

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

**Facultatea Urbanism și Arhitectură**

**Catedra Căi Ferate, Drumuri și Poduri**

**TOPOGRAFIE**  
**CURS UNIVERSITAR**

**Chișinău**  
**U.T.M.**  
**2010**

Cursul universitar oferă cunoștințe generale despre topografie, hărți și planuri topografice, ridicări de terenuri cu și fără construcții, drumuirile cu teodolitul și de nivelment, lucrări de terasament, etc.

Va ajuta studentul să comunice eficient utilizând terminologia și noțiunile de bază legate de topografie, să definească problemele acestora și să opereze corect cu formulele de calcul, enunțate în teme, să utilizeze instrumentele de lucru cu erori minime în timpul măsurărilor și să înțeleagă esența lucrărilor pentru studiile ingineresti.

Cursul universitar este destinat studenților de la specialitățile de construcție ale instituțiilor de învățământ superior, cum ar fi: construcții industriale, civice, termoelectrice, hidrotehnice, agricole, urbanistică, alimentarea cu căldură și gaz, ventilație, alimentarea cu apă și canalizație, exploatarea tehnică a construcțiilor și clădirilor.

**Autor:** conf. univ., dr. Anatolie Cadociniov

**Redactor responsabil:** conf. univ., dr. Anatolie Cadociniov

**Recenzent:** șeful secției Geodezie a Direcției Arhitectură, Urbanism și Relații funciare a municipiului Chișinău, Alexandru Darmocric

## Prefață

Problema principală în construcția capitală este ridicarea eficacității investițiilor capitale prin perfecționarea planificării și organizării în construcție, reducerea duratei și micșorarea costului construcției. Volume mari de lucrări sînt efectuate pentru crearea diferitelor construcții de precizie ca, de exemplu, acceleratoarele de particule încărcate, reactoarele gigantice, radiotelescoapele, turnurile înalte de televiziune, turnurile de răcire a apei ș. a. m. d. Toate acestea duc la complicarea și ridicarea preciziei lucrărilor de construcție și montaj.

Lucrările inginero-geodezice au devenit o parte integrantă a procesului tehnologic de construire, care însoțește toate etapele de creare a construcției. De asigurarea geodezică operativă și calitativă depinde într-o mare măsură calitatea și durata construirii. Inginerul-constructor este conducătorul lucrărilor de construcție, de aceea el trebuie să fie specialist de profil larg. E necesar să cunoască componența și tehnologia lucrărilor geodezice, care asigură studiul, proiectarea, construirea și exploatarea construcțiilor. El trebuie să pună în mod calificat în fața serviciului geodezic corespunzător probleme concrete, să conducă și să organizeze aceste lucrări, să folosească materialele topografo-geodezice, să efectueze trasările tipice detaliate pentru diferite operații de construire și să efectueze ridicările de control reglementate ale lucrărilor de construcție și montaj terminate.

Cursul este scris în corespundere cu programul disciplinei "Topografie" pentru următoarele specialități: căi ferate, drumuri și poduri, construcții industriale, urbanistica, alimentarea cu căldură și gaz,

ventilație, alimentarea cu apă și canalizație, exploatarea tehnică a construcțiilor și clădirilor.

Materialul cursului este expus de la general la particular și este compus din două părți: "Bazele topografiei" și "Topografia în construcții". După cum a arătat practica, această divizare este rațională din punct de vedere metodic. După studierea problemelor generale, studentul trece la cele speciale, cu care inginerul-constructor se va întâlni în practică la efectuarea lucrărilor în decursul tuturor etapelor de creare a construcțiilor: cercetările inginerești, proiectare, construire și exploatare. Sînt examinate problemele organizării și tehnicii securității lucrărilor geodezice în domeniul construcțiilor.

## Introducere

### 1. Date generale despre geodezie și disciplinele ei științifice

**Geodezia** este știința care studiază forma și dimensiunile Pământului, precum și porțiunile suprafeței terestre aparte. În geodezie sînt elaborate diferite metode și mijloace de măsurare pentru rezolvarea diferitelor probleme științifice și aplicative, legate de determinarea formei și dimensiunilor Pământului, reprezentări pe planuri și hărți a suprafeței terestre sau a unor porțiuni ale ei, efectuării lucrărilor necesare pentru rezolvarea diverselor probleme tehnice de producție și apărare a țării. În geodezie sînt folosite prioritar măsurările liniare și unghiulare.

În procesul de dezvoltare geodezia s-a divizat într-un șir de discipline științifice și științifico-aplicative: geodezia superioară, topografia, fotogrammetria, cartografia și geodezia inginerească (aplicativă).

**Geodezia superioară** este știința, obiectul căreia constă în studierea formei, dimensiunilor și câmpului gravitațional (valoarea și direcția forței de greutate în spațiul care înconjoară Pământul și pe suprafața lui) exterior al Pământului.

Geodezia superioară se ocupă și de metodele de măsurare precisă și procedeele de perfecționare a lor în scopul determinării poziției reciproce a punctelor pe suprafața terestră într-un sistem unic de coordonate. Lansarea sateliților artificiali ai Pământului a pus începutul unei direcții noi de dezvoltare a geodeziei superioare – geodezia cosmică.

**Topografia** este disciplina științifică, care se ocupă de ridicarea suprafeței terestre și elaborarea metodelor de reprezentare a acestei suprafețe pe plan sub formă de planuri topografice. Ridicări topografice se numesc lucrările practice efectuate pentru întocmirea originalului planului topografic. În dependență de mijloacele tehnice întrebuintate, ridicările geodezice se împart în următoarele feluri: tahimetrică, cu planșeta topografică, aerofotogrammetrică și fototahimetrică.

**Cartografia** este știința care studiază problemele de reprezentare cartografică și elaborează metodele de întocmire și folosire a hărților. Cartografia este strîns legată de geodezie, topografie și geografie. Rezultatele determinării geodezice a dimensiunilor și formei Pământului,

a coordonatelor punctelor rețelelor geodezice și ridicărilor topografice sînt folosite de cartografie în calitate de bază inițială pentru întocmirea hărților. Geografia înzestrează cartografia cu date necesare despre esența obiectelor, fenomenelor naturii și vieții sociale, reprezentate pe hărți.

**Fotogrammetria** (dimensionarea fotografică) este disciplina tehnico-științifică care studiază metodele de determinare a formei, dimensiunilor și poziției obiectelor în spațiu după imaginea lor fotografică. Fotogrammetria este aplicată în diferite domenii ale științei și tehnicii, de exemplu: în geodezie, arhitectură și construcție, astronomie, arta militară de geniu și artilerie, geografie și oceanologie, medicină, cercetări cosmice etc. O întrebuintare mai largă fotogrammetria o are în topografie, unde obiectul de studiere și măsurare este suprafața terestră.

Aici problema fotogrammetriei constă în înlocuirea măsurărilor pe teren, necesare pentru întocmirea hărților și planurilor topografice, prin măsurări în încăperile de producere efectuate pe fotograme, cu ajutorul aparatelor fotogrammetrice speciale. Partea fotogrammetriei, în care se studiază nu numai metodele determinării poziției planimetrice a obiectelor, ci și metodele de măsurare a reliefului, se numește stereofotogrammetrie. Fotogrammetria este baza teoretică a fototopografiei, care studiază și elaborează metodele și mijloacele de întocmire a planurilor și hărților topografice după fotogramele terenului.

**Geodezia inginerască (aplicativă)** este știința care studiază problemele aplicării geodeziei în activitatea de inginer.

Obiectul geodeziei ingineresti este studierea și elaborarea metodelor și mijloacelor pentru asigurarea geodezică a tuturor lucrărilor de construcție la diferite etape – în timpul reconstrucției, lărgirii și exploatării construcțiilor, organizării teritoriului, lucrărilor tehnice forestiere, prospecțiunilor, cercetărilor, exploatării și protecției zăcămintelor naturale, instalării și reglării mașinilor complicate. În prezent e greu de numit un domeniu al economiei naționale în care geodezia inginerască să nu aibă aplicare.

### **1.1. Scurt studiu istoric asupra dezvoltării geodeziei ingineresti**

Săpăturile arheologice contemporane mărturisesc că geodezia a apărut și s-a dezvoltat pe baza diferitelor activități practice ale omului. Civilizațiile din antichitate, care au existat cu cîteva mii de ani î.e.n. în

Egipt, Asia Anterioară și Mijlocie și în alte regiuni ale lumii, știau să împartă pământurile arabile pe loturi, să folosească măsurările geodezice pentru construcția canalelor de irigație și a diferitor construcții. Experiența acestor măsurări se acumula paralel cu dezvoltarea și răspindirea lucrărilor de organizare a teritoriului și de construcție. Din Egipt lucrările geodezice s-au răspândit în Grecia, iar mai târziu – în Roma Antică. În aceste țări cunoștințele geodezice au început să se definească ca știință.

Folosind cunoștințele din domeniul geodeziei, au fost construite piramidele, lăcașurile de cult, cetățile, farurile, construcțiile hidrotehnice, tunelurile, clădirile, drumurile de lungime mare ș.a. Multe din aceste construcții ne impresionează și în prezent prin forma complicată și iscusință de execuție. Constructorii antici puteau să fixeze pe teren axele structurii, să traseze curbe circulare, să construiască unghiuri drepte, să transmită cotele altimetrice, să determine panta, să asigure ridicarea verticală a construcției, să efectueze lucrări de trasare, să asigure construirea galeriei tunelului și să îndeplinească alte feluri de lucrări inginero-geodezice. Studiarea construcțiilor, care s-au păstrat din Lumea Antică, a arătat, că măsurările liniare erau efectuate atunci cu o eroare relativă de  $1/2000 - 1/3000$ , unghiulare –  $2-4'$ , altimetrice –  $1-2$  cm. Această precizie a măsurărilor s-a păstrat până la sfârșitul sec. XVIII.

Primele date ale măsurărilor geodezice în Rusia sînt din anul 1068, cînd între Kerçi și Taman (în trecut – Korcev și Tmutarakan) pe gheață a fost măsurată lățimea strîmtorii Kerçi. Prima hartă în țara noastră, cunoscută sub denumirea de “Desenul mare”, a fost întocmită pentru partea europeană a teritoriului țării în 1598. Hărți similare (“desene”) au fost întocmite și în secolul XVII. Atunci ele au avut o mare importanță. Ca materiale pentru ele au servit desenele schematice, întocmite pe regiuni aparte pe baza anchetărilor. Pe toate hărțile din veacurile XVI-XVII sînt mari deformații și multe greșeli.

Primele ridicări instrumentale au început în secolul XVIII. Ele au fost condiționate de reformele de stat, care au avut loc în timpul lui Petru I (1672 – 1725), de dezvoltare economică a țării și problemele militare. În Rusia la sfîrșitul secolului XVIII o mare răspîndire au căpătat lucrările inginero-geodezice legate de dezvoltarea transportului naval. Au început să se efectueze lucrări de ridicare a teritoriului orașelor. Cu cît mai scump costa pămîntul, cu atît mai mare se stabilea scara ridicărilor.

Dezvoltarea de mai departe a lucrărilor inginero-geodezice în Rusia a fost legată de revoluția industrială din secolul XIX, când a crescut brusc numărul de uzine, căi ferate, tuneluri, canale navigabile ș.a. La sfârșitul secolului trecut, când în orașele mari a apărut problema construirii rețelelor de apeducte și de canalizare, dar planurile existente ale orașelor nu puteau fi folosite pentru proiectarea rețelelor menționate, cu atât mai mult pentru aplicarea pe teren a proiectelor în timpul construcției lor, consiliile municipale au mărit volumul ridicărilor geodezice ale teritoriilor orașelor. În acest timp au început să fie elaborate bazele științifice ale geodeziei ingineresti.

Rolul lucrărilor geodezice sporește permanent în legătură cu creșterea și intensificarea industrializării tuturor felurilor de construcții. Dacă în primul an de apariție și dezvoltare a lucrărilor inginero-geodezice precizia operațiilor de construire și montare nu depășea 10-20 mm, apoi odată cu trecerea la metoda de construcție și montare industrială în flux precizia a crescut până la 1-5 mm. Eroarea de amplasare reciprocă în plan și pe altitudine a elementelor utilajului tehnologic și industrial nu trebuie să depășească 2 mm. Liniile de producție și laminoarele se instalează cu o toleranță mai mică de 1 mm.

În legătură cu construirea obiectelor hidrotehnice complicate, centralelor atomice, acceleratoarelor cu particule încărcate, radiotelescoapelor gigantice, instalațiilor solare, turnurilor înalte, cosmodromurilor și a altor construcții de precizie a crescut până la 0,05-0,2 mm precizia lucrărilor geodezice. În prezent, practic, este imposibil a atinge aceasta precizie fără efectuarea cercetărilor speciale și a studiului experimental constructiv cu destinație specială. În cadrul acestor elaborări sînt folosite pe larg cele mai noi rezultate din domeniul matematicii, fizicii, electronicii, tehnicii laser ș.a.

