდება (სურათზე მთავარი წერტილი მოინახებკოორდინატების ქდეების გადაკვეთაზე, ხოლო კოორდინატების ქდეები უშუალოდ გამოსახულია აეროსურათზე). როდესაც სურათი გადაღების მომენტში პორიზონტალურია, მაშინ სურათის მთავარ წერტილში რელიეფის გამო დამახინჯებას ადგილი არ ექნება. B წერტილში გორაკის h_1 სიმაღლე არავითარ გავლენას არ მოახდენს აეროსურათზე გამოსახულ b წერტილის მდებარეობაზე.

დავუშვათ, B წერტილი რომ არ ყოფილიყო გორაკის წვეროზე, ე. ი. $h=0$, მაშინ შესაბამისი წერტილი MN ვაკე ზედაპირზე იქნებოდა B_1 , რომელიც



ნახ. 133.

აეროსურათზე გამოისახებოდა იმავე h წერტილში. სულ სხვა მდგომარეობას ექნება ადგილი A და C წერტილების შესაბამისი გამოსახულებისათვის a და c წერტილებში, თუ ამ წერტილების h და h_2 სიმაღლეები არ იქნებოდნენ, ე. ი. $h=h_2=0$, მაშინ სურათზე მივიღებდით a_1 და c_1 გამოსახულებებს. A და D წერტილების გამოსახულება აეროსურათზე მიიღება c_1 -ისა და იმავე a წერტილში, მაშინ როდესაც მათი a_0 და D_0 ორთოგონალური გეგმილები რომელიმე pQ თარაზულ სიბრტყეზე მიიღებიან სხვადასხვა ადგილას. 133-ე ნახაზიდან ჩანს, რომ, რაც მეტად არის გამოსახული რელიეფი, ე. ი. რაც მეტია h , და რაც დაშორებულია ფოტოგრაფირებული წერტილი აეროსურათის მთავარი წერტილიდან, ე. ი. რაც მეტია d , მით მეტი იქნება ცდომილება δ , რომელიც წარმოადგენს რელიეფის გავლენით გამოწვეულ გადაადგილებას გამოსახულებაში a_1 და c_1 წერტილებიდან a და c წერტილებში. მსგავსი A_1OD და aoa_1 სამკუთხედებიდან დავწერთ, რომ

$$\frac{\delta}{\Delta} = \frac{f}{H} \quad (47)$$

მსგავსი aoa_1 და A_1AD სამკუთხედებიდან მივიღებთ

$$\frac{\Delta}{h} = \frac{d}{f} \quad (48)$$

ვადამებრავლოთ (47) და (48). ტოლობების პარცენა და მარჯვენა მხარეები, მაშინ $\frac{\delta}{h} = \frac{d}{H}$, საიდანაც

$$\xi = \frac{h \cdot d}{H}. \quad (49)$$

ამრიგად, რელიეფით გამოწვეული ცდომილება, ანუ დამახინჯება, პირდაპირპროპორციულია h ამაღლებისა (მიღებული საშუალო MN სიბრტყის მიმართ) და d მანძილისა (სურათის მთავარი წერტილიდან b გამოსახულებამდე a) და უკუპროპორციულია H ფრენის სიმაღლისა.

ფრენის სიმაღლის ცვალებადობა არ იწვევს დამახინჯებას თარაზულ სურათზე, ის მხოლოდ შეცვლის რელიეფით გამოწვეული დამახინჯების მასშტაბს. ფორმულიდან (49) ჩანს, რომ, რაც მეტია H , მით ნაკლებია რელიეფით გამოწვეული δ გადაადგილება. რელიეფით გამოწვეული გადაადგილება მაშინ იქნება მინიმალური მთელი გადასაღები ადგილისათვის, როდესაც MN სიბრტყეს, რომლიდანაც ათვლება H ფრენის სიმაღლე, გადასაღები ტერიტორიის წერტილების მიმართ უკავია საშუალო მდებარეობა.

თუ გადასაღები ტერიტორია წარმოადგენს ვაკე ადგილს და $h=0$, მაშინ ფრენის სიმაღლის დამოუკიდებლად $\delta=0$, ე. ი. ასეთ შემთხვევაში აეროსურათით შეგვიძლია ვისარგებლოთ ისე, როგორც გეგმით.

აეროსურათზე შეიძლება განისაზღვროს ისეთი ფართობი, რომლის ფარგლებში რელიეფით გამოწვეული დამახინჯება არ აღემატება ზღვრულ სიდიდეს. ამისათვის ვისარგებლოთ ფორმულით (49), საიდანაც ვიპოვით, რომ

$$d = \frac{\delta H}{h}. \quad (50)$$

დაეუშვათ: $f=20$ სმ, $h=25$ მეტრს და აეროსურათის მასშტაბია 1:25000, მაშინ ფორმულით (46) ვიპოვით:

$$H = f \cdot m = 20 \text{ სმ} \times 25000 = 500000 \text{ სმ} = 5000 \text{ მეტრს.}$$

თუ გვგმასა და რუკაზე წერტილების გადაადგილების ზღვრად მივიღებთ $\delta=0,2$ მმ - 0,02 სმ, მაშინ ფორმულით (50) ვიახვარიშებთ აეროსურათზე პრაქტიკულად დაუმახინჯებელი ფართობის საზღვრებს, სახელდობრ

$$\frac{\xi \cdot H}{h} = d = \frac{0,02 \times 5000 \cdot 0}{2500} = 4 \text{ სმ.}$$

ამრიგად, აღებულ პირობებში აეროსურათის ის ცენტრალური ნაწილი, რომლის საზღვრებშიც რელიეფის გავლენით გამოწვეული დამახინჯება არ აღემატება დასაშვებ 0,2 მმ ზღვარს, განისაზღვრება წრეხაზით, რომლის რადიუსი უდრის 4 სანტიმეტრს.

რელიეფით გამოწვეული დამახინჯება არ სწორდება ტრანსფორმირებით, ვინაიდან ორთოგონალური და ცენტრალური პროექციები არსებითად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. რელიეფით გამოწვეული დამახინჯებები შეიძლება შესწორდეს აეროსურათის ფოტოგრამმეტრიული დამუშავებით, რაც გულისხმობს ცალკეულ წერტილებში შესწორების შეტანას.

განშიფრვის სახეები და ხერხები. აეროსურათის განშიფრვა ნიშნავს დედაპიქის ზედაპირზე არსებული ელემენტების ამოცნობას ფოტოგრაფიულ გამოსახულებებზე. დანიშნულების მიხედვით განშიფრვა არსებობს ტოფოგრაფიული და სპეციალური. ტოფოგრაფიული განშიფრვა ტარდება რუკისა და გეგმის შესადგენად, ხოლო სპეციალური — სხვადასხვა დანიშნულებისათვის, მაგალითად, სამხედრო, ნიადაგების, გეობოტანიკური, გეოლოგიური, სამიწათმოქმედო და სხვა.

განშიფრვის მეთოდის თანამედროვე მდგომარეობა არ იძლევა საშუალებას აეროსურათის გამოსახულება ამოცნობილ იქნეს მხოლოდ კამერალური გზით. სწორად ამ მიზნის მისაღწევად საჭირო ხდება სურათის ზოგიერთი ობიექტის ამოცნობა წარმოებდეს ველზე, რასაც სავსე განშიფრვა ეწოდება.

აეროსურათის განშიფრვისათვის გამოიყენება: 1. საგნის გეომეტრიული თვისება, მისი ფორმა და ზომა; 2. საგნის ოპტიკური თვისება, ე. ი. დაკემული სხივების სხვადასხვა რაოდენობით არეკვლა; 3. სინათლისა და ჩრდილის განაწილება და 4. სპეციალური ეტალონები.

ყოველგვარი საგანი აეროსურათზე ამოიცნობა, უპირველეს ყოვლისა, მისი ფორმით. თუ საგნის ზომა იცვლება, მასშტაბის მიხედვით, სამაგიეროდ, მათი ფორმა ძირითადად მუდმივია. საგნის ფორმა ზომასთან შერწყმით საშუალებას იძლევა ამოცნობილ იქნეს აეროსურათზე გამოსახული საგანი. აეროსურათი აღჭურვილია ისეთი თვისებით, რომ შეუძლია საგნის გარეგანი ფორმით გამოსახოს მისი შინაარსი.

ფორმისა და ზომის გარდა, სურათზე ობიექტების ამოცნობას ხელს უწყობს ფოტოგამოსახულების იერი. სხვადასხვა ობიექტი დედაპიქის ზედაპირზე არათანაბარი რაოდენობით არეკლავენ მათზე დაკემულ სხივებს, რაც იწვევს ნეგატივის სინათლის მგრძნობიარე ფენის არათანაბარ გაშვებას და ხელს უწყობს საგნის უკეთ ამოცნობას სურათზე. გარდა ამისა, ერთი და იგივე ობიექტი აეროსურათზე შეიძლება გამოვიდეს სხვადასხვა ელფერის მისი მდგომარეობის მიხედვით, მაგალითად, გახშვარი ბალახი სურათზე გამოდის ღია ფერის, ხოლო ცოცხალი ბალახი — მუქი ფერის.

აეროსურათზე ფორმის განსხვავება განსაკუთრებით კარგად გამოისახება სინათლით და ჩრდილით. თუ სურათზე არ არის ჩრდილი, ცალკეული საგნები წარმოადგენენ სიბრტყეებს, ე. ი. ვერ ვარჩევთ ჰიერცომბობას, ხოლო როდესაც სურათზე გამოსახულია ჩრდილი, სურათი ღებულობს ცოცხალ რელიეფურ სახეს.

განშიფრვისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ბუნებაში არსებულ საგნებსა და მოვლენებს შორის ურთიერთკავშირის ცოდნას—ნიადაგების საფარსა და მცენარეულობას შორის, მცენარეულობასა და რელიეფის ფორმებს შორის და სხვა. მაგალითად, ნიადაგების ფერი და ელფერი გამოისახება სხვადასხვა იერით, რაც საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ ნიადაგის შემქმნელ ჭიშებზე. მცენარეულობის განლაგების კანონზომიერების გამოყენებით შეგვიძლია აეროსურათზე დავადვინოთ დედაპიქის ზედაპირის გეოლოგიური აგებულების უმნიშვნელოვანესი ელემენტები და სხვა. ბუნებრივი ურთიერთკავშირის ცოდნა და გამოყენება აეროსურათის გამოსახულების ანალიზში შეადგენს ძირითად საფუძველს სპეციალური განშიფრვის პროცესში.

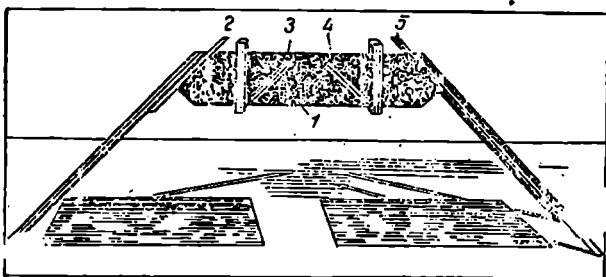
ველზე განშიფრულ ყველაზე დამახასიათებელ აეროსურათებს გადაარჩე-

ვენ და იყენებენ ეტალონებად. რათა დანარჩენი აეროსურათები ადვილად იქნეს განშიფრული კამერალურად. აღნიშნული სურათებისაგან ადგენენ ეტალონების ალბომს, რომელშიც ყოველი სურათი წარმოდგენილია ორ ეგზემპლარად: ერთი განშიფრულია და მასზე ყველა კონტური ამოხაზულია ტუშით სავარგულეების შესაბამის პირობითი ნიშნებით, ასევე დატანილია ყველა ობიექტი წარწერითა და აღწერილობით, ხოლო მეორე სურათი ამოუხაზავია და წარმოადგენს ფოტოგრაფირების დროს მიღებულ გამოსახულებას.

დეტალურა და განსაკუთრებით კი სპეციალური განშიფრვისათვის საჭიროა მსხვილმასშტაბიანი აეროსურათები, დაახლოებით 1:5000—1:10000; რაც უფრო წვრილია მასშტაბი, მით ძნელი ხდება განშიფრვის წარმოება.

განშიფრვის ხარისხი დამოკიდებულია აეროგადაღების პირობებზე, ფოტომასალების ხარისხზე და შემსრულებლის კვალიფიკაციაზე. კარგი აეროსურათი მიწათმოწყობის საქმეში იძლევა დიდ ეკონომიურ და საწარმოო ეფექტს.

განშიფრვის დროს გამოხაყენებული ხელსაწყოები. კამერალურად განშიფრვის დროს გამოყენება აქვს მადიდებს, ანუ ლუპებს, რომელთა დანიშნულებაა აეროსურათის მცირე დეტალების გადიდება. განშიფრვისათვის გამოიყენება 5-ჯერადი გადიდების ლუპები. გარდა ამისა, კამერალური განშიფრვის დროს დიდი გამოყენება აქვს სტერეოსკოპებს, რომლებიც საშუალებას იძლევიან და-



ნახ. 134.

ვინახოთ გადაღებული ადგილის სივრცობრივი მოდელი ყველა პატარა დეტალით. სტერეოსკოპული მოდელის ან, როგორც იტყვიან, სტერეოსკოპული ეფექტის მისაღებად საჭიროა დედამიწის ერთი და იგივე მონაკვეთი გადაღებული იყოს ორ აეროსურათზე სივრცის სხვადასხვა წერტილიდან. ამისათვის თვითმფრინავიდან ფოტოგრაფირების ინტერვალებს იანგარიშებენ ისე, რომ ორ მუზობელ სურათს შორის მოხდეს გადაფარვა 40-დან 60%-მდე. აეროსურათზე სტერეოსკოპულად დამზერა შეიძლება მხოლოდ ისეთი ტერიტორიისა, რომელიც ვიხედვართა გადაფარვის ზონაში. თუ მარცხენა თვალით დავმზეროთ მარცხენა სურათს, ხოლო მარჯვენათი — მარჯვენა სურათს, მივიღებთ ე. წ. პირდაპირ სტერეოეფექტს, ე. ი. მთებს, ხევებს და სხვა ელემენტებს დავინახავთ სივრცობრივად ისე, როგორც ისინი არიან სინამდვილეში. ფოტოგრაფირებულ ობიექტების სივრცობრივი განლაგების შეგარძნება შეუიარაღებელი თვალით, თუ სათანადო ჩვევები არ იქნება გამომუშავებული, ძალზე ძნელია, ვინაიდან მარცხენა და მარჯვენა თვალმა ცალ-ცალკე უნდა უყუროს მათთვის განკუთვნილ სურათებს. ამ ამოცანის გადაჭრაში დიდ დახმარებას გვიწევს სააკიანი სტერეოსკოპი (ნახ. 134). სტერეოსკოპში შეუძლებელია დავინახოთ მარჯვენა თვალით

მარცხენა სურათი და პირიქით, ე. ი. სტერეოსკოპი საშუალებას იძლევა ცალ-ცალკე დაიპზიროს ორი მეზობელი სურათი მარშრუტში მარცხენა და მარჯვენა თვალით, რომლებიც შეირწყმებიან ერთ გამოსახულებაში და მივიღებთ ერთ სივრცობრივ მოდელს. სტერეოსკოპის გამოყენებით განშიფრვა ძალზე ადვილდება, რაც გამოწვეულია სივრცობრივი მოდელის მიღებით და ყველა კონტურის მკაფიო გამოსახულებით.

აეროსურათზე ან ფოტოგეგმაზე განშიფრული უნდა იყოს: 1. საყრდენი წერტილები; 2. ხაორიენტაციო პუნქტები; 3. ფაბრიკა-ქარხნები და საწარმოო დაწესებულებები; 4. დასახლებული პუნქტები; 5. სავარგულები; 6. გზები, კავშირგაბმულობის საშუალებები და მათი ნაგებობები; 7. წყლები და მათი ნაგებობები; 8. საზღვრები; 9. რელიეფი. გარდა ამისა, აუცილებელია: 1. დადგენილი იქნეს დასახლებული პუნქტების, ადგილების, მდინარეების, ტბებისა და სხვა სახელწოდებები; 2. გამოვლინებულ იქნეს საგნები, ხაზები და კონტურები, რომელთა დატანა გეგმაზე აუცილებელია, მაგრამ ფოტოსურათზე არ გამოისახება და 3. გამოიხაზოს განშიფრული საგნები და კონტურები შესაბამისი პირობითი ნიშნებით.

აეროსურათებს დიდი გამოყენება აქვთ ნიადაგების რუკების შედგენის საქმეში. ნიადაგების რუკებს შედგენას აწარმოებენ თვალზომური ან უმარტივესი გაზომვების ჩატარებით, რის გამოც მისი სიზუსტის ხარისხი დამოკიდებულია საგეგმო მასალის კონტურიანობაზე და მასზე კონტურისა და საგნის ამოცნობის სიზუსტეზე. ამ მხრივ დიდი უპირატესობა ენიჭება ფოტოგეგმებს ან, უკიდურეს შემთხვევაში, აეროფოტოსურათებს. აეროფოტოსურათებზე ნათლად ჩანს ყველა კონტური და სტერეოსკოპული დამზერით ყველა კონტურის სივრცობრივი გამოსახულება, რაც საშუალებას იძლევა ნიადაგების ნიმუშების აღების ადგილები ადვილად იქნეს დატანილი აეროფოტოსურათებზე, ხოლო ამ უკანასკნელიდან გადატანილი იქნეს საგეგმო მასალებზე (რუკებზე, გეგმებზე, ფოტოგეგმებზე და სხვა).

თ ა ვ ი V

ვერტიკალური გადაღება

§ 74. რელიეფი და მისი მნიშვნელობა კოლმუარანობებისა და საბოტო-მუარანობა ბის ტერიტორიის მოწყობის დროს

დედამიწის ზედაპირის ფორმის ნაირსახეობას, რომელიც წარმოდგენილია მთების, გორაკების, ვაკე ადგილების, ხევებისა და სხვათა შეხამებით, რელიეფი ეწოდება. გარკვეული ადგილმდებარეობის რელიეფზე დაკვარებით შეგვიძლია გავიგოთ, რომ ის შექმნილია მრავალგვარი ხაზითა და წერტილით, რომლებიც განლაგებული არიან ურთიერთშორის სხვადასხვანაირად როგორც გეგმურად, ისე სიმაღლის მხრივ.

რელიეფზე, უპირველეს ყოვლისა, ადვილად გამოიხატება ყველაზე მაღალი წერტილი, შემდეგ ორ ფერდობს შორის უმაღლესი წერტილის შემართებელი ხაზი (წყალგამყოფი ხაზი), წყალგამყოფი ხაზიდან ფერდობების მიმართულებებში ბარისაკენ, ყველაზე დაბალი წერტილი ბარში, ხევში და ა. შ. რაც უფრო ნაკლებად განსხვავდებიან სიმაღლეებით დედამიწის ზედაპირის წერტილები და რაც უფრო დამორებული არიან ისინი ერთმანეთისაგან, მით უფრო მშვიდი-

რელიეფი. პირიქით. თუ დედამიწის ზედაპირის წერტილები ახლო არიან ურთი-
კრთშორის განლაგებული და ამავე დროს დიდად განსხვავდებიან სიმაღლე-
ებით, რელიეფი მკვეთრად არის გამოსახული ან, როგორც იტყვიან, რთული
რელიეფია.

სოფლის მეურნეობაში რელიეფს დიდი მნიშვნელობა აქვს, რომელიც აგ-
რონომმა კარგად უნდა შეაფასოს და მისი გამოყენება შეუფარდოს. თავისი
წარმოების მოთხოვნებს.

ხეების შეკმნის პროცესები, ნიადაგების ჩამორეცხვა ფერდობებიდან, და-
ჯობების პროცესები და სხვა ფაქტორები მაგნე ვავლენას ახდენენ სოფლის მე-
ურნეობაზე. ქარსაქავი ზოლების გაშენება, წყალსატევებისა და წყალსაცავების
პოწყობა, ქვიშიანი ადგილებისა და ხეების გატყიანება — ყველა ეს ღონისძი-
ება მჭიდროდ არის დაკავშირებული რელიეფის ზუსტ აღრიცხვასთან.

აგრონომმა განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიაქციოს რელიეფს ბაღე-
ბის, ვენახებისა და საბოსტნე ნაკვეთების შერჩევის საკითხის გადაწყვეტის
დროს. ასეთ შემთხვევებში გათვალისწინებული უნდა იყოს ნაყოფის მოპოვებ
მცენარეულობის სწრაფვა სინათლისაკენ, სითბოსაკენ და მათი უზრუნველყოფა
წყლით. ბაღებისა და ვენახებისათვის არჩეული უნდა იყოს სამხრეთით ან სამ-
ხრეთ-დასავლეთით დახრილი ფერდობები, რომლებიც დაცული იქნებიან
ბრდილოეთის ცივი ქარებისაგან. მაგრამ ფერდობები არ უნდა იყოს დიდი დახ-
რილობის, რათა ადვილად შეიძლებოდეს სარწყავი არხის გაყვანა და ამ ვე-
დროს არ ხდებოდეს ჩამორეცხვა. ბოსტნეულისათვის შერჩეული უნდა იყოს
დადაბლებული, შედარებით ვაკე ადგილები წყალსატევებისა და სხვა წყლის
არტერიების ახლოს, მაგრამ ეს ადგილები არ უნდა იყოს დაჰობებული. აგრო-
ნომმა დიდი გულდასმით უნდა შეისწავლოს იმ ნაკვეთის რელიეფი, რომელიც
ვანკუთენილია ბოსტნეულის ნათესებისათვის. რელიეფის უკეთ შესწავლისა
და გამოყენებისათვის აგრონომი კარგად უნდა გაეცნოს გეგმასა და რუკას, რო-
ბლებზედაც რელიეფი გამოსახულია პორიზონტალობით, ანუ იზოჰიფებით.

§ 75. დედამიწის ზედაპირის წერტილების სიმაღლეებისა და აბსოლუტური განსაზღვრა ნიჰილიდების

ჩვენ უკვე გავეცანით დედამიწის ზედაპირის კონტურების გადაღების
აერხს და მის თარახულ პროექციაში გამოსახვას სიბრტყეზე (ქალაღზე). თა-
რახული გადაღების შედეგად დედამიწის ზედაპირის წერტილები გეგმაზე და-
ტანილია ერთ თარახულ სიბრტყეზე და არ შეგვიძლია ვიმსჯელოთ გადაღებულ
ადგილის რელიეფზე, ე. ი. რამდენად მაღლა ან დაბლა არიან განლაგებული
ურთიერთ შორის დედამიწის ზედაპირის სხვადასხვა წერტილი. ვერტიკალური
ვადლება გულისხმობს დედამიწის ზედაპირის წერტილების შეფარდებითი სი-
მაღლეების განსაზღვრას. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ (§ 7), სიმაღლეები, ანუ
ნიშნულები არსებობს აბსოლუტური და შეფარდებითი (პირობითი). აბსოლუ-
ტური ნიშნულები მიიღება ერთი რომელიმე ზედაპირიდან, მაგალითად, საბჭოთა
კავშირში აბსოლუტური სიმაღლეებს ანგარიშობენ ბალტიის ზღვის დონებრივი
ზედაპირიდან (კონსტანტის ფურტოკის ნულოვანი დანაყოფიდან). დედამი-
წის ყოველ წერტილზე შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ დონებრივი ზედაპირის პა-
რალელური სიბრტყე; ასეთ სიბრტყეზე მოთავსდება ერთი და იგივე აბსოლუ-
ტური სიმაღლის წერტილები. სხვადასხვა სიმაღლის მქონე წერტილებზე გატა-
რებულ სიბრტყეებს შორის მანძილი შეეული მიმართულებით მოგვცემს ამაღ-

ლებას ამავე წერტილებს შორის. ყველა იმ მოქმედების ერთობლიობა დედამიწის ზედაპირზე, რომლის საშუალებებითაც განისაზღვრება სხვადასხვა წერტილს შორის სიმაღლეები ან სიმაღლეთა სხვაობები (ამაღლებები), ნიველირება ეწოდება.

არსებობს ნიველირების წარმოების 5 ხერხი:

1. გეომეტრიული ნიველირება, როდესაც ამაღლებები და სიმაღლეები განისაზღვრებიან თარაზული სხივით.

2. ტრიგონომეტრიული, ანუ გეოდეზიური ნიველირება, როდესაც სიმაღლეები განისაზღვრებიან დახრილი სხივით.

3. ფიზიკური, ანუ ბარომეტრიული ნიველირება, როდესაც სიმაღლეები განისაზღვრება ბარომეტრის ჩვენებით და ეყრდნობა იმ პრინციპს, რომ რაც უფრო მაღლაა წერტილი, მით ნაკლებია ატმოსფეროს წნევა და პირიქით.

4. მექანიკური ნიველირება, როდესაც ამაღლებები ან სიმაღლეები ველზე განისაზღვრებიან სპეციალური მექანიზმების საშუალებით;

5. სტერეოფოტოგრაფიკული ნიველირება, როდესაც წერტილებს შორის სიმაღლეთა სხვაობას ვსაზღვრავთ თვითმფრინვიდან ან აეროფოტოსურათებზე სტერეოსკოპული იარაღების საშუალებით.

აღნიშნული ხუთი ხერხიდან ყველაზე ზუსტი და მარტივი ხერხია გეომეტრიული ნიველირება, რომელიც, თავის მხრივ, კიდევ იყოფა ორ ნაწილად:

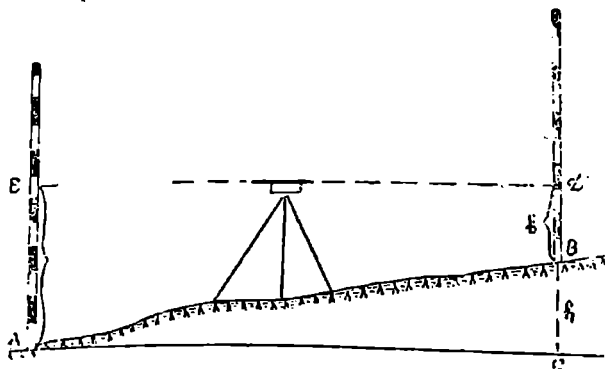
1. პრეციზიული, როდესაც მუშაობას აწარმოებენ განსაკუთრებული იარაღებით და რთული ილეთებით; ასეთი იარაღები უმთავრესად გამოიყენება ე. წ. საყრდენი პუნქტების სიმაღლეების განსაზღვრის დროს;

2. ტექნიკური ნიველირება, როდესაც წერტილების სიმაღლეების განსაზღვრას აწარმოებენ ერთ გარკვეულ უბანზე მოცემული მიმართულებით ვზებისა და სხვა სიგრივი მიმართულების ნაგებობათა აგებისათვის ან მიწის სამუშაოების რაოდენობის გამოანგარიშებისათვის და სხვა.

ჩვენს მიერ განხილული იქნება გეომეტრიული ნიველირება, კერძოდ კი ტექნიკური ნიველირება.

§ 76. გეომეტრიული ნიველირების პრინციპი

გეომეტრიული ნიველირების პრინციპი თარაზული სხივის გამოყენებით მდგომარეობს შემდეგში: დავუშვათ, საჭიროა განისაზღვროს ამაღლება (ნახ. 135) B წერტილისა A წერტილისადმი. ამ მიზნით A და B წერტი-



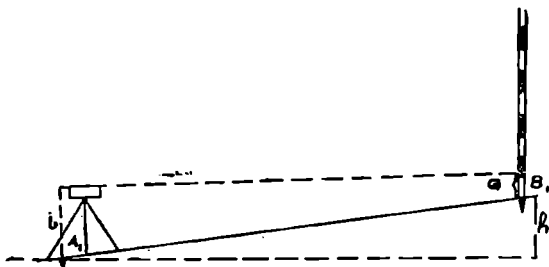
ნახ. 135.

ლებზე ლარტყებს დაყენებენ შვეულად, ხოლო ლარტყებს შორის შუა ადგილას — გეოდეზურ იარაღს — ნიველის, რომლის საშუაერ ღერძს მოიყვანენ. აარაზულ მდგომარეობაში. ნიველირთან მომუშავე ქოგრის საშუერი ღერძით, ანუ თარაზული სხივით დამზერს A და B წერტილებზე მდგარ ლარტყებს. როგორც 135-ე ნახაზიდან ჩანს, A წერტილზე მდგარ ლარტყაზე თარაზული სხივი დაეცემა E წერტილში, რომელიც A წერტილიდან დაშორებული იქნება a დანაყოფთა რიცხვით, ხოლო B წერტილზე მდგარ ლარტყაზე სხივი დაეცემა D წერტილში, რომელიც B წერტილიდან დაშორებული იქნება b დანაყოფთა რიცხვით. ვინაიდან AD მიმართულება თარაზულია, ე. ი. პარალელურია ED სხივისა, ამიტომ ადვილად განისაზღვრება h ამალღება, სააელღობრ.

$$h = a - b. \quad (51)$$

ამრიგად, გეომეტრიული ნიველირების დროს ამალღება უდრის უკანა ლარტყაზე აღებულ ანათვალს მიწუს წინა ლარტყაზე აღებული ანათვალ.

როდესაც ნიველირებას ვაწარმოებთ აღმართისაკენ, მაშინ ანათვალი უკანა ლარტყაზე მერთია. ვიდრე წინა ლარტყაზე და h ამალღება დადებითია, ხოლო



ნახ. 136.

დაღმართის შემთბვევაში, პირიქით, — უარყოფითი. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ორ წერტილს შორის ამალღების განსაზღვრისას არ არის სავალდებულო ნიველირი იმყოფებოდეს ლარტყებთან ერთ წრფეე ხაზზე, მხოლოდ სასურველია მაქიღები ნიველირის დგომის წერტილიდან ლარტყამდე შეიძლებისდაგვარად ტოლი იყოს. ასეთი მეთოდით ამალღების განსაზღვრას ეწოდება ნიველირება შუა ადგილიდან. იგივე გეომეტრიული მოსაზრებიდან გამომდინარე, ორ წერტილს შორის ამალღების განსაზღვრა შეიძლება მიღებულ იქნეს მეორე ხერხითაც. მაგალითად, თუ საჭიროა განისაზღვროს B_1 წერტილის ამალღება A_1 წერტილისადმი (ნახ. 136), საჭიროა A_1 წერტილში დაიდგას ნიველირი, ხოლო B_1 წერტილში — ლარტყა. ნიველირის ქოგრით ლარტყაზე დამზერის შედეგად აიღება a ანათვალი და გაიზომება იარაღის (ნიველირის) i სიმაღლე შვეული მიმართულებით A_1 წერტილში ჩასმულ პალოდან ოკულარის ცენტრამდე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ამალღება განისაზღვრება ტოლობით

$$h = i - a. \quad (52)$$

ასეთი მეთოდით ამალღების განსაზღვრას ეწოდება ნიველირება წინ და ამალღება უდრის ნიველირის სიმაღლეს მიწუს ანათვალი ლარტყაზე. დადებითი ამალღება უჩვენებს აღმართს, ხოლო უარყოფითი — დაღმართს. პრაქტიკაში

დიდი გამოყენება აქვს ნიველირებას შუა ადგილიდან და თითქმის არ გამოიყენება. ნიველირება წინ. ამის მიზეზი ის არაა, რომ ნიველირებას შუა ადგილიდან აქვს გარკვეული უპირატესობა, რაც გამოიხატება შემდეგში: 1. თარაზოს წარმოსახვითი ღერძისა და ჭოგრის საშუალო ღერძს არაპარალელურობა გავლენას არ ახდენს ამალღების განსაზღვრის შედეგზე; 2. დედამიწის სიმრუდისა და რეფრაქციის ერთობლივი გავლენა ბათილდება და შედეგი (ამალღება) განისაზღვრება შეუცდომლად; 3. ერთი დგომის წერტილიდან ორჯერ მეტი მანძილის აღება შეიძლება, ვიდრე ნიველირებით წინ და 4. არ იკარგება დრო ნიველირის დასაყენებლად და მისი სიმაღლის გასაზომად.

§ 77. ნივთიერება ლარტყები

გეოპრობული ნიველირების წარმოების დროს ლარტყების საშუალებით განისაზღვრება საშუალო ღერძის, ანუ თარაზული სხივის ამალღება ლარტყის დგომის წერტილიდან.

ლარტყებს ამალღებენ გამომშრალი ნაძვის ან მურყანის მერქნისაგან, რომელსაც აძლევენ ფიცრის სახეს და მათზე საღებავებით დაიტანენ ხაზოვან დანაყოფებს.

ლარტყების სიგანე დაახლოებით უდრის 10—12 სმ, სისქე — 1—2 სმ და სიმაღლე — 3—4 მეტრს (ნახ. 137). თუ ლარტყა შედგება ერთი ძელაკისაგან, მას მთლიანი ეწოდება. ლარტყები შეიძლება იყოს დასაკეცი და გასაშლელი. დასაკეცია, თუ ის იკეცება სახსარზე, ხოლო გასაშლელია, როდესაც ისინი ერთიმეორეში არიან მოთავსებული ორ ან სამ ნაწილად. 137-ე ნახაზზე მარცხნიდან პირველი ლარტყა მთლიანია, მეორე — დასაკეცი და მესამე — გასაშლელი; დანარჩენი სამი ლარტყა მთლიანია და განკუთვნილია პრეციზიული ნიველირებისათვის.

ლარტყის გლუვ ზედაპირზე დატანილია დანაყოფები მანქანით ან ტრაფარეტით ჭერ ყოველ მეტრზე, შემდეგ დეციმეტრებსა და სანტიმეტრებზე; სანტიმეტრების შეათედები აიღება თვალდათვალ. ლარტყებს საერთო ფონი თეთრია, ხოლო სანტიმეტრიანი დანაყოფები დაიტანება ზეთის საღებავით წითელი და შავი ფერით რუკრიგობით ყოველი ერთი მეტრის შემდეგ.