Toate acestea, bineînțeles, sporesc eficacitatea lucrărilor inginero-geodezice și contribuie la automatizarea multor lucrări de terasament, construcție, montare și reglare complicate.

La etapa actuală a progresului tehnico-științific geodezia inginerască a devenit o parte științifică importantă a geodeziei, iar lucrările geodezice – o parte integrantă a construcției.

## 1.2. Problemele principale ale topografiei

Problemele principale ale topografiei geodeziei inginerești aplicate în construcții sînt:

- efectuarea unor cercetări topografice-geodezice ale terenurilor de construcție și traseelor, precum și asigurarea geodezică a altor feluri de studii inginerești necesare pentru proiectarea construcțiilor;
- proiectarea lucrărilor topografice referitoare la asigurarea construcției în timpul elaborării documentației de proiect a obiectului, incluzînd și pregătirea geodezică a proiectului pentru aplicarea lui pe teren, rezolvarea problemelor de sistematizare pe verticală și în plan, calcularea suprafețelor volumelor și alte feluri de lucrări;
- aplicarea pe teren a complexului de clădiri și construcții proiectate – efectuarea lucrărilor de trasare, în componența cărora intră crearea pe teren a rețelelor de trasare, transferarea pe teren a axelor principale ale construcției, trasările detaliate pentru construirea fundațiilor, comunicațiilor subterane, clădirilor, drumurilor etc.;
- asigurarea topografică pentru instalarea construcțiilor și utilajului tehnologic în poziția proiectată, avînd precizia dată;
- asigurarea topografică în timpul exploatării complexelor de uzini industriale, a gospodăriei comunale a localităților, construcțiilor de precizie, carierelor și excavațiilor miniere subterane pentru extragerea și prelucrarea zăcămintelor, precum și asigurarea funcționării normale a mecanismelor, agregatelor și instalațiilor laboratoarelor științifice ș.a.;
- observații asupra deformației construcțiilor și terenurilor de fundație, ca rezultat al cărora se poate studia trasarea fundațiilor, determina deplasările orizontale ale construcțiilor, înclinațiile clădirilor înalte, turnurilor, coșurilor de fum, tunurilor de răcire a apei;
- observații asupra deplasărilor rocilor, efectuate atît în timpul cercetărilor inginerești, care au scopul a determina mai sigur terenul de fundație al construcției cît și în perioada de exploatare a lor pentru a determina deplasările posibile ale construcțiilor portante și utilajului tehnologic.

În legatură cu proiectarea noilor construcții – în primul rînd aceasta se referă la obiectele energetice moderne, laboratoarele fizice de energie înaltă și mijloacele de legatură cosmică – în fața topografiei sînt puse probleme tehnico-științifice, pentru care nu există soluții cunoscute.

Probleme mari în fața topografiei sînt puse în timpul măsurării variației deformațiilor locale ale rocilor miniere, necesare pentru prognozarea cutremurelor de pămînt, care apar atît din cauza factorilor naturii (endogeni), cît și a activității ingineresti a omului la edificarea construcțiilor gravitaționale, de exemplu a lacurilor moderne gigantice de acumulare a apei. Probleme foarte complicate apar la organizarea observațiilor asupra deformațiilor locale și alunecărilor de teren, mai ales în munți.

Una din problemele importante, la etapa actuală de construcție, este stabilirea corectă, tehnico-științifică fundamentată și realizarea toleranțelor lucrărilor de construcție și montaj, măsurărilor de trasare și control. În fiecare caz concret trebuie stabilite toleranțele optime, conducîndu-ne de cerințele față de precizia diferitor construcții. Micșorarea toleranței necesită instalații de montare mai precise și efectuarea măsurărilor cu o precizie mai înaltă, fapt ce duce la creșterea nedorită a cheltuielilor pentru lucru. Toleranțele prea libere duc la diferite corectări ale lucrărilor de construcție și montare, condiționînd astfel majorarea costului și micșorarea calității construcției.

O atenție permanentă necesită perfecționarea bazei tehnico-normative a topografiei, aplicată în construcție. Documentația normativă a lucrărilor inginero-topografice trebuie elaborată și întocmită pentru toate etapele de construcție: studiu, proiectare, înălțarea clădirilor și construcțiilor și exploatarea lor, adică pentru toate felurile de construcții. Ea trebuie elaborată de asemenea pentru toate felurile de studii aplicative, care se efectuează cu ajutorul metodelor inginero-topografice: observații asupra deplasărilor și deformațiilor construcțiilor, deformațiilor hidrotehnice ale rocilor etc.

Luînd în considerare faptul că lucrările topografice în construcție, în dependență de destinație și felul construcției ingineresti, au particularități proprii, apoi problemele și perspectivele lor de dezvoltare într-o mare măsură depind de progresul dezvoltării industriei construcțiilor, apariția noilor tehnologii și obiecte.

### BAZELE TOPOGRAFIEI

#### 2. Date despre forma și dimensiunile Pământului

Forma Pământului s-a constituit sub acțiunea forțelor interioare și exterioare. Principale sînt forțele de gravitate interioară și cele centrifuge. Conform datelor geofizicii Pământul se comportă ca un corp plastic. Dacă el ar fi fost un corp imobil și omogen după densitate, aflîndu-se numai sub acțiunea forțelor de gravitate interioară, el ar fi căpătat forma unei sfere, ca formă de echilibru. Ca rezultat al forței centrifuge, care apare în urma rotirii Pământului în jurul axei sale, el ar fi căpătat forma unei sfere turtite la poluri, adică forma elipsoidului de rotație cu un mic grad de turtire în direcția polurilor.

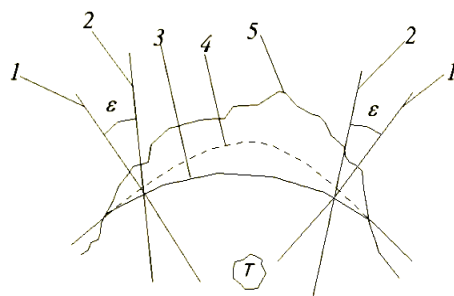
În realitate structura interioară a Pământului după densitate este neomogenă. Ca urmare a proceselor legate de formarea și apariția vieții pe planeta noastră substanța Pământului este distribuită, în general, în straturi concentrice, densitatea cărora crește de la suprafață spre centru. Pentru o atare structură Pământul de asemenea trebuie să aibă forma elipsoidului, dar cu alt grad de turtire decît pentru densitatea omogenă.

În ambele cazuri suprafața corpului, care se află în stare de echilibru hidrostatic, va fi pretutindeni orizontală, deoarece în fiecare punct direcția forței de greutate (linia verticală) coincide cu normala (linia perpendiculară) dusă pe suprafață. Suprafața perpendiculară în fiecare punct pe direcția liniei verticale se numește *suprafață de nivel a forței de greutate*. În așa fel, suprafața elipsoidului de rotație va fi suprafața de nivel.

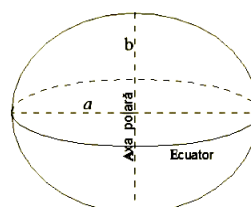
Însă scoarța terestră (stratul exterior cu grosimea aproximativă de 40 km) este alcătuită din sectoare cu sol neomogen după densitate: continente și depresiuni oceanice cu forme geometrice foarte complicate, relieful în formă de munți și șesuri ale continentelor, oceanelor și mărilor alăturate lor. Ca rezultat al distribuirii neuniforme a maselor scoarței terestre, se schimbă direcția forței de atracție, prin urmare și a forței de

greutate. Deci, suprafața de nivel, determinată ca suprafață perpendiculară pe direcția forței de greutate, se abate de la suprafața elipsoidului și devine atât de complicată și neregulată din punct de vedere geometric, încât ea nu poate fi exprimată prin formule matematice analitice. Forma Pământului, mărginită de suprafața de nivel, care coincide cu suprafața apelor în oceane și mări și imaginar este prelungită sub suprafața continentelor, a fost numită **geoid**.

a



b



**Fig. 1.** Forma Pământului:

a) schema deviației verticale; b) parametrii elipsoidului pământesc

Pe fig.1, a este arătat, cum sub acțiunea densității rocilor de pe sectorul T, care este mai mare decât a scoarței ce-l înconjoară, verticalele 1 se abat de la normalele 2 în direcția acestui sector. Suprafața 4, perpendiculară pe verticală, este suprafața geoidului. Unghiul  $\varepsilon$  cuprins între verticală și normală (perpendiculară) pe suprafața elipsoidului 3 se numește **deviația verticalei** (în medie pentru Pământ el este egal cu  $3-4''$ ).

Pentru prelucrarea matematică a rezultatelor măsurărilor geodezice e necesar să se cunoască forma suprafeței Pământului. Deoarece suprafața fizică 5 sau suprafața geoidului 4 sînt complicate, ele nu pot fi folosite în acest scop. Deoarece abaterea maximă a geoidului de la elipsoid nu depășește 100-150 m, forma cea mai apropiată de geoid este forma elipsoidului de rotație, numit **elipsoidul pământesc**. Parametrii care determină forma și dimensiunile lui sînt semiaxele: mare  $a$  și mică  $b$  sau semiaxa mare  $a$  și gradul de turtire polară  $\alpha = (a - b) / a$  (fig.1, b). Mărimile acestor parametri pot fi căpătate cu ajutorul *măsurărilor de grad*, adică prin măsurarea geodezică a lungimii arcului de meridian

egală cu  $1^\circ$ . Cunoscând lungimea gradului în diferite locuri ale meridianului, poate fi stabilită forma și dimensiunile Pământului.

Pentru apropierea maximă a suprafețelor elipsoidului pământesc și geoidului, elipsoidul în mod corespunzător este orientat în corpul Pământului. Acest elipsoid se numește **elipsoid de referință**.

În practica lucrărilor inginerо-geodezice suprafețele elipsoidului și geoidului se consideră că coincid, în multe cazuri mari sectoare de suprafață terestră sînt socotite ca fiind plane, iar cînd e necesar de luat în considerație curbura Pământului, el este considerat ca sferă, volumul căreia este egal cu volumul elipsoidului pământesc. Raza acestei sfere este egală cu 6371,11 km.

## 2.1. Sisteme de coordonate

**Coordonate** – numere care determină poziția punctelor suprafeței terestre în raport cu liniile sau suprafețele inițiale (de referință). În topografie sînt folosite sistemele de coordonate geografice, rectangulare plane, polare și sistemul zonal Gauss-Krüger.

### a) Sistemul de coordonate geografice

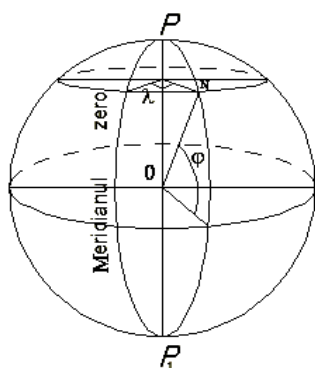


Fig. 2. Sistemul de coordonate geografice

În acest sistem ca suprafață de coordonate este acceptată sfera, iar ca linie de coordonate – meridianele și paralelele geografice (fig.2).

**Meridian** se numește linia de intersecție a suprafeței sferei cu planul, care trece prin axa polara (de rotație) a Pământului  $PP_1$ . Ca inițial este acceptat meridianul care trece prin centrul sălii observatorului Greenwich din apropierea Londrei.

**Paralelă** se numește linia de intersecție a suprafeței sferei cu planul, care este perpendicular pe axa

de rotație a Pământului. Paralela, planul căreia trece prin centrul sferei O, se numește **ecuator**.

Situarea punctelor pe suprafața terestră este determinată de latitudinea și longitudinea geografică.

**Latitudinea geografică  $\varphi$**  se numește unghiul dintre linia verticală a punctului dat și planul ecuatorului. Ea variază de la  $0^\circ$  până la  $90^\circ$  spre nord și sud de la ecuator și poate fi nordică și sudică.

**Longitudinea geografică  $\lambda$**  se numește unghiul dintre meridianul inițial Greenwich și planul meridianului punctului dat. Ea variază de la  $0^\circ$  până la  $180^\circ$  spre est și vest de la meridianul inițial Greenwich și poate fi estică și vestică.

### b) Sistemul de coordonate rectangulare plane

Acest sistem (fig.3) este folosit pentru determinarea coordonatelor punctelor sectoarelor suprafețelor terestre relativ mici, socotite a fi plane.

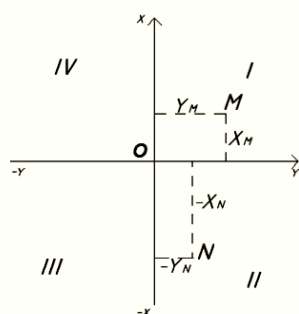


Fig. 3. Sistemul de coordonate plane rectangulare

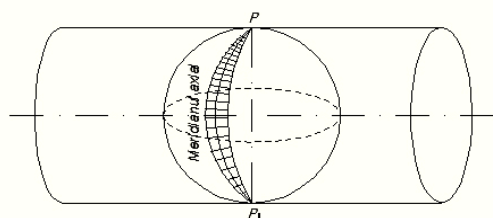
Axa verticală a *absciselor* X coincide cu meridianul și are direcția pozitivă de la sud spre nord, iar axa orizontală a *ordonatelor* Y – de la est spre vest. Cadranele sistemului de coordonate au denumirea care corespunde punctelor cardinale ale lumii și sînt numerotate după mișcarea acelor de ceasornic de la cadranul nord-est.

Poziția punctului pe plan se determină prin coordonatele x și y cu semn “+” sau “-”, care depinde de cadran. De exemplu, coordonatele

punctului M sînt egale cu  $+X_m$ ,  $+Y_m$ , iar punctul N are coordonatele  $-X_n$ ,  $-Y_n$ .

### c) Sistemul zonal Gauss- Krüger

Acest sistem este folosit la reprezentarea pe o scară mare a părților suprafeței terestre pe plan, prin urmare și la rezolvarea multor probleme, legate de proiectarea complexelor de construcție.

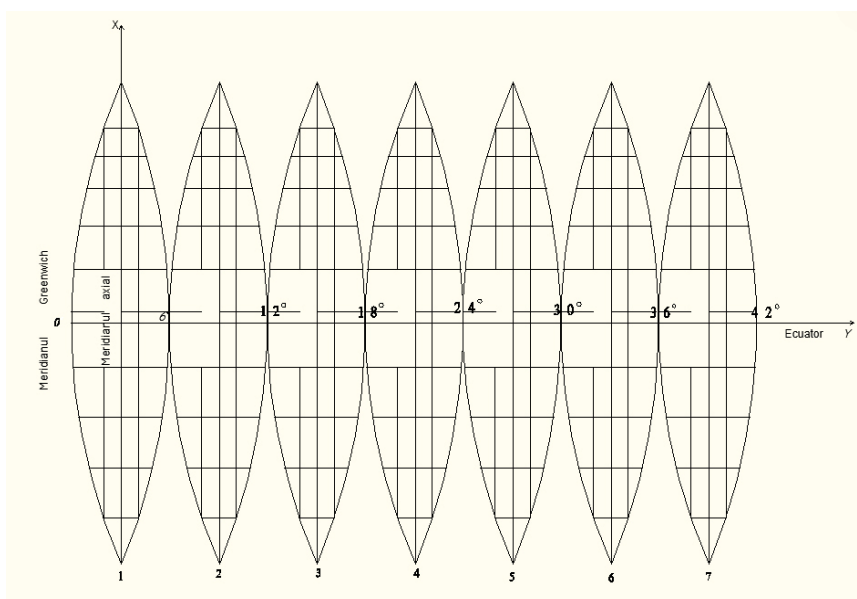


**Fig. 4.** Schema de construire a proiecției transversale cilindrice

Reprezentarea suprafeței globului pământesc pe plan în proiecția Gauss-Krüger se face în modul următor. Suprafața este împărțită de meridiane în fuse cu lățimea de 3 sau 6° longitudine.

Globul pământesc este înscris într-un cilindru în așa fel ca planul ecuatorului să coincidă cu axa cilindrului. Fiecare fus din centrul Pământului se proiectează pe suprafața laterală a cilindrului. După proiectare suprafața laterală a cilindrului este desfășurată pe un plan, fiind tăiată după generatoarea care unește polurile Pământului (fig.4).

Fiecare zonă Gauss- Krüger are sistemul său de coordonate.



**Fig. 5.** Fusele de șase grade

Începutul citirii se efectuează la punctul intersecției ecuatorului, axa ordonatelor Y, și meridianului axial, axa absciselor X, al zonei date (v.fig.5).

Sistemul de coordonate în fiecare fus este același. Pentru teritoriul R. Moldova abscisele totdeauna sînt pozitive, deoarece ele sînt situate în emisfera de nord. Pentru a avea și pe axa Y numai valori pozitive, sistemul de coordonate este deplasat paralel cu axa X spre vest la 500 km. În acest caz toate punctele spre est sau vest față de meridianul axial vor fi ordonate pozitive. Aceste ordonate se numesc **ordonate transformate**. Ordonata transformată începe cu numărul fusului.

De exemplu, dacă punctul este situat pe fusul al patrulea în partea de vest față de meridianul axial la distanța de 64245 m, atunci ordonata lui transformată va fi egală cu 4435755 m, iar dacă el este situat la aceeași distanță, dar spre est, atunci ordonata transformată va fi  $Y = 4564245$  m.

#### d) Sistemul de coordonate polare

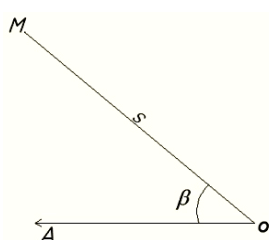


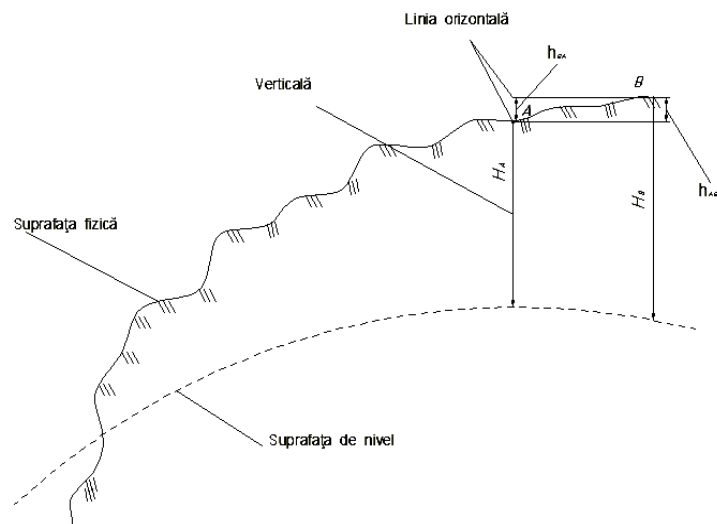
Fig. 6. Sistemul de coordonate polare

Acest sistem este folosit pentru determinarea poziției planimetrice a punctelor pe sectoarele relativ mici în timpul ridicării teritoriului și lucrărilor geodezice de trasare.

Punctul O este începutul coordonatelor. Linia OA – axa polară amplasată pe teren. Coordonatele polare ale punctului M – sînt unghiul polar  $\beta$ , măsurat în sensul mișcării acelor de ceasornic de la axa polară, și raza polară – S (fig.6).

## 2.2. Sistemul de altitudine

Pentru a determina poziția punctelor suprafeței fizice a Pământului nu e de ajuns să cunoaștem numai coordonatele planimetrice X și Y. Este necesară o a treia coordonată, care caracterizează distanța de la punctul suprafeței terestre pînă la suprafața de referință.



**Fig. 7.** Altitudinile și diferențele de nivel ale punctelor suprafeței terestre

**Altitudine** se numește distanța măsurată pe verticală de la punctul suprafeței terestre A pînă la suprafața de referință. În calitate de suprafață de referință este acceptat – *nivelul mării*, altitudinile fiind numite **absolute**, iar sistemul de altitudini - *Sistem Baltic*, datorită faptului că se ia în considerare anume nivelul mediu al apei în Marea Baltică.

Dacă altitudinile sînt determinate față de o suprafață de nivel oarecare, atunci ele se numesc **relative**. Acest sistem este aplicat la proiectarea și înălțarea clădirilor industriale și civile. În acest caz în calitate de suprafață de nivel este acceptată suprafața care coincide cu podeaua parterului caselor de locuit sau a clădirilor industriale. Această suprafață de referință se numește *nivelul podelei net*, iar altitudinile stabile în raport cu ea – **convenționale**.

Valorile numerice ale altitudinilor se numesc **cote**.

Diferența dintre altitudinile a două puncte se numește **diferența de nivel h**. Dacă este studiată linia AB (fig.7), atunci

$$h_{AB} = H_B - H_A, \quad (2.1)$$

$$\text{dacă BA, atunci} \quad h_{BA} = H_A - H_B. \quad (2.2)$$

E clar că  $h_{AB} = -h_{BA}$ .

### 3. Orientarea liniilor pe teren

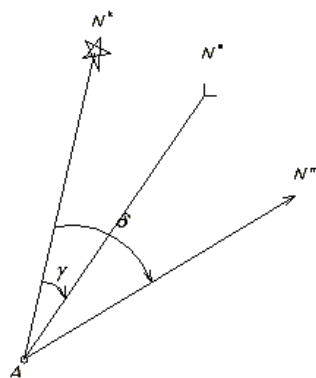


Fig. 8. Direcțiile inițiale ale unghiurilor de orientare

A orienta linia pe teren înseamnă a determina poziția ei față de altă direcție, acceptată ca inițială. În calitate de direcții inițiale în topografie sînt folosite următoarele (fig.8):

$N^a$  - direcția de nord a meridianului adevărat (geografic). Este linia orizontală situată în planul meridianului geografic. Ea arată polul nord a pămîntului.

$N^{ax}$  - direcția de nord a meridianului axial sau direcția paralelă lui. Este direcția paralelă meridianului axial sau axei absciselor carcoajului geometric.

Dacă punctul A este situat pe meridianul axial, atunci direcțiile  $N^a$  și  $N^{ax}$  coincid.

Dacă punctul A nu se află pe meridianul axial, atunci între dreapta paralelă cu el și meridianul adevărat se formează unghiul  $\gamma$ , numit **convergența meridianelor**. El se măsoară de la meridianul adevărat spre cel axial. Convergența de est se consideră pozitivă, iar cea de vest – negativă.

$N^m$  - direcția de nord a meridianului magnetic. Este linia orizontală situată în planul meridianului magnetic, adică în planul vertical, care trece prin acul magnetic suspendat liber.

Din cauză că axa magnetică a Pămîntului este deviată de la axa lui de rotație aproximativ cu  $12^\circ$  între direcțiile meridianului magnetic și ale celui geografic în punctul A al suprafeței Pămîntului se formează un unghi  $\delta$ , care se numește **declinație magnetică** și se măsoară de la meridianul adevărat spre cel magnetic. Declinația de est este considerată cea pozitivă, iar cea de vest - cea negativă.

### 3.1. Unghiurile de orientare

Orientarea liniilor pe teren față de direcțiile inițiale se efectuează cu ajutorul unghiurilor de orientare.

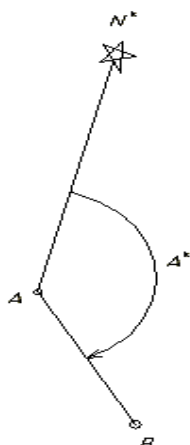


Fig. 9. Azimutul adevărat

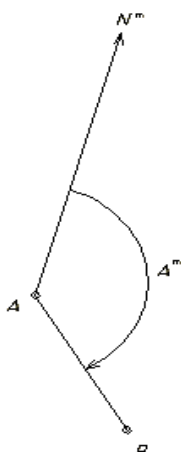


Fig. 10. Azimutul magnetic

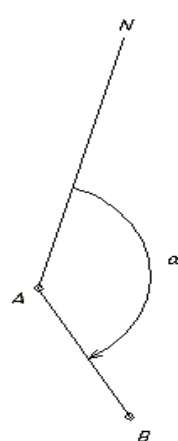


Fig. 11. Unghiul de direcție

Unghiul cuprins între direcția de nord  $N^a$  a meridianului adevărat și direcția liniei date AB se numește **azimut adevărat**,  $A^a$ , și se măsoară de la meridianul adevărat în sensul mișcării acelor de ceasornic (fig.9). El se schimbă de la 0 pînă la 360 grade.

Unghiul cuprins între direcția de nord  $N^m$  a meridianului magnetic și direcția liniei date AB se numește **azimut magnetic**,  $A^m$ , și se măsoară de la meridianul magnetic în sensul mișcării acelor de ceasornic (fig.10). El se schimbă de la 0 pînă la 360 grade. El se măsoară direct pe teren.

Unghiul cuprins între direcția de nord a meridianului axial  $N^{ax}$  și direcția liniei date AB se numește **unghi de direcție**,  $\alpha$ , și se măsoară de la meridianul axial în sensul mișcării acelor de ceasornic (fig.11). El se schimbă de la 0 pînă la 360 grade. El se măsoară pe hartă.

Unghiul ascuțit cuprins între cea mai apropiată direcție inițială (de nord sau de sud) și linia dată se numește **rumb** (fig.12).