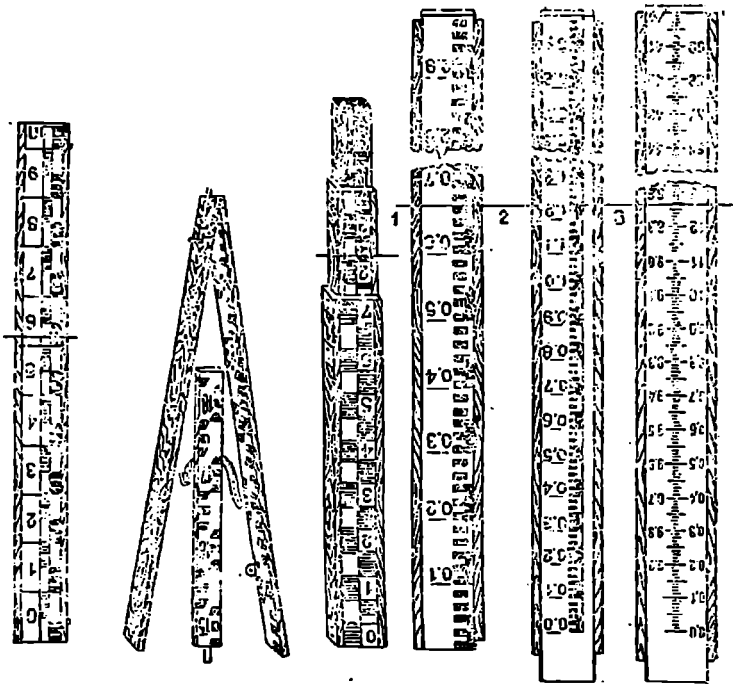
137-ე ნახაზზე ნაჩვენებია ლარტყები და გატარებულია თარაზული ხაზები, რომლებიც შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ ჭოგრის ძაფთა ბადის შუა თარაზულ ძაფად და აღებულია შემდეგი ანათვლები: 0,620 მ; 1,260 მ; 0,670 მ; 1,240 მ და 1,260 მ.

ლარტყების გაშლას აწარმოებენ იმ შემთხვევაში, თუ ადგილი ძალზე დახრილია და ლარტყაზე მოსალოდნელია დიდი ანათვალი. ლარტყების გაშლისას მათი ნაწილები უნდა დამაგრდეს ხრახნებით ისე, რომ დანაყოფების გაგრძელება ხდებოდეს უწყვეტად შეერთების ადგილებში; ამ გარემოებას უნდა მიეკეცეს განსაკუთრებული ყურადღება, ვინაიდან არასწორი შეერთების შედეგად ანათვლებში იქნება საგრძნობი სისტემატური ცდომილება.

ძირითადი, ანუ საყრდენი წერტილების სიმაღლეების მისაღებად ნიველირებას ჩატარების დროს ძირითადად გამოიყენება ორმხრივი სამმეტრიანი ლარტყები. ლარტყის ერთ მხარეზე სანტიმეტრიანი დანაყოფები დატანილია შავი ფერით და მისი ნულოვანი დანაყოფი ემთხვევა ლარტყის ქუსლს (ლარტყის ქვედა საყრდენ წერტილს), ხოლო მეორე მხარეზე სანტიმეტრიანი დანაყოფები დატანილია წითელი ფერით. მაგრამ ერთი ლარტყის ქუსლს ემთხვევა რომელი-

მე დანაყოფი. მაგალითად, 4687 და მეორე ლარტყას კი—4787. ამრიგად, ლარტყების შავ მხარეზე წარწერილია დეციმეტრიანი დანაყოფები 0-დან 30-მდე, ხოლო წითელ მხარეზე — 47-დან 77-მდე და 48-დან 78-მდე. ასეთ ლარტყებს გვერდზე უკეთდებათ მრგვალი თარაზოები ლარტყების შვეულად დაყენებისათვის.

ლარტყებზე დანაყოფების სიზუსტეს დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიველირების დროს მიღებული შედეგებისათვის, ამიტომ სამუშაოების დაწყების წინ



ნახ. 137.

დანაყოფების დატანის სიზუსტე აუცილებლად უნდა შემოწმდეს საკონტროლო სახაზავთან შედარების გზით. ლარტყის ძირი უნდა იყოს მყარი, მოჭედლი და სწორი ქუსლით, რათა ლარტყა კარგად დაიდგას სანიველირო წერტილზე. ლარტყები გადაზიდვისას, შენახვისას და მუშაობის დროს აუცილებლად უნდა იქნეს დაცული ლარტყმის, ტალახის, წვიმისა და სხვა სახის დაზიანებისაგან.

§ 78. ნიველირები

ნიველირები ეწოდება ისეთ იარაღებს, რომელთა საშუალებითაც შეგვიძლია მივიღოთ თარაზული სიბრტყე, ანუ თარაზული სხივი და განვსაზღვროთ ადგილზე თუ რომელი წერტილია მაღლა ან დაბლა.

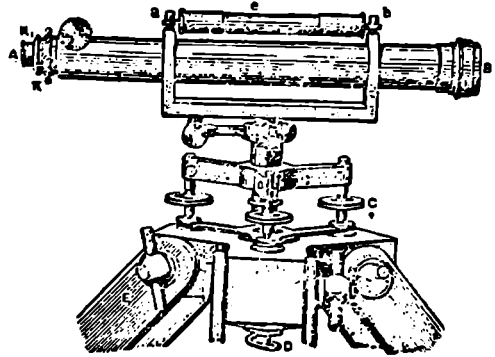
ასეთი იარაღები (ნიველირები) აღჭურვილი არიან სამზერი კოგრებით და ცილინდრული თარაზოთი. ნიველირები თავისი კონსტრუქციებით მრავალი სა-

ხისაა, რომლებიც განსხვავდებიან ცალკეული ნაწილების განლაგებით. 123-ე ნახაზზე წარმოდგენილია პირველი ტიპის ნიველირი, რომელიც ეყრდნობა *E* სამფეხს ამწევი *C* ხრახნებით და დამაგრებულია სამფეხთან ზამბარიანი *D* ხრახნით.

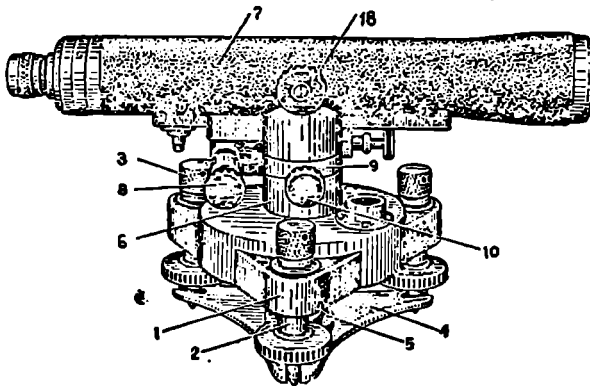
სამუშაოების დაწყებამდე, თარაზული სამზერი სხივის ან თარაზული სიბრ-

ტყის მისაღებად, საჭიროა *C* ამწევი ხრახნებისა და *ab* თარაზოს საშუალებით მოყვანილი იქნეს იარაღი თარაზულ მდგომარეობაში. ამისათვის კოგრს თარაზოთი დააყენებენ ორი ამწევი ხრახნის პარალელურად ისე, როგორც ნაჩვენებია 138-ე ნახაზზე და *ab* თარაზოს *e* ბუშტულას მოიყვანენ შუა ადგილას იმავე ამწევი ხრახნების საშუალებით;

შემდეგ კოგრს თარაზოთი შემობარუნებენ შვეული ლერძის ირგვლივ დაახლოებით 90° -ით და მხოლოდ მესამე ამწევი ხრახნით მოიყვანენ *e* ბუშტულას *ab* თარაზოს შუა ადგილას (ნულ პუნქტში). ამის შემდეგ კიღევ რამ-



ნახ. 138.

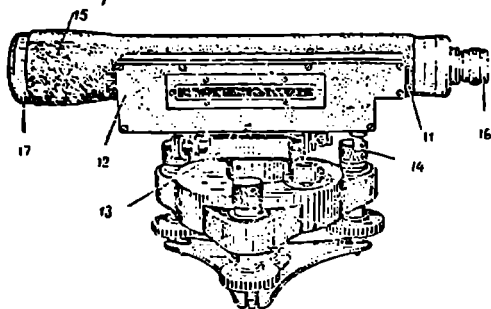


ნახ. 139.

დენამეჯერ (2—3) გაიმეორებენ იმავე მოკმედებას და მიღწევენ ისეთ მდგომარეობას, როდესაც კოგრის სხივისმიერი კუთხით შემობარუნებისას თავის შვეული ლერძის ირგვლივ თარაზოს ბუშტულა დარჩება ისევ შუა ადგილას ან გადაიხრება შუა ადგილიდან არა უტეტეს ორი დანაყოფისა. ნიველირის ასეთ მდგომარეობაში ყოფიან დროს *ab* თარაზოს წარმოდგენითი ლერძი, იარაღის *ED*

შვეული ღერძის ირგვლივ შემობრუნებისას, შემოწერს თარაზულ სიბრტყეს (იარაღის პორიზონტს), რომელიც აერპენდიკულარულია იარაღის შვეული ბრუნვის ღერძისა და პარალელურია კოგრის სამზერი ღერძისა.

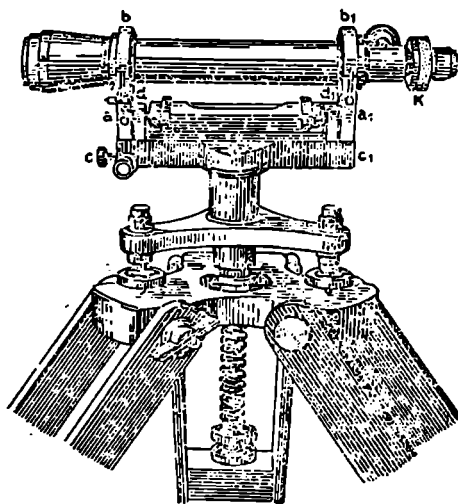
თარაზოს წარმოდგენით ღერძის მდებარეობა დამოკიდებულია a და b ზრახვებზე. რომელთა საშუალებით შეიძლება მისი მოყვანა იარაღის შვეული



ნახ. 140.

ღერძის პერპენდიკულარულ მდგომარეობაში. რაც შეეხება კოგრის სამზერ ღერძს, რომელიც წარმოადგენს ძაფთა ბადის გადაკვეთისა და ობიექტივის ცენტრის შემერთებელ წარმოდგენით ხაზს, მისი მდებარეობის შეცვლა შეიძლება k და k_1 შემასწორებელი ხრახნების

საშუალებით. სხვადასხვა სახის კონსტრუქციის ნიველირებში თარაზოს ღერძსა და სამზერ ღერძს შორის მექანიკური კავშირი და განლაგება მოწყობილია სხვადასხვანაირად, მაგრამ ისე, რომ შეიძლებოდეს მათი შემოწმება და ურთიერთ შორის პარალელურად დაყენება. 139-ე ნახაზზე წარმოდგენილია ახალი საბჭოთა კონსტრუქციის ხშული ნიველირი. ეს სახელწოდება მიეცა მას იმისათვის, რომ კოგრი და თარაზო უშუალოდ არის მიმაგრებული როგორც სადგართან, ისე ურთიერთ შორისაც. ასეთი ნიველირი გამოიყენება ტექნიკური და ზოგჯერ IV კლასის ნიველირების დროსაც, თუ კოგრის გამდიდებლობა იქნება 30 ჯერადი ან მეტი და თარაზოს სიზუსტე 20"



ნახ. 141.

(თარაზოს ერთი დანაყოფი უდრის რკალს, რომლის შემკრავი ცენტრალური კუთხე უდრის 20°). მე-140 ნახაზზე წარმოდგენილია იმავე ნიველირის ხელი, მხოლოდ შკორე ჩხრიდან (მარცხნიდან): 1. ამწევეხრახნებიანი სამუხები; 2. ამწევი ხრახნები; 3. ამწევი ხრახნების სელის მარეგულირებელი მილი; 4. ზამ-

ბარისებური ფირფიტა; 5. ძირითადი ხრახნის მილი; 6. სადგარი; 7. ჭოგრის კორპუსი; 8. ჭოგრის მიკრომეტრული ხრახნი; 9. მიკრომეტრული ხრახნის ჩარჩივი; 10. ჭოგრის დასამაგრებელი ხრახნი; 11. ლუა; 12. თარაზოს კოლოფის სახურავი; 13. სარკე; 14. თარაზოს შემსწორებელი ხრახნი; 15. ჭოგრის ობიექტივის მხარე; 16. ჭოგრის ოკულარი; 17. ობიექტივი; 18. მაფოკუსირებული ლინზის ხრახნი.

არსებობს მეორე ტიპის ნიველირიც, რომლის ჭოგრი არ არის ხშულად დამაგრებული a და a_1 სადგარებთან (ნახ. 141); dc_1 თარაზო მიმაგრებულია სადგარების cc_1 სახაზავზე.

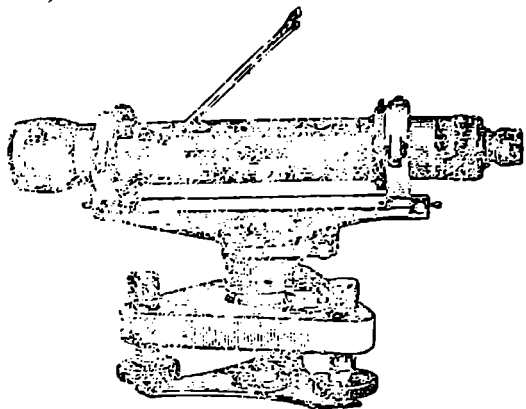
ასეთი ნიველირების ჭოგრი გადაადგილდება სადგარებში და მაგრდება მათზე h_1 შემკვრელებით; ჭოგრის გამდიდებლობა დაახლოებით 30-ჯერადაა და თარაზოს ერთი დანაყოფის სიზუსტე — 15".

ასეთ ნიველირთა ნაკლი იმაში მდგომარეობს, რომ ჭოგრის გადაადგილები-

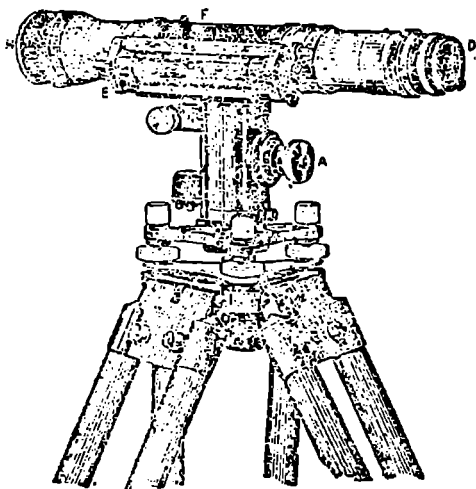
სას სამხერი ღერძი შეიძლება გადაიხაროს თარაზული მდგომარეობიდან და თარაზოს ბუშტულა კი დარჩეს შუაზე, ე. ი. სამხერი ღერძის გადახრას კონტროლს ვერ გაუწევს თარაზო. აღნიშნული ხაკლოვანება აღმოფხვრილია მესამე ტიპის ნიველირებში (ნახ. 142), რომლებშიც თარაზო უშუალოდ ჭოგრთან არის მიმაგრებული და ორივე ერთად გადაადგილდება სადგარებზე.

არსებობს მეოთხე ტიპის ნიველირებიც (ნახ. 143), რომლებსაც თარაზო მოსაყვამელი აქვთ ჭოგრის გვერდზე და შეიძლება მისი გადაადგილება მეორე

გვერდზე ჭოგრთან ერთად. ასეთ ნიველირებს თარაზო ორმხრივი აქვთ და ჭოგ-



ნახ. 142.



ნახ. 143.

რის შემობრუნება ხდება როგორც შეველი (ღერძის), ისე ოპტიკური ღერძის ირგვლივ. ეს კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა გამოირიცხოს ჰოგარის სამზერი ღერძისა და თარაზოს ღერძის არაპარალელურობით გამოწვეული ცდომილება. გარდა აღნიშნულისა, ასეთი სახის ნიველირების ოპტიკა ისეა გაანგარიშებული, რომ ოკულარი და ობიექტივი შეიძლება ადვილად იქნეს ამოღებული თავიანთი ბუდეებთან და გადაენაცვლოთ ადგილები, ე. ი. ოკულარის მოთავსდეს ობიექტივის ბუდეში, ხოლო ობიექტივი — ოკულარის ბუდეში. ობიექტივისა და ოკულარის ასეთი გადაადგილებები საშუალებას იძლევა განმეორებით იქნეს აღებული ანათვლები და დაკულ იქნეს დიდი სიზუსტე. მეოთხე ტიპის ნიველირებს გამოყენება აქვთ პრეციზიული (მაღალი სიზუსტის) ნიველირების ჩატარების დროს.

§ 79. ნიველირების შემოწმება და შესწორება

სანამ ნიველირით მუშაობას დაიწყებდეთ, მანამ ის კარგად უნდა შემოწმდეს და შესწორდეს. შესწორებისას საჭიროა გამოვლინდეს სამზერი ღერძისა და თარაზოს ღერძის ურთიერთპარალელურობა.

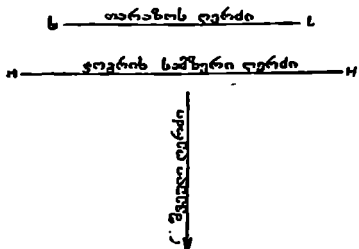
თუ ეს ძირითადი პირობა დაკულ იქნება, მაშინ თარაზოს ბუშტულას შუა ადგილზე მოყვანის შემდეგ ჰოგარის სამზერი ღერძი მიიღებს თარაზულ მდგომარეობას და ამალელები იანგარიშება შეუცდომლად.

144-ე ნახაზზე სქემატურად მოცემულია ნიველირის ძირითადი ნაწილების ნახაზი — ნიველირის შეველი v ღერძი, თარაზოს LL ღერძი და ჰოგარის სამზერი HH ღერძი. ვინაიდან სხვადასხვა ტიპის ნიველირში აღნიშნული ნაწილების დამოკიდებულება ერთმანეთისაგან განსხვავებულია, ამიტომ შემოწმების დროს საჭიროა დაკულ იქნეს ისეთი თანმიმდევრობა, რომ ერთის შესწორებით არ დაირღვეს მეორე.

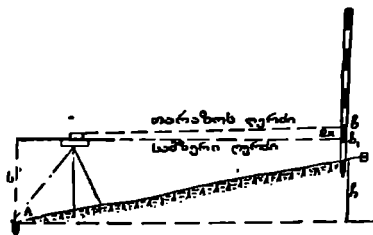
I ტიპის (ხშული) ნიველირის შემოწმება. 1. თარაზოს nb ღერძი პერპენდიკულარული უნდა იყოს იარაღის შეველი eD ღერძისა (ნახ. 138). ამ პირობის შესამოწმებლად საჭიროა ნიველირი მოყვანილ იქნეს თარაზულ მდგომარეობაში მრგვალი ან ცილინდრული თარაზოთი, ისეთი თანმიმდევრობით, როგორც აღწერილია წინა პარაგრაფში. ამის შემდეგ დააყენებენ თარაზოს ერთ-ერთი ამწევი ხრახნის მიმართულებით და ბუშტულას მოიყვანენ იმავე ამწევი ხრახნით შუა ადგილას; შემოაბრუნებენ ჰოგარს თარაზოთი 180° -ით შეველი ღერძის ირგვლივ და თუ თარაზოს ბუშტულა დარჩა ისევ შუა ადგილზე, პირობა შესრულებულია, თუ ჰოგარის 180° -ით შემობრუნების შემდეგ თარაზოს ბუშტულა გადაიხარა შუა ადგილიდან (ნული პუნქტიდან), საჭიროა თარაზოს შესწორება a ხრახნის (ნახ. 138) ამოხრახნით ან ჩახრახნით ისე, რომ თარაზოს ბუშტულა დაბრუნდეს ნული პუნქტისაკენ მთელი გადახრის რკალის ნახევარზე. შეკვლე მოიყვანენ ამწევი ხრახნებით თარაზოს ბუშტულას შუა ადგილას და ისევ იმეორებენ აღწერილ მოქმედებას მანამდე, სანამ ჰოგარის 180° -ით შემობრუნების შემდეგ თარაზოს ბუშტულა დარჩება ყოველთვის ნულ პუნქტში ან გადაიხრება მისგან არა უმეტეს 2 დანაყოფისა. 2. ჰოგარის სამზერი ღერძი პარალელური უნდა იყოს თარაზოს ღერძისა. თუ ეს პირობა არ იქნება შესრულებული. მაშინ თარაზოს ღერძის პერიონტალურ მდგომარეობაში ყოფნის დროს ჰოგარის სამზერი ღერძი გადახრილი იქნება თარაზული მდგომარეობიდან (ნახ. 145); სწორი b ანათვლის ნაცვლად ლარტყაზე მიიღება არასწორი b_1 ანათვალი და B წერტილის ამაღლება A წერტილისადმი გამოანგარიშებული

იქნება შეცდომით. ნახაზიდან ჩანს, რომ ცდომილება პირდაპირპროპორციული მანძილისა და ტოლი მანძილებისათვის ეს ცდომილება ერთნაირი იქნება აბსოლუტური სიდიდით.

აღნიშნული ცდომილება წარმოიქმნება ძაფთა ბადის არასწორი დაყენების შედეგად (ნახ. 138), რომელიც აუცილებლად უნდა იქნეს ჭერ გამოვლინებული და შემდეგ კი შესწორებული k და k_1 ხრახნებით. ქოგარის სამშერი ღერძისა



ნახ. 144.

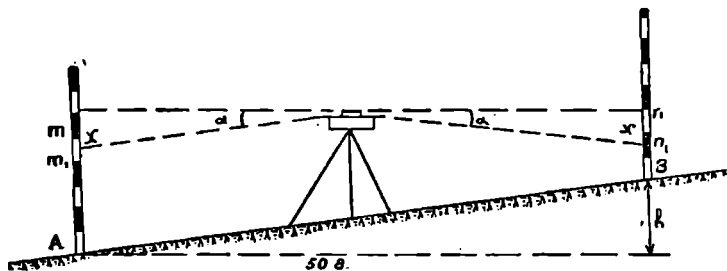


ნახ. 145.

და თარაზოს ღერძის პარალელურობის შესამოწმებლად, შედარებით ვაკე ადგილზე, ერთმანეთისაგან 50 მეტრის დაშორებით აირჩევენ A და B წერტილებს. ამ წერტილებში ჩაასობენ პალოებს მიწის ზედაპირის სისწორეზე და მათზე მოათავსებენ ლარტყებს, ხოლო ნაველირს დააყენებენ ზუსტად AB ხაზის შუა ადგილზე (ნახ. 146).

თუ ქოგარის სამშერი ღერძი თარაზოს ღერძთან კმნის a კუთხეს, მაშინ m და n სწორი ანათვლების ნაცვლად აღებული იქნება m_1 და n_1 არასწორი ანათვლები, რომლებიც შეიცავეთ ერთნაირი სიდიდის ცდომილებას— x ან $m_1 = m - x$ და $n_1 = n - x$.

A და B წერტილებს შორის ზუსტი ამბალება უდრის $h = m - n$. ზუსტად ასევე შეგვიძლია დაწვრიოთ, რომ $h = m - n = m_1 + x - (n_1 + x) = m_1 - n_1 - x = m_1 - n_1$. აქედან ათლად ჩანს, რომ, თუ ნიველირიდან ლარტყებზე მაიძი-



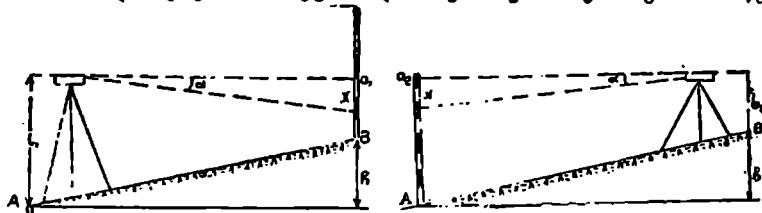
ნახ. 146.

ლეზი, ანუ მხრები ზუსტად იქნებიან ტოლები, მიუხედავად აღნიშნული ღერძის არაპარალელურობისა და არასწორი ანათვლების მიღებისა, კენჭმარიტი ამბალება ტოლი იქნება $h = m_1 - n_1$. ამრიგად, ზუსტად შუა ადგილიდან ნიველირის დროს სწორი ამბალება შეგვიძლია მივიღოთ ლარტყებზე აღებული ანათვლების სხვაობის შედეგად, ვიდაიდან ანათვლებში x ცდომილება ბა-

თილდება. ამ მდგომარეობით შეგვიძლია ვისარგებლოთ და ჩავატაროთ მეორე აბრების შემოწმება.

განსაზღვრავენ რა ამალლებას A და B წერტილებს შორის ზუსტად, AB ხაზის შუა მანძილიდან ნიველირს გადაიტანენ და დააყენებენ A წერტილზე ისე, რომ ოკულარი და A წერტილში ჩასობილი პალო იყოს ერთ შევეულ ხაზზე. ლარტყით გაზომავენ იარაღის i სიმაღლეს პალოდან ოკულარის ცენტრამდე და აიღებენ ანათვალს B წერტილში მოთავსებულ ლარტყაზე, მაგალითად, b_1 (ნახ. 145). $i - b_1 = h_1$ სხვაობა მოგვცენს არასწორ ამალლებას ცდომილებით $2x$ (ვინაიდან ამ შემთხვევაში მანძილი ნიველირიდან ლარტყამდე გაიზარდა ორჯერ), ე. ი. $2x = r_1 - h_1$. განსაზღვრავენ რა ცდომილებას, საჭიროა შეტანილ იქნეს იარაღში შესწორება ძაფთა ბადის გადაადგილებით ისე, რომ ლარტყაზე მიღებულ იქნეს სწორი ანათვალი, ე. ი. ძაფთა ბადე უნდა გადაადგილდეს თავის ბუდეში შევეული მიმართულებით და b_1 მცდარი ანათვალის ნაცვლად მიღებული უნდა იქნეს $b_1 + 2x$ ანათვალი. ეს შემოწმება უნდა განმეორდეს მანამდე, სანამ ცდომილება დაყვანილი არ იქნება ნულამდე ან 1—2 მილიმეტრამდე 50 მეტრის მანძილზე. ასეთ შემოწმებას ორმაგ ნიველირებას უწოდებენ. აღნიშნული შემოწმებისა და შესწორების ჩატარების შემდეგ ნიველირით შეიძლება მუშაობა, მხოლოდ დაცული უნდა იყოს მანძილების ტოლობა ნიველირიდან ლარტყამდე შეძლებისდაგვარად.

სამზერი ღერძისა და თარაზოს ღერძის პარალელურობა შეიძლება შემოწმდეს სხვა ხერხითაც. ოდნავ დახრილ ადგილზე ირჩევენ ორ A და B წერტილს (ნახ. 147), დაახლოებით 50 მეტრ-ს დაშორებით ერთმანეთისაგან. A წერტი-



ნახ. 147.

ლში დააყენებენ ნიველირს, ხოლო B წერტილში — ლარტყას. ლარტყით განსაზღვრავენ ნიველირის i_1 სიმაღლეს პალოდან ოკულარის ცენტრამდე და იღებენ a_1 ანათვალს B წერტილში მდგარ ლარტყაზე. 147-ე ნახაზის მარცხენა ნაწილზე ჩანს, რომ ამალლება

$$h = i_1 + x - a_1. \quad (53)$$

ამის შემდეგ ნიველირი გადააქვთ B წერტილში, ხოლო ლარტყა — A წერტილში და იმეორებენ იმავე მოქმედებას, რის შედეგად მიიღებენ იარაღის i_2 სიმაღლეს და a_2 ანათვალს. იმავე სურათის მარჯვენა ნაწილიდან ჩანს, რომ ამალლება

$$h = a_2 - x - i_2. \quad (54)$$

ამ ორი ტოლობიდან ვიპოვიტ საძიებელ ცდომილებას

$$x = h - i_1 + a_1; \quad (55)$$

$$x = a_2 - i_2 - h. \quad (56)$$

მიღებული გამოსახულებების შეკრებით მივიღებთ

$$x = \frac{h - i_1 + a_1 + a_2 - i_2 - h}{2} = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}, \quad (57)$$

ე. ი. სამზერი ღერძისა და თარაზოს ღერძის არაპარალელურობის შედეგად მიღებული ცდომილება უდრის ლარტყაზე აღებული ანათვლების ნახევარჯამს გამოკლებული იარაღის სიმაღლეთა ნახევარი ჯამი. ამალღების მისაღებად A და B წერტილებს შორის საჭიროა ავილოთ (53) და (54) ტოლობათა ჯამი და მივიღებთ

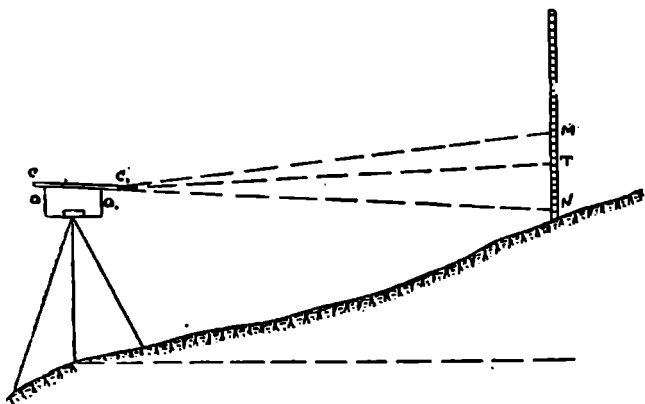
$$h = \frac{a_2 - a_1}{2} + \frac{i_1 - i_2}{2}, \quad (58)$$

ე. ი. სამზერი ღერძისა და თარაზოს ღერძის არაპარალელურობის დროს ამაღლება უდრის ლარტყაზე აღებული ანათვლების ნახევარსხვაობას მიმატებული იარაღის სიმაღლეთა ნახევარსხვაობა. შესწორებისათვის, ე. ი. სამზერა ღერძისა და თარაზოს ღერძის პარალელურობაში მოსაყვანად, საჭიროა გადავადგილოთ ძაფთა ბაღე შევეული მიმართულებით ისე, რომ B წერტილიდან აღებული ანათვლი A წერტილზე მდგარ ლარტყაზე უდრიდეს $a_2 - x$. ეს შემოწმება უნდა შესრულდეს 2—3-ჯერ. ძაფთა ბადის გადაადგილების დროს ყურადღება უნდა მიექცეს იმ გარემოებას, რომ ძაფთა ბადის რგოლი არ შემობრუნდეს თავის სიბრტყეში, რაც გამოიწვევს ბადის შევეული ძაფის გადახრას. ამ შემთხვევის თავიდან ასაცილებლად ჩაპოკიდებენ შევეულს და ნიველირის თარაზულ მდგომარეობაში ყოფნის დროს დამზერენ მის ძაფს. თუ ჭოგრის არეში ძაფთა ბადის შევეული ძაფი მთლიანად არ ემთხვევა შევეულის ძაფს, შემოაბრუნებენ ძაფთა ბადის რგოლს თავის სიბრტყეში ისე, რომ ისინი დაემთხვენ ერთმანეთს და დაამაგრებენ რგოლს ასეთ მდგომარეობაში.

II ტიპის ნიველირის შემოწმება. 1). თარაზოს ღერძი პერპენდიკულარული უნდა იყოს იარაღის შევეული ღერძისა. ეს შემოწმება სრულდება ისე, როგორც I ტიპის ნიველირში. შესწორებას აწარმოებენ თარაზოს შემასწორებელში ხრახნით (ნახ. 141). 2). ჭოგრის სამზერი ღერძი უნდა ემთხვეოდეს ჭოგრის გეომეტრიულ ღერძს (გეომეტრიული ღერძი ეწოდება ჭოგრის ცილინდრის წარმოსახვით ღერძს). ამ პირობის შეუსრულებლობა ჭოგრის ოპტიკური ღერძის ირგვლივ შემობრუნების ან მისი ქვესადგომში გადაადგილების დროს გამოიწვევს სამზერი ღერძის გადახრას და ლარტყაზე აღებულ ანათვალში მოგვეცემს ცდომილებას. შემოწმების შესასრულებლად დამზერენ ჭოგრით რომელიმე წერტილს დაახლოებით 50 მეტრის მანძილზე ისე, რომ ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილი ზუსტად დაემთხვეს ამორჩეულ წერტილს; შემდეგ დაამაგრებენ ნიველირს და ჭოგრას შემოაბრუნებენ ქვესადგომში (ოპტიკური ღერძის ირგვლივ) 180°-ით.

თუ შემობრუნების შედეგად ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილი გადაინაცვლებს ამორჩეული (დამზერილი) წერტილიდან, პირობა არ არის დაცული და საჭიროა მისი შესწორება. შესასწორებლად გადაადგილებენ ძაფთა ბადეს შევეული მიმართულებით მიღებული ცდომილების ნახევარ მანძილზე, რის შემდეგ შემოწმებას ისევ გაიმეორებენ მანამდე, სანამ არ მიღწევენ ძაფთა ბადის გადაკვეთისა და დამზერილი წერტილის დამთხვევას ოპტიკური ღერძის ირგვლივ ჭოგრის 180°-ით შემობრუნების დროს; 3). ჭოგრის a და a_1 სადგარებზე უნდა იყოს ტოლი (ნახ. 141). პირობის შესაპოწმებლად ნიველირიდან და-

ბლოებით 50 მეტრის მანძილზე დააყენებენ ლარტყას (ნახ. 148), მოიყვანენ ნიკელის თარაზულ მდგომარეობაში და დამზერენ ლარტყას. დაეუშვათ, ლარტყაზე მივიღოთ M ანათვალი; გადაიტანენ ჭოგრის სადგარზე, შემოაბრუნებენ ნიველის 180° -ით შეუული ღერძის ირგვლივ, შეასწორობენ თარაზოს და ისევ



ნახ. 148.

დამზერენ ლარტყას. დაეუშვათ, ლარტყაზე აღებული ანათვალი არ დაემთხვა პირველ ანათვალს და მივიღოთ ახალი N ანათვალი, ე. ი. პირობა არ არის დაცულა. ასეთ შემთხვევაში იანგარიშებენ საშუალო T ანათვალს ფორმულით

$$T = \frac{M + N}{2} \quad (59)$$

შესასწორებლად ერთ-ერთ სადგარს აწევენ ან დაწევენ შემასწორებელი ირახნით ისე, რომ თარაზოს ბუშტულას შუა ადგილზე ყოფნის დროს ლარტყაზე მიღებულ იქნეს T ანათვალი. ამ შემოწმებასა და შესწორებას იმეორებენ მანამდე, სანამ ჭოგრის სადგარში გადაადგილების შემდეგ ანათვლების სხვაობა იქნება ნულის ტოლი ან არა უმეტეს 1—2 მილიმეტრისა. აღნიშნული სამი შემოწმების შემდეგ საჭიროა შემოწმდეს ჭოგრის სატაცების დიამეტრების ტოლობა, ე. ი. იმ ab და $a_1 b_1$ რგოლებისა (ნახ. 141), რომლებითაც ჭოგრი აღეგება სადგარზე. სატაცები დიდი სიზუსტით იჩარხება ქარხანაში, მაგრამ მუშაობის პროცესში ისინი ცვდებიან და ნაწილობრივ იცვლიან დიამეტრს. შემოწმება ტარდება საველე პირბრებში ორმაგი ნიველირებით ჭოგრის სადგარში გადატანის გარეშე, ე. ი. მთელ იარაღს წარმოვიდგენთ ისე, როგორც აწეულ ნიველის.