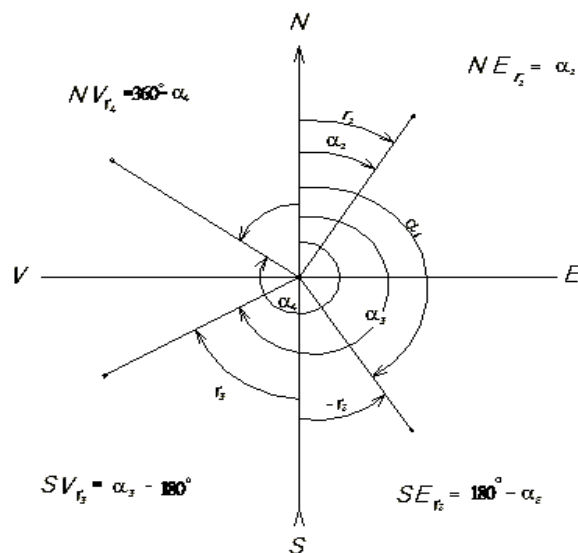


Fig. 12. Dependenta dintre rumburi

### 3.2. Dependenta dintre unghiurile de orientare

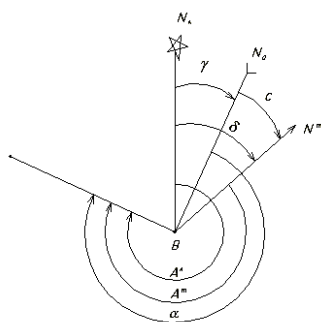


Fig. 13. Dependenta dintre unghiurile de orientare

Pe desen (fig.13) sînt arătate azimuturile magnetic  $A^m$  și adevărat  $A^a$ , unghiul de direcție  $\alpha$  al liniei BC, convergența meridianelor  $\gamma$  și declinația acului magnetic  $\delta$ . După cum se vede din desen:

$$A^a = A^m + \delta \quad (3.1)$$

$$A^a = \alpha + \gamma \quad (3.2)$$

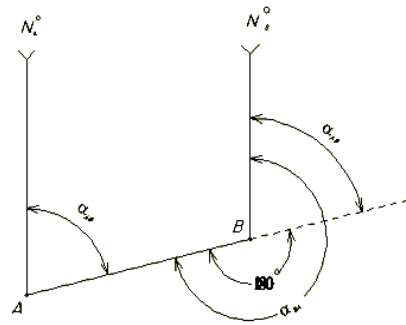
Egalînd părțile din dreapta, căpătăm:

$$\alpha = A^m + \delta - \gamma \quad (3.3)$$

Mărimea  $\delta - \gamma$  de obicei este notată prin C și se numește corecție. Respectiv:

$$\alpha = A^m + C \quad (3.4)$$

### 3.3. Direcțiile înainte și inverse



Direcția liniei AB de la punctul A spre punctul B se numește direcție înainte, iar de la punctul B spre A – direcție inversă. Dependența dintre aceste unghiuri se vede din figura 13, a.

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180^\circ \quad (3.5)$$

Fig. 13.a Dependența dintre direcția înainte și direcția inversă

### 3.4. Unghiurile de direcție ale liniilor adiacente

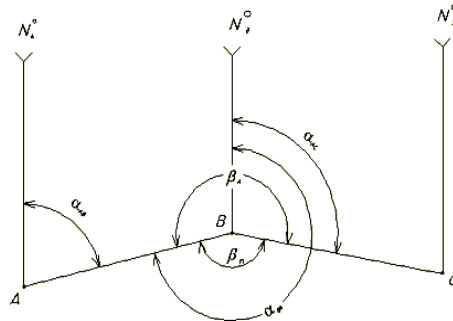


Fig. 13.b Dependența dintre liniile următoare și precedentă

Dependența dintre unghiul de direcție  $\alpha_{AB}$  al liniei AB și unghiul de direcție  $\alpha_{BC}$  al liniei BC poate fi stabilită dacă va fi măsurat unghiul cuprins între linii în punctul B (fig.13, b). La deplasarea pe linia ABC unghiul  $\beta_d$  în punctul B se numește unghiul **din deapta**, iar unghiul  $\beta_s$  - **din stînga**.

Unghiul de direcție al liniei BC se determină după formula:

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + 180^\circ - \beta_d \quad (3.6)$$

Dacă este măsurat unghiul din stînga  $\beta_s$ , atunci

$$\beta_d = 360^\circ - \beta_s, \quad (3.7)$$

Respectiv: 
$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} - 180^\circ + \beta_s \quad (3.8)$$

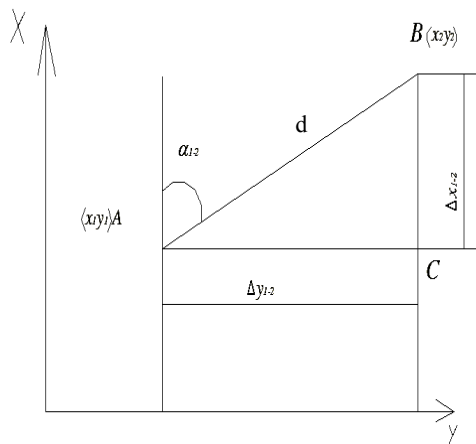
**Concluzie:** Unghiul de direcție al liniei următoare este egal cu unghiul de direcție al liniei precedente plus 180 grade minus valoarea unghiului  $\beta_d$  din dreapta sau minus 180 grade plus valoarea unghiului  $\beta_s$  din stînga între aceste linii.

### 3.5. Problemă geodezică directă

*Scopul problemei:* a determina coordonata ulterioară a punctului după coordonata dată a punctului precedent, direcția și distanța dintre doua puncte date (fig. 14).

Sînt date:  $x_1, y_1, r, d$ .

Să se afle:  $x_2, y_2$ .



Rezolvare:

$$\Delta x = d \times \cos \alpha \quad (3.9)$$

$$\Delta y = d \times \sin \alpha \quad (3.10.)$$

unde  $\Delta x$  și  $\Delta y$  - creșterea coordonatelor;

$r$  - rumbul;

$d$  - distanța dintre puncte;

**Fig. 14.** Problema geodezică directă și inversă

$$x_2 = x_1 + d \times \cos r \quad (3.11)$$

$$y_2 = y_1 + d \times \sin r \quad (3.12)$$

Această problemă se aplică în cazul ridicării terestre.

### 3.6. Problema geodezică inversă

*Scopul problemei:* a determina direcția și distanța după coordonatele a două puncte (fig.14).

Sînt date:  $x_1, y_1, x_2, y_2$ .

Să se afle:  $r, d$ .

Rezolvare:

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad (3.13)$$

$$\Delta y = y_2 - y_1 \quad (3.14)$$

$$d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \frac{\Delta x}{\cos r} = \frac{\Delta y}{\sin r} \quad (3.15)$$

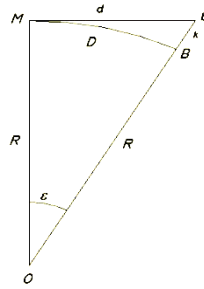
$$\operatorname{tg} r = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (3.16)$$

Această problemă se aplică în cazul calculului proiectului edificiului dat.

### 4. Influența curburii Pămîntului asupra rezultatelor măsurării distanțelor și altitudinilor

Pentru prelucrarea rezultatelor măsurărilor geodezice și întocmirea materialelor topografice (reprezentarea pe hărți la o scară mare a suprafeței fizice a Pămîntului) punctele situate pe suprafața terestră în prealabil sînt proiectate prin linii verticale pe o suprafață mai simplă decît cea terestră. O atare suprafață de proiectare poate fi suprafața elipsoidului de referință, a sferei, planului. Proiectarea punctelor prin linii perpendiculare pe suprafața de referință se numește **proiecție ortogonală**.

Cel mai simplu poate fi obținută proiecția ortogonală a suprafeței terestre pe un plan, deoarece în acest caz nu trebuie luată în considerare curbura Pămîntului. Din această pricină vom stabili ce dimensiuni trebuie să aibă sectorul suprafeței terestre ca el să poată fi considerat plan.



**Fig. 15.** Influența curburii Pământului la precizia determinării distanțelor și altitudinilor

Vom considera că Pământul este o sferă cu raza  $R$  (fig.15). Vom compara lungimea arcului  $MB=D$  cu lungimea tangentei  $Mb=d$ . Aceste mărimi vor fi:

$$d = R \operatorname{tg} \varepsilon \quad \text{și} \quad D = R \varepsilon$$

Notînd diferența  $(d-D)$  prin  $\Delta d$ , atunci:

$$\Delta d = R(\operatorname{tg} \varepsilon - \varepsilon) \quad (4.1)$$

Deoarece mărimea  $\varepsilon$  este mică, atunci tangenta acestui unghi poate fi acceptată.

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \varepsilon + \frac{\varepsilon^3}{3} + \frac{2\varepsilon^5}{15} \dots \quad (4.2)$$

Ne vom limita numai la doi termeni ai acestei serii, deoarece următorii termeni au valori infinit mici și pot fi neglijați, atunci:

$$\Delta d = R \frac{\varepsilon^3}{3} = R \frac{D^3}{3R^3} \approx \frac{d^3}{3R^2} \quad (4.3)$$

Pentru  $R=6000 \text{ km}$  și  $d=10 \text{ km}$ , căpătăm:

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{1}{3 \cdot 36 \cdot 10^4} \approx \frac{1}{1000000}$$

O asemenea eroare este caracteristică numai măsurărilor geodezice de o precizie înaltă. Prin urmare, sectoarele suprafeței terestre cu dimensiunile de  $20 \times 20 \text{ km}^2$  în toate cazurile pot fi socotite plane.

Să determinăm mărimea  $k$ , care exprimă influența curburii Pământului asupra preciziei determinării altitudinilor punctelor suprafeței terestre.

Din triunghiul dreptunghic  $OMB$ :

$$d^2 = (R + k)^2 - R^2 = 2Rk + k^2, \quad (4.4)$$

$$\text{de unde} \quad k = d^2 / (2R + k). \quad (4.5)$$

Deoarece mărimea  $k$  în comparație cu raza Pământului  $R$  este mică, atunci:

$$k = d^2 / 2R . \quad (4.6)$$

Variind mărimea  $d$ , căpătăm următoarele valori ale lui  $k$

|                |     |     |     |      |
|----------------|-----|-----|-----|------|
| $d$ , m .....  | 100 | 300 | 500 | 1000 |
| $k$ , cm ..... | 0,1 | 0,8 | 2,1 | 8,3  |

La înălțarea construcțiilor, erorile măsurărilor altimetrice și trasărilor nu trebuie să depășească 1-2  $mm$ , de aceea influența curburii Pământului asupra determinării altitudinilor e necesar să fie luată în considerare.

## 4.1. Hărțile și planurile topografice

### 1) Noțiuni generale

**Plan topografic** - desenul pe hîrtie al imaginii micșorate și asemenea a situației reliefului terenului.

**Imaginea asemenea** se obține prin proiectarea ortogonală a sectoarelor suprafeței terestre, dimensiunile căroră nu depășesc  $20 \times 20 \text{ km}^2$ , pe planul orizontal. Într-o formă micșorată această imagine prezintă planul terenului.

**Situație** - totalitatea obiectelor amplasate pe teren.

**Relief** - totalitatea diverselor forme ale suprafeței terestre.

Planul terenului pe care nu este reprezentat relieful se numește **plan de situație** (de contur).

**Hartă** - imaginea pe plan micșorată, obținută prin proiectarea sectoarelor de dimensiuni mari pe suprafața elipsoidului, care apoi cu ajutorul proiecțiilor cartografice sînt transferate pe plan. Harta întocmită în proiecția Gauss-Krüger, pe care este reprezentată situația și relieful, se numește **hartă topografică**.

**Profil longitudinal** - imaginea micșorată a secțiunii verticale a suprafeței terestre de-a lungul direcției alese.

Profilurile terenului constituie baza topografică la întocmirea documentației tehnice de proiect, necesară la construirea conductelor terestre și subterane, a drumurilor și altor comunicații.

## 2) Scări

Precizia transmiterii caracteristicilor cantitative ale obiectelor imaginate depinde de gradul de micșorare a dimensiunilor lor liniare, numit *scară*.

### a) Scară numerică

Reprezintă raportul lungimii liniei pe plan sau pe hartă " $l$ " la lungimea redusă la orizont a liniei corespunzătoare pe teren " $L$ ".

$$M = \frac{l}{L} \quad (4.7)$$

Scara se exprimă prin raportul  $\frac{1}{M}$  sau  $1:M$ . Numitorul  $M$  al fracției este un număr care arată de câte ori sînt micșorate dimensiunile obiectelor la reprezentarea lor pe planurile și hărțile topografice, profilurile și desenele de construcție.

### b) Scară liniară

Ea este o linie dreaptă divizată în segmente egale, numite *bază a scării*. Acest segment corespunde unui număr determinat de metri ai distanței orizontale de pe teren. Baza este egală cu 2 cm. Pentru scara numerică 1:5000, ei îi corespund 100 m ai distanței orizontale de pe teren. Baza din stînga originii este divizată în 10 părți egale. Precizia scării liniare este  $\pm 0,5mm$ , ea corespunzînd cu 0,02 - 0,03 din baza scării.

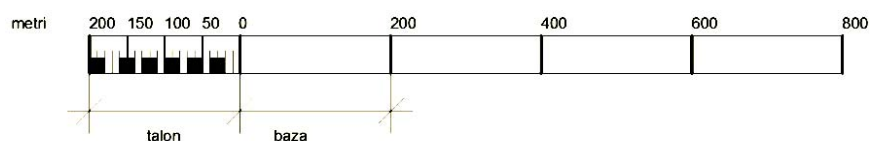


Fig. 16. Scară liniară

### c) Scară gradată transversal

Pentru proiectarea construcțiilor ingineresti se folosește scara gradată transversal, gravată pe o placă de metal.

Se construiește în felul următor: partea dreaptă se împarte în 2 cm, iar partea stîngă în 2 mm.

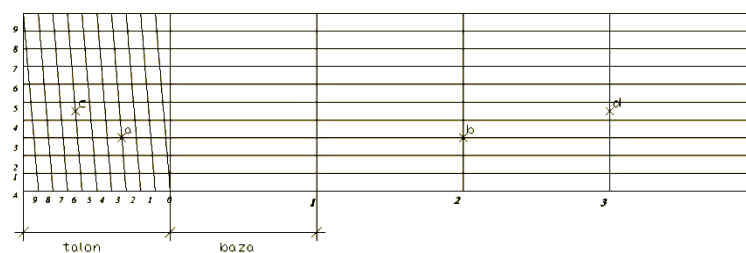


Fig. 17. Scară transversală

Exemplu:

- 1) ab în scara 1:500 este egală cu 23,3 m
- 2) cd în scara 1:500 este egală cu 36,45 m

Pentru scara 1:10000 într-un cm sînt 100 m. Atunci pentru figura de mai jos: ab= 488 m.

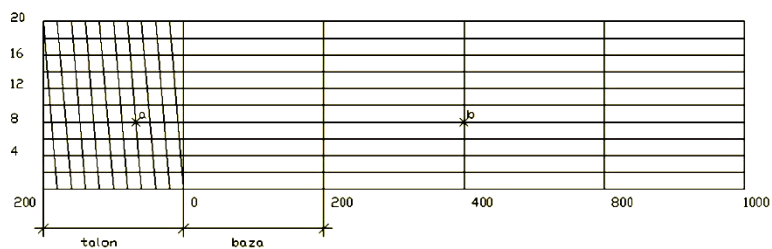


Fig. 18. Scară transversală

$$\begin{array}{r}
 2 \times 200 = 400 \\
 4 \times 20 = 80 \\
 4 \times 2 = 8 \\
 \hline
 488
 \end{array}$$

### 3) Semne topografice convenționale

Semnele convenționale sînt niște notații grafice ale obiectelor terenului.

Ele se împart în următoarele grupe: de contur, liniare, semnele care nu pot fi exprimate la scara dată, explicative și speciale.

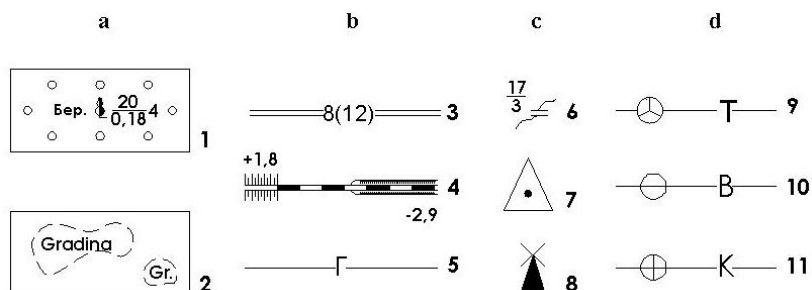


Fig. 19. Semne convenționale

1. *Semnele convenționale de contur* - se folosesc pentru redarea conturilor naturale, a terenurilor agricole; de pildă, pe semnul 1 (fig.19, a) este arătată o pădure de mesteacăn, unde cifrele caracterizează arborețul exprimat în metri: 20 - înălțimea (numărătorul), 0,18 - grosimea tulpinii (numitorul), 4 - distanța dintre copaci.

2. *Semnele convenționale liniare* (fig.19, b) arată obiectele cu caracter liniar (drumurile, râurile liniile de telecomunicații, de transport, de energie electrica etc);

3 – șosea; 8 - lățimea părții carosabile; 12 - lățimea drumului;

4 - calea ferată unică: +1,8 - înălțimea rambleului, -2,9 - adâncimea debleului în metri;

5 - litera G înseamnă gaz;

Pe hărți topografice sînt folosite următoarele culori:

- albastru - pentru lacuri, râuri, canaluri;
- verde - păduri, livezi;
- roșu - șosele;
- portocaliu - drumuri naturale amenajate;
- cafeniu - curbele de nivel;
- neagră - restul.

3. *Semnele convenționale care nu pot fi exprimate la scara dată* (fig.19, c) servesc pentru reprezentarea obiectelor, dimensiunile cărora pot fi exprimate la scara hărții (podurile, bornele kilometrice, fântânile, punctele geodezice ș.a.).

6 - pod de lemn: 17 - lungimea podului din lemn, 3 - lățimea podului din lemn;

7 - punctul rețelei geodezice: 393,500 - cota acestuia;

8 - moară de vânt.

4. *Semnele convenționale explicative* prezintă inscripțiile, care arată caracteristicile și denumirile obiectelor, de pildă, adâncimea și viteza apei în râu, sarcina maximă și lățimea podului, specia arborilor din pădure, înălțimea și grosimea medie a copacilor, lățimea șoselelor.

5. *Semnele convenționale speciale* (fig.19; d) sînt stabilite de departamentele respective ale ramurilor economiei naționale; ele sînt folosite pentru întocmirea hărților și planurilor speciale ale acestei ramuri.

9 - conductă de energie termică;

10 - conductă de apă;

11 - canalizație.

#### 4) Panta versantelor

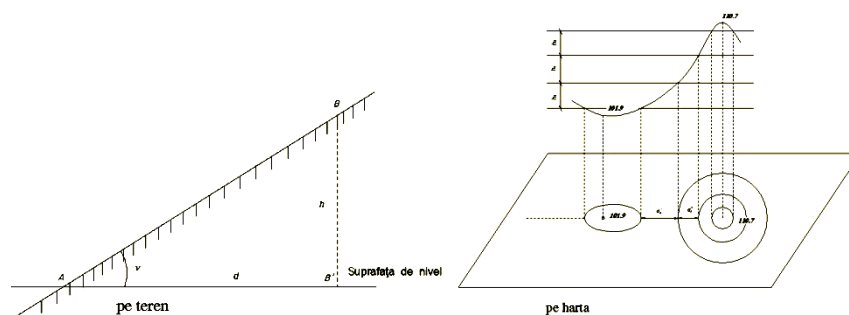


Fig. 20. Caracteristicile pantei versantului

**Panta** liniei terenului se numește raportul dintre diferența de nivel și distanța redusă la orizont:

$$i = h / d = \operatorname{tg} \gamma \quad (4.8)$$

Nu are unități de măsură, dar poate fi exprimată în procente % (sutimi) sau în ‰ promile (miimi).

## 5) Reprezentarea reliefului

### a) Metoda curbelor de nivel

**Curba de nivel** - proiecția în plan orizontal a liniei care unește punctele de pe suprafața topografică, ce au aceeași cotă. Ideea despre curba de nivel poate fi înțeleasă, dacă ne închipuim terenul inundat până la o înălțime oarecare. Linia de țărm în acest caz va fi o curbă de nivel. Variind nivelul apei, vom căpăta curbe de nivel cu diferite altitudini.

Pentru reprezentarea reliefului prin curbele de nivel, în dependență de scara hărții se alege o echidistanță a curbelor,  $E$ , care reprezintă constanta dintre suprafețele plane și orizontale de secționare a reliefului.

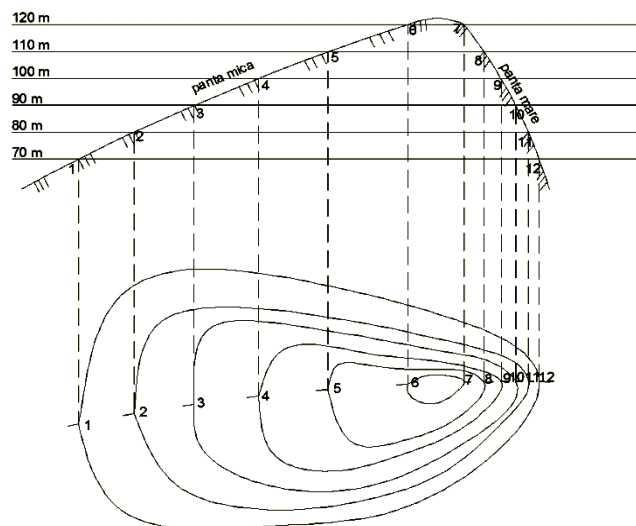


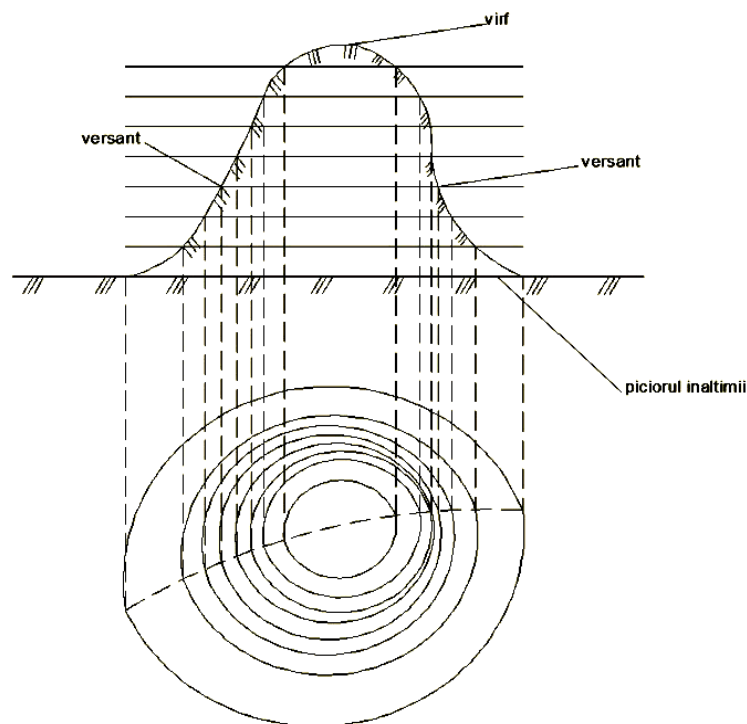
Fig. 21. Reprezentarea reliefului prin curbe de nivel

## b) Tipuri de relief

*Formele principale ale reliefului:*

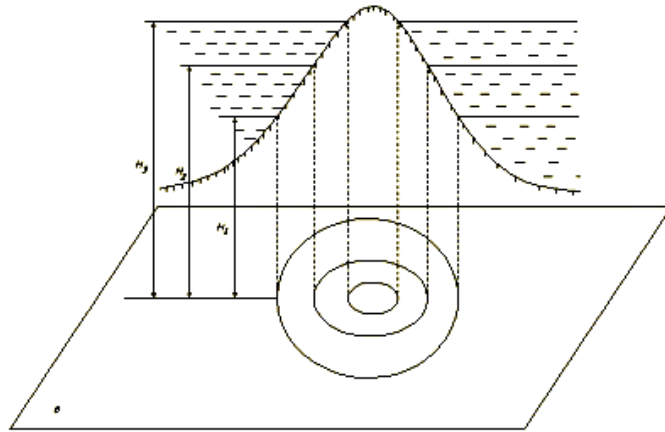
1. Înălțimile cuprind următoarele forme:

- *Mamelonul* - ridicătură a scoarței Pământului cu o înălțime relativ mică 50 - 150 m. Mameloanele mai mici poartă numele de movile
- *Colinele* - sînt o serie de ridicături ce urmează într-o succesiune continuă.
- *Crupa* - este partea terminală a unei coline.
- *Munții* - înălțimile cele mai importante și au cel puțin 200 m.