თუ ორმაგი ნიველირების შედეგად მიღებული იქნება ცდომილება, ის 2-ოლიანად გამოწვეულია სატაცების დიამეტრების უტოლობით, რომელთა შესწორება შეიძლება ქარხანაში; შესწორებამდე ასეთი ნიველირით შეიძლება გეშაობა. მხოლოდ ზუსტად უნდა იქნეს დაცული მხრები, ანუ მანძილების ტოლობა ნიველირიდან უკანა და წინა ლარტყებამდე.

III ტიპის ნიველირის შემოწმება. 1. თარაზოს საყრდენების ტოლობა მოწმდება ჭოგრის თარაზოსთან ერთად გადაადგილებით სადგარში. თუ თარაზოს

ბუშტულა გადაიხრება შუა ადგილიდან, მაშინ თარაზოს შემასწორებელი ხრახნით ბუშტულას გადაადგილებენ შუა ადგილისაკენ (ნული პუნქტისაკენ) გადახრის რკალის ნახევარზე; 2. საშხერი ღერძისა და გეომეტრიული ღერძის დამთხვევა მოწმდება და სწორდება ისე, როგორც II ტიპის ნიველირში; 3. კოგრის სადგარის ტოლობა მოწმდება ნიველირის შემობრუნებით 180°-ზე და სწორდება სადგარის სიმაღლის შეცვლით. სატაყების დიამეტრების ტოლობა მოწმდება ისე, როგორც II ტიპის ნიველირებში ორმაგი ნიველირებით.

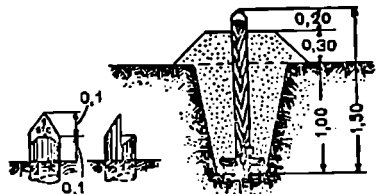
§ 80. ჩამყვანი და მარკები

სანიველირო სამუშაოს აწარმოებენ იმ მიზნით, რომ შემდეგში გამოყენებულ იქნეს ნიველირების შედეგი სხვადასხვა მშენებლობის ან სამეურნეო მიზნისათვის.

სანიველირო სამუშაოს ჩატარებასა და მშენებლობის წარმოებას შორის გადის გარკვეული დრო, რომლის განმავლობაში შენარჩუნებული უნდა იქნეს სანიველირო ნიშნები. სანიველირო წერტილების უკეთ შენარჩუნებისათვის ზოგჯერ მათგანი მაგრდება ადგილზე განსაკუთრებით მყარად, რომელსაც რეპერი ან მარკა ეწოდება.

რეპერად შეიძლება არჩეულ იქნეს ბუნებრივი დიდი ლოდი, რომლის ყველაზე მაღალ წერტილში ჩაეყვანებულა თუჯის მარკა; მარკას დაანიველირებენ, ე. ი. განსაზღვრებენ ნიველირით მის სიმაღლეს, და შემდეგში მრავალი წლის მანძილზე ისარგებლებენ ამ სიმაღლით. სანიველირო სვლა მაგრდება ადგილზე მუდმივი და დროებითი ნიშნებით. მუდმივი ნიშნით დამაგრებას აწარმოებენ: ა) ყველა დასახლებულ პუნქტში — ქალაქში, სოფელში, მსხვილ მეურნეობაში და სხვა; ბ) მნიშვნელოვან ნაგებობაზე — ხილებზე, არხებზე, კაშხალებზე და ცალკეული წარმოების შენობაზე — მეტეოროლოგიურ სადგურებზე, რკინიგზის სადგურებზე, თბსერვატორიებზე და სხვა; გ) ადგილმდებარეობით პროფილის ყველაზე დამახასიათებელ გარდატეხის ადგილზე, პლინარეთა შერთვის ადგილებთან. ხელოვნური და ბუნებრივი დიდი წყალსაცავების მახლობლად და სხვა.

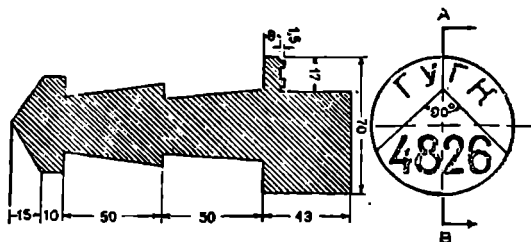
დასახლებულ ადგილებში მუდმივი ნიშნების განლაგების სიზშირე უნდა იყოს არა უმეტესი 5—6 კილომეტრისა, ხოლო ნაკლებად დასახლებულ ადგილებში — არა უმეტესი 10 კილომეტრისა. დამაგრების მიხედვით სანიველირო ნიშნებია: 1) კედლის რეპერები და ნარკები და 2) გრუნტის რეპერები. მარტივი სანუშაოების ჩატარების დროს, როდესაც საინველირო წერტილების განოყვება გათვალისწინებულია მოკლე დროში, დამაგრებას აწარმოებენ დროებითი რეპერით ხის ბოძების სახით (ნახ. 149), რომელიც თავსდება უშუალოდ გრუნტში. კედლის რეპერი ჩამოსხმულია თუჯისაგან (ნახ. 150) და წიაა ნაწილში აქვს ცილინდრული კვეთი, ხოლო უკაია ნაწილში — ჯგარისებური. ცილინდრის ზედა ნაწილი, რომელიც გამოშვერილია კედლიდან 35 მილიმეტრით, გამოიყენება ლარტყის დასადგმელად.



ნახ. 149.

კედლის რეპერი მაგრდება შენობის ან სხვა ნაგებობის, ქვის ან აგურის ნა-

წილში მიწიდან 0,4—0,5 მეტრის სიმაღლეზე. რეპერის დამაგრება უნდა წარმოებდეს იმ ანგარიშით, რომ ნიველირების დროს ლარტყა დაიდგას რეპერზე.

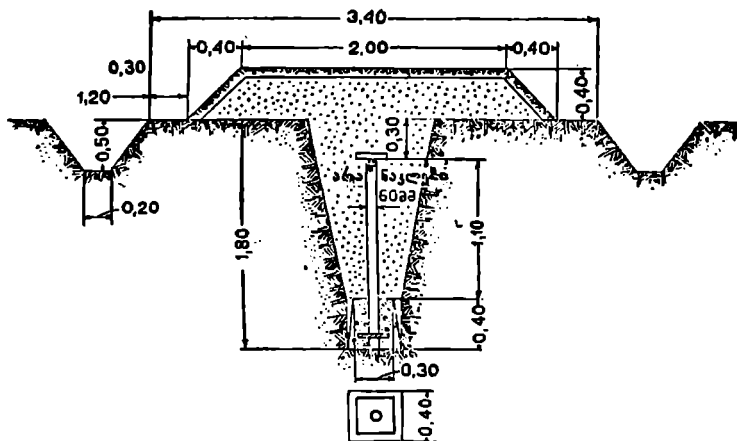


ნახ. 150.

ვერტიკალურად ან ანათვის აღება წარმოებდეს ყოველგვარი დაბრკოლების გარეშე. რეპერის დამაგრების შემდეგ აუცილებლად უნდა იქნეს შედგენილ რეპერის ადგილმდებარების აღწერილობა და ესკიზური ნახაზი.

იმ შემთხვევაში, როდესაც შესაფერისი ნაგებობა არ არის, აკეთებენ გრუნტის რეპერებს (ნახ. 151). გრუნტის რეპერის აგებულება შეიძლება იყოს სხვადასხვა სახის, რაც ძირითადად დამოკიდებულია სამშენებლო მასალაზე.

გრუნტის რეპერის დაყენებისას ყურადღება უნდა მიექცეს ადგილის შერჩევას. არ შეიძლება დაიდგას რეპერი ისეთ ადგილას, რომელსაც მოელის

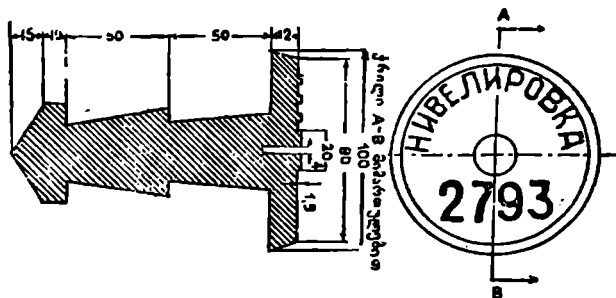


ნახ. 151.

წყლით გადარეცხვა, მეწყერი ან სხვა საშიშროებანი. ყველაზე უფრო მეტი გამოყენება გრუნტის რეპერისათვის აქვს 2,5-მეტრიან რკინიგზის რელსს ან ასეთივე სიგრძის რკინის მილებს. გრუნტის რეპერის ადგილმდებარეობა დაწვრილებით უნდა იყოს აღწერილი და შედგეს მასზე სქემატური გეგმა.

მარკები განსხვავდებიან კედლის რეპერისაგან იმით, რომ ისინი მაგრდებიან კედელთან გათანაბრებულად, რომლის ძირითად წერტილად მიღებულია მარკის ცენტრი (ნახ. 152).

საბჭოთა კავშირში მარკების დიდი ნაწილი მოთავსებული არის რკინიგზის ხადგურების კედლებში, წყალსაწნეე კოშკებსა და ქალაქებში.



ნახ. 152.

ნიველირების სელები აუცილებლად უნდა იყოს მიბმული მარკებზე ან რეპერებზე, ე. ი. უნდა იწყებოდნენ და მთავრდებოდნენ მათზე.

§ 81. ტექნიკური ნიველირების სახეობა

1. მარტივი ნიველირება. თუ საჭიროა განისაზღვროს ამალღება ორ წერტილს შორის, რომლებიც მცირე მანძილით არიან დაშორებული ერთიმეორისაგან, საკმარისია ამ წერტილებს შორის ერთხელ იქნეს დაყენებული ნიველირი ან, როგორც იტყვიან, ერთი სადგურით იქნეს გადაცემული ამალღება საძიებელ წერტილზე და განისაზღვროს მისი სიმაღლე. ასეთ მოქმედებას მარტივი ნიველირება ეწოდება.

2. რთული ნიველირება. თუ ორი *A* და *B* წერტილი, რომელთა შორის უნდა განისაზღვროს ამალღება, განლაგებულია ერთიმეორისაგან დიდ მანძილზე (ნახ. 153), მაშინ მთელი მანძილი იყოფა *AC*, *CD* და ა. შ. პატარა ნაკვეთებად სიგრძით დაახლოებით 200 მეტრაჟდე და შემდეგ თანმიმდევრულად იზომება ამალღება ყოველი მონაკვეთის ბოლოებს შორის. ასეთ მოქმედებას რთული ნიველირება ეწოდება. ნახაზიდან ნათლად ჩანს, რომ *A* და *B* წერტილებს შორის ამალღება ტოლი იქნება ყველა მონაკვეთის ამალღებათა ჯამისა:

$$h = h_1 + h_2 + \dots + h_n = (a_1 - b_1) + (a_2 - b_2) + \dots + (a_n - b_n)$$

$$a_n \quad h = \sum h = \sum a - \sum b, \quad (60)$$

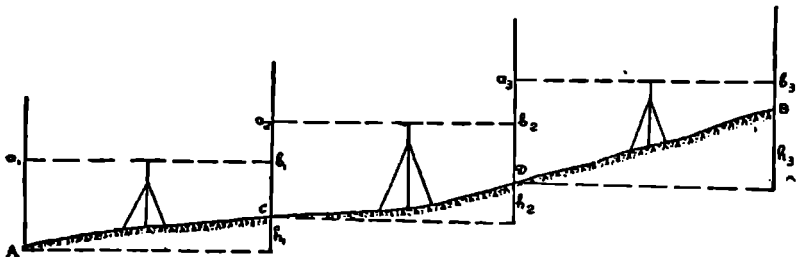
სადაც $\sum a$ არის უკანა ლარტყაზე აღებული ანათვლების ჯამი, ხოლო

$\sum b$ — წინა ლარტყაზე აღებული ანათვლების ჯამი.

ამრიგად, რთული ნიველირების დროს ბოლო წერტილებს შორის ამალღება ტოლია ყველა უკანა ლარტყაზე აღებული ანათვლების ჯამს გამოკლებული ყველა წინა ლარტყაზე აღებული ანათვლების ჯამი.

3. გრძივი ნიველირება. თუ რთული ნიველირება ტარდება წინასწარ დანიშნული მიმართულებით (სწორი, ტეხილი ან მრუდხაზოვანი), მაშინ ასეთ ნიველირებას გრძივი ეწოდება. ამ ნიველირებას აწარმოებენ გზების, არხებისა და სხვა გრძივი ნაგებობების ღერძის მიმართულებით.

4. განივი ნიველირება. იგი ტარდება გრძივი ნიველირების ღერძის პერპენდიკულარულად; მისი საშუალებით განისაზღვრება მიწის ზედაპირის ვიწრო ზოლის რელიეფის დახასიათება, რომელიც განკუთვნილია ნაგებობისათვის, მაგალითად. გზისათვის. გრძივიდან განივი ნიველირების შედეგების საფუძველზე იან-



ნახ. 153.

ვარიშება გზის გაყვანისათვის საჭირო მოცულობის მიწის სამუშაოები (ჭრილები და ყრილები).

5. ფართობის ნიველირება. მას აწარმოებენ მიწის ზედაპირის გარკვეული ნაწილის განსაზღვრისათვის, დამახასიათებელი წერტილების სიმაღლეების განსაზღვრისა და რელიეფის განოხაზვისათვის. ნიველირება წარმოებს სამელორატო მიზნებისათვის, სარწყავების ან კაობების დაშრობისათვის და სხვ.

§ 82. გრძივი ნიველირება და მოსახადადგავალი საშუალოები

გრძივი ნიველირების დაწყებამდე საჭიროა სანიველირო მიმართულების ღერძის მოპზადება; რაც ნიშნავს ადგილზე დასანიველირებელი წერტილების აღნიშვნას პალოებით ან, როგორც იტყვიან, პიკეტაჟის ჩატარებას. პიკეტაჟის ჩატარება შეიცავს შემდეგ სამუშაოებს: 1. დასანიველირებელი ღერძის დასარეკას; 2. ღერძის მიმართულების შეცვლის ადგილებზე მრუდების დაკვალვას და 3. ფოლადის ბაფთით მანძილების გაზომვას ყოველი 100 მეტრის მანძილზე და მათ აღნიშვნას, ე. ი. პიკეტების * ჩანმასა და ღერძის მიმართულებით გარდატეხის წერტილების აღნიშვნას პალოებით და დარაჯულებით. დარაჯულაზე აღინიშნება პიკეტის რიგითი ნომერი ღერძის საწყისიდან. ღერძის მიმართულებით ყველა დამახასიათებელი გარდატეხის ადგილები, ნაკადულების ან მდინარეების ყიდეები და გზების გადაკვეთის ადგილები ასევე აღინიშნებიან პალოებით და დარაჯულებით. რომლებსაც საპლუსო წერტილები ეწოდებათ. ეს სახელწოდება წარმოშობილია მათი დანომრებით, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ დარაჯულაზე აღინიშნავენ განკლილი პიკეტის ნომერს წილადის მრიცხველის სახით და ზაზის ქვევით — მნიშვნელში აღნიშნავენ ამ პიკეტიდან განვლილ მანძილს პალოვდე პლუს ნიშნით. მაგალითად, შორისული წერტილი, რომელიც იმყოფება 32 მეტრზე № 12 პიკეტიდან, აღინიშნება ასე: $\frac{12}{+32}$. ასეთი დანომრების შედეგად საპლუსო და პიკეტების წერტილების დაშორება ღერძის საწყისიდან

* „პიკეტი“ ნიშნავს ასმეტრთან მონაკვეთს ორ წერტილს შორის, მაგ. მ: მამე ტერმინს შორად ბმარობენ იმ წერტილებისათვის, რომლებიც აღნიშნავენ ასმეტრიანი მონაკვეთის საწყისსა და ბოლოს.

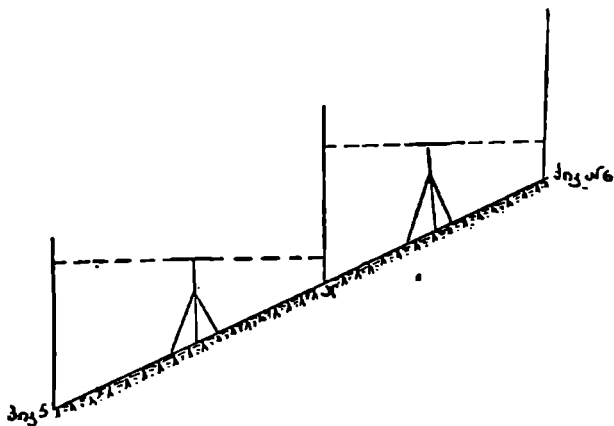
ყისიდან განისაზღვრება ძალიან ადვილად. მაგალითად, საპლუსო წერტილის

$$-16$$

$$-16$$

$$+76$$

და საპლუსო წერტილი აღნიშნული უნდა იყოს მიწაზე თარაზულ გეგმილში; ამისათვის, თუ დახრილობა ადგილზე აღემატება 5 გრადუსს, გაზომილ მანძილში უნდა იყოს შეტანილი შესწორება. არის შემთხვევები, როდესაც ორ პიკეტ-შორის ნიველირის ერთი დგომით შეუძლებელია ამალღების განსაზღვრა, რაც გამოწვეულია ადგილის დიდი დახრილობით (ნახ. 154). ასეთ შემთხვევაში. მაგალითად, პიკეტ № 6 დასაკავშირებლად გამოიყენებენ დამატებით X წერტილს, რომელსაც საიქსო წერტილი ეწოდება. ვინაიდან საიქსო წერტილი მონა-



ნახ. 154.

წილეობას ღებულობს სიმაღლის გადაცემაში, ამიტომ საჭიროა მისი აღნიშვნა პალოთი ისე, როგორც პიკეტის ან საპლუსო წერტილისათვის. პიკეტაჟის წარმოების დროს შევსებული უნდა იქნეს საპიკეტაჟო ჟურნალი (ნახ. 155), რომელიც კეთდება მილიმეტრიან ქაღალდზე ზომით 10×15 სმ. საპიკეტაჟო ჟურნალში მარჯვნივ და მარცხნივ, 100 მეტრის მანძილზე, თვალზომური აგეგმვიო დატანილი უნდა იქნეს ყველა კონტური სათანადო პირობითი ნიშნით და განმარტებითი წარწერებით. ღერძის მიმართულებაზე დაიტანება პიკეტების ნომრები და ყველა საპლუსო წერტილი. თუ დაპიკეტებას და ნიველირებას აწარმოებს სხვადასხვა სპეციალისტი, მათინ დამპიკეტებელი გადასცემს საპიკეტაჟო ჟურნალს ნიველირზე მომუშავეს და ეს უკანასკნელი ადვილად იპოვის ყველა იმ წერტილს, რომლებიც უნდა დანიველირდეს.

ნიველირების ჩატარების შემდეგ მიწის საშუაოების წარმოების დროს ღერძის მიმართულებით დატანილი პალოები იკარგება, ამისათვის ყოველგვარი მოულოდნელობის თავიდან ასაცილებლად და საჭირო შემთხვევაში პიკეტის აღსადგენად საპიკეტაჟო ჟურნალი შენახული უნდა იყოს. პიკეტაჟის დამთავრების შემდეგ იწყებენ გრძივი ნიველირების წარმოებას. დააყენებენ ნიველირს ორ პიკეტს შორის დაახლოებით მათ შემაერთებელ წრფეზე ხაზზე ისე. რომ მან-

ქილი ნიველირიდან პიკეტაჲმდე იყოს თანაბარი (განსხუაჲება მანძილებში არ უნდა აღემატებოდეს 3—4 მეტრს); მოიყვანენ სიველირს თარაზულ მდგომარეობაში და თანმიმდევრობით იღებენ ანათვლებს უკანა და წინა ლარტყებზე. ყოველ ანათვალს ალებს წინ უნდა შემოწმდეს თარაზოს ბუშტულას მდგომარეობა. თუ ბუშტულა გადაიხარა ნული პუნქტიდან, საპიროა მისი შუა ადგილას მოყვანა ერთ-ერთი ამწვევი ხრახნის საშუალებით. ანათვლების ალება წარმოებს შემდეგი თანმიმდევრობით:

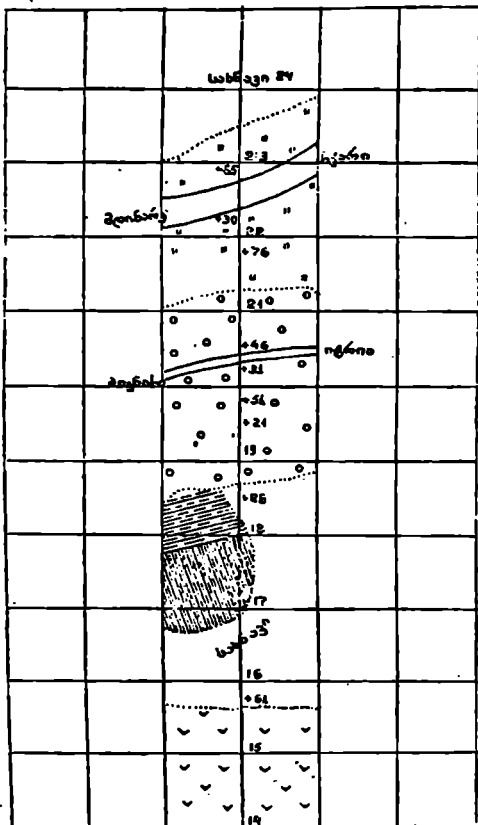
1. ორმხრივი ლარტყებისათვის: 1. ანათვალი უკანა ლარტყის შავ მხარეზე;
2. ანათვალი წინა ლარტყის შავ მხარეზე; 3. კოგრი გადაიტანება სადგარში (11

ტიპის ნიველირებისათვის); 4. ანათვალი წინა ლარტყის წითელ მხარეზე; 5. ანათვალი უკანა ლარტყის წითელ მხარეზე.

ii. ერთმხრივი ლარტყებისათვის: 1. ანათვალი უკანა ლარტყაზე; 2. ანათვალი წინა ლარტყაზე; 3. იცვლება იარაღის სიმაღლე არანაკლები 10 სანტიმეტრისა და კოგრი გადაიტანება სადგარში; 4. ანათვალი წინა ლარტყაზე; 5. ანათვალი უკანა ლარტყაზე.

ნიველირების დროს. აღებული ანათვლების შედეგები იწერება საეციალურ ტურნალში, რომლის ნიმუში მოყვანილია 144-ე და 145-ე გვერდებზე.

პიკეტაჲის ჩატარების დროს ყველა აღნიშნული წერტილი უნდა იქნეს დანიველირებული. ღერძის მიმართულებით ნიველირება წარმოებს აუცილებლად ორჯერ ან დამოუკიდებლად მომუშავე სპეციალისტების მიერ, ან ერთი და იმავე სპეციალისტის მიერ პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით.



ნახ. 155.

შორისული, ანუ საპლუსო წერტილებზე ანათვლები იღება ერთჯერ. თუ მუშაობა წარმოებს ორმხრივი ლარტყებით — ლარტყების შავ მხარეზე, ხოლო, თუ მუშაობა წარმოებს ერთმხრივი ლარტყებით — იარაღის მეორე ჰორიზონტის დროს.

ნიველირების შედეგად იანგარიშება ყველა პიკეტი. შორისული და რეპე-
რის აბსოლუტური სიმაღლეები.

ყველა სადგურზე, იარაღის მოხსნამდე, საჭიროა დავრწმუნდეთ, დაცულია
თუ არა ორჯერ დამზერილი და აღებული ანათვლების სხვაობის შედეგად მი-
ღებულ აშადლებათა ურთიერთშეთანხმება, რომლებიც არ უნდა განსხვავდებ-
ოდნენ 3—4 მმ-ზე მეტით. თუ სხვაობა აღემატება აღნიშნულ ზღვარს. ნივე-
ლირება უნდა განმეორდეს.

§ 83. პორიზონტის მეთოდი. სპლანის გაწონასწორება

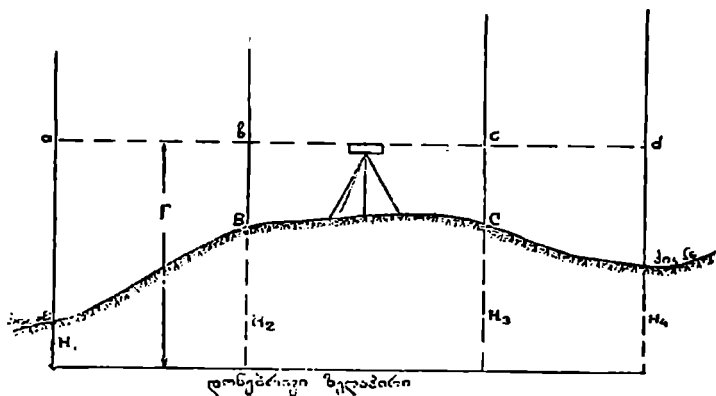
შორისული წერტილების აბსოლუტური სიმაღლეების (ნიშნულების)
კამოსაანგარიშებლად (განსაკუთრებით, თუ ხშირია შორისული წერტილების
რაოდენობა) გამოიყენება პორიზონტის მეთოდი.

დაეუშვათ, ნიველირების წარმოების დროს (ნახ. 156) პიკეტ № 5-ზე ანათ-
ვალი იყო a და პიკეტ № 6-ზე — d , მაშინ იარაღის პორიზონტი $I' = H_1 + a =$
 $= H_4 + d$. H და C წერტილების აბსოლუტური სიმაღლეების ზისაღებად საკ-
მარისია იარაღის პორიზონტს გამოვავლოთ შესაბამისი ანათვლები აღებული
 B და C წერტილებში დაყენებულ ლარტყებზე, ე. ი.

$$\left. \begin{aligned} H_2 &= I' - b \\ H_3 &= I' - c \end{aligned} \right\} \quad (61)$$

ამრიგად, შორისული წერტილის ნიშნულის მისაღებად უკანა ან წინა პი-
კეტის ნიშნულს უნდა დაეუმატოთ მასზე აღებული ანათვალი და მიღებულ
შედეგს (იარაღის პორიზონტს) გამოვავლოთ შორისულ წერტილზე აღებული
ანათვალი.

ნიველირების სვლის დამთავრების შემდეგ საჭიროა დავრწმუნდეთ მის სის-
წორეში. ე. ი. ჩატარებული სამუშაო აკმაყოფილებს თუ არა მისაღმი წაყენე-



ნახ. 156.

ბულ მითხოვნებს. როგორც უკვე იყო აღნიშნული, ნიველირება უნდა ჩატარ-
დეს ორჯერ — პირდაპირი და შებრუნებული მიმართულებით, რაც საშუალებ-
ას იძლევა კონტროლი გაეწიოს ჩატარებული სამუშაოს სისწორეს და თავიდან
იქნეს აცილებული უხეში ცდომილებები.

მოუხდავად ასეთი ღონისძიებების ჩატარებისა, ყოველგვარი ნიველირების სელაში ადგილი ექნება ცლომილებათა ნაწილობრივ დაგროვებას. მაგალითად, თუ ნიველირება წარმოებდა შეკრული პოლიგონის სვლით, მაშინ

გრძივი ნიველირების ფურნალი ჩატარებული № 26 რეპერიდან № 27 რეპერამდე

| პ.წ. | | ანათვლები | | | ამაღლებები | | | იარაღის პერიზონტი | ნიშნულები |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|---------|------------|-------------------|-----------|
| სადავლები | წერტილები | ეკანა | წინა | შორისული | გ.შანგ. რიგბული | საშუალო | შესწორებულ | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | Rp 26 | 276 | | | -1064 | | | | 121.822 |
| | 1 | 254 | 1340 13:0 | | -1066 | -1065 | | | |
| 2 | 1 | 4:5 | | | -1352 | | | | 120.257 |
| | 2 | 411 | 1797 17:3 | | -1352 | -1352 | | | 118.905 |
| 3 | 2 | 1239 1218 | | | +1011 | | | 120.123 | 118.905 |
| | 3 | | 223 2:0 | 17.7 1800 | +1009 | +1010 | | | |
| | 2+30 2+75 | | | | | | | | |
| 4 | 3 | 679 654 | | | -592 | | | | 119.915 |
| | 4 | | 1265 1:44 | | -590 | -591 | | | |
| 5 | 4 | 210 189 | | | -1583 | | | | |
| | 5 | | 1799 1772 | | -1589 | -1588 | | | |
| 6 | 5 | 654 635 | | -936 | -936 | -936 | | | |
| | 6 | | 1590 1671 | | -936 | | | | |
| | 6 | 1341 1320 | | | +883 | | | | |
| | | | 458 437 | | +883 | +883 | | | |
| 8 | 7 | 1125 1301 | | | +1656 | | | | |
| | 8 | | 289 2:4 | | +1657 | +1656.5 | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|---|---|---------|
| 9 | 8 | 1293 1913 | | | +850 | +849.5 | | | |
| | 9 | | 443 464 | | +849 | | | | |
| 10 | 9 | 215 234 | | | -1123 | 1127 | | | |
| | 10 | | 1343 1360 | | -1126 | | | | |
| 11 | 10 | 185 164 | | | -1728 | -1728 | | | |
| | 11 | | 1913 1892 | | -1728 | | | | |
| 12 | 11 | 1490 1411 | | | +668 | +668 | | | |
| | 12 | | 762 738 | | +668 | | | | |
| 13 | 12 | 1247 1268 | | | +906 +903 | +907 | | | |
| | 13 | | 341 360 | 1215 1978 | | | | | |
| | 12+40 12+60 | | | | | | | | |
| 14 | 13 | 1789 1768 | | | +1518 | +1518 | | | |
| | Rp 27 | | 271 250 | | +1518 | | | | 120.424 |
| | სულ | 25652 | 27432 | | -1760 | -890 | | | |

საწყისი წერტილიდან გადაცემული სიმაღლეებით ისევ საწყის წერტილში დაბრუნებისას მიღებული უნდა იქნეს იგივე სიმაღლე; სინამდვილეში კი მიიღება ნაწილობრივ განსხვავებული სიმაღლე, ე. ი. მიიღება შეუსაბამობა ნიველირების სელაში. ამრიგად, ნიველირების შეკრულ პოლიგონში ამაღლებათა თეორიული ჯამი უდრის ნულს, პრაქტიკულად კი ნულის ნაცვლად მიიღება შეუსაბამობა. თუ ნიველირება წარმოებდა ორ საყრდენ წერტილს (რეპერები და მარკები) შორის, რომელთა სიმაღლეები, ანუ ნიშნულები ცნობილია, მაშინ ნიველირების სელის ჩატარების შედეგად მიღებულ ამაღლებათა ჯამი ტოლი უნდა იყოს საყრდენი წერტილების ნიშნულების სხვაობისა, რაც პრაქტიკაში ნაწილობრივ ვერ სრულდება. ტექნიკური ნიველირების (გრძივი ნიველირების) ჩატარების დროს, დასაშვები ცდომილება შეუსაბამობისას არ უნდა აღემატებოდეს $\pm 30\sqrt{L}$ მილიმეტრს, სადაც L წარმოადგენს სელის სიგრძეს გამოსა-

ხელს კილომეტრებში. მაგალითად, თუ ნიველირების სვლის სიგრძე 4 კილომეტრია, მაშინ დასაშვები ცდომილება $f_{\pm} = \pm 50\sqrt{L} = \pm 30\sqrt{4} = \pm 60$ მილიმეტრს.

თუ ნიველირების სვლაში შეუსაბამობა აღემატება ზღვარს, $\pm 50\sqrt{L}$, მაშინ ნიველირება უნდა განმეორდეს, ხოლო, თუ შეუსაბამობა უდრის ან ნაკლებია აღნიშნულ ზღვარზე, მაშინ უნდა მოხდეს სვლის გაწონასწორება. გაწონასწორება ნიშნავს მიღებულ ამაღლებებში შესწორებების შეტანას, სადაც გათვალისწინებულია ძირითადი წესი: შესწორებათა ჯამი ტოლი უნდა იყოს შეუსაბამობისა აღებულ სიღრმეებში შესწორებული ნიშნით.

შესწორებები ამაღლებაში შეიტანება 1 მილიმეტრამდე დამრგვალებით და ყველა წერტილზე თანაბრად (ცინაიდან პიკეტები თანაბარი მანძილებით არიან დაშორებული). თუ ამაღლებათა რიცხვი მეტია, ვიდრე შეუბმელობით მიღებული მილიმეტრების რიცხვი, მაშინ შესწორებები შეიტანება ნებისმიერ ამაღლებაში. მაგალითად, ამაღლებათა რიცხვია 23 და შეუბმელობა კი უდრის +8 მილიმეტრს, მაშინ შესწორებას მიიღებს ნებისმიერი 8 ამაღლება, თვითუღიერთ მილიმეტრს უარყოფითი ნიშნით.

§ 84. პროფილის აგება. ქანოვანი. დაპროექტება პროფილზე

ნიველირების სვლის გაწონასწორების შემდეგ მიღებული ნიშნულებით აიკება პროფილი. პროფილის აგება ხდება შემდეგნაირად: მილიმეტროვან ქალღღზე გაატარებენ სწორ ხაზს და მიღებულ მასშტაბში გადაზომავენ მასზე თარაზულ გეგმის მანძილებს პიკეტებსა და შორისულ წერტილებს შორის. შემდეგ ყველა ამ წერტილიდან აღმართავენ გატარებული სწორი ხაზის პერპენდიკულარულ მიმართულებებს, რომლებზედაც გადაზომავენ გამოანგარიშებულ ნიშნულებს უფრო მსხვილ მასშტაბში, ვიდრე თარაზული მიმართულებით იყო არჩეული (მაგალითად, 10-ჯერ მსხვილ მასშტაბში). პერპენდიკულარულ მიმართულებაზე გადაზომილი წერტილების შეერთება მოგვცემს პროფილის გამოსახულებას. თუ ნიშნულები დიდებია, მათ წინასწარ გამოაკლებენ ერთი და იმავე რიცხვის მეტრებს, რითაც პროფილის ფორმა არ შეიცვლება და ნახაზი უფრო კომპაქტური იქნება.