**Fig. 22.** Tip de relief – înălțimi

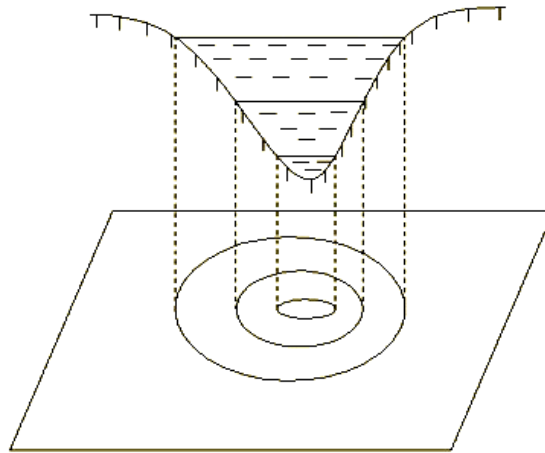
## 1. Munte



**Fig. 23.** Tip de relief -munte

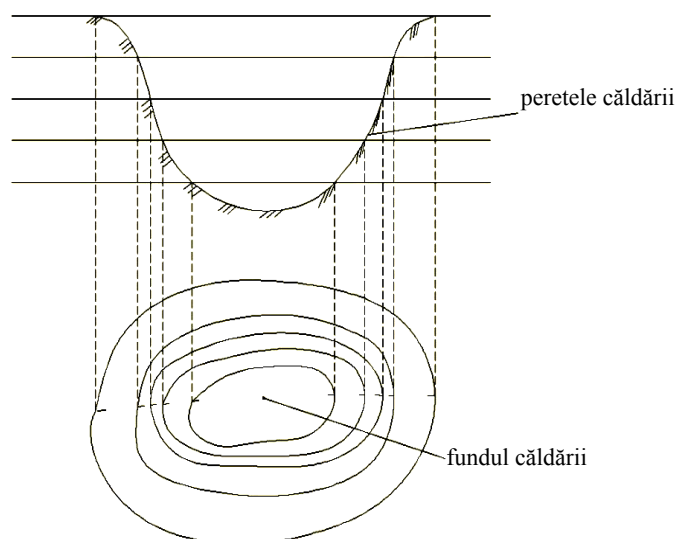
## 2. Adînciturile cuprind următoarele forme:

### a) Depresiune



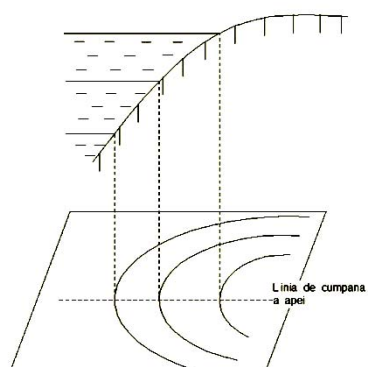
**Fig. 24.** Tip de relief –depresiune

b) Căldarea sau pîlnia



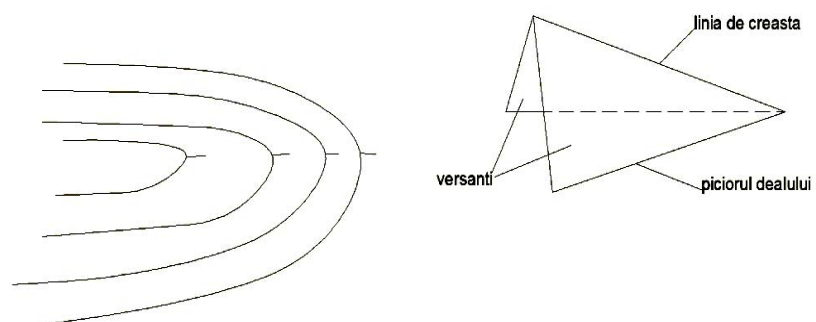
**Fig. 25.** Tip de relief - căldare sau pîlnie

3. Deal (varianta a)



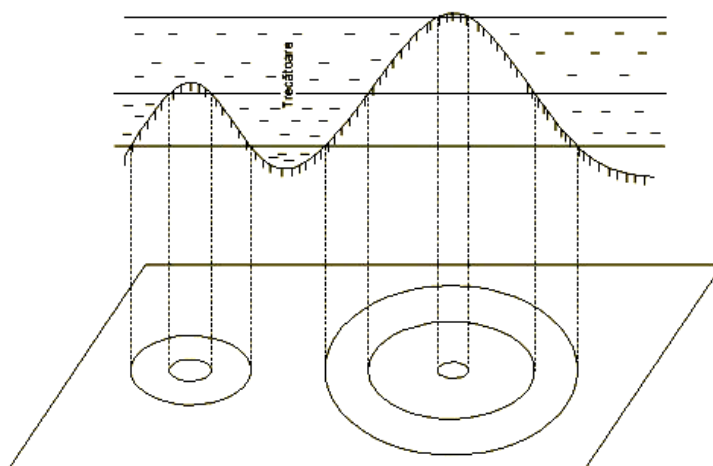
**Fig. 26.** Tip de relief – deal (varianta a)

### Deal (varianta b)



**Fig. 27.** Tip de relief – deal (varianta b)

### 4. Șea



**Fig. 28.** Tip de relief - șea

## 5. Vale

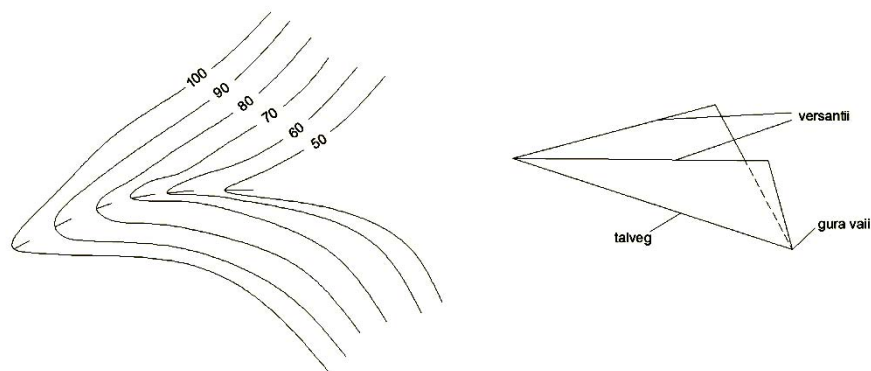


Fig. 29. Tip de relief - vale

### 6) Determinarea suprafețelor pe planuri și hărți

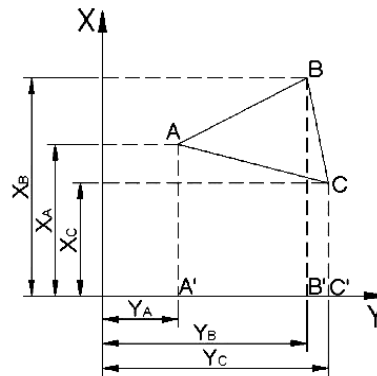
Prin determinarea suprafeței se subînțelege totalitatea operațiilor de măsurare și calcul, ca rezultat al cărora se determină suprafața sectorului, exprimată în unități de suprafață a pământului (metri pătrați, hectare, ș.a.). Sînt cunoscute o mulțime de metode de determinare a suprafețelor.

**Tabelul 2. Echidistanța curbelor de nivel pentru hărțile de diferite scări**

| Caracterul terenului | Echidistanța curbelor de nivel, m |        |         |         | Unghiul de înclinație maxim, grad |
|----------------------|-----------------------------------|--------|---------|---------|-----------------------------------|
|                      | 1:2000                            | 1:5000 | 1:10000 | 1:23000 |                                   |
| Șes, cîmpie          | 0,5                               | 0,5    | 1       | 2,5     | 4                                 |
| Teren accidentat     | 1                                 | 1-2    | 2       | 5       | 10                                |
| Teren muntos         | 2                                 | 5      | 5       | 10      | 30                                |

a) *Metoda grafică* - lotul de pe plan este împărțit în figuri geometrice simple (triunghiuri, patrulatere) și cu precizia grafică a scării se determină elementele lor. Suprafața lotului este egală cu suma suprafeței figurilor, din care el este alcătuit.

b) *Metoda analitică* - se folosește în cazul când sectorul este mărginit de o linie frîntă, iar coordonatele rectangulare ale vîrfurilor sînt cunoscute cu o precizie înaltă.



**Fig. 30.** Schema determinării ariei prin metoda analitică

Principiul de determinare a ariei sectorului constă în următoarele: vîrfurile sectorului sînt proiectate pe axele  $X$  și  $Y$ , ca rezultat se formează un șir de trapeze, bazele cărora sînt coordonatele  $x_i$  ale vîrfurilor sectorului, iar înălțimile - creșterea coordonatelor  $\Delta y_i$ . Calculînd suprafața trapezelor, se poate determina suprafața sectorului, care este partea lor componentă. Să examinăm procesul de determinare a suprafeței sectorului, dată de triunghiul  $ABC$ , coordonatele vîrfurilor căruia corespunzător sînt egale cu  $X_A, Y_A, X_B, Y_B, X_C, Y_C$ . Suprafața trapezelor  $A'ABB', B'BCC'$  și  $A'ACC'$  corespunzător este egală cu:

$$S_1 = \frac{(X_A + X_B)(Y_B - Y_A)}{2} \quad (4.9)$$

$$S_2 = \frac{(X_B + X_C)(Y_C - Y_B)}{2} \quad (4.10)$$

$$S_3 = \frac{(X_A + X_C)(Y_C - Y_A)}{2} \quad (4.11)$$

Aria triunghiului poate fi calculată ca:

$$S=S_1+S_2-S_3, \quad (4.12)$$

adică:

$$S = \frac{(X_A + X_B)(Y_B - Y_A)}{2} - \frac{(X_B + X_C)(Y_C - Y_B)}{2} - \frac{(X_A + X_C)(Y_C - Y_A)}{2} \quad (4.13)$$

Efectuînd unele transformări, căpătăm:

$$S = \frac{X_A(Y_B - Y_C) + X_B(Y_C - Y_A) + X_C(Y_A - Y_B)}{2} \quad (4.14)$$

sau:

$$S = \frac{Y_A(X_C - X_B) + Y_B(X_A - X_C) + Y_C(X_B - X_A)}{2} \quad (4.15)$$

Dacă vom numerota vîrfurile sectorului în sensul mişcării acelor de ceasornic, atunci formula pentru determinarea suprafeţei poate fi prezentată în forma generală:

$$S = \frac{\sum X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1})}{2}; \quad S = \frac{\sum Y_i(X_{i+1} - X_{i-1})}{2} \quad (4.16)$$

unde  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ .

c) *Metoda cîntăririi* - este aplicată cînd în laborator există balanţă analitică. Sectorul imaginat pe hartă (plan) este copiat pe o foaie de hîrtie cu densitatea omogenă, iar după aceasta pe contur ea este tăiată. Din aceeaşi foaie se taie un dreptunghi ce corespunde unităţii de suprafaţă a pămîntului. Se cîntăresc ambele figuri şi se calculează aria sectorului după formula:

$$S = (PS_0) / P_0, \quad (4.17)$$

unde  $P$  - greutatea sectorului,  $S_0$  și  $P_0$  - respectiv aria și greutatea dreptunghiului.

d) *Metoda mecanică* se bazează pe măsurarea suprafețelor cu un dispozitiv special, numit **planimetru**. Mai des sînt folosite planimetrele polare.

O precizie mai mare de determinare a suprafeței o are metoda analitică - 1/1000, precizia metodei mecanice - 1/300, grafice și prin cîntărire - 1/100.

## 5. Teoria erorilor de măsurări în topografie

### 5.1. Noțiuni de bază ale teoriei erorilor de măsurări

**Aleatorii** se numesc evenimentele rezultatul cărora depinde de o împrejurare, viitoare și nesigură, întîmplătoare. De exemplu, apariția feței cu cifra trei la aruncarea zarului (evenimentul  $A$ ). Pînă la efectuarea probei e imposibil a determina precis, dacă va avea loc sau nu evenimentul  $A$ .

Evenimentul aleatoriu întotdeauna este legat de probabilitate. Prin **probabilitate**  $p$  se înțelege gradul de veridicitate a apariției evenimentului aleatoriu. În schema cazurilor probabilitatea se determină ca raportul numărului cazurilor favorabile  $m$  la numărul total de cazuri  $n$ :

$$p = m/n. \quad (5.1)$$

Să examinăm unele proprietăți ale probabilităților:

a) Evenimentele se numesc **autentice**, dacă ele ca rezultat al probei numaidecît vor avea loc. De exemplu, apariția unei fețe (1, 2, 3, 4, 5 sau 6) la aruncarea zarurilor. Probabilitatea elementului autentic

$$p = 6 / 6 = 1. \quad (5.2)$$

b) Evenimentul se numește **imposibil**, dacă ca rezultat al probei el nu va avea loc. De exemplu, apariția cifrei 8 (o asemenea față lipsește) la aruncarea zarurilor. Prin urmare, probabilitatea evenimentelor imposibile

$$p = 0 / 6 = 0. \quad (5.3)$$

## 5.2. Măsurări directe și indirecte. Eroarea măsurării

Pentru aprecierea cantitativă a obiectului se alege o unitate de măsură specială și prin comparare se determină numărul de unități care pot fi cuprinse în mărimea determinată. Procesul acestei comparări se numește **măsurare**. Rezultatele măsurării dau posibilitate a compara câteva mărimi, determinând nu numai care mărime este mai mare, dar și cu cât sau de câte ori este mai mare, adică se obține caracteristica calitativă completă a obiectului.

La măsurarea distanțelor în calitate de unitate de măsură este folosit metrul și derivatele lui - kilometrul, decimetrul, centimetrul și milimetrul. Pentru măsurarea unghiurilor sînt folosite gradul, gradul centezimal și radianul.

**Măsurare directă** se numește comparația directă a unității de măsură cu obiectul determinat. Uneori măsurările directe sînt foarte complicate sau imposibile. Atunci aplicăm alt tip de măsurare.

**Măsurare indirectă** se numește cazul cînd se măsoară o mărime, dar se determină altă mărime ca valoare a funcției rezultatelor măsurării.

Asupra procesului măsurării acționează un șir de factori, influența cărora conduce la apariția unor erori. Prin **eroarea măsurării**,  $\Delta$ , se înțelege diferența dintre rezultatul măsurării  $l$  și valoarea adevărată  $X$  a mărimii măsurate, prin urmare:

$$\Delta = l - X. \quad (5.4)$$

## 5.3. Clasificarea erorilor

După caracterul influenței asupra rezultatelor măsurării se deosebesc următoarele feluri de erori.