დედამიწის ზედაპირზე ყოველგვარი საინჟინრო ნაგებობა იწვევს ბუნებრივი პროფილის შეცვლას, ე. ი. იქმნება ხელოვნური პროფილი. იმ ხელოვნურად შესაქმნელი პროფილის ხაზს, რომელიც საინჟინრო საშუალების შედეგად შეცვლის ადგილზე არსებული ბუნებრივი პროფილის ხაზს, საპროექტო ხაზი ეწოდება.

საპროექტო ხაზის ასაგებად ნათელი წარმოდგენა უნდა გვქონდეს ე. წ. ქანობებზე. რელიეფის ყველა ფორმა განისაზღვრება მრუდე და დახრილი ხაზებით, რომლებსაც დაქანებები ეწოდებათ. პრაქტიკული მიზნებისათვის საჭიროა ვიცოდეთ დაქანების ციკაობება, რომელიც გამოისახება ან დახრილობის კუთხით ან, განსაკუთრებით საინჟინრო პრაქტიკაში ქანობით. AB ხაზის (ნახ. 157) i ქანობი წარმოადგენს ამ ხაზის ბოლოებს შორის h ამაღლების შეფარდებას მის თარაზულ d გეგვილთან, ე. ი.

$$i = \frac{h}{d}. \quad (62)$$

ვინაიდან ამალღება უდრის ხაზის ბოლოების ნიშნულების სხვაობას ($h = H_2 - H_1$), ამიტომ ქანობი შეიძლება გამოისახოს ფორმულით

$$i = \frac{H_2 - H_1}{d} \quad (63)$$

ქანობი განყენებული რიცხვია და გეომეტრიული თვალსაზრისით წარმოადგენს მოცემული ხაზის დახრილობის კუთხის ტანგენსს

$$i = \operatorname{tg} \alpha. \quad (64)$$

თუ ადგილმდებარეობა მოცემული ხაზის მიმართულებით დაბლდება, მაშინ ამალღება და ქანობიც უარყოფითია და პირიქით.

ქანობს გამოსახავენ ათწილადებში, მაგალითად 0,012. საგზაო მშენებლობის პრაქტიკაში ქანობს გამოსახავენ სამი ნიშნის ერთეულში მძიმის შემდეგ და აღნიშნავენ ‰ სიმბოლოთი, მაგალითად, ნაცვლად 0,012-ისა წერენ 12 ‰ .

ფორმულიდან (63) დავწერთ

$$H_2 = H_1 + id. \quad (65)$$

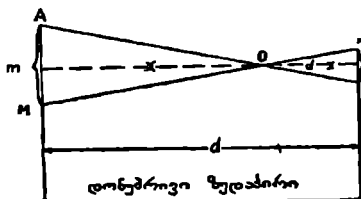
ე. ი. ბოლო წერტილის სიმაღლე (ნიშნული) უდრის საწყისი წერტილის სიმაღლეს მიმატებული ქანობისა და ხაზის თარაზული გეგმილის ნამრავლი. ამ ფორმულით იანგარიშება საპროექტო ხაზის ნიშნულები ყველა პიკეტისა და შორისული წერტილისათვის.

საპროექტო ხაზის ნიშნულები პროფილზე იწერება წითელი ფერის ტუშით. ამიტომ მათ წითელ ნიშნულებს უწოდებენ. პროფილის ბუნებრივი წერტილები იწერება შავი ფერის ტუშით (შავი ნიშნულები). მიწის სამუშაოების მოცულობის განსაზღვრისათვის იანგარიშებენ სხვაობას წითელსა და შავ ნიშნულს შორის. მიღებული სხვაობა განსაზღვრავს კრილს ან ყრილს და მას მუშა ნიშნული ეწოდება. საპროექტო ხაზის გადაკვეთის წერტილს ბუნებრივი პროფილის ხაზთან გადასასვლელი ან ნულოვანი წერტილი ეწოდება. დაეუშვათ, AB



ნახ. 157.

მიმართულება (ნახ. 158) ბუნებრივი პროფილის ხაზია ორ მერობელ პიკეტს შორის, ხოლო MN საპროექტო ხაზია იმავე პიკეტებს შორის. ღერძზე ნულოვანი O წერტილის მდებარეობის ზუსტად განსაზღვრისათვის საჭიროა ვანისაზღვროს მანძილი Δ პიკეტიდან O წერტილამდე. AOM და NOB სამკუთხედებში AM და NB ფუძეები, რომლებიც შესაბამისად აღნიშნულია m და n



ნახ. 158.

ასობით, წარმოადგენენ მუშა ნიშნულებს. ამ სამკუთხედების მსგავსებიდან თუ საძიებელ მანძილს აღნიშნავთ x -ით, ხოლო პიკეტებს შორის მანძილს — d -თი, დავწერთ:

$$\frac{x}{m} = \frac{d-x}{n}$$

$$x = \frac{md}{m+n}$$

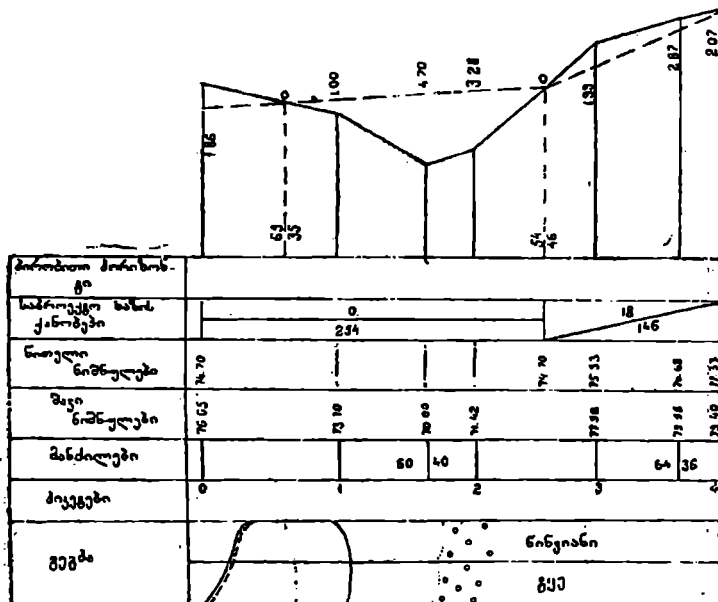
დაეუშვათ, $m=2,90$ მ, $n=2,02$ მ და $d=100$ მ, მაშინ

$$x = \frac{100 \cdot 2,90}{2,90 + 2,02} = 58,94 \text{ მეტრს და } d - x = 41,06 \text{ მეტრს.}$$

ასეთივე წესით იანგარიშება ნულოვანი წერტილის მდებარეობა, თუ ის მოთავე-სებულა შორისულ წერტილებს შორის. პროფილზე დაიტანება როგორც ყველა გაზომილი, ისე საპროექტო მონაცემები (ნახ. 159).

ყველა ნიშნული პროფილზე დაწერისას უნდა დამრგვალდეს 0,01 მეტრამდე. ყრილის გამომსახველი ნიშნული იწერება საპროექტო ხაზის ზევით, ხოლო კრილის — საპროექტო ხაზის ქვევით.

გრძივი პროფილის გამარტივებული სქემა მოყვანილია 159-ე ნახაზზე, სადაც საპროექტო ხაზი გატარებულია წყვეტილით. 144-ე და 145-ე გვერდებზე



ნახ. 159.

მოყვანილია გრძივი ნიველირების სკლა, ჩატარებული ორ რეპერს შორის. შემდეგი პრაქტიკული სამუშაოების ჩასატარებლად:

1. გააწონასწორეთ სკლა და იანგარიშეთ ყველა პიკეტის ნიშნული;
2. იანგარიშეთ შორისული წერტილების ნიშნულები პორიზონტის ხერხით;
3. შეადგინეთ გრძივი პროფილი მასშტაბში: პორიზონტალური 1:5000, ვერტიკალური 1:200;

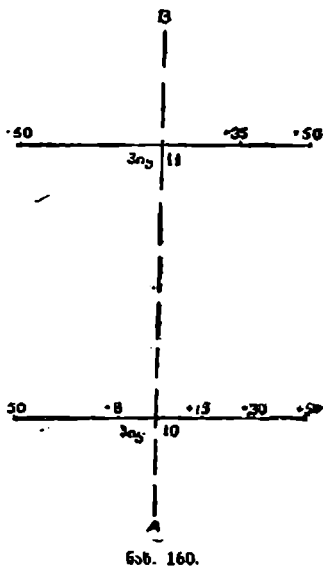
4. ავეთ საპროექტო ხაზი შემდეგი მონაცემებით: ა) № 26 რეპერის მიწის ზედაპირიდან (რეპერის ზედაპირი მალაა მიწის ზედაპირიდან 0,2 მეტრით) № 9 პიკეტაჟზე; ბ) პიკეტი № 9-დან № 13-მდე ქანობით +0,002.

§ 85. განივი ნიველირება (განივიანი)

როდესაც ნიველირებას ატარებენ გზის ან არხის მშენებლობისათვის, მაშინ გრძივი ნიველირების ღერძზე განსაზღვრული სიმაღლეები არ არის საკმარისი და აწარმოებენ დამატებით განივ ნიველირებას, ანუ განივებს, რომლებიც ეხელდება გრძივი ნიველირების ღერძის პერპენდიკულარული მიმართულებით.

განივების ღერძების დაკვალვას აწარმოებენ ეკერების საშუალებით და ერთდროულად ატარებენ პიკეტაჟს ყველა დამახასიათებელი გარდატეხის წერტილების აღნიშვნით. პიკეტაჟის წარმოების დროს მანძილების გადაზომვა წარმოებს გრძივი ნიველირების ღერძიდან როგორც მარჯვნივ, ისე მარცხნივ 20—100 მეტრის მანძილზე, რაც დამოკიდებულია ნაგებობის მოთხოვნილებაზე.

განივებს შორის მანძილი დამოკიდებულია დედამიწის ზედაპირის ხასიათზე და იმ სიზუსტეზე, რომელიც დაცული უნდა იყოს მომავალი ნაგებობის პროექტის შედგენის დროს. რაც უფრო მეტადაა გადაკვეთილი დედამიწის ზედაპირი და რაც მეტი სიზუსტეა საჭირო, მით ხშირი უნდა იყოს განივების რაოდენობა. განივი ნიველირების წარმოება ხშირად ხდება გრძივ ნიველირებასთან ერთად, მაგრამ არის შემთხვევები, როდესაც მათ ატარებენ ნაკლები სიზუსტის იარაღით დამოუკიდებლად. პიკეტაჟის წარმოების დროს ადგენენ აბრისს (ნახ. 160). *AB* ღერძის (გრძივი ნიველირების) პერპენდიკულარულად № 10 და № 11 პიკეტებზე აღებულია განივები და გარდატეხის წერტილებში შერჩეულია შორისული წერტილები, რომლებიც ღერძიდან მარჯვნივ აღნიშნულია პლუსი ნიშნით, ხოლო მარცხნივ—მინუსი ნიშნით. თუ



ნახ. 160.

განივი ნიველირების საშუალებით წარმოებს დამოუკიდებლად, ანათვლები იწერება უშუალოდ აბრისზე შორისული და პიკეტების მაჩვენებელი ციფრების მახლობლად ან ცალკე ფურნალში, რომელიც მოცემულია ქვემოთ.

ფურნალში შეტანილია ანათვლები, რომლებიც აღებულია განივი ნიველირების წარმოების დროს № 10 პიკეტზე (ნახ. 160). ნიველირი იღებება № 10 და № 11 პიკეტებს შორის და განივი ნიველირების გრძივ ნიველირებასთან დასაკავშირებლად ჭერ აიღება ანათვლი უკანა ლარტყაზე, ე. ი. № 10 პიკეტზე (900), შემდეგ აიღება ანათვლები განივის ყველა წერტილზე, ჭერ ღერძიდან მარჯვნივ და შემდეგ — მარცხნივ. ყველა ანათვლი იწერება სვეტში „წინ“. იარაღის პორიზონტის გამოსაანგარიშებლად № 10 პიკეტის გაწონასწორებულ ნიშნულზე

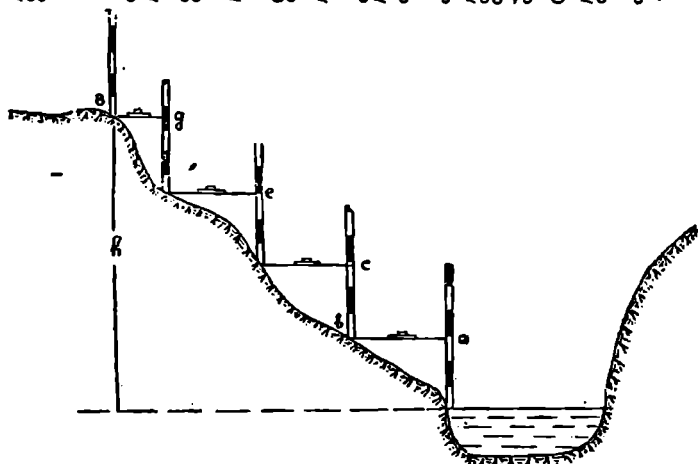
განივი ნიველირების ჟურნალი

| წერტილების დასახელება | განივი ნიველირების პროფილი № 10 პიკეტზე | | | | შენიშვნა |
|-----------------------|---|------|-------------------|-----------|----------|
| | ანათვლები | | იარაღის კორიზონტი | ნიშნულები | |
| | უკანა | წინ | | | |
| პიკეტი № 10 | 900 | — | 52.150 | 51.250 | |
| +15 | — | 1500 | — | 51.650 | |
| +30 | — | 3100 | — | 49.050 | |
| +50 | — | 3800 | — | 48.350 | |
| — 8 | — | 500 | — | 51.650 | |
| —50 | — | 60 | — | 52.090 | |

(51.250) მიემატება № 10 პიკეტზე აღებული ანათვალი, ე. ი. $51.250 + 900 = 52.150$ მ-ს. დანარჩენი წერტილების ნიშნულების მისაღებად იარაღის კორიზონტს გამოაკლდება მათზე აღებული ანათვლები $52.150 - 1500 = 50.650$, $52.150 - 3100 = 49.050$ და ა. შ.

§ 88. ციცაბო ფარდობების ნიველირება ვატერპასით

ვატერპასი წარმოადგენს მარტივ თარაზოს, რომელიც თავსდება სწორ ძელაზე და ამ უკანასკნელის აწევით ან დაწევით თარაზოს ბუშტულას მოიყვანენ შუა ადგილას. ასეთ მდგომარეობაში ლარტყაზე აიღებენ ანათვალს და თანმიმდევრობით გადააქვთ ლარტყა და ძელაყი შემდეგ წერტილებზე (ნახ. 161).



ნახ. 161.

ვატერპასით მუშაობის წარმოება იმდენად მარტივია, რომ უშუალოდ ნახაზიდან გამომდინარეობს მისი არსი. ამალეება განისაზღვრება ლარტყაზე აღებული ანათვლების ჯამით. მაგალითად, B წერტილის ამალეება A წერტილისადმი განისაზღვრება:

$$h = Aa + bc + de + fg.$$

ვატერპასით ამალეებათა განსაზღვრას აწარმოებენ ციცაბო ფერდობებზე და მისი სიზუსტე დაბალია.

§ 87. ფართოების (წილაპირის) ნიჰილირება

წინა პარაგრაფებში ჩვენს მიერ განხილული იყო დედამიწის ზედაპირის ვიწრო ზოლის, ანუ გრძივი ნიველირების წარმოების მაგალითები. ასეთი სახის ნიველირება გამოიყენება საინჰინრო ნაგებობებისათვის, რომლებსაც გრძივი ფორმა აქვთ (გზები, არხები და სხვ.) და რელიეფზე გვაძლევს არასრულ წარმოდგენას.

სასოფლო-სამეურნეო საეარგულების აგეგმვის პრაქტიკაში ხშირად აუცილებელი ხდება არა ვიწრო ზოლის, არამედ დიდი მასივების გამოსახვა პორიზონტალებში. როდესაც გადასაღები მასივის რელიეფი შედარებით მკვეთრად არის გამოსახული, მისი აგეგმვა შეიძლება მენზულოთ ან თეოდოლიტით, ვაჟე აღვილებისათვის, სადაც რელიეფი თვალით შეუმჩნეველია და რელიეფის კვეთის სიმაღლე 0,10—0,20 მეტრს არ აღემატება (სარწყავი ან დამშრობქსელიანი მასივების აგეგმვისას), აუცილებელია რელიეფის აგეგმვა წარმოებდეს ნიველირის გამოყენებით, ანუ თარაზული სხივით. ასეთი სახის აგეგმვას ფართობის ნიველირება ეწოდება და გვაძლევს სრულ წარმოდგენას რელიეფის ყველა დეტალზე.

ფართობის ნიველირების წარმოებისათვის გამოიყენება ე. წ. კვადრატების ხერხი, რომლის არსი მდგომარეობს შემდეგში:

მთელი დასანიველირებელი ფართობი დაიყოფა თეოდოლიტითა და ბაფთით კვადრატებად, რომელთა გვერდის სიგრძე, რელიეფისა და სამუშაოების მიზნების მიხედვით, მერყეობს 10-დან 200 მეტრამდე. ამისათვის დაადგენენ აღ-

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| A | B | | | | | | | | | | C | | | | | | | | | | N | | |
| 538 | 571 | 622 | 641 | 607 | 546 | 544 | 586 | 631 | 758 | 627 | 625 | 589 | 736 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | |
| 740 | 678 | 729 | 837 | 796 | 772 | 772 | 666 | 715 | 853 | 720 | 807 | 722 | 817 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | | H | | | | | | | | | |
| 646 | 582 | | | 622 | 603 | | | 507 | 649 | | | 576 | 673 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 731 | 645 | | | 782 | 769 | | | 746 | 800 | | | 692 | 792 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 |
| 675 | 589 | | | 680 | 681 | | | 607 | 662 | | | 560 | 660 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 |
| 688 | 903 | | | 635 | 666 | | | 668 | 770 | | | 702 | 746 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 |
| 640 | 856 | 688 | 581 | 698 | 682 | 625 | 651 | 598 | 701 | 525 | 604 | 660 | 703 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 |
| 680 | 620 | 659 | 696 | 820 | 773 | 720 | 776 | 717 | 796 | 620 | 724 | 782 | 781 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 |
| P | K | | | | | R | | | | | M | | | | | | | | | | | | |

ნახ. 162.

გულზე AN ხაზის მდებარეობას და გადაზომავენ მასზე საჭირო სიგრძის AB, BC და ა. შ. მონაკვეთებს (ნახ. 162).

A და N წერტილებიდან ააგებენ თეოდოლიტით AN მიმართულების AP და NM პერპენდიკულარებს, რომლებზედაც გადაზომავენ იმავე სიგრძის AD,

NH და ა. შ. მონაკვეთებს. ამის შემდეგ იზომება *PM* მანძილი, რომლის სიგრძე *AN* ხაზის ტოლი უნდა იყოს ან განსხვავება არ უნდა აღემატებოდეს ზღვრულ სიდიდეს — 1:2000, და გადაზომევენ მასზე იმავე სიგრძის *PK, KR* და ა. შ. მონაკვეთებს.

ყოველი მონაკვეთის ბლომი უნდა ჩაისოს პალო (პიკეტი) და დარაჭულა. რომლის ერთ გათლილ გვერდზე იწერება პიკეტის ნომერი.

ძირითადი *ANMP* სწორკუთხედის აგების შემდეგ აწარმოებენ ვერტიკალური ხაზების დასარგვას *BK, CR, ...*, რომლებზედაც გადაზომევენ მიღებულ მანძილებს და აღნიშნავენ პიკეტებით. ყველა ამ წინასწარ მოქმედებას, რომელიც მოსამზადებელ სამუშაოებს წარმოადგენს ფართობის ნიველირებისათვის, პიკეტაჟის წარმოება, ანუ დაკვალვა ეწოდება. თუ აღნიშნულ პიკეტებს შორის არის რელიეფის გარდატეხის წერტილები, ისინი აღინიშნებიან პიკეტებით და დარაჭულებით.

ნიველირების წარმოების დროს იარაღი იდგმება კვადრატების შუა ადგილას ისეთი თანმიმდევრობით, როგორც აღნიშნულია ციფრებით 162-ე ნახაზზე:

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 100 | 9.26 | 9.24 | 100 | 9.26 | 9.23 | 9.28 | 9.64 |
| 9.80 | 9.25 | 9.76 | 9.78 | 9.86 | 9.76 | 9.66 | 9.56 |
| 9.71 | 9.80 | 9.61 | 9.60 | 9.49 | 9.53 | 9.59 | 9.46 |
| 9.63 | 9.48 | 9.64 | 9.61 | 9.38 | 9.78 | 9.40 | 9.36 |
| 9.65 | 9.50 | 9.27 | 9.29 | 9.45 | 9.37 | 9.27 | 9.32 |

ნახ. 163.

კვადრატების კუთხეებში იწერება ანათვლები. ანათვლები ნახაზზე წარწერილია მეტრის მეთასხედამდე (მილიმეტრებში), ე. ი. ნული მთელი და მძიმე გამოტოვებულია.

ნიველირება წარმოებს ორი ლარტყით პარალელური ხაზების მიმართულებით, მაგალითად, *AN* და *DH* და ა. შ. ყველა კვადრატში აღება ანათვლები მის ოთხივე კუთხეზე და საპლუსო წერტილზე, თუ ეს უკანასკნელი გვეხვდება რომელიმე კვადრატში.

ნიველირებას დროს ანათვლები იწერება სპეციალურ ეურნალში ან, უფრო ხშირად, სქემატურ ნახაზზე (ნახ. 162), სადაც ანათვლები იწერება ყოველი შესაბამისი კუთხის გვერდზე კვადრატის შიგნით.

ანათვლების აღების სისწორე მოწმდება ორი მეზობელი კვადრატის საერთო წვეროებზე აღებული ანათვლების სხვაობებით, რომლებიც ტოლი უნდა

იყოს. მაგალითად, 1 და 2 კვადრატებისათვის უნდა შივილოთ ტოლობა: $678 - 571 = 729 - 622$, რომელიც არ უნდა განსხვავდებოდეს ტოლობიდან ± 4 მილიმეტრზე მეტით. მიღებული ტოლობის წევრების გადაადგილებით შეგვიძლია დავწეროთ მეორე ტოლობა $678 + 622 = 729 + 571$, ე. ი. ჭკარედინად მდებარე ანათვლების ჭამი ტოლი უნდა იყოს. პიკეტების ნიშნულების გამოსაანგარიშებლად ერთ-ერთი კვადრატის წევრო მიიღება საწყისად, რომელზედაც რეპერინდან ამ მარკიდან უნდა გადაეცეს სიმაღლე.

განვიხილოთ ნიშნულების გამოანგარიშების წარმოების თანმიმდევრობა, რისთვისაც ვისარგებლოთ 162-ე ნახაზზე მოცემული ანათვლებით და საწყის წერტილად მივიღოთ A წერტილი, რომლის ნიშნული პირობით ჩავთვალოთ 10.00 მეტრი (ნიშნულები საკმარისია დამრგვალდეს სანტიმეტრამდე). მაგალითად, ყველაზე ზევით მოთავსებული წერტილებისათვის ნიშნულები რანგარიშება ასე (ნახ. 163):

$$\begin{aligned} 10,00 \pm 0,538 - 0,571 &= 9,96; \\ 9,96 \pm 0,622 - 0,644 &= 9,94; \\ 9,94 \pm 0,607 - 0,546 &= 10,00 \text{ და ა. შ.} \end{aligned}$$

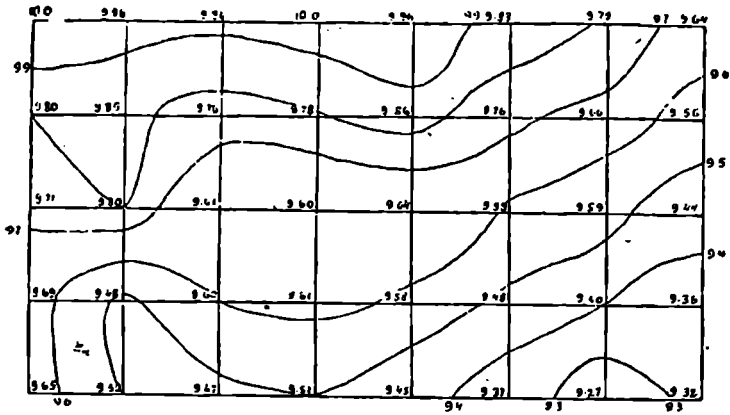
§ 88. ჰორიზონტალში და მათი გატარება

163-ე ნახაზზე მიღებულია ყოველი კვადრატის წეროსათვის აბსოლუტური სიმაღლეები, ანუ ნიშნულები. თუ დავუკვირდებით ამ ნიშნულებს, შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ რომელი წერტილი უფრო მაღალია ან დაბალია სხვებთან შედარებით, ე. ი. წარმოვიდგინოთ რელიეფი. მაგალითად, ყველაზე მაღალი წერტილია ნიშნულებით 10.00 მეტრი და ყველაზე დაბალი წერტილია ნიშნულებით 9,27 მეტრი. მაგრამ, მიუხედავად იმისა, რომ წერტილების რაოდენობა ხშირია, რელიეფის მკვეთრი გამოსახულების დანახვა და მისი ნათელი წარმოდგენა დაპყვირებელს არ შეუძლია. მეტი თვალსაჩინოებით გამოჩნდება რელიეფი, თუ ვიპოვით ერთი და იმავე სიმაღლის მქონე წერტილებს და შევკრთებთ მათ უწყვეტი ხაზებით — ჰორიზონტალებით. ამრიგად, ჰორიზონტალი ეწოდება ისეთ მრუდ ხაზს, რომელიც აერთებს ერთნაირი აბსოლუტური სიმაღლის წერტილებს. სიმაღლეები, რომლებზედაც ატარებენ ჰორიზონტალებს, არ შეიძლება იყოს ნებისმიერი; ჰორიზონტალებს ატარებენ წინასწარ შერჩეული სიმაღლეებისათვის, სახელდობრ, ჰორიზონტალები ტარდება ისეთი სიმაღლეებისათვის, რომლებიც გამოსახებიან მრგვალი ციფრებით და იზრდებიან თანმიმდევრობით ყოველი 2; 2,5; 5; 10, 25, 50 მეტრით ან ყოველი 1, 0,5, 0,25, 0,1 მეტრით.

ჩვენი მაგალითისათვის (ნახ. 164) ჰორიზონტალები გატარებულია ყოველ 0,1 მეტრის სიმაღლეზე. ვინაიდან ყველაზე დაბალი წერტილის სიმაღლე უდრის 9,27 მეტრს და დანარჩენი წერტილების ნიშნულები მეტია, ამიტომ პირველი ჰორიზონტალი შეაერთებს ყველა იმ წერტილს, რომლებიც იქნებიან 9,3 მეტრის სიმაღლეზე, მეორე — 9,4 მეტრზე, მესამე — 9,5 მეტრზე და ა. შ. ყველაზე მაღალ წერტილამდე, რომლის სიმაღლე უდრის 10 მეტრს.

ყველა ამ ჰორიზონტალის გასატარებლად საჭიროა მოიძებნოს გვერდზე შესაბამისი წერტილების მდებარეობა (იგულისხმება, რომ კვადრატების გვერდების მიმართულნიან დეტაშივის ზედაპირი ერთი ქანობით მიემართება და ჭარბატეხებს ადგილი არა აქვს). მაგალითად, იმ წერტილებს შორის, რომელთა ნიშნ-

ნულებია 10,0 და 9,80 მეტრი, წერტილი ნიშნულით 9,90 მეტრი მოთავსდება ზუსტად შუაზე; ასეთივე წესით, წერტილებს შორის ნიშნულით 9,96 და 9,83 მეტრი. კორიზონტალი ნიშნულით 9,90 მ გაკყოფს მანძილს ამ წერტილებს შორის შეფარდებით ექვსი შვიდთან, ვინაიდან $9,96 - 9,90 = 0,06$, ხოლო $9,90 - 9,83 = 0,07$; ამრიგად, ამ შემთხვევაში აღებულ წერტილებს შორის მანძილი უნდა გაიყოს 13 ტოლ ნაწილად ($9,96 - 9,83 = 0,13$) და კორიზონტალის მღე-



ნახ. 164.

ბარეობა მიიღება მეექვსე ნაწილზე მარცხენა წერტილიდან ან მეშვიდე ნაწილზე — მარჯვენა წერტილიდან.

ამგვარი წესით აწარმოებენ ე. წ. ინტერპოლაციას წერტილებს შორის და ლებულობენ საძიებელ წერტილებს. ბოლოს, ერთი და იმავე სიმაღლის წერტილებს შეაერთებენ მრუდე ხაზებით და მიიღებენ კორიზონტალებიან გეგმას.

§ 89. რელიეფის ძირითადი ფორმები და კორიზონტალუბიანი გეგმების მნიშვნელობა

რელიეფის დიდი ნაირსახეობის მიუხედავად, ძირითადად მიღებულია გავარჩიოთ რელიეფის ორი ფორმა — ვაკე და მთაგორიანი. ვაკე ადგილები ხასიათდებიან იმით, რომ მათი ცალკეული წერტილების ნიშნულები მცირე სიდიდებით განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ვაკე ადგილები მთლიანი მასივებით შეიძლება იყოს განლაგებული სხვადასხვა სიმაღლეზე დონებრივი ზედაპირიდან. თუ ვაკე ადგილები განლაგებული არიან დონებრივი ზედაპირიდან 200 მეტრამდე, მათ დაბლობები ეწოდებათ, ხოლო 200 მეტრზე ზევით — მაღლობები. ვაკე ადგილს, განლაგებულს დონებრივი ზედაპირიდან 1000 მ და მეტ სიმაღლეზე, ზეგანი ეწოდება. არსებობს ვაკე ადგილები განლაგებული დონებრივ ზედაპირზე დაბლა (საბჰოთა კავშირში — კასპიის დაბლობი). მთაგორიანი ადგილები ხასიათდება იმით, რომ მკვეთრად არიან ამალღებული მეზობელი ადგილების წერტილებთან შედარებით, ე. ი. სიმაღლეები, ანუ ნიშნულები მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან.

ცალკეული კონუსისებური ან გუმბათისებური მაღლობები ვაკე ადგილებზე წარმოადგენენ მთებს. მთის ყველაზე მაღალ ადგილს მწვერვალი ეწოდება. რომელიც შეიძლება იყოს წვეტისებური (პიკი) ან ბრტყელი (მაგიდა). მწვერვა-

დიდან ყველა მიმართულებით იშლებიან ფერდობები, ანუ გვერდობები. იმ ადგილს, სადაც მთის ფერდობი გადადის ვაკე ადგილში, მთის ძირი ეწოდება.

ისეთ მთებს, რომელთა სიმაღლე მთის ძირიდან არ აღემატება 200 მეტრს, ვორაკები ეწოდება. ხელოვნურად გაკეთებულ პატარა ვორაკს ყორღანი ეწოდება.

ისეთ მთას, რომელიც გაკიმულია სიგრძეზე, ქედი ეწოდება. ქედის ყველაზე მაღალი წერტილების შემაერთებელ ხაზს წყალგამყოფი ხაზი ეწოდება (ხანდახან მას თხემს უწოდებენ). ვაკე ადგილზე განცალკევებულ ჩაღრმავებულ ადგილს ქვაბური ეწოდება.

ლია, გაშლილ, დადაბლებულ ადგილს ბარი ეწოდება. ბარის ყველაზე დაბალი წერტილების შემაერთებელ ხაზს ტალევეგი, ანუ წყალშემკრები ხაზი ეწოდება. ბარი ხასიათდება გვერდობითა და ძირით (წყალშემკრებით).

ვიწრო და მოკლე ბარს, რომელსაც მოუბელტავი და ციცაბო გვერდობები აქვს, ხევი ეწოდება. დამახასიათებელია ხევის განვითარება: ის იწყება პატარა კვალიდან, შემდეგ თანდათან ირეცხება, ღრმავდება და იქცევა ხევად. მთებს შორის მოთავსებული ბარი ხასიათდება ციცაბო ქანობით, რომელსაც ხეობა ეწოდება. ძალზე ვიწრო ხეობას, რომელსაც თითქმის შეუღული გვერდები აქვს, იწრო ეწოდება.

ქედის ორ მეზობელ მწვერვალს შორის მოთავსებულ ადგილს გადასასვლელი ან უნაგირა ეწოდება.

ხშირად ბარის ციცაბო გვერდობები გადადის ვაკე, თითქმის პორიზონტალურ ადგილზე, რომელსაც ტერასა, ანუ საფეხური ეწოდება. რელიეფის გამოსახულების მისაღებად დიდი მნიშვნელობა აქვს მის ძირითად ხაზებს — წყალგამყოფს, წყალშემკრებს, ფერდობებს, რომელთა ერთობლიობას რელიეფის ჩონჩხი ეწოდება.

პორიზონტალებიანი გეგმით შეიძლება მთლიანი წარმოდგენა მივიღოთ რელიეფზე, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს სოფლის მეურნეობის სხვადასხვა დარგის დაგეგმარებისათვის; პორიზონტალები გვიკარნახებენ, თუ რომელი ფერდობი შეიძლება იქნეს გამოყენებული სახნავად ისე, რომ ნიადაგის ჩამორეცხვას და ხეების წარმოქმნას არ ექნეს ადგილი, გათვალისწინებულ იქნეს წინასწარ ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებები და სხვა. პორიზონტალებით განისაზღვრება დახრილობის კუთხეები, ქანობები გზების ან არხების გასაყვანად. პორიზონტალებიანი რუკის ნებისმიერი მიმართულებით შეიძლება აგებულ იქნეს პროფილი (ჭრილი).

საერთოდ, პორიზონტალებიანი რუკა ან გეგმა დიდ დახმარებას უწევს აგრონომს ტერიტორიის მოწყობისა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების განლაგების საქმეში.

მართკუთხა კოორდინატების ნაზრდების გამოსაანგარიშებელი ცხრილები (შემოკლებული)

მთლიან ცხრილებში ნაზრდები მოცემულია რუმბის ყოველი 1'-სათვის, ხოლო შემოკლებულში — რუმბის ყოველი 10'-სათვის. ამრიგად, შემოკლებულ ცხრილებით სარგებლობისას საჭიროა ინტერპოლირება. მაგალითები მოცემულია ქვემოთ.