### a) Erorile grosolane

E vorba, de regulă, de erorile de calcul la măsurare. De exemplu, la măsurarea lungimii segmentului în loc de  $7\text{ m } 95\text{ cm}$  s-a citit lectura  $8\text{ m } 95\text{ cm}$ . Pentru a observa și a remedia greșeala, mărimea se măsoară de 2 ori și, dacă e posibil, prin diferite metode.

b) *Erorile sistematice*

**Sistematice** se numesc erorile, care în rezultatele măsurărilor intră conform unei dependențe matematice determinate.

*Exemplul 1.* Distanța a fost măsurată cu rigla de un metru. Rigla a încăput pe segmentul ce urmează a fi măsurat de 3 ori. Rezultatul măsurării este egal cu

$$l = n l_n = 3 \cdot 1,000 = 3,000 \text{ m},$$

unde  $n$  - numărul de câte ori rigla a încăput pe segmentul măsurat;  
 $l_n$  - lungimea nominală a riglei.

Să presupunem că în momentul măsurării lungimea riglei era nu 1,000 m, ci  $l_r = 0,999 \text{ m}$ . Atunci lungimea adevărată a segmentului va fi egală

$$X = 3 \cdot 0,999 = 2,997 \text{ m}$$

În acest caz eroarea sistematică  $\lambda_l$  este egală:

$$\lambda_l = l - X = 3,000 - 2,997 = 0,003 \text{ m} = 3 \text{ mm}$$

Dacă diferența lungimii dispozitivului de măsurat (rigla) o vom nota prin  $\Delta l = l_n - l_r$ , atunci în cazul general eroarea sistematică poate fi determinată după formula:

$$\lambda_l = \Delta l_n. \quad (5.5)$$

Deoarece erorile de felul acesta intră în rezultatele măsurărilor ca o mărime constantă, ele se numesc **constante**. De exemplu, la o depunere a riglei eroarea va fi de 1 mm, iar pentru două depuneri - 2 mm.

*Exemplul 2.* La măsurarea unghiului orizontal ABC centrul  $O$  al raportului a fost așezat nu în vârful unghiului  $B$ , dar în punctul  $B'$ . Din această cauză în loc de lectura adevărată  $X$  s-a citit lectura  $l$ . Eroarea este condiționată de influența mărimii abaterii  $BB'$  și unghiul  $\beta$  va fi  $\lambda_2 = l - X$ . Din triunghiul dreptunghic  $OKB$   $\lambda_2 = BB' \sin \beta$ .

Această eroare sistematică se schimbă după *legea periodică*.

*Exemplul 3.* Pentru întocmirea planului terenului în locul distanței reduse la orizont  $d$  a fost măsurată lungimea liniei înclinată  $D$ . În acest caz se comite o eroare sistematică:

$$\lambda_3 = D - d \quad (5.6)$$

Din triunghiul dreptunghic  $ABB'$  avem:

$$h^2 = D^2 - d^2 = (D - d)(D + d) \quad (5.7)$$

sau 
$$D - d = \lambda_3 = h^2 / (D + d) \quad (5.8)$$

Deoarece diferența dintre  $D$  și  $d$  este o mărime mică, atunci  $D \approx d$

și 
$$\lambda_3 = h^2 / 2D . \quad (5.9)$$

Independent de semnul diferenței de nivel  $h$  eroarea sistematică totdeauna va fi un număr pozitiv. Astfel de erori sistematice se numesc ***unilaterale***.

Pentru mișcarea influenței erorilor sistematice sînt folosite următoarele metode:

1) *Introducerea în rezultatele măsurărilor a corecțiilor*  $\delta$ , care sînt egale după mărime și opuse semnelor erorilor sistematice, adică  $\delta = -\lambda$

Atunci mărimea corectată  $l_c$  a rezultatelor măsurărilor va fi:

$$l_c = l + \delta = l - \lambda \quad (5.10)$$

Deoarece  $\lambda = l - x$ , atunci

$$l_c = l - (l - x) = X \quad (5.11)$$

ceea ce ne mărturisește despre lipsa în  $l_c$  a erorilor sistematice. Însă satisfacția precisă a condiției  $\delta = -\lambda$  este imposibilă. Din această cauză  $l_c \approx X$  și ne vorbește despre slăbirea influenței erorilor sistematice, dar nu despre excluderea lor.

2) *Alegerea metodei de măsurare*, pentru care erorile vor intra în rezultatele măsurărilor cu semne opuse, adică

$$l_1 = X + \lambda_1, l_2 = X - \lambda_2, \quad (5.12)$$

dacă  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$ , atunci media aritmetică nu este influențată de erorile sistematice:

$$l_m = \frac{l_1 + l_2}{2} = \frac{X + \lambda + X - \lambda}{2} = X \quad (5.13)$$

Ca și mai înainte, nu se poate obține excluderea totală a erorilor, deoarece satisfacerea egalității  $\lambda_1 = \lambda_2$  practic este imposibilă.

3) *Limitarea condițiilor de măsurare*, pentru care erorile sistematice după valoarea absolută nu depășesc o mărime mică determinată.

La organizarea justă a măsurărilor geodezice suma erorilor sistematice aproximativ trebuie să fie egală cu zero. În unele cazuri această condiție este întrebuințată pentru determinarea valorii sumare a erorilor sistematice și excluderea influenței lor din rezultatele măsurărilor.

#### c) *Erorile aleatorii (întîmplătoare)*

**Aleatorii** se numesc erorile, mărimea și semnul cărora nu se poate de presupus precis pînă la măsurare.

La prima vedere erorile aleatorii par a fi lipsite de un oarecare sistem, dar ele totuși posedă unele proprietăți determinate, care se manifestă pentru un număr mare de probe. Legitățile de acest fel sînt numite **statistice**.

Erorile aleatorii posedă un șir de proprietăți:

1. *În condițiile măsurărilor date, erorile aleatorii după valoarea absolută nu depășesc o limită determinată:*

$$|\eta| \leq \Delta_{\text{lim}}$$

Mărima  $\Delta_{\text{lim}}$  se numește **eroare-limită**. În practica lucrărilor de construcție în calitate de eroare-limită este acceptată mărimea triplă a erorii medii pătratice  $\Delta_{\text{lim}} = 3m$ . Această condiție de obicei este satisfăcută cu probabilitatea  $p = 0,9973$ .

2. *Erorile aleatorii pozitive și negative sînt la fel de posibile, adică probabilitatea apariției erorii pozitive este egală cu probabilitatea apariției erorii negative:*

$$p(\eta < 0) = p(\eta > 0)$$

3. *Erorile aleatorii cu valoarea absolută mică se întîlnesc mai des decît cele cu valoarea absolută mare*

$$\text{dacă } |\eta_1| < |\eta_2|, \text{ atunci } p(\eta_1) > p(\eta_2).$$

4. *Media aritmetică a erorilor aleatorii tinde către zero, cînd numărul de măsurări crește nemărginit. Dacă vom nota numărul măsurărilor prin  $n$ , iar media aritmetică - prin forma  $(\sum_{i=1}^n \eta) / n$ , atunci:*

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^n \eta}{n} \rightarrow 0$$

Să examinăm mai amănunțit această proprietate. Pentru aceasta în media aritmetică succesiv vom mări numărul măsurărilor  $n$ . La numărător în acest caz vor predomina erori mici după valoarea absolută. În afară de aceasta, aproximativ jumătate din componente vor fi pozitive, iar restul - negative. De aceea odată cu mărirea lui  $n$  numărătorul va crește, dar foarte încet. Numitorul însuși la mărirea succesivă a lui  $n$  va crește ca șir natural al numerelor, adică foarte repede. Dacă numărătorul crește foarte încet, iar numitorul repede, atunci limita acestui raport va tinde către zero. Această proprietate importantă a erorilor aleatorii se numește **proprietatea compensării**.

Pentru stabilirea influenței erorilor aleatorii, măsurarea unei mărimi se face de mai multe ori, iar ca rezultat final se obține media aritmetică, care este cu mult mai mică decît eroarea unei singure măsurări.

Trebuie menționat că eroarea măsurării este compusă din eroarea sistematică și cea aleatorie  $\Delta = \lambda + \eta$ . Pentru aceasta, măsurările geodezice trebuie să fie organizate în așa fel, ca rezultatul final, pe cât e posibil, să nu conțină erori sistematice.

d) *Aprecierea erorilor aleatorii*

Fie că au fost efectuate un șir de măsurări ale unei mărimi, păstrând aceleași condiții: un aparat, același operator, o metodă de măsurare unică, condiții exterioare practic neschimbate și lipsa erorilor sistematice.

Lipsesc motivele pentru a presupune că măsurările au fost efectuate cu precizii diferite. Vom numi aceste măsurări ca fiind de *aceeași precizie*, însă mărimea erorilor este diferită. Prin urmare, o valoare a erorii nu poate determina precizia. Apare întrebarea: cum să determinăm care măsurări sînt mai precise? E necesar să alegem un criteriu generalizat al erorilor și cu ajutorul lui să apreciem mărimea erorilor exprimate numeric. Comparînd aprecierile obținute sub formă de numere, se poate determina nu numai care serie este mai precisă, dar și cu cît sau de cîte ori este mai precisă.

În calitate de astfel de criteriu în topografie este folosită eroarea medie pătratică, care se determină după *formula lui Gauss*:

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}} \quad (5.14)$$

Formula poate fi folosită numai cînd este cunoscută mărimea adevărată. Pentru aprecierea erorilor în practică se folosește *formula lui Bessel*, obținută teoretic:

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2}{n-1}}, \quad (5.15)$$

unde  $V_i = l_i - X_0$  - abaterea de la media aritmetică.

#### 5.4. Media aritmetică

Să presupunem că avem un șir de măsurări cu precizie egală a unei mărimi  $l_1, l_2, \dots, l_n$ , iar în calitate de mărime finală este folosită media aritmetică:

$$X_0 = \left( \sum_{i=1}^n l_i \right) / n \quad (5.16)$$

Pentru a determina eroarea medie pătratică  $X_0$ , vom nota această mărime în modul următor:

$$X_0 = \frac{1}{n} l_1 + \frac{1}{n} l_2 + \dots + \frac{1}{n} l_n \quad (5.17)$$

$$m_{x_0}^2 = \frac{1}{n^2} m_1^2 + \frac{1}{n^2} m_2^2 + \dots + \frac{1}{n^2} m_n^2 = \frac{1}{n^2} (m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2). \quad (5.18)$$

Pentru șirul măsurărilor cu precizie egale  $m_1 = m_2 = \dots = m_n = m$ , atunci:

$$m_x^2 = M^2 = \frac{m^2}{n} \quad \text{sau} \quad m_x = M = \frac{m}{\sqrt{n}}. \quad (5.19)$$

Prin urmare, eroarea medie pătratică a mediei aritmetice este de  $\sqrt{n}$  ori mai mică decât eroarea unei măsurări.

Această proprietate este folosită pentru micșorarea influenței erorilor aleatorii ale măsurărilor.

## 6. Măsurarea unghiurilor

### 6.1. Măsurarea unghiurilor pe teren

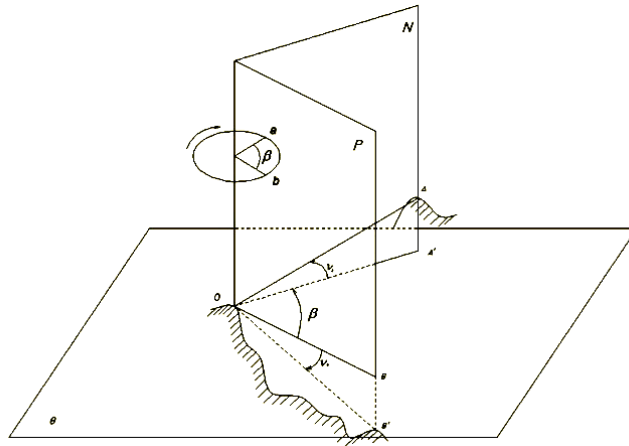


Fig. 31. Principiul măsurării unghiurilor pe teren

*Scopul:* determinarea poziției reciproce a punctelor în spațiu.

**Orizantal** se numește unghiul diedru cuprins între planurile verticale care trec prin laturile lui (fig.31). El se notează prin  $\beta$  și se măsoară după mersul acelor de ceasornic de la 0 până la 360°.

Pentru determinarea cotelor punctelor și a diferențelor de nivel dintre ele se măsoară unghiurile verticale sau de înclinație.

**Vertical** se numește unghiul cuprins între linia dată și proiecția ei pe planul orizontal (fig.31). Se măsoară de la proiecție spre latură, în limitele de la -90 până la +90°.

Dacă latura unghiului este amplasată mai sus decât proiecția, atunci unghiul este pozitiv, iar dacă mai jos - negativ.

Realizarea măsurării unghiurilor se face cu instrumentul numit **teodolit**.