1) რუმბი=ჩა:1°46', ხაზის თარაზული გეგმილი მ=1235,5 მ. ამოვიწერო-
შემოკლებული ცხრილებიდან მონაცემებს 1°20' და 1°30'.

| 1°20' | Δy | Δx | 1°30' | Δy | Δx |
|--------|------------|------------|--------|------------|------------|
| 1000 | 23,7 | 999,78 | 1070 | 24,18 | 999,68 |
| 200 | 4,65 | 199,95 | 200 | 5,24 | 199,93 |
| 50 | 0,693 | 29,92 | 50 | 0,785 | 29,97 |
| 5 | 0,1163 | 4,9958 | 5 | 0,1409 | 4,9931 |
| 0,5 | 0,01163 | 0,49958 | 0,5 | 0,01309 | 0,49931 |
| 1245,5 | 28,74593 | 1235,17046 | 1235,5 | 32,34899 | 1235,07813 |

სხეობა 10'-ზე $\begin{cases} \Delta y = 32,34899 - 28,74593 = +3,60 \\ \Delta x = 1235,07813 - 1235,17046 = -0,092 \end{cases}$

სხეობა 1'-ზე $\begin{cases} \Delta y = +3,60 : 10 = +0,360 \\ \Delta x = -0,09 : 10 = -0,009 \end{cases}$

სხეობა 8'-ზე $\begin{cases} \Delta y = +0,360 \times 6 = +2,16 \\ \Delta x = -0,009 \times 6 = -0,054 \end{cases}$

და საბოლოოდ მივიღებთ:

$$\Delta y = 28,746 + 2,16 = 30,906 \text{ მ.}$$

$$\Delta x = 1235,170 - 0,054 = 1235,116 \text{ მ.}$$

2) რუმბი=ჩა: 23°44', მანძილი 678,9 მ. შემოკლებული ცხრილებიდან-
ამოვიღოთ რიცხვები დამრგვალებით 0,001-მდე.

| 23°0' | Δy | Δx | 23°50' | Δy | Δx |
|-------|------------|------------|--------|------------|------------|
| 600 | 240,65 | 595,4 | 600 | 249,45 | 548,83 |
| 70 | 28,099 | 64,113 | 70 | 28,285 | 64,031 |
| 8 | 3,211 | 7,327 | 8 | 3,293 | 7,318 |
| 0,9 | 0,361 | 0,824 | 0,9 | 0,364 | 0,823 |
| 678,9 | 272,521 | 621,804 | 678,9 | 274,332 | 621,002 |

სხეობა 10'-ზე $\begin{cases} \Delta y = +1,811 \\ \Delta x = -0,802 \end{cases}$

ინტერპოლირებით 4'-ზე $\begin{cases} \Delta y = +0,72 \\ \Delta x = -0,32 \end{cases}$

საბოლოოდ მივიღებთ:

$$\Delta y = 272,521 + 0,72 = 273,241;$$

$$\Delta x = 621,804 - 0,32 = 621,484.$$

საკმაო ჩვევების მიღების შემდეგ, შემოკლებული ცხრილებით სარგებ-
ლობისას, უმჯობესია ინტერპოლირება ვაწარმოოთ ზებირად ან პატარა ჩა-
ნაწერებით ფანქრით და ტაბულაში ჩაიწეროს საბოლოო შედეგები, როგორც
ნაჩვენებია მესამე მაგალითში.

3) რუმბი=ჩა: 43°22', ხაზის სიგრძე 123,4 მ.

| 43°22' | Δy | Δx |
|--------|------------|------------|
| 100 | 68,808 | 72,70 |
| 20 | 13,733 | 14,539 |
| 3 | 2,06 | 2,19 |
| 0,4 | 0,27 | 0,28 |
| 124,4 | 84,729 | 89,729 |

| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 0° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 2,0000 | 0,0000 | 3,0000 | 0,0000 | 4,0000 | 0,0000 | 5,0000 | 60 |
| 10 | 0,0029 | 1,0000 | 0,0058 | 2,0000 | 0,0087 | 3,0000 | 0,0116 | 4,0000 | 0,0145 | 5,0000 | 50 |
| 20 | 0,0058 | 1,0000 | 0,0116 | 2,0000 | 0,0175 | 2,9999 | 0,0233 | 3,9999 | 0,0291 | 4,9999 | 40 |
| 30 | 0,0087 | 1,0000 | 0,0175 | 1,9999 | 0,0262 | 2,9998 | 0,0349 | 3,9998 | 0,0436 | 4,9998 | 30 |
| 40 | 0,0116 | 0,9999 | 0,0233 | 1,9999 | 0,0349 | 2,9998 | 0,0465 | 3,9997 | 0,0582 | 4,9997 | 20 |
| 50 | 0,0145 | 0,9999 | 0,0301 | 1,9998 | 0,0426 | 2,9997 | 0,0582 | 3,9996 | 0,0727 | 4,9995 | 10 |
| 60 | 0,0175 | 0,9998 | 0,0349 | 1,9997 | 0,0524 | 2,9995 | 0,0698 | 3,9994 | 0,0873 | 4,9992 | 0 |
| 80° | | | | | | | | | | | |
| 1° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,0175 | 0,9998 | 0,0349 | 1,9997 | 0,0524 | 2,9995 | 0,0698 | 3,9994 | 0,0873 | 4,9992 | 60 |
| 10 | 0,0204 | 0,9998 | 0,0407 | 1,9996 | 0,0611 | 2,9994 | 0,0814 | 3,9992 | 0,1018 | 4,9990 | 50 |
| 20 | 0,0233 | 0,9997 | 0,0465 | 1,9995 | 0,0698 | 2,9992 | 0,0931 | 3,9989 | 0,1163 | 4,9986 | 40 |
| 30 | 0,0262 | 0,9997 | 0,0524 | 1,9993 | 0,0785 | 2,9990 | 0,1047 | 3,9986 | 0,1309 | 4,9983 | 30 |
| 40 | 0,0291 | 0,9996 | 0,0582 | 1,9992 | 0,0873 | 2,9987 | 0,1163 | 3,9983 | 0,1454 | 4,9979 | 20 |
| 50 | 0,0320 | 0,9995 | 0,0640 | 1,9990 | 0,0960 | 2,9985 | 0,1280 | 3,9980 | 0,1600 | 4,9974 | 10 |
| 60 | 0,0349 | 0,9994 | 0,0698 | 1,9988 | 0,1047 | 2,9982 | 0,1396 | 3,9976 | 0,1745 | 4,9970 | 0 |
| 88° | | | | | | | | | | | |
| 2° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,0349 | 0,9994 | 0,0698 | 1,9988 | 0,1047 | 2,9982 | 0,1396 | 3,9976 | 0,1745 | 4,9970 | 60 |
| 10 | 0,0378 | 0,9993 | 0,0756 | 1,9986 | 0,1134 | 2,9979 | 0,1512 | 3,9971 | 0,1890 | 4,9964 | 50 |
| 20 | 0,0407 | 0,9992 | 0,0814 | 1,9983 | 0,1221 | 2,9975 | 0,1629 | 3,9967 | 0,2036 | 4,9959 | 40 |
| 30 | 0,0436 | 0,9990 | 0,0872 | 1,9981 | 0,1309 | 2,9971 | 0,1745 | 3,9962 | 0,2181 | 4,9952 | 30 |
| 40 | 0,0465 | 0,9989 | 0,0931 | 1,9978 | 0,1396 | 2,9968 | 0,1861 | 3,9957 | 0,2326 | 4,9946 | 20 |
| 50 | 0,0494 | 0,9988 | 0,0989 | 1,9976 | 0,1483 | 2,9963 | 0,1977 | 3,9951 | 0,2472 | 4,9939 | 10 |
| 60 | 0,0523 | 0,9986 | 0,1047 | 1,9973 | 0,1570 | 2,9959 | 0,2093 | 3,9945 | 0,2617 | 4,9931 | 0 |
| 87° | | | | | | | | | | | |
| 3° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,0523 | 0,9986 | 0,1047 | 1,9973 | 0,1570 | 2,9959 | 0,2093 | 3,9945 | 0,2617 | 4,9931 | 60 |
| 10 | 0,0552 | 0,9985 | 0,1105 | 1,9969 | 0,1657 | 2,9954 | 0,2210 | 3,9939 | 0,2762 | 4,9924 | 50 |
| 20 | 0,0581 | 0,9983 | 0,1163 | 1,9966 | 0,1744 | 2,9949 | 0,2326 | 3,9932 | 0,2917 | 4,9915 | 40 |
| 30 | 0,0610 | 0,9981 | 0,1221 | 1,9963 | 0,1831 | 2,9944 | 0,2442 | 3,9925 | 0,3062 | 4,9907 | 30 |
| 40 | 0,0640 | 0,9980 | 0,1279 | 1,9959 | 0,1919 | 2,9939 | 0,2558 | 3,9918 | 0,3198 | 4,9898 | 20 |
| 50 | 0,0669 | 0,9978 | 0,1337 | 1,9955 | 0,2006 | 2,9933 | 0,2674 | 3,9911 | 0,3343 | 4,9888 | 10 |
| 60 | 0,0698 | 0,9976 | 0,1395 | 1,9951 | 0,2093 | 2,9927 | 0,2790 | 3,9903 | 0,3488 | 4,9878 | 0 |
| 86° | | | | | | | | | | | |
| 4° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,0698 | 0,9976 | 0,1395 | 1,9951 | 0,2093 | 2,9927 | 0,2790 | 3,9903 | 0,3488 | 4,9878 | 60 |
| 10 | 0,0727 | 0,9974 | 0,1453 | 1,9947 | 0,2180 | 2,9921 | 0,2906 | 3,9894 | 0,3633 | 4,9868 | 50 |
| 20 | 0,0756 | 0,9971 | 0,1511 | 1,9943 | 0,2267 | 2,9914 | 0,3022 | 3,9886 | 0,3778 | 4,9857 | 40 |
| 30 | 0,0785 | 0,9969 | 0,1569 | 1,9938 | 0,2354 | 2,9908 | 0,3138 | 3,9877 | 0,3923 | 4,9846 | 30 |
| 40 | 0,0814 | 0,9967 | 0,1627 | 1,9934 | 0,2441 | 2,9901 | 0,3254 | 3,9867 | 0,4068 | 4,9834 | 20 |
| 50 | 0,0843 | 0,9964 | 0,1685 | 1,9929 | 0,2528 | 2,9893 | 0,3370 | 3,9858 | 0,4213 | 4,9822 | 10 |
| 60 | 0,0872 | 0,9962 | 0,1743 | 1,9924 | 0,2615 | 2,9886 | 0,3486 | 3,9848 | 0,4358 | 4,9810 | 0 |
| 85° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |

| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 0° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,0000 | 6,0000 | 0,0000 | 7,0000 | 0,0000 | 8,0000 | 0,0000 | 9,0000 | 0,0000 | 10,0000 | 60 |
| 10 | 0,0175 | 6,0000 | 0,0204 | 7,0000 | 0,0233 | 8,0000 | 0,0262 | 9,0000 | 0,0291 | 10,0000 | 50 |
| 20 | 0,0349 | 5,9999 | 0,0407 | 6,9999 | 0,0465 | 7,9999 | 0,0524 | 8,9998 | 0,0582 | 9,9998 | 40 |
| 30 | 0,0524 | 5,9998 | 0,0611 | 6,9997 | 0,0698 | 7,9997 | 0,0785 | 8,9997 | 0,0873 | 9,9996 | 30 |
| 40 | 0,0698 | 5,9996 | 0,0814 | 6,9995 | 0,0931 | 7,9995 | 0,1047 | 8,9994 | 0,1164 | 9,9993 | 20 |
| 50 | 0,0873 | 5,9994 | 0,1018 | 6,9993 | 0,1164 | 7,9992 | 0,1309 | 8,9990 | 0,1454 | 9,9989 | 10 |
| 60 | 0,1047 | 5,9991 | 0,1222 | 6,9989 | 0,1396 | 7,9988 | 0,1571 | 8,9986 | 0,1745 | 9,9985 | 0 |
| 89° | | | | | | | | | | | |
| 1° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,1047 | 5,9991 | 0,1222 | 6,9989 | 0,1396 | 7,9988 | 0,1571 | 8,9986 | 0,1745 | 9,9985 | 60 |
| 10 | 0,1222 | 5,9989 | 0,1425 | 6,9985 | 0,1629 | 7,9983 | 0,1842 | 8,9981 | 0,2036 | 9,9979 | 50 |
| 20 | 0,1396 | 5,9984 | 0,1629 | 6,9981 | 0,1862 | 7,9978 | 0,2094 | 8,9976 | 0,2327 | 9,9973 | 40 |
| 30 | 0,1571 | 5,9979 | 0,1832 | 6,9976 | 0,2094 | 7,9973 | 0,2350 | 8,9969 | 0,2618 | 9,9966 | 30 |
| 40 | 0,1745 | 5,9975 | 0,2036 | 6,9970 | 0,2327 | 7,9966 | 0,2618 | 8,9962 | 0,2903 | 9,9958 | 20 |
| 50 | 0,1920 | 5,9969 | 0,2239 | 6,9964 | 0,2550 | 7,9959 | 0,2879 | 8,9954 | 0,3199 | 9,9949 | 10 |
| 60 | 0,2094 | 5,9963 | 0,2443 | 6,9957 | 0,2792 | 7,9951 | 0,3141 | 8,9945 | 0,3490 | 9,9939 | 0 |
| 88° | | | | | | | | | | | |
| 2° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,2094 | 5,9963 | 0,2443 | 6,9957 | 0,2792 | 7,9951 | 0,3141 | 8,9945 | 0,3490 | 9,9939 | 60 |
| 10 | 0,2268 | 5,9957 | 0,2646 | 6,9950 | 0,3025 | 7,9943 | 0,3403 | 8,9936 | 0,3781 | 9,9929 | 50 |
| 20 | 0,2443 | 5,9950 | 0,2850 | 6,9942 | 0,3257 | 7,9934 | 0,3664 | 8,9925 | 0,4071 | 9,9917 | 40 |
| 30 | 0,2617 | 5,9943 | 0,3053 | 6,9933 | 0,3490 | 7,9924 | 0,3926 | 8,9914 | 0,4362 | 9,9905 | 30 |
| 40 | 0,2792 | 5,9935 | 0,3257 | 6,9924 | 0,3722 | 7,9913 | 0,4187 | 8,9903 | 0,4653 | 9,9892 | 20 |
| 50 | 0,2966 | 5,9927 | 0,3460 | 6,9914 | 0,3954 | 7,9902 | 0,4449 | 8,9892 | 0,4943 | 9,9878 | 10 |
| 60 | 0,3140 | 5,9918 | 0,3664 | 6,9904 | 0,4187 | 7,9890 | 0,4710 | 8,9877 | 0,5234 | 9,9863 | 0 |
| 87° | | | | | | | | | | | |
| 3° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,3140 | 5,9918 | 0,3664 | 6,9904 | 0,4187 | 7,9890 | 0,4710 | 8,9877 | 0,5234 | 9,9863 | 60 |
| 10 | 0,3314 | 5,9909 | 0,3867 | 6,9893 | 0,4419 | 7,9878 | 0,4972 | 8,9863 | 0,5524 | 9,9847 | 50 |
| 20 | 0,3489 | 5,9898 | 0,4070 | 6,9882 | 0,4652 | 7,9865 | 0,5233 | 8,9848 | 0,5814 | 9,9831 | 40 |
| 30 | 0,3664 | 5,9888 | 0,4273 | 6,9869 | 0,4884 | 7,9851 | 0,5494 | 8,9832 | 0,6105 | 9,9813 | 30 |
| 40 | 0,3837 | 5,9877 | 0,4477 | 6,9857 | 0,5116 | 7,9838 | 0,5750 | 8,9816 | 0,6395 | 9,9795 | 20 |
| 50 | 0,4011 | 5,9866 | 0,4680 | 6,9843 | 0,5348 | 7,9821 | 0,6017 | 8,9799 | 0,6685 | 9,9776 | 10 |
| 60 | 0,4185 | 5,9854 | 0,4893 | 6,9829 | 0,5581 | 7,9805 | 0,6278 | 8,9781 | 0,6976 | 9,9756 | 0 |
| 86° | | | | | | | | | | | |
| 4° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,4185 | 5,9854 | 0,4893 | 6,9829 | 0,5581 | 7,9805 | 0,6278 | 8,9781 | 0,6976 | 9,9756 | 60 |
| 10 | 0,4359 | 5,9841 | 0,5096 | 6,9815 | 0,5813 | 7,9789 | 0,6539 | 8,9762 | 0,7206 | 9,9736 | 50 |
| 20 | 0,4534 | 5,9828 | 0,5289 | 6,9800 | 0,6045 | 7,9771 | 0,6800 | 8,9743 | 0,7556 | 9,9714 | 40 |
| 30 | 0,4708 | 5,9815 | 0,5492 | 6,9784 | 0,6277 | 7,9753 | 0,7061 | 8,9723 | 0,7846 | 9,9692 | 30 |
| 40 | 0,4882 | 5,9801 | 0,5695 | 6,9768 | 0,6509 | 7,9735 | 0,7322 | 8,9702 | 0,8136 | 9,9668 | 20 |
| 50 | 0,5056 | 5,9787 | 0,5898 | 6,9751 | 0,6741 | 7,9716 | 0,7583 | 8,9680 | 0,8426 | 9,9644 | 10 |
| 60 | 0,5229 | 5,9772 | 0,6101 | 6,9734 | 0,6972 | 7,9696 | 0,7844 | 8,9658 | 0,8710 | 9,9619 | 0 |
| 85° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |

| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 5° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,0872 | 0,9962 | 0,1743 | 1,9924 | 0,2615 | 2,9886 | 0,3486 | 3,9818 | 0,4358 | 4,9810 | 60 |
| 10 | 0,0901 | 0,9959 | 0,1801 | 1,9919 | 0,2702 | 2,9878 | 0,3602 | 3,9837 | 0,4503 | 4,9797 | 50 |
| 20 | 0,0929 | 0,9957 | 0,1859 | 1,9913 | 0,2788 | 2,9870 | 0,3718 | 3,9827 | 0,4647 | 4,9784 | 40 |
| 30 | 0,0958 | 0,9954 | 0,1917 | 1,9908 | 0,2875 | 2,9862 | 0,3834 | 3,9816 | 0,4792 | 4,9770 | 30 |
| 40 | 0,0987 | 0,9951 | 0,1975 | 1,9902 | 0,2962 | 2,9853 | 0,3950 | 3,9805 | 0,4937 | 4,9756 | 20 |
| 50 | 0,1016 | 0,9948 | 0,2033 | 1,9896 | 0,3049 | 2,9845 | 0,4065 | 3,9793 | 0,5082 | 4,9741 | 10 |
| 60 | 0,1045 | 0,9945 | 0,2091 | 1,9890 | 0,3136 | 2,9836 | 0,4181 | 3,9781 | 0,5226 | 4,9728 | 0 |
| 84° | | | | | | | | | | | |
| 6° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,1045 | 0,9945 | 0,2091 | 1,9890 | 0,3136 | 2,9836 | 0,4181 | 3,9781 | 0,5226 | 4,9728 | 60 |
| 10 | 0,1074 | 0,9942 | 0,2148 | 1,9884 | 0,3223 | 2,9826 | 0,4297 | 3,9769 | 0,5371 | 4,9711 | 50 |
| 20 | 0,1103 | 0,9939 | 0,2206 | 1,9878 | 0,3309 | 2,9817 | 0,4413 | 3,9756 | 0,5516 | 4,9695 | 40 |
| 30 | 0,1132 | 0,9936 | 0,2264 | 1,9871 | 0,3396 | 2,9807 | 0,4528 | 3,9743 | 0,5660 | 4,9679 | 30 |
| 40 | 0,1161 | 0,9932 | 0,2322 | 1,9865 | 0,3483 | 2,9797 | 0,4644 | 3,9730 | 0,5805 | 4,9662 | 20 |
| 50 | 0,1190 | 0,9929 | 0,2380 | 1,9858 | 0,3569 | 2,9787 | 0,4759 | 3,9716 | 0,5949 | 4,9645 | 10 |
| 60 | 0,1219 | 0,9925 | 0,2437 | 1,9851 | 0,3656 | 2,9778 | 0,4875 | 3,9702 | 0,6093 | 4,9627 | 0 |
| 83° | | | | | | | | | | | |
| 7° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,1219 | 0,9925 | 0,2437 | 1,9851 | 0,3656 | 2,9778 | 0,4875 | 3,9702 | 0,6093 | 4,9627 | 60 |
| 10 | 0,1248 | 0,9922 | 0,2495 | 1,9844 | 0,3743 | 2,9768 | 0,4990 | 3,9687 | 0,6238 | 4,9609 | 50 |
| 20 | 0,1276 | 0,9918 | 0,2553 | 1,9836 | 0,3829 | 2,9755 | 0,5106 | 3,9673 | 0,6382 | 4,9591 | 40 |
| 30 | 0,1305 | 0,9914 | 0,2611 | 1,9829 | 0,3916 | 2,9743 | 0,5221 | 3,9658 | 0,6526 | 4,9572 | 30 |
| 40 | 0,1334 | 0,9911 | 0,2668 | 1,9821 | 0,4002 | 2,9732 | 0,5336 | 3,9642 | 0,6670 | 4,9553 | 20 |
| 50 | 0,1363 | 0,9907 | 0,2726 | 1,9813 | 0,4089 | 2,9720 | 0,5462 | 3,9627 | 0,6815 | 4,9533 | 10 |
| 60 | 0,1392 | 0,9903 | 0,2783 | 1,9805 | 0,4175 | 2,9708 | 0,5587 | 3,9611 | 0,6959 | 4,9513 | 0 |
| 82° | | | | | | | | | | | |
| 8° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,1392 | 0,9903 | 0,2783 | 1,9805 | 0,4175 | 2,9708 | 0,5587 | 3,9611 | 0,6959 | 4,9513 | 60 |
| 10 | 0,1421 | 0,9899 | 0,2841 | 1,9797 | 0,4262 | 2,9696 | 0,5682 | 3,9594 | 0,7103 | 4,9493 | 50 |
| 20 | 0,1449 | 0,9894 | 0,2899 | 1,9789 | 0,4348 | 2,9683 | 0,5797 | 3,9578 | 0,7247 | 4,9472 | 40 |
| 30 | 0,1478 | 0,9890 | 0,2956 | 1,9780 | 0,4434 | 2,9670 | 0,5912 | 3,9561 | 0,7390 | 4,9451 | 30 |
| 40 | 0,1507 | 0,9886 | 0,3014 | 1,9772 | 0,4521 | 2,9657 | 0,6027 | 3,9543 | 0,7534 | 4,9429 | 20 |
| 50 | 0,1536 | 0,9881 | 0,3071 | 1,9763 | 0,4607 | 2,9644 | 0,6142 | 3,9526 | 0,7678 | 4,9407 | 10 |
| 60 | 0,1564 | 0,9877 | 0,3129 | 1,9754 | 0,4693 | 2,9631 | 0,6257 | 3,9508 | 0,7822 | 4,9384 | 0 |
| 81° | | | | | | | | | | | |
| 9° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,1564 | 0,9877 | 0,3129 | 1,9754 | 0,4693 | 2,9631 | 0,6257 | 3,9508 | 0,7822 | 4,9384 | 60 |
| 10 | 0,1593 | 0,9872 | 0,3186 | 1,9745 | 0,4779 | 2,9617 | 0,6372 | 3,9489 | 0,7965 | 4,9362 | 50 |
| 20 | 0,1622 | 0,9868 | 0,3244 | 1,9735 | 0,4865 | 2,9603 | 0,6487 | 3,9470 | 0,8109 | 4,9338 | 40 |
| 30 | 0,1650 | 0,9863 | 0,3301 | 1,9726 | 0,4951 | 2,9589 | 0,6602 | 3,9451 | 0,8252 | 4,9314 | 30 |
| 40 | 0,1679 | 0,9858 | 0,3358 | 1,9716 | 0,5037 | 2,9574 | 0,6717 | 3,9432 | 0,8394 | 4,9290 | 20 |
| 50 | 0,1708 | 0,9853 | 0,3416 | 1,9706 | 0,5123 | 2,9559 | 0,6831 | 3,9412 | 0,8539 | 4,9265 | 10 |
| 60 | 0,1736 | 0,9848 | 0,3473 | 1,9696 | 0,5209 | 2,9544 | 0,6946 | 3,9392 | 0,8682 | 4,9240 | 0 |
| 80° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |

| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 5° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,5229 | 5,9772 | 0,6101 | 6,9714 | 0,6972 | 7,9696 | 0,7844 | 8,9658 | 0,8716 | 9,9619 | 60 |
| 10 | 0,5303 | 5,9756 | 0,6304 | 6,9716 | 0,7204 | 7,9675 | 0,8165 | 8,9634 | 0,9045 | 9,9594 | 50 |
| 20 | 0,5377 | 5,9740 | 0,6506 | 6,9697 | 0,7436 | 7,9654 | 0,8365 | 8,9610 | 0,9235 | 9,9567 | 40 |
| 30 | 0,5451 | 5,9724 | 0,6709 | 6,9678 | 0,7608 | 7,9632 | 0,8626 | 8,9586 | 0,9585 | 9,9540 | 30 |
| 40 | 0,5424 | 5,9707 | 0,6912 | 6,9658 | 0,7839 | 7,9610 | 0,8887 | 8,9560 | 0,9874 | 9,9511 | 20 |
| 50 | 0,6488 | 5,9689 | 0,7114 | 6,9638 | 0,8131 | 7,9586 | 0,9147 | 8,9534 | 1,0161 | 9,9482 | 10 |
| 60 | 0,6272 | 5,9671 | 0,7317 | 6,9617 | 0,8362 | 7,9562 | 0,9408 | 8,9507 | 1,0453 | 9,9452 | 0 |
| 61° | | | | | | | | | | | |
| 6° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,8272 | 5,9671 | 0,7317 | 6,9617 | 0,8362 | 7,9562 | 0,9408 | 8,9507 | 1,0453 | 9,9452 | 60 |
| 10 | 0,6445 | 5,9653 | 0,7519 | 6,9595 | 0,8594 | 7,9537 | 0,9668 | 8,9479 | 1,0742 | 9,9421 | 50 |
| 20 | 0,6619 | 5,9634 | 0,7722 | 6,9573 | 0,8825 | 7,9512 | 0,9828 | 8,9451 | 1,1031 | 9,9390 | 40 |
| 30 | 0,6792 | 5,9614 | 0,7924 | 6,9550 | 0,9056 | 7,9486 | 1,0188 | 8,9421 | 1,1320 | 9,9357 | 30 |
| 40 | 0,6966 | 5,9594 | 0,8127 | 6,9527 | 0,9287 | 7,9459 | 1,0448 | 8,9391 | 1,1609 | 9,9324 | 20 |
| 50 | 0,7139 | 5,9574 | 0,8329 | 6,9503 | 0,9519 | 7,9432 | 1,0708 | 8,9361 | 1,1898 | 9,9290 | 10 |
| 60 | 0,7312 | 5,9553 | 0,8531 | 6,9478 | 0,9750 | 7,9404 | 1,0968 | 8,9329 | 1,2187 | 9,9255 | 0 |
| 83° | | | | | | | | | | | |
| 7° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,7312 | 5,9553 | 0,8531 | 6,9478 | 0,9750 | 7,9404 | 1,0968 | 8,9329 | 1,2187 | 9,9255 | 60 |
| 10 | 0,7485 | 5,9531 | 0,8733 | 6,9453 | 0,9980 | 7,9375 | 1,1228 | 8,9297 | 1,2476 | 9,9219 | 50 |
| 20 | 0,7658 | 5,9509 | 0,8935 | 6,9427 | 1,0211 | 7,9346 | 1,1488 | 8,9264 | 1,2764 | 9,9182 | 40 |
| 30 | 0,7832 | 5,9487 | 0,9137 | 6,9401 | 1,0442 | 7,9316 | 1,1747 | 8,9230 | 1,3053 | 9,9144 | 30 |
| 40 | 0,8005 | 5,9464 | 0,9339 | 6,9374 | 1,0673 | 7,9285 | 1,2007 | 8,9195 | 1,3341 | 9,9106 | 20 |
| 50 | 0,8178 | 5,9440 | 0,9540 | 6,9347 | 1,0903 | 7,9253 | 1,2266 | 8,9160 | 1,3629 | 9,9067 | 10 |
| 60 | 0,8350 | 5,9416 | 0,9742 | 6,9319 | 1,1134 | 7,9221 | 1,2526 | 8,9124 | 1,3917 | 9,9027 | 0 |
| 82° | | | | | | | | | | | |
| 8° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,8350 | 5,9416 | 0,9742 | 6,9319 | 1,1134 | 7,9221 | 1,2526 | 8,9124 | 1,3917 | 9,9027 | 60 |
| 10 | 0,8523 | 5,9392 | 0,9944 | 6,9290 | 1,1364 | 7,9189 | 1,2785 | 8,9087 | 1,4205 | 9,8986 | 50 |
| 20 | 0,8696 | 5,9368 | 1,0145 | 6,9261 | 1,1595 | 7,9155 | 1,3044 | 8,9050 | 1,4493 | 9,8944 | 40 |
| 30 | 0,8869 | 5,9341 | 1,0347 | 6,9231 | 1,1825 | 7,9121 | 1,3303 | 8,9011 | 1,4781 | 9,8902 | 30 |
| 40 | 0,9041 | 5,9315 | 1,0548 | 6,9201 | 1,2055 | 7,9087 | 1,3562 | 8,8972 | 1,5069 | 9,8858 | 20 |
| 50 | 0,9214 | 5,9288 | 1,0749 | 6,9170 | 1,2285 | 7,9051 | 1,3820 | 8,8933 | 1,5356 | 9,8814 | 10 |
| 60 | 0,9386 | 5,9261 | 1,0950 | 6,9138 | 1,2515 | 7,9015 | 1,4079 | 8,8892 | 1,5643 | 9,8769 | 0 |
| 81° | | | | | | | | | | | |
| 9° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,9386 | 5,9261 | 1,0950 | 6,9138 | 1,2515 | 7,9015 | 1,4079 | 8,8892 | 1,5643 | 9,8769 | 60 |
| 10 | 0,9558 | 5,9234 | 1,1151 | 6,9106 | 1,2745 | 7,8978 | 1,4338 | 8,8851 | 1,5931 | 9,8723 | 50 |
| 20 | 0,9731 | 5,9206 | 1,1352 | 6,9073 | 1,2974 | 7,8941 | 1,4596 | 8,8809 | 1,6218 | 9,8676 | 40 |
| 30 | 0,9903 | 5,9177 | 1,1553 | 6,9040 | 1,3204 | 7,8903 | 1,4854 | 8,8766 | 1,6505 | 9,8629 | 30 |
| 40 | 1,0075 | 5,9148 | 1,1754 | 6,9006 | 1,3433 | 7,8864 | 1,5112 | 8,8722 | 1,6792 | 9,8580 | 20 |
| 50 | 1,0247 | 5,9119 | 1,1955 | 6,8972 | 1,3663 | 7,8825 | 1,5370 | 8,8678 | 1,7078 | 9,8531 | 10 |
| 60 | 1,0419 | 5,9088 | 1,2155 | 6,8937 | 1,3892 | 7,8785 | 1,5628 | 8,8633 | 1,7365 | 9,8481 | 0 |
| 80° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |

| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 10° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,1736 | 0,9848 | 0,3473 | 1,9696 | 0,5209 | 2,9544 | 0,6946 | 3,9392 | 0,8682 | 4,9240 | 60 |
| 10 | 0,1765 | 0,9843 | 0,3530 | 1,9686 | 0,5295 | 2,9529 | 0,7060 | 3,9372 | 0,8826 | 4,9215 | 50 |
| 20 | 0,1794 | 0,9838 | 0,3587 | 1,9678 | 0,5381 | 2,9513 | 0,7175 | 3,9351 | 0,8969 | 4,9189 | 40 |
| 30 | 0,1822 | 0,9833 | 0,3645 | 1,9665 | 0,5467 | 2,9498 | 0,7289 | 3,9330 | 0,9112 | 4,9163 | 30 |
| 40 | 0,1851 | 0,9827 | 0,3702 | 1,9654 | 0,5553 | 2,9482 | 0,7404 | 3,9309 | 0,9255 | 4,9136 | 20 |
| 50 | 0,1880 | 0,9822 | 0,3759 | 1,9644 | 0,5639 | 2,9465 | 0,7518 | 3,9287 | 0,9398 | 4,9109 | 10 |
| 60 | 0,1908 | 0,9816 | 0,3816 | 1,9633 | 0,5724 | 2,9449 | 0,7632 | 3,9265 | 0,9540 | 4,9081 | 0 |
| 79° | | | | | | | | | | | |
| 11° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,1908 | 0,9816 | 0,3816 | 1,9633 | 0,5724 | 2,9449 | 0,7632 | 3,9265 | 0,9540 | 4,9081 | 60 |
| 10 | 0,1937 | 0,9811 | 0,3873 | 1,9621 | 0,5810 | 2,9432 | 0,7747 | 3,9243 | 0,9683 | 4,9053 | 50 |
| 20 | 0,1965 | 0,9805 | 0,3930 | 1,9610 | 0,5895 | 2,9415 | 0,7861 | 3,9220 | 0,9826 | 4,9025 | 40 |
| 30 | 0,1994 | 0,9799 | 0,3987 | 1,9598 | 0,5981 | 2,9398 | 0,7975 | 3,9197 | 0,9969 | 4,8998 | 30 |
| 40 | 0,2022 | 0,9793 | 0,4044 | 1,9587 | 0,6067 | 2,9380 | 0,8089 | 3,9174 | 1,0111 | 4,8967 | 20 |
| 50 | 0,2051 | 0,9787 | 0,4101 | 1,9575 | 0,6152 | 2,9362 | 0,8203 | 3,9150 | 1,0253 | 4,8937 | 10 |
| 60 | 0,2079 | 0,9781 | 0,4158 | 1,9563 | 0,6237 | 2,9344 | 0,8316 | 3,9126 | 1,0396 | 4,8907 | 0 |
| 78° | | | | | | | | | | | |
| 12° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,2079 | 0,9781 | 0,4158 | 1,9563 | 0,6237 | 2,9344 | 0,8316 | 3,9126 | 1,0396 | 4,8907 | 60 |
| 10 | 0,2108 | 0,9775 | 0,4215 | 1,9551 | 0,6323 | 2,9326 | 0,8430 | 3,9102 | 1,0538 | 4,8877 | 50 |
| 20 | 0,2136 | 0,9769 | 0,4272 | 1,9538 | 0,6408 | 2,9308 | 0,8544 | 3,9077 | 1,0680 | 4,8846 | 40 |
| 30 | 0,2164 | 0,9763 | 0,4329 | 1,9526 | 0,6493 | 2,9289 | 0,8658 | 3,9052 | 1,0822 | 4,8815 | 30 |
| 40 | 0,2193 | 0,9757 | 0,4386 | 1,9513 | 0,6578 | 2,9270 | 0,8771 | 3,9026 | 1,0964 | 4,8783 | 20 |
| 50 | 0,2221 | 0,9750 | 0,4442 | 1,9500 | 0,6663 | 2,9251 | 0,8885 | 3,9001 | 1,1106 | 4,8751 | 10 |
| 60 | 0,2250 | 0,9744 | 0,4499 | 1,9487 | 0,6749 | 2,9231 | 0,8998 | 3,8975 | 1,1248 | 4,8718 | 0 |
| 77° | | | | | | | | | | | |
| 13° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,2250 | 0,9744 | 0,4499 | 1,9487 | 0,6749 | 2,9231 | 0,8998 | 3,8975 | 1,1248 | 4,8718 | 60 |
| 10 | 0,2278 | 0,9737 | 0,4556 | 1,9474 | 0,6834 | 2,9211 | 0,9111 | 3,8948 | 1,1389 | 4,8686 | 50 |
| 20 | 0,2306 | 0,9730 | 0,4612 | 1,9461 | 0,6918 | 2,9191 | 0,9225 | 3,8922 | 1,1531 | 4,8652 | 40 |
| 30 | 0,2334 | 0,9724 | 0,4669 | 1,9447 | 0,7003 | 2,9171 | 0,9338 | 3,8895 | 1,1672 | 4,8618 | 30 |
| 40 | 0,2363 | 0,9717 | 0,4725 | 1,9434 | 0,7088 | 2,9151 | 0,9451 | 3,8867 | 1,1814 | 4,8584 | 20 |
| 50 | 0,2391 | 0,9710 | 0,4782 | 1,9420 | 0,7173 | 2,9130 | 0,9564 | 3,8840 | 1,1955 | 4,8550 | 10 |
| 60 | 0,2419 | 0,9703 | 0,4838 | 1,9406 | 0,7258 | 2,9109 | 0,9677 | 3,8812 | 1,2096 | 4,8515 | 0 |
| 76° | | | | | | | | | | | |
| 14° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,2419 | 0,9703 | 0,4838 | 1,9406 | 0,7258 | 2,9109 | 0,9677 | 3,8812 | 1,2096 | 4,8515 | 60 |
| 10 | 0,2447 | 0,9696 | 0,4895 | 1,9392 | 0,7342 | 2,9088 | 0,9790 | 3,8784 | 1,2237 | 4,8479 | 50 |
| 20 | 0,2476 | 0,9689 | 0,4951 | 1,9377 | 0,7427 | 2,9066 | 0,9903 | 3,8755 | 1,2378 | 4,8444 | 40 |
| 30 | 0,2504 | 0,9681 | 0,5008 | 1,9363 | 0,7511 | 2,9044 | 1,0015 | 3,8726 | 1,2519 | 4,8407 | 30 |
| 40 | 0,2532 | 0,9674 | 0,5064 | 1,9348 | 0,7596 | 2,9022 | 1,0128 | 3,8697 | 1,2660 | 4,8371 | 20 |
| 50 | 0,2560 | 0,9667 | 0,5120 | 1,9333 | 0,7680 | 2,9000 | 1,0240 | 3,8667 | 1,2800 | 4,8334 | 10 |
| 60 | 0,2588 | 0,9659 | 0,5176 | 1,9319 | 0,7765 | 2,8978 | 1,0353 | 3,8637 | 1,2941 | 4,8296 | 0 |
| 75° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |

| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----|
| | $\Delta Y'$ | $\Delta X'$ | $\Delta Y'$ | $\Delta X'$ | $\Delta Y'$ | $\Delta X'$ | $\Delta Y'$ | $\Delta X'$ | $\Delta Y'$ | $\Delta X'$ | |
| 10° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.0419 | 5.9088 | 1.2155 | 6.8937 | 1.3892 | 7.8785 | 1.5628 | 8.8633 | 1.7365 | 9.8481 | 60 |
| 10 | 1.0591 | 5.9058 | 1.2356 | 6.8901 | 1.4121 | 7.8744 | 1.5886 | 8.8587 | 1.7651 | 9.8430 | 50 |
| 20 | 1.0762 | 5.9027 | 1.2556 | 6.8855 | 1.4350 | 7.8702 | 1.6144 | 8.8540 | 1.7937 | 9.8378 | 40 |
| 30 | 1.0934 | 5.8995 | 1.2756 | 6.8828 | 1.4579 | 7.8660 | 1.6401 | 8.8493 | 1.8224 | 9.8325 | 30 |
| 40 | 1.1106 | 5.8963 | 1.2957 | 6.8790 | 1.4808 | 7.8618 | 1.6659 | 8.8445 | 1.8509 | 9.8272 | 20 |
| 50 | 1.1277 | 5.8931 | 1.3157 | 6.8752 | 1.5036 | 7.8574 | 1.6916 | 8.8396 | 1.8795 | 9.8218 | 10 |
| 60 | 1.1449 | 5.8898 | 1.3357 | 6.8714 | 1.5265 | 7.8530 | 1.7173 | 8.8346 | 1.9081 | 9.8163 | 0 |
| 79° | | | | | | | | | | | |
| 11° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.1449 | 5.8899 | 1.3357 | 6.8714 | 1.6765 | 7.8530 | 1.7173 | 8.8346 | 1.9091 | 9.8163 | 60 |
| 10 | 1.1620 | 5.8864 | 1.3556 | 6.8675 | 1.5493 | 7.8485 | 1.7430 | 8.8296 | 1.9366 | 9.8107 | 50 |
| 20 | 1.1791 | 5.8830 | 1.3756 | 6.8635 | 1.5721 | 7.8440 | 1.7686 | 8.8245 | 1.9652 | 9.8050 | 40 |
| 30 | 1.1962 | 5.8795 | 1.3956 | 6.8595 | 1.5949 | 7.8394 | 1.7943 | 8.8193 | 1.9937 | 9.7992 | 30 |
| 40 | 1.2133 | 5.8760 | 1.4155 | 6.8554 | 1.6177 | 7.8347 | 1.8200 | 8.8141 | 2.0222 | 9.7934 | 20 |
| 50 | 1.2304 | 5.8725 | 1.4355 | 6.8512 | 1.6405 | 7.8300 | 1.8456 | 8.8087 | 2.0507 | 9.7875 | 10 |
| 60 | 1.2475 | 5.8689 | 1.4554 | 6.8470 | 1.6633 | 7.8252 | 1.8712 | 8.8033 | 2.0791 | 9.7815 | 0 |
| 78° | | | | | | | | | | | |
| 12° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.2475 | 5.8689 | 1.4554 | 6.8470 | 1.6633 | 7.8252 | 1.8712 | 8.8033 | 2.0791 | 9.7815 | 60 |
| 10 | 1.2645 | 5.8652 | 1.4753 | 6.8428 | 1.5500 | 7.8203 | 1.8968 | 8.7978 | 2.1076 | 9.7754 | 50 |
| 20 | 1.2816 | 5.8615 | 1.4952 | 6.8385 | 1.7688 | 7.8154 | 1.9224 | 8.7923 | 2.1360 | 9.7692 | 40 |
| 30 | 1.2986 | 5.8578 | 1.5151 | 6.8341 | 1.7353 | 7.8104 | 1.9480 | 8.7867 | 2.1644 | 9.7630 | 30 |
| 40 | 1.3157 | 5.8540 | 1.5350 | 6.8296 | 1.7542 | 7.8053 | 1.9735 | 8.7810 | 2.1928 | 9.7566 | 20 |
| 50 | 1.3327 | 5.8501 | 1.5548 | 6.8251 | 1.7769 | 7.8002 | 1.9990 | 8.7752 | 2.2212 | 9.7502 | 10 |
| 60 | 1.3497 | 5.8462 | 1.5747 | 6.8206 | 1.7996 | 7.7950 | 2.0246 | 8.7693 | 2.2495 | 9.7437 | 0 |
| 77° | | | | | | | | | | | |
| 13° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.3497 | 5.8462 | 1.5747 | 6.8206 | 1.7996 | 7.7950 | 2.0246 | 8.7693 | 2.2495 | 9.7437 | 60 |
| 10 | 1.3667 | 5.8423 | 1.5945 | 6.8160 | 1.8223 | 7.7897 | 2.0501 | 8.7634 | 2.2778 | 9.7371 | 50 |
| 20 | 1.3837 | 5.8383 | 1.6143 | 6.8113 | 1.8449 | 7.7844 | 2.0755 | 8.7574 | 2.3062 | 9.7304 | 40 |
| 30 | 1.4007 | 5.8342 | 1.6341 | 6.8066 | 1.8676 | 7.7790 | 2.1010 | 8.7513 | 2.3345 | 9.7237 | 30 |
| 40 | 1.4176 | 5.8301 | 1.6539 | 6.8018 | 1.8902 | 7.7735 | 2.1265 | 8.7452 | 2.3627 | 9.7169 | 20 |
| 50 | 1.4346 | 5.8260 | 1.6737 | 6.7970 | 1.9128 | 7.7680 | 2.1519 | 8.7390 | 2.3910 | 9.7100 | 10 |
| 60 | 1.4515 | 5.8218 | 1.6935 | 6.7921 | 1.9354 | 7.7624 | 2.1773 | 8.7327 | 2.4192 | 9.7030 | 0 |
| 76° | | | | | | | | | | | |
| 14° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.4515 | 5.8218 | 1.6935 | 6.7921 | 1.9354 | 7.7624 | 2.1773 | 8.7327 | 2.4192 | 9.7030 | 60 |
| 10 | 1.4685 | 5.8175 | 1.7132 | 6.7871 | 1.9579 | 7.7567 | 2.2027 | 8.7263 | 2.4474 | 9.6959 | 50 |
| 20 | 1.4854 | 5.8132 | 1.7329 | 6.7821 | 1.9805 | 7.7510 | 2.2281 | 8.7198 | 2.4756 | 9.6887 | 40 |
| 30 | 1.5023 | 5.8089 | 1.7527 | 6.7770 | 2.0030 | 7.7452 | 2.2534 | 8.7133 | 2.5038 | 9.6815 | 30 |
| 40 | 1.5192 | 5.8045 | 1.7724 | 6.7719 | 2.0256 | 7.7393 | 2.2788 | 8.7067 | 2.5320 | 9.6742 | 20 |
| 50 | 1.5360 | 5.8000 | 1.7921 | 6.7667 | 2.0481 | 7.7334 | 2.3041 | 8.7001 | 2.5601 | 9.6667 | 10 |
| 60 | 1.5528 | 5.7956 | 1.8117 | 6.7615 | 2.0705 | 7.7274 | 2.3294 | 8.6933 | 2.5882 | 9.6593 | 0 |
| 75° | | | | | | | | | | | |
| | $\Delta X'$ | $\Delta Y'$ | $\Delta X'$ | $\Delta Y'$ | $\Delta X'$ | $\Delta Y'$ | $\Delta X'$ | $\Delta Y'$ | $\Delta X'$ | $\Delta Y'$ | |
| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |

| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| -15° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.2548 | 0.9659 | 0.5178 | 1.9319 | 0.7765 | 2.8978 | 1.0353 | 3.8637 | 1.2941 | 4.8298 | 60 |
| 10 | 0.2611 | 0.9652 | 0.5233 | 1.9303 | 0.7849 | 2.8955 | 1.0465 | 3.8607 | 1.3081 | 4.8258 | 50 |
| 20 | 0.2644 | 0.9644 | 0.5289 | 1.9288 | 0.7933 | 2.8932 | 1.0577 | 3.8576 | 1.3222 | 4.8220 | 40 |
| 30 | 0.2672 | 0.9636 | 0.5345 | 1.9273 | 0.8017 | 2.8909 | 1.0690 | 3.8545 | 1.3362 | 4.8182 | 30 |
| 40 | 0.2700 | 0.9628 | 0.5401 | 1.9257 | 0.8101 | 2.8885 | 1.0802 | 3.8514 | 1.3502 | 4.8142 | 20 |
| 50 | 0.2728 | 0.9621 | 0.5457 | 1.9241 | 0.8185 | 2.8862 | 1.0914 | 3.8482 | 1.3642 | 4.8103 | 10 |
| 60 | 0.2756 | 0.9613 | 0.5513 | 1.9225 | 0.8269 | 2.8838 | 1.1025 | 3.8450 | 1.3782 | 4.8063 | 0 |
| 74° | | | | | | | | | | | |
| 16° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.2766 | 0.9613 | 0.5513 | 1.9225 | 0.8269 | 2.8838 | 1.1025 | 3.8450 | 1.3782 | 4.8063 | 60 |
| 10 | 0.2784 | 0.9605 | 0.5569 | 1.9209 | 0.8353 | 2.8814 | 1.1137 | 3.8418 | 1.3922 | 4.8023 | 50 |
| 20 | 0.2812 | 0.9596 | 0.5625 | 1.9193 | 0.8437 | 2.8789 | 1.1249 | 3.8386 | 1.4061 | 4.7982 | 40 |
| 30 | 0.2840 | 0.9588 | 0.5680 | 1.9176 | 0.8520 | 2.8765 | 1.1361 | 3.8353 | 1.4201 | 4.7941 | 30 |
| 40 | 0.2868 | 0.9580 | 0.5736 | 1.9160 | 0.8604 | 2.8740 | 1.1472 | 3.8320 | 1.4340 | 4.7899 | 20 |
| 50 | 0.2896 | 0.9572 | 0.5792 | 1.9143 | 0.8688 | 2.8715 | 1.1584 | 3.8286 | 1.4479 | 4.7858 | 10 |
| 60 | 0.2924 | 0.9563 | 0.5847 | 1.9126 | 0.8771 | 2.8689 | 1.1695 | 3.8252 | 1.4619 | 4.7815 | 0 |
| 78° | | | | | | | | | | | |
| 17° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.2924 | 0.9563 | 0.5847 | 1.9126 | 0.8771 | 2.8689 | 1.1695 | 3.8252 | 1.4619 | 4.7815 | 60 |
| 10 | 0.2952 | 0.9555 | 0.5903 | 1.9109 | 0.8855 | 2.8664 | 1.1806 | 3.8218 | 1.4758 | 4.7773 | 50 |
| 20 | 0.2979 | 0.9546 | 0.5959 | 1.9092 | 0.8938 | 2.8638 | 1.1917 | 3.8184 | 1.4897 | 4.7729 | 40 |
| 30 | 0.3007 | 0.9537 | 0.6014 | 1.9074 | 0.9021 | 2.8612 | 1.2028 | 3.8149 | 1.5035 | 4.7686 | 30 |
| 40 | 0.3035 | 0.9528 | 0.6070 | 1.9057 | 0.9104 | 2.8585 | 1.2139 | 3.8114 | 1.5174 | 4.7642 | 20 |
| 50 | 0.3062 | 0.9520 | 0.6125 | 1.9039 | 0.9187 | 2.8559 | 1.2250 | 3.8078 | 1.5312 | 4.7598 | 10 |
| 60 | 0.3089 | 0.9511 | 0.6180 | 1.9021 | 0.9271 | 2.8532 | 1.2361 | 3.8042 | 1.5451 | 4.7553 | 0 |
| 72° | | | | | | | | | | | |
| 18° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.3089 | 0.9511 | 0.6180 | 1.9021 | 0.9271 | 2.8532 | 1.2361 | 3.8042 | 1.5451 | 4.7553 | 60 |
| 10 | 0.3118 | 0.9502 | 0.6236 | 1.9003 | 0.9353 | 2.8505 | 1.2471 | 3.8006 | 1.5589 | 4.7508 | 50 |
| 20 | 0.3145 | 0.9492 | 0.6291 | 1.8985 | 0.9436 | 2.8477 | 1.2582 | 3.7970 | 1.5727 | 4.7462 | 40 |
| 30 | 0.3171 | 0.9481 | 0.6346 | 1.8966 | 0.9519 | 2.8450 | 1.2692 | 3.7933 | 1.5865 | 4.7416 | 30 |
| 40 | 0.3201 | 0.9474 | 0.6401 | 1.8948 | 0.9602 | 2.8422 | 1.2802 | 3.7896 | 1.6001 | 4.7370 | 20 |
| 50 | 0.3228 | 0.9465 | 0.6456 | 1.8929 | 0.9684 | 2.8394 | 1.2913 | 3.7858 | 1.6131 | 4.7323 | 10 |
| 60 | 0.3256 | 0.9455 | 0.6511 | 1.8910 | 0.9767 | 2.8366 | 1.3023 | 3.7821 | 1.6278 | 4.7276 | 0 |
| 71° | | | | | | | | | | | |
| 19° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.3256 | 0.9455 | 0.6511 | 1.8910 | 0.9767 | 2.8366 | 1.3023 | 3.7821 | 1.6278 | 4.7276 | 60 |
| 10 | 0.3283 | 0.9446 | 0.6566 | 1.8891 | 0.9850 | 2.8337 | 1.3133 | 3.7783 | 1.6416 | 4.7228 | 50 |
| 20 | 0.3311 | 0.9436 | 0.6621 | 1.8872 | 0.9932 | 2.8308 | 1.3243 | 3.7744 | 1.6555 | 4.7181 | 40 |
| 30 | 0.3338 | 0.9426 | 0.6676 | 1.8853 | 1.0014 | 2.8279 | 1.3352 | 3.7706 | 1.6690 | 4.7132 | 30 |
| 40 | 0.3365 | 0.9417 | 0.6731 | 1.8833 | 1.0096 | 2.8250 | 1.3462 | 3.7667 | 1.6827 | 4.7083 | 20 |
| 50 | 0.3393 | 0.9407 | 0.6786 | 1.8814 | 1.0179 | 2.8221 | 1.3571 | 3.7627 | 1.6964 | 4.7034 | 10 |
| 60 | 0.3420 | 0.9397 | 0.6840 | 1.8794 | 1.0261 | 2.8191 | 1.3681 | 3.7588 | 1.7101 | 4.6985 | 0 |
| 70° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |

| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 15° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.5529 | 5.7856 | 1.8117 | 6.7615 | 2.0706 | 7.7274 | 2.3294 | 8.6938 | 2.5882 | 9.6593 | 60 |
| 10 | 1.5698 | 5.7910 | 1.8314 | 6.7562 | 2.0930 | 7.7214 | 2.3548 | 8.6865 | 2.6163 | 9.6517 | 50 |
| 20 | 1.5866 | 5.7864 | 1.8510 | 6.7509 | 2.1155 | 7.7152 | 2.3799 | 8.6796 | 2.6443 | 9.6440 | 40 |
| 30 | 1.6034 | 5.7818 | 1.8707 | 6.7454 | 2.1379 | 7.7090 | 2.4051 | 8.6727 | 2.6724 | 9.6363 | 30 |
| 40 | 1.6202 | 5.7771 | 1.8903 | 6.7399 | 2.1603 | 7.7028 | 2.4304 | 8.6656 | 2.7004 | 9.6285 | 20 |
| 50 | 1.6370 | 5.7724 | 1.9099 | 6.7344 | 2.1827 | 7.6965 | 2.4556 | 8.6585 | 2.7284 | 9.6206 | 10 |
| 60 | 1.6538 | 5.7676 | 1.9295 | 6.7289 | 2.2051 | 7.6901 | 2.4807 | 8.6514 | 2.7564 | 9.6126 | 0 |
| 74° | | | | | | | | | | | |
| 16° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.0538 | 5.7676 | 1.0295 | 6.7288 | 2.2051 | 7.6901 | 2.4807 | 8.6514 | 2.7564 | 9.6126 | 60 |
| 10 | 1.0706 | 5.7627 | 1.0490 | 6.7232 | 2.2275 | 7.6836 | 2.5059 | 8.6441 | 2.7843 | 9.6046 | 50 |
| 20 | 1.0874 | 5.7579 | 1.0686 | 6.7175 | 2.2498 | 7.6771 | 2.5310 | 8.6368 | 2.8123 | 9.5964 | 40 |
| 30 | 1.1041 | 5.7529 | 1.0881 | 6.7117 | 2.2721 | 7.6706 | 2.5561 | 8.6294 | 2.8402 | 9.5882 | 30 |
| 40 | 1.1208 | 5.7479 | 2.0076 | 6.7059 | 2.2944 | 7.6639 | 2.5812 | 8.6219 | 2.8680 | 9.5799 | 20 |
| 50 | 1.1375 | 5.7428 | 2.0271 | 6.7001 | 2.3167 | 7.6572 | 2.6063 | 8.6144 | 2.8959 | 9.5715 | 10 |
| 60 | 1.1542 | 5.7378 | 2.0466 | 6.6941 | 2.3390 | 7.6504 | 2.6313 | 8.6067 | 2.9237 | 9.5630 | 0 |
| 78° | | | | | | | | | | | |
| 17° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.7542 | 5.7378 | 2.0466 | 6.6941 | 2.3390 | 7.6504 | 2.6313 | 8.6067 | 2.9237 | 9.5630 | 60 |
| 10 | 1.7709 | 5.7327 | 2.0661 | 6.6882 | 2.3612 | 7.6436 | 2.6564 | 8.5994 | 2.9515 | 9.5545 | 50 |
| 20 | 1.7875 | 5.7275 | 2.0855 | 6.6823 | 2.3834 | 7.6367 | 2.6814 | 8.5913 | 2.9793 | 9.5459 | 40 |
| 30 | 1.8042 | 5.7223 | 2.1049 | 6.6760 | 2.4056 | 7.6297 | 2.7064 | 8.5835 | 3.0071 | 9.5372 | 30 |
| 40 | 1.8209 | 5.7170 | 2.1243 | 6.6699 | 2.4278 | 7.6227 | 2.7313 | 8.5755 | 3.0349 | 9.5284 | 20 |
| 50 | 1.8375 | 5.7117 | 2.1437 | 6.6637 | 2.4500 | 7.6156 | 2.7562 | 8.5676 | 3.0625 | 9.5195 | 10 |
| 60 | 1.8541 | 5.7063 | 2.1631 | 6.6574 | 2.4721 | 7.6085 | 2.7812 | 8.5595 | 3.0902 | 9.5106 | 0 |
| 72° | | | | | | | | | | | |
| 18° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.8541 | 5.7063 | 2.1631 | 6.6574 | 2.4721 | 7.6085 | 2.7812 | 8.5595 | 3.0902 | 9.5106 | 60 |
| 10 | 1.8707 | 5.7009 | 2.1825 | 6.6511 | 2.4943 | 7.6012 | 2.8060 | 8.5514 | 3.1178 | 9.5015 | 50 |
| 20 | 1.8873 | 5.6955 | 2.2018 | 6.6447 | 2.5164 | 7.5939 | 2.8309 | 8.5432 | 3.1454 | 9.4924 | 40 |
| 30 | 1.9039 | 5.6899 | 2.2211 | 6.6383 | 2.5384 | 7.5866 | 2.8557 | 8.5349 | 3.1730 | 9.4832 | 30 |
| 40 | 1.9204 | 5.6844 | 2.2404 | 6.6318 | 2.5605 | 7.5792 | 2.8806 | 8.5266 | 3.2006 | 9.4740 | 20 |
| 50 | 1.9369 | 5.6788 | 2.2597 | 6.6252 | 2.5825 | 7.5717 | 2.9053 | 8.5182 | 3.2282 | 9.4646 | 10 |
| 60 | 1.9534 | 5.6731 | 2.2790 | 6.6186 | 2.6045 | 7.5641 | 2.9301 | 8.5097 | 3.2557 | 9.4552 | 0 |
| 71° | | | | | | | | | | | |
| 19° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.9534 | 5.6731 | 2.2790 | 6.6186 | 2.6045 | 7.5641 | 2.9301 | 8.5097 | 3.2557 | 9.4552 | 60 |
| 10 | 1.9699 | 5.6674 | 2.2982 | 6.6120 | 2.6265 | 7.5565 | 2.9549 | 8.5011 | 3.2832 | 9.4457 | 50 |
| 20 | 1.9864 | 5.6617 | 2.3174 | 6.6053 | 2.6485 | 7.5489 | 2.9796 | 8.4925 | 3.3106 | 9.4361 | 40 |
| 30 | 2.0028 | 5.6558 | 2.3366 | 6.5985 | 2.6705 | 7.5411 | 3.0043 | 8.4838 | 3.3381 | 9.4264 | 30 |
| 40 | 2.0193 | 5.6500 | 2.3558 | 6.5917 | 2.6924 | 7.5333 | 3.0289 | 8.4750 | 3.3655 | 9.4167 | 20 |
| 50 | 2.0357 | 5.6441 | 2.3750 | 6.5848 | 2.7143 | 7.5255 | 3.0536 | 8.4662 | 3.3929 | 9.4068 | 10 |
| 60 | 2.0521 | 5.6382 | 2.3941 | 6.5778 | 2.7362 | 7.5175 | 3.0782 | 8.4572 | 3.4202 | 9.3969 | 0 |
| 70° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |

| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 20° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.3420 | 0.9397 | 0.6940 | 1.3794 | 1.0261 | 2.8181 | 1.3681 | 3.7588 | 1.7101 | 4.6985 | 60 |
| 10 | 0.3448 | 0.9387 | 0.6895 | 1.3774 | 1.0343 | 2.8161 | 1.3790 | 3.7548 | 1.7238 | 4.6935 | 50 |
| 20 | 0.3475 | 0.9377 | 0.6850 | 1.3754 | 1.0424 | 2.8131 | 1.3899 | 3.7507 | 1.7374 | 4.6884 | 40 |
| 30 | 0.3502 | 0.9367 | 0.7004 | 1.3733 | 1.0506 | 2.8100 | 1.4003 | 3.7467 | 1.7510 | 4.6834 | 30 |
| 40 | 0.3529 | 0.9356 | 0.7059 | 1.3713 | 1.0588 | 2.8069 | 1.4117 | 3.7426 | 1.7647 | 4.6782 | 20 |
| 50 | 0.3557 | 0.9346 | 0.7113 | 1.3692 | 1.0670 | 2.8039 | 1.4226 | 3.7385 | 1.7782 | 4.6731 | 10 |
| 60 | 0.3584 | 0.9336 | 0.7167 | 1.3672 | 1.0751 | 2.8007 | 1.4335 | 3.7343 | 1.7918 | 4.6679 | 0 |
| 69° | | | | | | | | | | | |
| 21° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.3584 | 0.9336 | 0.7167 | 1.3672 | 1.0751 | 2.8007 | 1.4335 | 3.7343 | 1.7918 | 4.6679 | 60 |
| 10 | 0.3611 | 0.9325 | 0.7222 | 1.3651 | 1.0832 | 2.7976 | 1.4443 | 3.7301 | 1.8054 | 4.6627 | 50 |
| 20 | 0.3638 | 0.9315 | 0.7276 | 1.3630 | 1.0914 | 2.7944 | 1.4552 | 3.7259 | 1.8190 | 4.6574 | 40 |
| 30 | 0.3665 | 0.9304 | 0.7330 | 1.3608 | 1.0995 | 2.7913 | 1.4660 | 3.7217 | 1.8325 | 4.6521 | 30 |
| 40 | 0.3692 | 0.9293 | 0.7384 | 1.3587 | 1.1076 | 2.7880 | 1.4768 | 3.7174 | 1.8460 | 4.6467 | 20 |
| 50 | 0.3719 | 0.9283 | 0.7439 | 1.3565 | 1.1157 | 2.7848 | 1.4876 | 3.7131 | 1.8595 | 4.6413 | 10 |
| 60 | 0.3746 | 0.9272 | 0.7492 | 1.3544 | 1.1238 | 2.7816 | 1.4984 | 3.7087 | 1.8730 | 4.6359 | 0 |
| 68° | | | | | | | | | | | |
| 22° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.3746 | 0.9272 | 0.7492 | 1.3544 | 1.1238 | 2.7816 | 1.4984 | 3.7087 | 1.8730 | 4.6359 | 60 |
| 10 | 0.3773 | 0.9261 | 0.7546 | 1.3522 | 1.1319 | 2.7783 | 1.5092 | 3.7044 | 1.8865 | 4.6305 | 50 |
| 20 | 0.3800 | 0.9250 | 0.7600 | 1.3500 | 1.1400 | 2.7750 | 1.5200 | 3.7000 | 1.9000 | 4.6249 | 40 |
| 30 | 0.3827 | 0.9239 | 0.7654 | 1.3478 | 1.1481 | 2.7718 | 1.5307 | 3.6955 | 1.9134 | 4.6194 | 30 |
| 40 | 0.3854 | 0.9228 | 0.7707 | 1.3455 | 1.1561 | 2.7683 | 1.5415 | 3.6910 | 1.9268 | 4.6138 | 20 |
| 50 | 0.3881 | 0.9216 | 0.7761 | 1.3433 | 1.1642 | 2.7649 | 1.5522 | 3.6865 | 1.9403 | 4.6082 | 10 |
| 60 | 0.3907 | 0.9205 | 0.7815 | 1.3410 | 1.1722 | 2.7615 | 1.5629 | 3.6820 | 1.9537 | 4.6025 | 0 |
| 67° | | | | | | | | | | | |
| 23° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.3907 | 0.9205 | 0.7815 | 1.3410 | 1.1722 | 2.7615 | 1.5629 | 3.6820 | 1.9537 | 4.6025 | 60 |
| 10 | 0.3934 | 0.9194 | 0.7868 | 1.3387 | 1.1802 | 2.7581 | 1.5736 | 3.6775 | 1.9670 | 4.5968 | 50 |
| 20 | 0.3961 | 0.9182 | 0.7922 | 1.3364 | 1.1882 | 2.7546 | 1.5843 | 3.6729 | 1.9804 | 4.5911 | 40 |
| 30 | 0.3987 | 0.9171 | 0.7975 | 1.3341 | 1.1962 | 2.7512 | 1.5950 | 3.6682 | 1.9937 | 4.5853 | 30 |
| 40 | 0.4014 | 0.9159 | 0.8028 | 1.3318 | 1.2042 | 2.7477 | 1.6057 | 3.6636 | 2.0071 | 4.5795 | 20 |
| 50 | 0.4041 | 0.9147 | 0.8082 | 1.3295 | 1.2122 | 2.7442 | 1.6163 | 3.6589 | 2.0204 | 4.5736 | 10 |
| 60 | 0.4067 | 0.9135 | 0.8135 | 1.3271 | 1.2202 | 2.7406 | 1.6269 | 3.6542 | 2.0337 | 4.5677 | 0 |
| 66° | | | | | | | | | | | |
| 24° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.4067 | 0.9135 | 0.8135 | 1.3271 | 1.2202 | 2.7406 | 1.6269 | 3.6542 | 2.0337 | 4.5677 | 60 |
| 10 | 0.4094 | 0.9124 | 0.8188 | 1.3247 | 1.2282 | 2.7371 | 1.6376 | 3.6494 | 2.0470 | 4.5618 | 50 |
| 20 | 0.4120 | 0.9112 | 0.8241 | 1.3223 | 1.2361 | 2.7335 | 1.6482 | 3.6447 | 2.0602 | 4.5558 | 40 |
| 30 | 0.4147 | 0.9100 | 0.8294 | 1.3199 | 1.2441 | 2.7299 | 1.6588 | 3.6398 | 2.0735 | 4.5498 | 30 |
| 40 | 0.4173 | 0.9088 | 0.8347 | 1.3175 | 1.2520 | 2.7263 | 1.6691 | 3.6350 | 2.0867 | 4.5438 | 20 |
| 50 | 0.4200 | 0.9075 | 0.8400 | 1.3151 | 1.2599 | 2.7226 | 1.6799 | 3.6301 | 2.0999 | 4.5377 | 10 |
| 60 | 0.4226 | 0.9063 | 0.8452 | 1.3126 | 1.2679 | 2.7189 | 1.6905 | 3.6252 | 2.1131 | 4.5315 | 0 |
| 65° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |

| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 20° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2.0524 | 5.6382 | 2.3941 | 6.5778 | 2.7362 | 7.5175 | 3.0782 | 8.4572 | 3.4202 | 9.3969 | 60 |
| 10 | 2.0685 | 5.6322 | 2.4133 | 6.5708 | 2.7580 | 7.5095 | 3.1028 | 8.4482 | 3.4475 | 9.3869 | 50 |
| 20 | 2.0849 | 5.6261 | 2.4324 | 6.5638 | 2.7798 | 7.5015 | 3.1273 | 8.4392 | 3.4748 | 9.3769 | 40 |
| 30 | 2.1012 | 5.6200 | 2.4515 | 6.5567 | 2.8017 | 7.4934 | 3.1519 | 8.4300 | 3.5021 | 9.3667 | 30 |
| 40 | 2.1176 | 5.6139 | 2.4705 | 6.5485 | 2.8234 | 7.4852 | 3.1764 | 8.4208 | 3.5293 | 9.3565 | 20 |
| 50 | 2.1339 | 5.6077 | 2.4898 | 6.5423 | 2.8452 | 7.4770 | 3.2009 | 8.4116 | 3.5565 | 9.3462 | 10 |
| 60 | 2.1502 | 5.6015 | 2.5086 | 6.5351 | 2.8669 | 7.4686 | 3.2253 | 8.4022 | 3.5837 | 9.3358 | 0 |
| 69° | | | | | | | | | | | |
| 21° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2.1502 | 5.6015 | 2.5096 | 6.5351 | 2.8669 | 7.4686 | 3.2253 | 8.4022 | 3.5837 | 9.3358 | 60 |
| 10 | 2.1665 | 5.5952 | 2.5276 | 6.5277 | 2.8887 | 7.4603 | 3.2497 | 8.3928 | 3.6108 | 9.3253 | 50 |
| 20 | 2.1828 | 5.5889 | 2.5466 | 6.5204 | 2.9103 | 7.4518 | 3.2741 | 8.3833 | 3.6379 | 9.3148 | 40 |
| 30 | 2.1990 | 5.5825 | 2.5655 | 6.5129 | 2.9320 | 7.4433 | 3.2985 | 8.3738 | 3.6650 | 9.3042 | 30 |
| 40 | 2.2152 | 5.5761 | 2.5844 | 6.5654 | 2.9536 | 7.4348 | 3.3229 | 8.3641 | 3.6921 | 9.2935 | 20 |
| 50 | 2.2314 | 5.5696 | 2.6034 | 6.4979 | 2.9753 | 7.4262 | 3.3472 | 8.3544 | 3.7191 | 9.2827 | 10 |
| 60 | 2.2476 | 5.5631 | 2.6222 | 6.4903 | 2.9969 | 7.4175 | 3.3715 | 8.3447 | 3.7461 | 9.2718 | 0 |
| 68° | | | | | | | | | | | |
| 22° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2.2476 | 5.5631 | 2.6222 | 6.4903 | 2.9969 | 7.4175 | 3.3715 | 8.3447 | 3.7461 | 9.2718 | 60 |
| 10 | 2.2638 | 5.5565 | 2.6411 | 6.4826 | 3.0184 | 7.4087 | 3.3957 | 8.3348 | 3.7730 | 9.2609 | 50 |
| 20 | 2.2800 | 5.5499 | 2.6600 | 6.4749 | 3.0400 | 7.3999 | 3.4199 | 8.3249 | 3.7999 | 9.2499 | 40 |
| 30 | 2.2961 | 5.5433 | 2.6788 | 6.4672 | 3.0615 | 7.3910 | 3.4442 | 8.3149 | 3.8268 | 9.2388 | 30 |
| 40 | 2.3122 | 5.5366 | 2.6976 | 6.4593 | 3.0830 | 7.3821 | 3.4683 | 8.3049 | 3.8537 | 9.2276 | 20 |
| 50 | 2.3283 | 5.5298 | 2.7164 | 6.4515 | 3.1044 | 7.3731 | 3.4925 | 8.2947 | 3.8805 | 9.2164 | 10 |
| 60 | 2.3444 | 5.5230 | 2.7351 | 6.4435 | 3.1258 | 7.3640 | 3.5166 | 8.2845 | 3.9073 | 9.2050 | 0 |
| 67° | | | | | | | | | | | |
| 23° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2.3444 | 5.5230 | 2.7351 | 6.4435 | 3.1258 | 7.3640 | 3.5166 | 8.2845 | 3.9073 | 9.2050 | 60 |
| 10 | 2.3604 | 5.5162 | 2.7538 | 6.4356 | 3.1473 | 7.3549 | 3.5407 | 8.2743 | 3.9341 | 9.1936 | 50 |
| 20 | 2.3765 | 5.5093 | 2.7726 | 6.4275 | 3.1686 | 7.3457 | 3.5647 | 8.2639 | 3.9608 | 9.1822 | 40 |
| 30 | 2.3925 | 5.5024 | 2.7912 | 6.4194 | 3.1900 | 7.3365 | 3.5887 | 8.2535 | 3.9875 | 9.1706 | 30 |
| 40 | 2.4085 | 5.4954 | 2.8099 | 6.4113 | 3.2113 | 7.3272 | 3.6127 | 8.2431 | 4.0142 | 9.1590 | 20 |
| 50 | 2.4245 | 5.4883 | 2.8285 | 6.4031 | 3.2326 | 7.3178 | 3.6367 | 8.2325 | 4.0408 | 9.1472 | 10 |
| 60 | 2.4404 | 5.4813 | 2.8472 | 6.3948 | 3.2539 | 7.3084 | 3.6606 | 8.2219 | 4.0674 | 9.1355 | 0 |
| 66° | | | | | | | | | | | |
| 24° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2.4404 | 5.4813 | 2.8472 | 6.3948 | 3.2539 | 7.3084 | 3.6606 | 8.2219 | 4.0674 | 9.1355 | 60 |
| 10 | 2.4564 | 5.4742 | 2.8657 | 6.3865 | 3.2751 | 7.2989 | 3.6845 | 8.2112 | 4.0939 | 9.1236 | 50 |
| 20 | 2.4723 | 5.4670 | 2.8843 | 6.3781 | 3.2964 | 7.2893 | 3.7084 | 8.2005 | 4.1204 | 9.1116 | 40 |
| 30 | 2.4882 | 5.4598 | 2.9029 | 6.3697 | 3.3175 | 7.2797 | 3.7322 | 8.1897 | 4.1469 | 9.0996 | 30 |
| 40 | 2.5040 | 5.4525 | 2.9214 | 6.3613 | 3.3387 | 7.2700 | 3.7560 | 8.1788 | 4.1734 | 9.0875 | 20 |
| 50 | 2.5199 | 5.4452 | 2.9399 | 6.3527 | 3.3598 | 7.2603 | 3.7798 | 8.1678 | 4.1998 | 9.0753 | 10 |
| 60 | 2.5357 | 5.4378 | 2.9583 | 6.3442 | 3.3809 | 7.2505 | 3.8036 | 8.1568 | 4.2262 | 9.0631 | 0 |
| 65° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |

| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 25° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.4220 | 0.9063 | 0.8452 | 1.8126 | 1.2679 | 2.7189 | 1.6905 | 3.6252 | 2.1131 | 4.5315 | 60 |
| 10 | 0.4253 | 0.9051 | 0.8505 | 1.8101 | 1.2758 | 2.7152 | 1.7010 | 3.6203 | 2.1263 | 4.5254 | 50 |
| 20 | 0.4279 | 0.9038 | 0.8558 | 1.8077 | 1.2837 | 2.7115 | 1.7115 | 3.6153 | 2.1394 | 4.5192 | 40 |
| 30 | 0.4305 | 0.9026 | 0.8610 | 1.8052 | 1.2915 | 2.7078 | 1.7220 | 3.6103 | 2.1526 | 4.5129 | 30 |
| 40 | 0.4331 | 0.9013 | 0.8663 | 1.8027 | 1.2994 | 2.7040 | 1.7325 | 3.6053 | 2.1657 | 4.5066 | 20 |
| 50 | 0.4358 | 0.9001 | 0.8715 | 1.8001 | 1.3073 | 2.7002 | 1.7430 | 3.6003 | 2.1788 | 4.5003 | 10 |
| 60 | 0.4384 | 0.8988 | 0.8767 | 1.7976 | 1.3151 | 2.6964 | 1.7535 | 3.5952 | 2.1919 | 4.4940 | 0 |
| 64° | | | | | | | | | | | |
| 26° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.4384 | 0.8988 | 0.8767 | 1.7976 | 1.3151 | 2.6964 | 1.7535 | 3.5952 | 2.1919 | 4.4940 | 60 |
| 10 | 0.4410 | 0.8975 | 0.8820 | 1.7950 | 1.3230 | 2.6925 | 1.7639 | 3.5901 | 2.2049 | 4.4876 | 50 |
| 20 | 0.4436 | 0.8962 | 0.8872 | 1.7925 | 1.3308 | 2.6887 | 1.7744 | 3.5849 | 2.2180 | 4.4811 | 40 |
| 30 | 0.4462 | 0.8949 | 0.8924 | 1.7899 | 1.3386 | 2.6848 | 1.7848 | 3.5797 | 2.2310 | 4.4747 | 30 |
| 40 | 0.4488 | 0.8936 | 0.8976 | 1.7873 | 1.3464 | 2.6809 | 1.7952 | 3.5745 | 2.2440 | 4.4682 | 20 |
| 50 | 0.4514 | 0.8923 | 0.9028 | 1.7846 | 1.3542 | 2.6770 | 1.8056 | 3.5693 | 2.2570 | 4.4616 | 10 |
| 60 | 0.4540 | 0.8910 | 0.9080 | 1.7820 | 1.3620 | 2.6730 | 1.8160 | 3.5640 | 2.2700 | 4.4550 | 0 |
| 63° | | | | | | | | | | | |
| 27° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.4540 | 0.8910 | 0.9080 | 1.7820 | 1.3620 | 2.6730 | 1.8160 | 3.5640 | 2.2700 | 4.4550 | 60 |
| 10 | 0.4566 | 0.8897 | 0.9132 | 1.7794 | 1.3697 | 2.6690 | 1.8263 | 3.5587 | 2.2829 | 4.4484 | 50 |
| 20 | 0.4592 | 0.8884 | 0.9183 | 1.7767 | 1.3775 | 2.6651 | 1.8367 | 3.5534 | 2.2958 | 4.4418 | 40 |
| 30 | 0.4617 | 0.8870 | 0.9235 | 1.7740 | 1.3852 | 2.6610 | 1.8470 | 3.5480 | 2.3087 | 4.4351 | 30 |
| 40 | 0.4643 | 0.8857 | 0.9287 | 1.7713 | 1.3930 | 2.6570 | 1.8573 | 3.5427 | 2.3216 | 4.4284 | 20 |
| 50 | 0.4669 | 0.8843 | 0.9338 | 1.7686 | 1.4007 | 2.6529 | 1.8676 | 3.5372 | 2.3345 | 4.4215 | 10 |
| 60 | 0.4695 | 0.8829 | 0.9389 | 1.7659 | 1.4084 | 2.6488 | 1.8779 | 3.5318 | 2.3474 | 4.4147 | 0 |
| 82° | | | | | | | | | | | |
| 28° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.4695 | 0.8829 | 0.9389 | 1.7659 | 1.4084 | 2.6488 | 1.8779 | 3.5318 | 2.3474 | 4.4147 | 60 |
| 10 | 0.4720 | 0.8816 | 0.9441 | 1.7632 | 1.4161 | 2.6447 | 1.8882 | 3.5263 | 2.3602 | 4.4079 | 50 |
| 20 | 0.4746 | 0.8802 | 0.9492 | 1.7604 | 1.4238 | 2.6406 | 1.8984 | 3.5208 | 2.3730 | 4.4010 | 40 |
| 30 | 0.4772 | 0.8788 | 0.9543 | 1.7576 | 1.4315 | 2.6365 | 1.9086 | 3.5153 | 2.3858 | 4.3941 | 30 |
| 40 | 0.4797 | 0.8774 | 0.9594 | 1.7549 | 1.4391 | 2.6323 | 1.9189 | 3.5097 | 2.3986 | 4.3871 | 20 |
| 50 | 0.4823 | 0.8760 | 0.9645 | 1.7521 | 1.4468 | 2.6281 | 1.9291 | 3.5041 | 2.4113 | 4.3801 | 10 |
| 60 | 0.4848 | 0.8746 | 0.9696 | 1.7492 | 1.4544 | 2.6239 | 1.9392 | 3.4985 | 2.4240 | 4.3731 | 0 |
| 61° | | | | | | | | | | | |
| 29° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.4848 | 0.8746 | 0.9696 | 1.7492 | 1.4544 | 2.6239 | 1.9392 | 3.4985 | 2.4240 | 4.3731 | 60 |
| 10 | 0.4874 | 0.8732 | 0.9747 | 1.7464 | 1.4621 | 2.6196 | 1.9494 | 3.4928 | 2.4368 | 4.3660 | 50 |
| 20 | 0.4899 | 0.8718 | 0.9798 | 1.7436 | 1.4697 | 2.6154 | 1.9596 | 3.4871 | 2.4494 | 4.3589 | 40 |
| 30 | 0.4924 | 0.8704 | 0.9848 | 1.7407 | 1.4773 | 2.6111 | 1.9697 | 3.4814 | 2.4621 | 4.3518 | 30 |
| 40 | 0.4950 | 0.8689 | 0.9899 | 1.7378 | 1.4849 | 2.6068 | 1.9798 | 3.4757 | 2.4748 | 4.3446 | 20 |
| 50 | 0.4975 | 0.8675 | 0.9950 | 1.7350 | 1.4924 | 2.6024 | 1.9899 | 3.4699 | 2.4874 | 4.3374 | 10 |
| 60 | 0.5000 | 0.8660 | 1.0000 | 1.7321 | 1.5000 | 2.5981 | 2.0000 | 3.4641 | 2.5000 | 4.3301 | 0 |
| 60° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |

| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 25° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2.557 | 5.4378 | 2.9585 | 6.3442 | 3.3809 | 7.2505 | 3.8056 | 8.1568 | 4.2265 | 0.0631 | 60 |
| 10 | 2.5615 | 5.4304 | 2.9708 | 6.3355 | 3.4020 | 7.2406 | 3.8273 | 8.1457 | 4.2525 | 0.0507 | 50 |
| 20 | 2.5673 | 5.4230 | 2.9852 | 6.3268 | 3.4231 | 7.2307 | 3.8510 | 8.1345 | 4.2788 | 0.0383 | 40 |
| 30 | 2.5831 | 5.4155 | 3.0136 | 6.3181 | 3.4444 | 7.2207 | 3.8746 | 8.1233 | 4.3051 | 0.0259 | 30 |
| 40 | 2.5988 | 5.4080 | 3.0310 | 6.3093 | 3.4651 | 7.2106 | 3.8982 | 8.1120 | 4.3313 | 0.0133 | 20 |
| 50 | 2.6145 | 5.4004 | 3.0502 | 6.3005 | 3.4840 | 7.2005 | 3.9218 | 8.1006 | 4.3575 | 0.0007 | 10 |
| 60 | 2.6302 | 5.3928 | 3.0686 | 6.2916 | 3.5070 | 7.1904 | 3.9453 | 8.0891 | 4.3837 | 0.9679 | 0 |
| 64° | | | | | | | | | | | |
| 26° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2.6302 | 5.3928 | 3.0686 | 6.2916 | 3.5070 | 7.1904 | 3.9453 | 8.0891 | 4.3837 | 8.9879 | 60 |
| 10 | 2.6459 | 5.3851 | 3.0869 | 6.2826 | 3.5279 | 7.1801 | 3.9669 | 8.0776 | 4.4108 | 8.9752 | 50 |
| 20 | 2.6616 | 5.3774 | 3.1051 | 6.2736 | 3.5487 | 7.1698 | 3.9823 | 8.0661 | 4.4359 | 8.9623 | 40 |
| 30 | 2.6772 | 5.3696 | 3.1234 | 6.2645 | 3.5695 | 7.1595 | 4.0158 | 8.0544 | 4.4620 | 8.9493 | 30 |
| 40 | 2.6928 | 5.3618 | 3.1416 | 6.2554 | 3.5904 | 7.1491 | 4.0392 | 8.0427 | 4.4880 | 8.9363 | 20 |
| 50 | 2.7084 | 5.3539 | 3.1598 | 6.2463 | 3.6112 | 7.1386 | 4.0626 | 8.0309 | 4.5140 | 8.9232 | 10 |
| 60 | 2.7239 | 5.3460 | 3.1770 | 6.2370 | 3.6319 | 7.1281 | 4.0859 | 8.0191 | 4.5399 | 8.9101 | 0 |
| 63° | | | | | | | | | | | |
| 27° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2.7239 | 5.3460 | 3.1779 | 6.2370 | 3.6319 | 7.1281 | 4.0859 | 8.0191 | 4.5399 | 8.9101 | 60 |
| 10 | 2.7395 | 5.3381 | 3.1961 | 6.2278 | 3.6526 | 7.1175 | 4.1092 | 8.0071 | 4.5658 | 8.8968 | 50 |
| 20 | 2.7550 | 5.3301 | 3.2142 | 6.2185 | 3.6733 | 7.1068 | 4.1325 | 7.9952 | 4.5917 | 8.8825 | 40 |
| 30 | 2.7705 | 5.3221 | 3.2322 | 6.2091 | 3.6940 | 7.0961 | 4.1557 | 7.9831 | 4.6175 | 8.8701 | 30 |
| 40 | 2.7860 | 5.3140 | 3.2503 | 6.1996 | 3.7146 | 7.0853 | 4.1789 | 7.9710 | 4.6433 | 8.8566 | 20 |
| 50 | 2.8014 | 5.3059 | 3.2683 | 6.1902 | 3.7352 | 7.0745 | 4.2021 | 7.9588 | 4.6690 | 8.8431 | 10 |
| 60 | 2.8168 | 5.2977 | 3.2863 | 6.1806 | 3.7558 | 7.0636 | 4.2252 | 7.9465 | 4.6947 | 8.8295 | 0 |
| 62° | | | | | | | | | | | |
| 28° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2.8168 | 5.2977 | 3.2863 | 6.1806 | 3.7558 | 7.0636 | 4.2252 | 7.9465 | 4.6947 | 8.8295 | 60 |
| 10 | 2.8322 | 5.2895 | 3.3043 | 6.1710 | 3.7763 | 7.0528 | 4.2483 | 7.9342 | 4.7204 | 8.8158 | 50 |
| 20 | 2.8476 | 5.2812 | 3.3222 | 6.1614 | 3.7968 | 7.0416 | 4.2714 | 7.9218 | 4.7460 | 8.8020 | 40 |
| 30 | 2.8630 | 5.2729 | 3.3401 | 6.1517 | 3.8173 | 7.0305 | 4.2944 | 7.9094 | 4.7716 | 8.7882 | 30 |
| 40 | 2.8783 | 5.2646 | 3.3580 | 6.1420 | 3.8377 | 7.0194 | 4.3174 | 7.8969 | 4.7971 | 8.7743 | 20 |
| 50 | 2.8936 | 5.2562 | 3.3758 | 6.1322 | 3.8581 | 7.0082 | 4.3404 | 7.8842 | 4.8226 | 8.7603 | 10 |
| 60 | 2.9089 | 5.2477 | 3.3937 | 6.1223 | 3.8785 | 6.9970 | 4.3633 | 7.8716 | 4.8481 | 8.7462 | 0 |
| 61° | | | | | | | | | | | |
| 29° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 2.9089 | 5.2477 | 3.3937 | 6.1223 | 3.8785 | 6.9970 | 4.3633 | 7.8716 | 4.8481 | 8.7462 | 60 |
| 10 | 2.9241 | 5.2392 | 3.4115 | 6.1124 | 3.8988 | 6.9858 | 4.3862 | 7.8589 | 4.8745 | 8.7321 | 50 |
| 20 | 2.9393 | 5.2307 | 3.4292 | 6.1025 | 3.9191 | 6.9743 | 4.4090 | 7.8461 | 4.8999 | 8.7178 | 40 |
| 30 | 2.9545 | 5.2221 | 3.4470 | 6.0925 | 3.9394 | 6.9628 | 4.4318 | 7.8332 | 4.9242 | 8.7036 | 30 |
| 40 | 2.9697 | 5.2135 | 3.4647 | 6.0824 | 3.9596 | 6.9514 | 4.4546 | 7.8203 | 4.9495 | 8.6892 | 20 |
| 50 | 2.9849 | 5.2049 | 3.4824 | 6.0723 | 3.9798 | 6.9398 | 4.4773 | 7.8073 | 4.9748 | 8.6748 | 10 |
| 60 | 3.0001 | 5.1962 | 3.5000 | 6.0622 | 4.0000 | 6.9282 | 4.5000 | 7.7952 | 5.0000 | 8.6603 | 0 |
| 60° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | | | |

| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 30° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.5000 | 0.8660 | 1.0000 | 1.7321 | 1.5000 | 2.5981 | 2.0000 | 3.4641 | 2.5000 | 4.3301 | 60 |
| 10 | 0.5025 | 0.8646 | 1.0050 | 1.7291 | 1.5076 | 2.5937 | 2.0101 | 3.4583 | 2.5126 | 4.3228 | 50 |
| 20 | 0.5050 | 0.8631 | 1.0101 | 1.7262 | 1.5151 | 2.5893 | 2.0201 | 3.4524 | 2.5251 | 4.3155 | 40 |
| 30 | 0.5075 | 0.8616 | 1.0151 | 1.7233 | 1.5226 | 2.5849 | 2.0302 | 3.4465 | 2.5377 | 4.3081 | 30 |
| 40 | 0.5100 | 0.8601 | 1.0201 | 1.7203 | 1.5301 | 2.5804 | 2.0402 | 3.4406 | 2.5502 | 4.3007 | 20 |
| 50 | 0.5125 | 0.8587 | 1.0251 | 1.7173 | 1.5376 | 2.5760 | 2.0502 | 3.4346 | 2.5627 | 4.2933 | 10 |
| 60 | 0.5150 | 0.8572 | 1.0301 | 1.7143 | 1.5451 | 2.5715 | 2.0602 | 3.4287 | 2.5752 | 4.2858 | 0 |
| 59° | | | | | | | | | | | |
| 31° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.5150 | 0.8572 | 1.0301 | 1.7143 | 1.5451 | 2.5715 | 2.0602 | 3.4287 | 2.5752 | 4.2858 | 60 |
| 10 | 0.5175 | 0.8557 | 1.0351 | 1.7113 | 1.5526 | 2.5670 | 2.0701 | 3.4227 | 2.5876 | 4.2783 | 50 |
| 20 | 0.5200 | 0.8542 | 1.0400 | 1.7083 | 1.5600 | 2.5625 | 2.0801 | 3.4166 | 2.6001 | 4.2708 | 40 |
| 30 | 0.5225 | 0.8526 | 1.0450 | 1.7053 | 1.5675 | 2.5579 | 2.0900 | 3.4106 | 2.6125 | 4.2632 | 30 |
| 40 | 0.5250 | 0.8511 | 1.0500 | 1.7022 | 1.5749 | 2.5534 | 2.0999 | 3.4045 | 2.6249 | 4.2556 | 20 |
| 50 | 0.5275 | 0.8496 | 1.0549 | 1.6992 | 1.5824 | 2.5488 | 2.1098 | 3.3983 | 2.6373 | 4.2479 | 10 |
| 60 | 0.5299 | 0.8480 | 1.0598 | 1.6961 | 1.5898 | 2.5441 | 2.1197 | 3.3922 | 2.6496 | 4.2402 | 0 |
| 58° | | | | | | | | | | | |
| 32° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.5299 | 0.8480 | 1.0598 | 1.6961 | 1.5898 | 2.5441 | 2.1197 | 3.3922 | 2.6496 | 4.2402 | 60 |
| 10 | 0.5324 | 0.8465 | 1.0648 | 1.6930 | 1.5972 | 2.5395 | 2.1295 | 3.3860 | 2.6619 | 4.2325 | 50 |
| 20 | 0.5348 | 0.8450 | 1.0697 | 1.6899 | 1.6045 | 2.5349 | 2.1394 | 3.3798 | 2.6742 | 4.2248 | 40 |
| 30 | 0.5373 | 0.8434 | 1.0746 | 1.6868 | 1.6119 | 2.5302 | 2.1492 | 3.3735 | 2.6865 | 4.2170 | 30 |
| 40 | 0.5398 | 0.8418 | 1.0795 | 1.6836 | 1.6193 | 2.5255 | 2.1590 | 3.3673 | 2.6988 | 4.2091 | 20 |
| 50 | 0.5422 | 0.8403 | 1.0844 | 1.6805 | 1.6266 | 2.5208 | 2.1688 | 3.3610 | 2.7110 | 4.2013 | 10 |
| 60 | 0.5446 | 0.8387 | 1.0893 | 1.6773 | 1.6339 | 2.5160 | 2.1786 | 3.3547 | 2.7232 | 4.1934 | 0 |
| 57° | | | | | | | | | | | |
| 33° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.5446 | 0.8387 | 1.0893 | 1.6773 | 1.6339 | 2.5160 | 2.1786 | 3.3547 | 2.7232 | 4.1934 | 60 |
| 10 | 0.5471 | 0.8371 | 1.0942 | 1.6742 | 1.6412 | 2.5112 | 2.1883 | 3.3483 | 2.7354 | 4.1854 | 50 |
| 20 | 0.5495 | 0.8355 | 1.0990 | 1.6710 | 1.6485 | 2.5065 | 2.1980 | 3.3420 | 2.7475 | 4.1774 | 40 |
| 30 | 0.5519 | 0.8339 | 1.1039 | 1.6678 | 1.6558 | 2.5017 | 2.2077 | 3.3355 | 2.7597 | 4.1694 | 30 |
| 40 | 0.5544 | 0.8323 | 1.1087 | 1.6646 | 1.6631 | 2.4968 | 2.2174 | 3.3291 | 2.7718 | 4.1614 | 20 |
| 50 | 0.5568 | 0.8307 | 1.1136 | 1.6613 | 1.6703 | 2.4920 | 2.2271 | 3.3226 | 2.7839 | 4.1533 | 10 |
| 60 | 0.5592 | 0.8290 | 1.1184 | 1.6581 | 1.6776 | 2.4871 | 2.2368 | 3.3162 | 2.7960 | 4.1452 | 0 |
| 56° | | | | | | | | | | | |
| 34° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.5592 | 0.8290 | 1.1184 | 1.6581 | 1.6776 | 2.4871 | 2.2368 | 3.3162 | 2.7960 | 4.1452 | 60 |
| 10 | 0.5616 | 0.8274 | 1.1232 | 1.6548 | 1.6848 | 2.4822 | 2.2464 | 3.3096 | 2.8080 | 4.1370 | 50 |
| 20 | 0.5640 | 0.8258 | 1.1280 | 1.6515 | 1.6920 | 2.4773 | 2.2560 | 3.3031 | 2.8200 | 4.1289 | 40 |
| 30 | 0.5664 | 0.8241 | 1.1328 | 1.6483 | 1.6992 | 2.4724 | 2.2656 | 3.2965 | 2.8320 | 4.1206 | 30 |
| 40 | 0.5688 | 0.8225 | 1.1376 | 1.6450 | 1.7064 | 2.4674 | 2.2752 | 3.2899 | 2.8440 | 4.1124 | 20 |
| 50 | 0.5712 | 0.8208 | 1.1424 | 1.6416 | 1.7136 | 2.4625 | 2.2848 | 3.2833 | 2.8560 | 4.1041 | 10 |
| 60 | 0.5736 | 0.8192 | 1.1472 | 1.6383 | 1.7207 | 2.4575 | 2.2943 | 3.2766 | 2.8679 | 4.0958 | 0 |
| 55° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |

| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 30° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3.0000 | 5.1862 | 3.5000 | 6.0622 | 4.0000 | 6.9282 | 4.5000 | 7.7942 | 5.0000 | 8.6603 | 60 |
| 10 | 3.0151 | 5.1874 | 3.5176 | 6.0520 | 4.0201 | 6.9165 | 4.5227 | 7.7811 | 5.0252 | 8.6457 | 50 |
| 20 | 3.0302 | 5.1786 | 3.5352 | 6.0417 | 4.0402 | 6.9048 | 4.5453 | 7.7675 | 5.0503 | 8.6310 | 40 |
| 30 | 3.0452 | 5.1698 | 3.5528 | 6.0314 | 4.0603 | 6.8930 | 4.5678 | 7.7547 | 5.0751 | 8.6163 | 30 |
| 40 | 3.0603 | 5.1610 | 3.5703 | 6.0210 | 4.0803 | 6.8812 | 4.5904 | 7.7413 | 5.1004 | 8.6015 | 20 |
| 50 | 3.0753 | 5.1520 | 3.5878 | 6.0106 | 4.1003 | 6.8693 | 4.6129 | 7.7280 | 5.1254 | 8.5866 | 10 |
| 60 | 3.0902 | 5.1430 | 3.6053 | 6.0002 | 4.1203 | 6.8573 | 4.6353 | 7.7147 | 5.1504 | 8.5717 | 0 |
| 30° | | | | | | | | | | | |
| 31° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3.0902 | 5.1430 | 3.6053 | 6.0002 | 4.1203 | 6.8576 | 4.6350 | 7.7149 | 5.1503 | 8.5717 | 60 |
| 10 | 3.1052 | 5.1340 | 3.6227 | 5.9897 | 4.1402 | 6.8458 | 4.6575 | 7.7016 | 5.1753 | 8.5565 | 50 |
| 20 | 3.1201 | 5.1249 | 3.6401 | 5.9791 | 4.1601 | 6.8338 | 4.6800 | 7.6878 | 5.2002 | 8.5416 | 40 |
| 30 | 3.1350 | 5.1158 | 3.6575 | 5.9685 | 4.1800 | 6.8208 | 4.7025 | 7.6734 | 5.2250 | 8.5264 | 30 |
| 40 | 3.1499 | 5.1067 | 3.6748 | 5.9578 | 4.1998 | 6.8089 | 4.7250 | 7.6589 | 5.2498 | 8.5112 | 20 |
| 50 | 3.1647 | 5.0975 | 3.6922 | 5.9471 | 4.2196 | 6.7968 | 4.7475 | 7.6444 | 5.2745 | 8.4959 | 10 |
| 60 | 3.1795 | 5.0883 | 3.7094 | 5.9363 | 4.2394 | 6.7840 | 4.7691 | 7.6302 | 5.2993 | 8.4805 | 0 |
| 58° | | | | | | | | | | | |
| 32° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3.1795 | 5.0883 | 3.7094 | 5.9363 | 4.2394 | 6.7844 | 4.7691 | 7.6324 | 5.2992 | 8.4805 | 60 |
| 10 | 3.1943 | 5.0790 | 3.7267 | 5.9255 | 4.2591 | 6.7720 | 4.7915 | 7.6185 | 5.3238 | 8.4650 | 50 |
| 20 | 3.2091 | 5.0697 | 3.7439 | 5.9147 | 4.2788 | 6.7596 | 4.8136 | 7.6046 | 5.3484 | 8.4495 | 40 |
| 30 | 3.2238 | 5.0603 | 3.7611 | 5.9037 | 4.2984 | 6.7471 | 4.8357 | 7.5905 | 5.3730 | 8.4338 | 30 |
| 40 | 3.2385 | 5.0509 | 3.7783 | 5.8928 | 4.3180 | 6.7346 | 4.8578 | 7.5764 | 5.3975 | 8.4182 | 20 |
| 50 | 3.2532 | 5.0415 | 3.7954 | 5.8818 | 4.3376 | 6.7220 | 4.8798 | 7.5623 | 5.4220 | 8.4025 | 10 |
| 60 | 3.2678 | 5.0320 | 3.8125 | 5.8707 | 4.3571 | 6.7094 | 4.9018 | 7.5480 | 5.4464 | 8.3867 | 0 |
| 57° | | | | | | | | | | | |
| 33° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3.2678 | 5.0320 | 3.8125 | 5.8707 | 4.3571 | 6.7094 | 4.9018 | 7.5480 | 5.4464 | 8.3867 | 60 |
| 10 | 3.2825 | 5.0225 | 3.8295 | 5.8596 | 4.3766 | 6.6967 | 4.9237 | 7.5337 | 5.4708 | 8.3708 | 50 |
| 20 | 3.2971 | 5.0129 | 3.8466 | 5.8484 | 4.3961 | 6.6839 | 4.9456 | 7.5194 | 5.4951 | 8.3549 | 40 |
| 30 | 3.3118 | 5.0033 | 3.8636 | 5.8372 | 4.4155 | 6.6711 | 4.9674 | 7.5050 | 5.5194 | 8.3389 | 30 |
| 40 | 3.3262 | 4.9937 | 3.8805 | 5.8259 | 4.4349 | 6.6582 | 4.9892 | 7.4905 | 5.5436 | 8.3228 | 20 |
| 50 | 3.3407 | 4.9840 | 3.8975 | 5.8146 | 4.4542 | 6.6453 | 5.0110 | 7.4759 | 5.5678 | 8.3066 | 10 |
| 60 | 3.3552 | 4.9742 | 3.9144 | 5.8033 | 4.4735 | 6.6323 | 5.0327 | 7.4613 | 5.5919 | 8.2904 | 0 |
| 56° | | | | | | | | | | | |
| 34° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3.3552 | 4.9742 | 3.9144 | 5.8033 | 4.4735 | 6.6323 | 5.0327 | 7.4613 | 5.5919 | 8.2904 | 60 |
| 10 | 3.3696 | 4.9644 | 3.9312 | 5.7919 | 4.4928 | 6.6193 | 5.0544 | 7.4467 | 5.6160 | 8.2741 | 50 |
| 20 | 3.3840 | 4.9546 | 3.9480 | 5.7804 | 4.5121 | 6.6062 | 5.0761 | 7.4310 | 5.6401 | 8.2577 | 40 |
| 30 | 3.3984 | 4.9448 | 3.9648 | 5.7689 | 4.5312 | 6.5930 | 5.0977 | 7.4151 | 5.6641 | 8.2413 | 30 |
| 40 | 3.4128 | 4.9349 | 3.9816 | 5.7573 | 4.5504 | 6.5798 | 5.1192 | 7.4023 | 5.6880 | 8.2248 | 20 |
| 50 | 3.4271 | 4.9249 | 3.9983 | 5.7457 | 4.5695 | 6.5665 | 5.1407 | 7.3874 | 5.7119 | 8.2082 | 10 |
| 60 | 3.4415 | 4.9149 | 4.0150 | 5.7341 | 4.5886 | 6.5532 | 5.1622 | 7.3724 | 5.7358 | 8.1915 | 0 |
| 55° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |

| Y | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 35° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,5736 | 0,8192 | 1,1472 | 1,6383 | 1,7207 | 2,4575 | 2,2943 | 3,2766 | 2,8679 | 4,0958 | 60 |
| 10 | 0,5780 | 0,8175 | 1,1515 | 1,6359 | 1,7279 | 2,4524 | 2,3038 | 3,2699 | 2,8799 | 4,0874 | 50 |
| 20 | 0,5783 | 0,8158 | 1,1587 | 1,6316 | 1,7350 | 2,4474 | 2,3131 | 3,2632 | 2,8917 | 4,0790 | 40 |
| 30 | 0,5807 | 0,8141 | 1,1614 | 1,6282 | 1,7421 | 2,4423 | 2,3228 | 3,2565 | 2,9035 | 4,0706 | 30 |
| 40 | 0,5831 | 0,8124 | 1,1661 | 1,6248 | 1,7492 | 2,4373 | 2,3323 | 3,2497 | 2,9153 | 4,0621 | 20 |
| 50 | 0,5854 | 0,8107 | 1,1709 | 1,6214 | 1,7563 | 2,4322 | 2,3417 | 3,2429 | 2,9271 | 4,0536 | 10 |
| 60 | 0,5878 | 0,8090 | 1,1756 | 1,6189 | 1,7634 | 2,4271 | 2,3511 | 3,2361 | 2,9389 | 4,0451 | 0 |
| 54° | | | | | | | | | | | |
| 36° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,5878 | 0,8090 | 1,1756 | 1,6180 | 1,7634 | 2,4271 | 2,3511 | 3,2361 | 2,9389 | 4,0451 | 60 |
| 10 | 0,5901 | 0,8073 | 1,1803 | 1,6146 | 1,7704 | 2,4219 | 2,3605 | 3,2292 | 2,9507 | 4,0365 | 50 |
| 20 | 0,5925 | 0,8056 | 1,1850 | 1,6112 | 1,7774 | 2,4166 | 2,3699 | 3,2223 | 2,9624 | 4,0279 | 40 |
| 30 | 0,5948 | 0,8039 | 1,1896 | 1,6077 | 1,7845 | 2,4116 | 2,3793 | 3,2154 | 2,9741 | 4,0193 | 30 |
| 40 | 0,5972 | 0,8021 | 1,1943 | 1,6042 | 1,7915 | 2,4064 | 2,3886 | 3,2085 | 2,9858 | 4,0106 | 20 |
| 50 | 0,5995 | 0,8004 | 1,1990 | 1,6008 | 1,7985 | 2,4011 | 2,3980 | 3,2015 | 2,9974 | 4,0019 | 10 |
| 60 | 0,6018 | 0,7986 | 1,2036 | 1,5973 | 1,8054 | 2,3959 | 2,4073 | 3,1945 | 3,0091 | 3,9932 | 0 |
| 53° | | | | | | | | | | | |
| 37° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,6018 | 0,7986 | 1,2036 | 1,5973 | 1,8054 | 2,3959 | 2,4073 | 3,1945 | 3,0091 | 3,9932 | 60 |
| 10 | 0,6041 | 0,7969 | 1,2083 | 1,5938 | 1,8124 | 2,3908 | 2,4165 | 3,1875 | 3,0207 | 3,9844 | 50 |
| 20 | 0,6065 | 0,7951 | 1,2129 | 1,5902 | 1,8194 | 2,3854 | 2,4258 | 3,1805 | 3,0323 | 3,9756 | 40 |
| 30 | 0,6088 | 0,7934 | 1,2175 | 1,5867 | 1,8263 | 2,3801 | 2,4350 | 3,1734 | 3,0438 | 3,9668 | 30 |
| 40 | 0,6111 | 0,7916 | 1,2221 | 1,5832 | 1,8332 | 2,3747 | 2,4443 | 3,1663 | 3,0553 | 3,9579 | 20 |
| 50 | 0,6134 | 0,7898 | 1,2267 | 1,5798 | 1,8401 | 2,3694 | 2,4535 | 3,1592 | 3,0668 | 3,9490 | 10 |
| 60 | 0,6157 | 0,7880 | 1,2313 | 1,5760 | 1,8470 | 2,3640 | 2,4626 | 3,1520 | 3,0783 | 3,9401 | 0 |
| 52° | | | | | | | | | | | |
| 38° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,6157 | 0,7880 | 1,2313 | 1,5760 | 1,8470 | 2,3640 | 2,4626 | 3,1520 | 3,0783 | 3,9401 | 60 |
| 10 | 0,6180 | 0,7862 | 1,2359 | 1,5724 | 1,8539 | 2,3586 | 2,4718 | 3,1449 | 3,0898 | 3,9311 | 50 |
| 20 | 0,6202 | 0,7844 | 1,2405 | 1,5688 | 1,8607 | 2,3532 | 2,4809 | 3,1377 | 3,1012 | 3,9221 | 40 |
| 30 | 0,6225 | 0,7826 | 1,2450 | 1,5652 | 1,8675 | 2,3478 | 2,4901 | 3,1304 | 3,1126 | 3,9130 | 30 |
| 40 | 0,6248 | 0,7808 | 1,2496 | 1,5616 | 1,8744 | 2,3424 | 2,4992 | 3,1232 | 3,1239 | 3,9040 | 20 |
| 50 | 0,6271 | 0,7790 | 1,2541 | 1,5579 | 1,8812 | 2,3369 | 2,5082 | 3,1159 | 3,1353 | 3,8949 | 10 |
| 60 | 0,6293 | 0,7771 | 1,2586 | 1,5543 | 1,8880 | 2,3314 | 2,5173 | 3,1086 | 3,1466 | 3,8857 | 0 |
| 51° | | | | | | | | | | | |
| 39° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,6293 | 0,7771 | 1,2586 | 1,5543 | 1,8880 | 2,3314 | 2,5173 | 3,1086 | 3,1466 | 3,8857 | 60 |
| 10 | 0,6316 | 0,7753 | 1,2632 | 1,5506 | 1,8947 | 2,3259 | 2,5263 | 3,1012 | 3,1579 | 3,8766 | 50 |
| 20 | 0,6338 | 0,7735 | 1,2677 | 1,5469 | 1,9015 | 2,3204 | 2,5353 | 3,0939 | 3,1692 | 3,8674 | 40 |
| 30 | 0,6361 | 0,7716 | 1,2722 | 1,5432 | 1,9082 | 2,3149 | 2,5443 | 3,0865 | 3,1804 | 3,8581 | 30 |
| 40 | 0,6383 | 0,7698 | 1,2768 | 1,5395 | 1,9150 | 2,3093 | 2,5533 | 3,0791 | 3,1916 | 3,8489 | 20 |
| 50 | 0,6406 | 0,7679 | 1,2811 | 1,5358 | 1,9217 | 2,3037 | 2,5622 | 3,0716 | 3,2028 | 3,8396 | 10 |
| 60 | 0,6428 | 0,7660 | 1,2856 | 1,5321 | 1,9284 | 2,2981 | 2,5712 | 3,0642 | 3,2139 | 3,8302 | 0 |
| 50° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |

| | H | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 55° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3,4415 | 4,9149 | 4,0150 | 5,7341 | 4,5686 | 6,5532 | 5,1622 | 7,3724 | 5,7358 | 8,1915 | 60 |
| 10 | 3,4357 | 4,9049 | 4,0317 | 5,7224 | 4,6077 | 6,5308 | 5,1836 | 7,3573 | 5,7596 | 8,1748 | 50 |
| 20 | 3,4700 | 4,8948 | 4,0483 | 5,7106 | 4,6267 | 6,5264 | 5,2050 | 7,3422 | 5,7833 | 8,1580 | 40 |
| 30 | 3,4842 | 4,8847 | 4,0649 | 5,6988 | 4,6456 | 6,5129 | 5,2263 | 7,3270 | 5,8070 | 8,1412 | 30 |
| 40 | 3,4984 | 4,8745 | 4,0815 | 5,6870 | 4,6645 | 6,4994 | 5,2476 | 7,3118 | 5,8307 | 8,1242 | 20 |
| 50 | 3,5126 | 4,8643 | 4,0980 | 5,6751 | 4,6834 | 6,4858 | 5,2689 | 7,2965 | 5,8543 | 8,1072 | 10 |
| 60 | 3,5267 | 4,8541 | 4,1145 | 5,6631 | 4,7023 | 6,4721 | 5,2901 | 7,2812 | 5,8779 | 8,0902 | 0 |
| 54° | | | | | | | | | | | |
| 36° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3,5267 | 4,8541 | 4,1145 | 5,6631 | 4,7023 | 6,4721 | 5,2901 | 7,2812 | 5,8779 | 8,0902 | 60 |
| 10 | 3,5418 | 4,8438 | 4,1310 | 5,6511 | 4,7211 | 6,4584 | 5,3112 | 7,2657 | 5,9014 | 8,0730 | 50 |
| 20 | 3,5549 | 4,8335 | 4,1474 | 5,6391 | 4,7399 | 6,4447 | 5,3323 | 7,2503 | 5,9248 | 8,0558 | 40 |
| 30 | 3,5689 | 4,8231 | 4,1638 | 5,6270 | 4,7586 | 6,4309 | 5,3534 | 7,2347 | 5,9482 | 8,0386 | 30 |
| 40 | 3,5830 | 4,8127 | 4,1801 | 5,6149 | 4,7773 | 6,4170 | 5,3744 | 7,2191 | 5,9716 | 8,0212 | 20 |
| 50 | 3,5969 | 4,8023 | 4,1964 | 5,6027 | 4,7959 | 6,4031 | 5,3954 | 7,2034 | 5,9949 | 8,0038 | 10 |
| 60 | 3,6109 | 4,7918 | 4,2127 | 5,5904 | 4,8145 | 6,3891 | 5,4163 | 7,1877 | 6,0182 | 7,9864 | 0 |
| 53° | | | | | | | | | | | |
| 37° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3,6109 | 4,7918 | 4,2127 | 5,5904 | 4,8145 | 6,3891 | 5,4163 | 7,1877 | 6,0182 | 7,9864 | 60 |
| 10 | 3,6248 | 4,7813 | 4,2289 | 5,5782 | 4,8331 | 6,3751 | 5,4372 | 7,1719 | 6,0414 | 7,9688 | 50 |
| 20 | 3,6387 | 4,7707 | 4,2452 | 5,5658 | 4,8518 | 6,3610 | 5,4581 | 7,1561 | 6,0645 | 7,9512 | 40 |
| 30 | 3,6526 | 4,7601 | 4,2613 | 5,5535 | 4,8701 | 6,3468 | 5,4789 | 7,1402 | 6,0876 | 7,9343 | 30 |
| 40 | 3,6664 | 4,7495 | 4,2775 | 5,5411 | 4,8885 | 6,3326 | 5,4996 | 7,1242 | 6,1107 | 7,9158 | 20 |
| 50 | 3,6802 | 4,7388 | 4,2936 | 5,5286 | 4,9069 | 6,3184 | 5,5203 | 7,1082 | 6,1337 | 7,8980 | 10 |
| 60 | 3,6940 | 4,7281 | 4,3098 | 5,5161 | 4,9253 | 6,3041 | 5,5410 | 7,0921 | 6,1566 | 7,8801 | 0 |
| 52° | | | | | | | | | | | |
| 38° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3,6940 | 4,7281 | 4,3098 | 5,5161 | 4,9253 | 6,3041 | 5,5410 | 7,0921 | 6,1566 | 7,8801 | 60 |
| 10 | 3,7077 | 4,7173 | 4,3257 | 5,5035 | 4,9436 | 6,2897 | 5,5616 | 7,0759 | 6,1795 | 7,8622 | 50 |
| 20 | 3,7214 | 4,7065 | 4,3418 | 5,4909 | 4,9619 | 6,2753 | 5,5821 | 7,0597 | 6,2024 | 7,8442 | 40 |
| 30 | 3,7351 | 4,6956 | 4,3576 | 5,4783 | 4,9801 | 6,2609 | 5,6026 | 7,0435 | 6,2251 | 7,8261 | 30 |
| 40 | 3,7487 | 4,6848 | 4,3735 | 5,4656 | 4,9983 | 6,2464 | 5,6231 | 7,0271 | 6,2479 | 7,8079 | 20 |
| 50 | 3,7623 | 4,6738 | 4,3894 | 5,4528 | 5,0165 | 6,2318 | 5,6435 | 7,0108 | 6,2706 | 7,7897 | 10 |
| 60 | 3,7759 | 4,6629 | 4,4052 | 5,4400 | 5,0346 | 6,2172 | 5,6639 | 6,9943 | 6,2932 | 7,7715 | 0 |
| 51° | | | | | | | | | | | |
| 39° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3,7759 | 4,6629 | 4,4052 | 5,4400 | 5,0346 | 6,2172 | 5,6639 | 6,9943 | 6,2932 | 7,7715 | 60 |
| 10 | 3,7895 | 4,6519 | 4,4210 | 5,4272 | 5,0526 | 6,2026 | 5,6842 | 6,9778 | 6,3158 | 7,7531 | 50 |
| 20 | 3,8030 | 4,6408 | 4,4368 | 5,4143 | 5,0708 | 6,1878 | 5,7045 | 6,9612 | 6,3383 | 7,7347 | 40 |
| 30 | 3,8165 | 4,6297 | 4,4525 | 5,4014 | 5,0888 | 6,1730 | 5,7247 | 6,9446 | 6,3608 | 7,7162 | 30 |
| 40 | 3,8299 | 4,6186 | 4,4682 | 5,3884 | 5,1066 | 6,1582 | 5,7449 | 6,9279 | 6,3832 | 7,6977 | 20 |
| 50 | 3,8433 | 4,6075 | 4,4839 | 5,3754 | 5,1245 | 6,1433 | 5,7650 | 6,9112 | 6,4056 | 7,6791 | 10 |
| 60 | 3,8567 | 4,5963 | 4,4995 | 5,3623 | 5,1423 | 6,1284 | 5,7851 | 6,8944 | 6,4279 | 7,6604 | 0 |
| 50° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |

| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 40° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.6428 | 0.7660 | 1.2856 | 1.5321 | 1.9284 | 2.2981 | 2.5712 | 3.0642 | 3.2139 | 3.8302 | 60 |
| 10 | 0.6450 | 0.7642 | 1.2900 | 1.5283 | 1.9350 | 2.2925 | 2.5801 | 3.0567 | 3.2251 | 3.8209 | 50 |
| 20 | 0.6472 | 0.7623 | 1.2945 | 1.5246 | 1.9417 | 2.2869 | 2.5889 | 3.0492 | 3.2362 | 3.8115 | 40 |
| 30 | 0.6494 | 0.7604 | 1.2989 | 1.5208 | 1.9483 | 2.2812 | 2.5978 | 3.0416 | 3.2472 | 3.8020 | 30 |
| 40 | 0.6517 | 0.7585 | 1.3033 | 1.5170 | 1.9550 | 2.2755 | 2.6066 | 3.0341 | 3.2583 | 3.7876 | 20 |
| 50 | 0.6539 | 0.7566 | 1.3077 | 1.5132 | 1.9616 | 2.2698 | 2.6154 | 3.0265 | 3.2693 | 3.7831 | 10 |
| 60 | 0.6561 | 0.7547 | 1.3121 | 1.5094 | 1.9682 | 2.2641 | 2.6242 | 3.0188 | 3.2803 | 3.7735 | 0 |
| 49° | | | | | | | | | | | |
| 41° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.6561 | 0.7547 | 1.3121 | 1.5094 | 1.9682 | 2.2641 | 2.6242 | 3.0188 | 3.2803 | 3.7735 | 60 |
| 10 | 0.6583 | 0.7528 | 1.3165 | 1.5056 | 1.9748 | 2.2584 | 2.6330 | 3.0112 | 3.2913 | 3.7640 | 50 |
| 20 | 0.6604 | 0.7509 | 1.3209 | 1.5018 | 1.9813 | 2.2526 | 2.6418 | 3.0035 | 3.3022 | 3.7544 | 40 |
| 30 | 0.6626 | 0.7490 | 1.3252 | 1.4979 | 1.9879 | 2.2469 | 2.6505 | 2.9958 | 3.3131 | 3.7448 | 30 |
| 40 | 0.6648 | 0.7470 | 1.3296 | 1.4941 | 1.9944 | 2.2411 | 2.6592 | 2.9881 | 3.3240 | 3.7351 | 20 |
| 50 | 0.6670 | 0.7451 | 1.3339 | 1.4902 | 2.0009 | 2.2353 | 2.6679 | 2.9804 | 3.3348 | 3.7254 | 10 |
| 60 | 0.6691 | 0.7431 | 1.3383 | 1.4863 | 2.0074 | 2.2294 | 2.6765 | 2.9726 | 3.3457 | 3.7157 | 0 |
| 48° | | | | | | | | | | | |
| 42° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.6691 | 0.7431 | 1.3383 | 1.4863 | 2.0074 | 2.2294 | 2.6765 | 2.9726 | 3.3457 | 3.7157 | 60 |
| 10 | 0.6713 | 0.7412 | 1.3426 | 1.4824 | 2.0139 | 2.2236 | 2.6852 | 2.9648 | 3.3564 | 3.7060 | 50 |
| 20 | 0.6734 | 0.7392 | 1.3469 | 1.4785 | 2.0203 | 2.2177 | 2.6939 | 2.9570 | 3.3672 | 3.6962 | 40 |
| 30 | 0.6756 | 0.7373 | 1.3512 | 1.4746 | 2.0268 | 2.2118 | 2.7024 | 2.9491 | 3.3780 | 3.6864 | 30 |
| 40 | 0.6777 | 0.7353 | 1.3555 | 1.4706 | 2.0332 | 2.2059 | 2.7109 | 2.9412 | 3.3887 | 3.6765 | 20 |
| 50 | 0.6799 | 0.7333 | 1.3597 | 1.4667 | 2.0396 | 2.2000 | 2.7195 | 2.9333 | 3.3993 | 3.6667 | 10 |
| 60 | 0.6820 | 0.7314 | 1.3640 | 1.4627 | 2.0460 | 2.1941 | 2.7280 | 2.9254 | 3.4100 | 3.6568 | 0 |
| 47° | | | | | | | | | | | |
| 43° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.6820 | 0.7314 | 1.3640 | 1.4627 | 2.0460 | 2.1941 | 2.7280 | 2.9254 | 3.4100 | 3.6568 | 60 |
| 10 | 0.6841 | 0.7294 | 1.3682 | 1.4587 | 2.0524 | 2.1881 | 2.7365 | 2.9175 | 3.4206 | 3.6468 | 50 |
| 20 | 0.6862 | 0.7274 | 1.3725 | 1.4547 | 2.0587 | 2.1821 | 2.7450 | 2.9095 | 3.4312 | 3.6369 | 40 |
| 30 | 0.6884 | 0.7254 | 1.3767 | 1.4507 | 2.0651 | 2.1761 | 2.7534 | 2.9015 | 3.4418 | 3.6269 | 30 |
| 40 | 0.6905 | 0.7234 | 1.3809 | 1.4467 | 2.0714 | 2.1701 | 2.7618 | 2.8935 | 3.4523 | 3.6168 | 20 |
| 50 | 0.6926 | 0.7214 | 1.3851 | 1.4427 | 2.0777 | 2.1641 | 2.7703 | 2.8854 | 3.4628 | 3.6068 | 10 |
| 60 | 0.6947 | 0.7193 | 1.3893 | 1.4387 | 2.0840 | 2.1580 | 2.7786 | 2.8774 | 3.4733 | 3.5967 | 0 |
| 46° | | | | | | | | | | | |
| 44° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.6947 | 0.7193 | 1.3893 | 1.4387 | 2.0840 | 2.1580 | 2.7786 | 2.8774 | 3.4733 | 3.5967 | 60 |
| 10 | 0.6968 | 0.7173 | 1.3935 | 1.4346 | 2.0902 | 2.1519 | 2.7870 | 2.8693 | 3.4837 | 3.5866 | 50 |
| 20 | 0.6988 | 0.7153 | 1.3977 | 1.4306 | 2.0965 | 2.1459 | 2.7953 | 2.8611 | 3.4942 | 3.5764 | 40 |
| 30 | 0.7009 | 0.7133 | 1.4018 | 1.4265 | 2.1027 | 2.1398 | 2.8036 | 2.8530 | 3.5045 | 3.5663 | 30 |
| 40 | 0.7030 | 0.7112 | 1.4060 | 1.4224 | 2.1089 | 2.1336 | 2.8119 | 2.8448 | 3.5149 | 3.5560 | 20 |
| 50 | 0.7050 | 0.7092 | 1.4101 | 1.4183 | 2.1151 | 2.1275 | 2.8202 | 2.8366 | 3.5252 | 3.5458 | 10 |
| 60 | 0.7071 | 0.7071 | 1.4142 | 1.4142 | 2.1213 | 2.1213 | 2.8284 | 2.8284 | 3.5355 | 3.5355 | 0 |
| 45° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | |

| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | |
| 40° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3.8567 | 4.5963 | 4.4995 | 5.3623 | 5.1423 | 6.1284 | 5.7851 | 6.8944 | 6.4279 | 7.6604 | 60 |
| 10 | 3.8701 | 4.5850 | 4.5151 | 5.3492 | 5.1601 | 6.1134 | 5.8051 | 6.8775 | 6.4501 | 7.6417 | 50 |
| 20 | 3.8834 | 4.5738 | 4.5306 | 5.3360 | 5.1779 | 6.0983 | 5.8251 | 6.8606 | 6.4723 | 7.6229 | 40 |
| 30 | 3.8967 | 4.5624 | 4.5461 | 5.3228 | 5.1956 | 6.0832 | 5.8450 | 6.8437 | 6.4945 | 7.6041 | 30 |
| 40 | 3.9099 | 4.5511 | 4.5616 | 5.3096 | 5.2133 | 6.0681 | 5.8649 | 6.8266 | 6.5166 | 7.5851 | 20 |
| 50 | 3.9232 | 4.5397 | 4.5770 | 5.2963 | 5.2309 | 6.0529 | 5.8847 | 6.8095 | 6.5386 | 7.5661 | 10 |
| 60 | 3.9364 | 4.5283 | 4.5924 | 5.2830 | 5.2485 | 6.0377 | 5.9045 | 6.7924 | 6.5606 | 7.5471 | 0 |
| 49° | | | | | | | | | | | |
| 41° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 3.9364 | 4.5283 | 4.5924 | 5.2830 | 5.2485 | 6.0377 | 5.9045 | 6.7924 | 6.5606 | 7.5471 | 60 |
| 10 | 3.9495 | 4.5168 | 4.6078 | 5.2696 | 5.2660 | 6.0224 | 5.9243 | 6.7752 | 6.5825 | 7.5280 | 50 |
| 20 | 3.9626 | 4.5053 | 4.6231 | 5.2562 | 5.2835 | 6.0070 | 5.9439 | 6.7579 | 6.6044 | 7.5088 | 40 |
| 30 | 3.9757 | 4.4937 | 4.6383 | 5.2427 | 5.3010 | 5.9918 | 5.9636 | 6.7406 | 6.6262 | 7.4896 | 30 |
| 40 | 3.9888 | 4.4822 | 4.6536 | 5.2292 | 5.3184 | 5.9762 | 5.9832 | 6.7232 | 6.6480 | 7.4703 | 20 |
| 50 | 4.0018 | 4.4705 | 4.6688 | 5.2156 | 5.3357 | 5.9607 | 6.0027 | 6.7058 | 6.6697 | 7.4509 | 10 |
| 60 | 4.0148 | 4.4589 | 4.6839 | 5.2020 | 5.3530 | 5.9452 | 6.0222 | 6.6883 | 6.6913 | 7.4314 | 0 |
| 48° | | | | | | | | | | | |
| 42° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 4.0148 | 4.4589 | 4.6839 | 5.2020 | 5.3530 | 5.9452 | 6.0222 | 6.6883 | 6.6913 | 7.4314 | 60 |
| 10 | 4.0277 | 4.4472 | 4.6990 | 5.1884 | 5.3703 | 5.9296 | 6.0416 | 6.6708 | 6.7129 | 7.4120 | 50 |
| 20 | 4.0407 | 4.4354 | 4.7141 | 5.1747 | 5.3875 | 5.9139 | 6.0610 | 6.6532 | 6.7344 | 7.3924 | 40 |
| 30 | 4.0535 | 4.4237 | 4.7291 | 5.1609 | 5.4047 | 5.8982 | 6.0803 | 6.6355 | 6.7559 | 7.3728 | 30 |
| 40 | 4.0664 | 4.4119 | 4.7441 | 5.1472 | 5.4219 | 5.8825 | 6.0990 | 6.6178 | 6.7773 | 7.3531 | 20 |
| 50 | 4.0792 | 4.4000 | 4.7591 | 5.1333 | 5.4389 | 5.8667 | 6.1188 | 6.6000 | 6.7987 | 7.3333 | 10 |
| 60 | 4.0920 | 4.3881 | 4.7740 | 5.1195 | 5.4560 | 5.8508 | 6.1380 | 6.5822 | 6.8200 | 7.3135 | 0 |
| 47° | | | | | | | | | | | |
| 43° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 4.0920 | 4.3881 | 4.7740 | 5.1195 | 5.4560 | 5.8508 | 6.1380 | 6.5822 | 6.8200 | 7.3135 | 60 |
| 10 | 4.1047 | 4.3762 | 4.7889 | 5.1056 | 5.4730 | 5.8349 | 6.1571 | 6.5643 | 6.8412 | 7.2937 | 50 |
| 20 | 4.1174 | 4.3642 | 4.8037 | 5.0916 | 5.4899 | 5.8190 | 6.1762 | 6.5464 | 6.8624 | 7.2737 | 40 |
| 30 | 4.1301 | 4.3522 | 4.8185 | 5.0776 | 5.5068 | 5.8030 | 6.1952 | 6.5284 | 6.8835 | 7.2537 | 30 |
| 40 | 4.1428 | 4.3402 | 4.8332 | 5.0636 | 5.5237 | 5.7870 | 6.2142 | 6.5103 | 6.9046 | 7.2337 | 20 |
| 50 | 4.1554 | 4.3281 | 4.8479 | 5.0495 | 5.5405 | 5.7709 | 6.2331 | 6.4922 | 6.9256 | 7.2136 | 10 |
| 60 | 4.1680 | 4.3160 | 4.8626 | 5.0354 | 5.5573 | 5.7547 | 6.2519 | 6.4741 | 6.9466 | 7.1934 | 0 |
| 46° | | | | | | | | | | | |
| 44° | | | | | | | | | | | |
| 0 | 4.1680 | 4.3160 | 4.8626 | 5.0354 | 5.5573 | 5.7547 | 6.2519 | 6.4741 | 6.9466 | 7.1934 | 60 |
| 10 | 4.1805 | 4.3039 | 4.8772 | 5.0212 | 5.5740 | 5.7385 | 6.2707 | 6.4558 | 6.9675 | 7.1732 | 50 |
| 20 | 4.1930 | 4.2917 | 4.8918 | 5.0070 | 5.5907 | 5.7223 | 6.2895 | 6.4376 | 6.9883 | 7.1529 | 40 |
| 30 | 4.2055 | 4.2795 | 4.9064 | 4.9928 | 5.6073 | 5.7060 | 6.3082 | 6.4193 | 7.0091 | 7.1325 | 30 |
| 40 | 4.2179 | 4.2673 | 4.9209 | 4.9785 | 5.6238 | 5.6897 | 6.3268 | 6.4009 | 7.0298 | 7.1121 | 20 |
| 50 | 4.2303 | 4.2550 | 4.9353 | 4.9641 | 5.6404 | 5.6733 | 6.3454 | 6.3824 | 7.0505 | 7.0916 | 10 |
| 60 | 4.2426 | 4.2426 | 4.9497 | 4.9497 | 5.6569 | 5.6569 | 6.3640 | 6.3640 | 7.0711 | 7.0711 | 0 |
| 45° | | | | | | | | | | | |
| | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | ΔX | ΔY | |
| | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | |

განმარტებული ლიტერატურა

- П. М. Орлов, Курс геодезии, Сельхозгиз, М., 1953.
П. М. Орлов, Землемерие, Сельхозгиз, М., 1953.
Н. А. Назаров, Геодезия, Сельхозгиз, М., 1954.
С. А. Удачнн и др., Землеустроительное проектирование, Сельхозгиз, М., 1962.
А. С. Чеботарев, Геодезия, ч. I, Геодезиздат, М., 1955.
М. А. Гиршберг, Задачи по геодезии, Геодезиздат, М., 1961.

ს ა რ ჩ მ შ ი

თ ა ვ ი I

შესაბამისად

§ 1. ვერდიქტი საუბედლოდს კოდნა აგრონომისათვის >

თ ა ვ ი II

ვეგების გამოხაზვა

§ 2. ნახაზები და მათი შესრულება

§ 3. სახაზავი ხელსაწყოები და მასალები

§ 4. ესეიხი და ნახაზი

§ 5. ტოპოგრაფიული პირობითი ნიშნები

თ ა ვ ი III

ადგილმდებარეობის პოზიციონალური აგეგმვა

| | |
|--|----|
| § 6. დედათიწია სახეები და სიდიდეები | 11 |
| § 7. დონებრივი ზედაპირი და გაზომვების ძირითადი ხერხები | 12 |
| § 8. გადაღების სახეები | 15 |
| § 9. ცნობები ვეგმის, რუკისა და პროფილის შესახებ | 15 |
| § 10. მახვილი კუთხის ტრიგონომეტრიული ფუნქციები | 17 |
| § 11. გასაზომი ხაზების დასარვა | 17 |
| § 12. მანილების გასაზომი ხელსაწყოები | 21 |
| § 13. მანილების გაზომვა ბაფთით | 22 |
| § 14. ეკლიმეტრი | 26 |
| § 15. ეკერები, მათი აგებულება და გამოყენება | 27 |
| § 16. ეკერული გადაღება | 30 |
| § 17. კუთხეების გაზომვა | 35 |
| § 18. ორიენტირება ადგილზე | 37 |
| § 19. შერიდიანები და პარალელები | 37 |
| § 20. ქვეშარტი შერიდიანის მიმართულების განსაზღვრა | 38 |
| § 21. აზიმუტები და რუმბები | 39 |
| § 22. დამოკიდებულება რუმბებსა და აზიმუტებს შორის | 40 |
| § 23. კუთხეებსა და რუმბებს შორის დამოკიდებულება | 41 |
| § 24. მაგნიტური ისარი | 43 |
| § 25. ბუსოლი და კომპასი | 44 |
| § 26. ბუსოლის შემოწმებები | 46 |
| § 27. ბუსოლური გადაღება | 48 |
| § 28. თეოდოლიტური საბუშაოები | 53 |
| § 29. ლამბი და ალრდადა | 57 |
| § 30. ვერნიერი და მისი თეორია | 54 |
| § 31. თარაზოები | 55 |
| § 32. სამხერი ცოგრი | 56 |
| § 33. თეოდოლიტი | 58 |
| § 34. თეოდოლიტის ძირითადი შემოწმებები და შესწორებები | 60 |
| § 35. კუთხეების გასაზომი თეოდოლიტი | 65 |
| § 36. თეოდოლიტის მანილობითი | 66 |

| | |
|---|----|
| § 37. თეოდოლიტური გადაღება | 68 |
| § 38. ძირითადი სვლები და მიუდგომელ მანძილებს განსაზღვრა | 69 |
| § 39. სიტუაციის გადაღება | 70 |
| § 40. თეოდოლიტით გადაღებული მასალების დამუშავება | 72 |
| § 41. ღირეკიკული ეუთხეებისა (ან აზიშეუების) და რუშეების გამოანგარიშება. | 73 |
| § 42. მართულხა კოორდინატების სისტემა | 77 |
| § 43. შეუსაბამება ნანრდებში: შათი განაწილება და კოორდინატების გამოღვლ- | 74 |
| § 44. თვლზომური აგეგმვა | 82 |

თ ა ვ ი IV

გეგმების შედგენა

| | |
|--|-----|
| § 45. მასშტაბები | 84 |
| § 46. ხანოვანი მასშტაბი | 85 |
| § 47. განივი მასშტაბი | 86 |
| § 48. პროპორციული ფარგალი | 87 |
| § 49. გეგმების შედგენა | 87 |
| § 50. გეგმის შედგენა კოორდინატებით | 91 |
| § 51. გეგმიდან ასლების გადაღება. პანტოგრაფი | 92 |
| § 52. ფართობის გამოანგარიშება | 93 |
| § 53. ფართობის გამოანგარიშება ხატურაში გზომების მონაცემებით | 94 |
| § 54. ფართობის გამოანგარიშება გრაფიკული ხერხით | 95 |
| § 55. მრუდხანოვანი კონტურის ფართობის გამოთვლა | 97 |
| § 56. გრძივი ფორშია მრუდხანოვანი კონტურების ფართობის განსაზღვრა | 97 |
| § 57. ფართობის გამოანგარიშება პალეტით | 98 |
| § 58. ფართობის გამოთვლა მექანიკური ხერხით. პლანიმეტრი | 99 |
| § 59. პლანიმეტრის დანაყოფის საფასური. ფართობის გამოსახვა პლანიმეტრის დანაყოფში | 101 |
| § 60. პლანიმეტრის დანაყოფის საფასურის განსაზღვრა | 102 |
| § 61. პლანიმეტრის დანაყოფის საფასურის შეცვლა | 103 |
| § 62. პლანიმეტრის შემოწმება | 103 |
| § 63. პლანიმეტრი ნაყახი | 104 |
| § 64. ფართობის დაყოფა თესლბრუნეის მიხდრებად | 105 |
| § 65. გრაფიკული დაპროექტება სამკუთხელებით | 105 |
| § 66. გრაფიკული დაპროექტება ტრაპეციებით | 107 |
| § 67. რიგი ნაკვეთების დაპროექტება ერთ მასივში | 108 |
| § 68. სამიწათშომო სამუშაოები კოლმურნეობებისა და საბჭოთა მურნეობების მიწათმოწყობის დროს | 110 |
| § 69. საერთო ცნობები რუკებზე | 114 |
| § 70. აეროფოტოგადაღება | 114 |
| § 71. აეროსურათის მასშტაბი | 117 |
| § 72. დამახინჯებანი აეროსურათზე | 118 |
| § 73. აეროსურათების განშიფრვა | 121 |

თ ა ვ ი V

ვერტკალური გადაღება

| | |
|---|-----|
| § 74. რელიეფი და მისი მნიშვნელობა კოლმურნეობებისა და საბჭოთა მურნეობების ტერიტორიის მოწყობის დროს | 123 |
| § 75. დედამიწის ზედაპირის წერტილების სიმალეებისა და ამალეების განსაზღვრა ნიველირებით | 124 |
| § 76. გეომეტრიული ნიველირების პრინციპი | 125 |
| § 77. ნიველირთა ლარტეები | 127 |
| § 78. ნიველირები | 128 |
| § 79. ნიველირების შემოწმებები და შეწორებები | 132 |
| § 80. რეპერები და მარკები | 137 |
| § 81. ტექნიკური ნიველირების სახეები | 134 |

| | |
|---|-----|
| § 82. გრძივი ნიველირება და მოსაშნაღებელი საშუალებები | 140 |
| § 83. პორიზონტის მეთოდი, სელების გაწონასწორება | 143 |
| § 84. პროფილის აგება, ქანობები, დაპროექტება პროფილზე | 146 |
| § 85. განივი ნიველირება (განხევი) | 149 |
| § 36. ციკაბო ფერდობების ნიველირება ვატერასით | 150 |
| § 87. ფართობის (ზედაპირის) ნიველირება | 151 |
| § 88. პორიზონტალები და მათი გატარება | 153 |
| § 89. რელიეფის ძირითადი ფორმები და პორიზონტალებიანი გეგმების მნიშვნელობა | 154 |
| მართკუთხა კოორდინატების ნაზრდების გამოსაანგარიშებელი ცხრილები (შემოკლებული) | 155 |
| ა მ ო ყ ე ნ ე ბ უ ლ ი ო ტ ე რ ა ტ უ რ ა | 179 |

Георгий Семенович Шенгелая

Основа геодезии

(на грузинском языке)

Издательство „Цолна“

Тбилиси—1964

რედაქტორი გ. შიქაბაძე

ტექნიკური თ. მანჯგაღაძე

კორექტორი გ. გძელიძე

ბელმოწერილია დასაბეჭდად 23/XII-1964 წ. ქალაქის ზომა 70×106.
ნაბეჭდი თაბახი 11¹/₄, სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 14,09

ფასი 64 კაპ.

შტ. № 762

უა 12593

ტირაჟი 1000

გამომცემლობა „ცოდნა“, თბილისი, კაზის ქ. 18.

Издательство „Цолна“, Тбилиси, ул. Камо, 18.

საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს ბეჭდვითი სიტყვის სახელმწიფო
კომიტეტის მთავარპოლიგრაფრეწულობის თბილისის სტამბა № 13

Грузинская типография № 13 Главполиграфпрома Государственного комитета
Совета Министров Грузинской ССР по печати