## 6.2. Părțile principale ale teodolitului

### a. Luneta

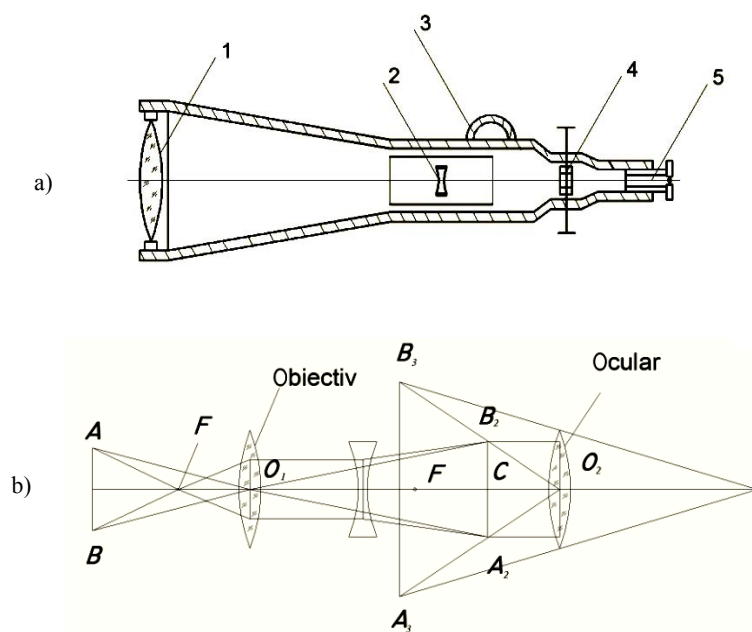


Fig. 32. a) structura lunetei; b) schema optică cu mișcarea razelor în lunetă

La aparatele geodezice moderne sînt folosite lunetele cu focalizare interioară (fig.32, a).

#### Structura lunetei:

1. Obiectiv;
2. Lentila plana concavă;
3. Cremelieră;
4. Firele reticulare;
5. Ocular.

Schema optică cu mișcarea razelor în această lunetă este arătată pe fig.32, b.

La efectuarea lucrărilor luneta de obicei este orientată spre obiectele care se află la o distanță foarte mare de la aparat. Din această cauză

obiectul AB totdeauna se află în afara distanței focale  $O_1F$  a obiectivului, iar imaginea  $A_2B_2$  a obiectului, obținută prin obiectiv, va fi reală, dar inversată. Pentru a mări această imagine, în lunetă este montat ocularul. El se instalează în așa fel, încît distanța  $cO_2$  să fie mai mică decît distanța focală  $O_2F_1$ . În acest caz imaginea  $A_3B_3$  va fi aparentă și mărită. Între obiectiv și ocular se instalează lentila plană concavă, care se deplasează în interiorul lunetei cu ajutorul cremalierii.

Schimbarea poziției acestei lentile duce la schimbarea poziției focarului obiectivului și din această cauză ea se numește **lentilă de focalizare**.

Luneta are doua axe: de vizare și optică. Dreapta, care unește centrul optic al obiectivului cu centrul firelor reticulare, se numește *axa de vizare a lunetei*. Dreapta, care unește centrul optic al obiectivului și ocularului, se numește *axa optică a lunetei*.

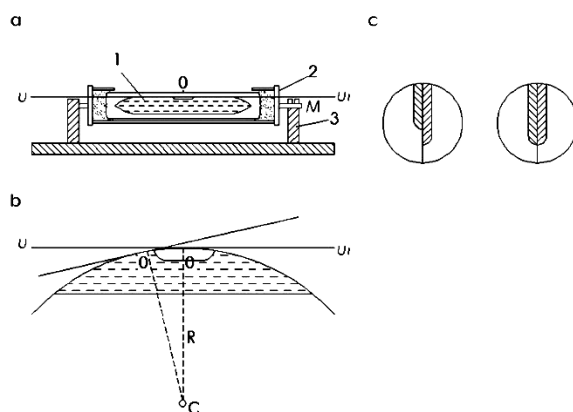
**Instalarea lunetei pentru efectuarea observațiilor.** Înainte de a orienta luneta spre obiect ocularul trebuie să fie instalat “la ochi”, iar imaginea obiectului să coincidă cu planul firelor reticulare. Focalizarea se efectuează prin deplasarea lentilei de focalizare a lunetei cu ajutorul cremalierii; astfel încît imaginea obiectului să fie clară și să coincidă cu planul firelor reticulare.

#### *b. Nivelele*

Deosebim două tipuri de nivele: torice (cilindrice) și sferice.

**Nivelele torice** prezintă o fiolă de sticlă cu suprafața interioară șlefuită după un arc cu raza determinată. În dependență de destinația nivelei, raza curbării variază de la 3,5 pînă 200 m. Fiola de sticlă este umplută cu spirt sau eter, încălzit pînă la  $+60^{\circ}\text{C}$ , și lipită. După răcire lichidul se comprimă, iar în interiorul fiolei se formează un mic spațiu, umplut cu vapori de spirt sau eter, care se numește bula de aer a nivelei. Fiola este amplasată în montura metalică 2. Nivela este echipată cu șuruburile de corecție 3, folosite pentru reglare. Pe suprafața exterioară a fiolei sînt trasate linii cu intervalul de 2 mm. Punctul  $O$  din mijlocul fiolei se numește *reperul (punctul) zero al nivelei*. Dreapta  $uu_1$ , care este

tangentă la suprafața interioară a nivelei în punctul zero al ei, se numește *axa nivelei*.



**Fig. 33.** Nivela cilindrică. a) structura; b) valoarea diviziunii; c) imaginea nivelei precise cu coincidența

Cînd bula de aer este amplasată simetric față de punctul zero, atunci axa nivelei ocupă poziția orizontală.

Nivelele se deosebesc în dependență de valoarea diviziunii, sensibilitate și construcție.

*Valoare a diviziunii lunetei  $\sigma$*  (fig.33, b) este numit unghiul, cu cît se va înclina axa nivelei, dacă bula de aer se va abate cu o diviziune, adică:

$$\tau = l\rho / R. \quad (5.20)$$

Valoarea diviziunii liniare  $l$  a nivelei date este constantă, de aceea valoarea unghiulară a diviziunii depinde de raza de curbură  $R$  a suprafeței interioare. Cu cît raza va fi mai mare, cu atît valoarea diviziunii nivelei va fi mai mică, iar sensibilitatea ei va fi mai mare.

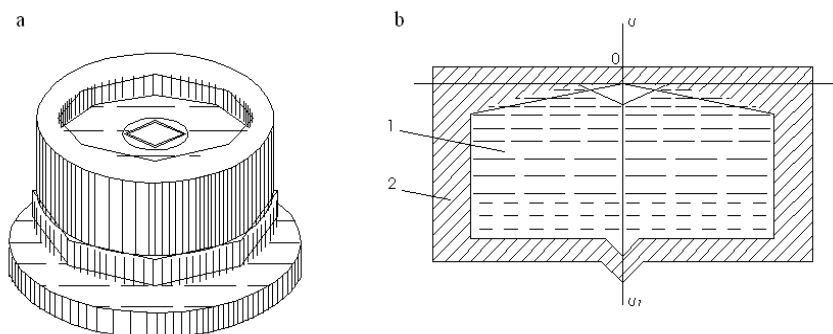
**Sensibilitatea  $\eta$  a nivelei** reprezintă deplasarea liniară a bulei de aer, care corespunde unei unități a unghiului de înclinație a axei nivelei, adică:

$$\eta = c \frac{di}{dl}, \quad (5.21)$$

unde  $di$  – schimbarea unghiului de înclinație  $i$  a axei nivelei;  
 $dl$  – deplasarea bulei de aer, care corespunde lui  $di$ ;  
 $c$  – coeficientul de proporționalitate, care depinde de unitățile de măsură alese.

Sensibilitatea nivelei trebuie să corespundă preciziei aparatului. Valoarea unghiulară a diviziunii nivelelor, utilizate la teodolitele tehnice, variază în limitele 45-60''.

Pentru instalarea mai precisă a bulei de aer în punctul zero și ridicarea comodității de lucru sînt utilizate nivelele cu coincidență (fig.33, c). Cînd bula de aer se deplasează spre punctul zero, atunci imaginile capetelor ei se deplasează una spre alta. Cînd bula de aer se află în punctul zero, imaginile capetelor ei coincid.



**Fig. 34.** Sistemul optic al teodolitelor:  
a) schema optică; b) câmpul vizual: 1 - al microscopului cu reper,  
2- al microscopului cu scară, 3- al microscopului optic

**Nivela sferică** (fig.34, b) prezintă o capsulă de sticlă cu suprafața interioară șlefuită în formă de sferă cu raza determinată. Capsula este amplasată într-o montură de metal. În calitate de punct zero este luat centrul cercului gradat al capsulei nivelei sferice. Axa nivelei sferice este normala  $uu_1$ , care trece prin punctul zero  $O$  perpendicular pe planul tangent suprafeței interioare al ei.

Nivela sferică, de regulă, are o sensibilitate mică (valoarea diviziunii este aproximativ de 3-5'), fiind folosită pentru cazurile care nu necesită o precizie mare, precum și pentru instalarea prealabilă a aparatului.

#### c. Dispozitivele de lectură

Dispozitivele de lectură servesc pentru aprecierea părților diviziunii limbului. În calitate de dispozitive de lectură sînt folosite microscopapele cu scară și reper, microscopapele-micrometre și micrometrele optice.

Limburile teodolitelor moderne sînt transparente, fapt ce oferă posibilitatea de a folosi dispozitivele de lectură optică.

Cîmpul vizual al *microscopului cu reper*, are imaginea gradației limbului cu valoarea diviziunii de  $10'$ . Apreciind a zecea parte a diviziunii limbului din ochi, se poate efectua lectura după reperul microscopului cu precizia de pînă la  $1'$ .

O precizie mai mare a lecturii se obține cu ajutorul *microscopului cu scară*. Lungimea scării, încrustată pe sticlă, este egală cu o diviziune a limbului. Scara este divizată în 60 de părți, prin urmare, valoarea unei diviziuni este egală cu  $1'$ ; apreciind din ochi părțile a zecea ale diviziunii scării, se poate citi lectura cu precizia de  $0,1'$ .

Teodolitele de precizie înaltă, în calitate de dispozitiv de lectură, sînt înzestrate cu *micrometre optice* cu pene mobile. În cîmpul vizual e văzută imaginea a două repere diametral opuse ale limbului cu valoarea diviziunii de  $1''$ . Apreciind zecimile diviziunii discului din ochi, se poate efectua lectura cu precizia de  $0,1''$ . Scara discului este împărțită în  $10'$ , aceasta corespunde unei jumătăți din diviziunea limbului.

#### d. Dispozitive de centrare

Instalarea centrului limbului teodolitului deasupra unghiului vîrfului care urmează a fi măsurat (centrarea) se efectuează cu ajutorul firului cu plumb sau a dispozitivului de centrare optic.

- *firul cu plumb* - cel mai simplu dispozitiv pentru centrare. El este alcătuit dintr-un fir flexibil, la capătul căruia este fixată o greutate. Firul este fixat de toarta șurubului-pompă, iar la centrare, prin deplasarea ambazei teodolitului pe platforma stativului, tinde să obțină coincidența capătului ascuțit al greutății cu vîrfurile unghiului  $O$ .

- *dispozitivul de centrare mecanic* se folosește pentru mărirea preciziei și excluderea influenței vîntului. El prezintă un tub telescopic cu nivelă cilindrică. Capătul de jos al tubului este ascuțit, iar cel de sus se unește cu șurubul-pompă al teodolitului. La centrare, capătul ascuțit al tubului coincide cu vîrfurile  $O$  al unghiului, iar ambaza împreună cu șurubul-pompă se deplasează pe platforma stativului pînă cînd bula cu aer a nivelei sferice nu se va stabili în punctul zero.

- *dispozitivul de centrare optic* se fabrică ca o parte componentă a teodolitului, montată în alidada cercului orizontal. El este format dintr-un ocular, o placă transparentă, pe care sînt încrustate firele reticulare, lentila de focalizare cu cremaliera, obiectivul și prisma, care întoarce raza de lumină cu 90° și o îndreaptă în jos. La centrare alidada teodolitului cu ajutorul nivelei torice este adusă în poziție orizontală.

### 6.3. Clasificarea teodolitelor

Teodolitele se deosebesc după precizia măsurării unghiurilor:

- T1 – de precizie înaltă,
- T2, T5 – precise,
- T15, T30 – tehnice,
- T60 – didactice.

După destinație se deosebesc teodolitele pentru mine, de proiectare, cu cod, speciale și teodolit-tahimetru.

**Teodolit-tahimetru** - teodolitul, care are cerc vertical, dispozitiv pentru măsurarea distanțelor (stadimetru), rotirea comună a limbului și alidadei cu șurub pentru fixarea declinatorului magnetic.

**Tabelul 3. Caracteristicile tehnice ale teodolitelor**

| Parametrii                                                                   | Felul teodolitului |     |     |     |     |     |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                                                              | T1                 | T2  | T5  | T15 | T30 | T60 |
| Eroarea medie pătratică de măsurare a unghiurilor dintr-o repriză (secunde): |                    |     |     |     |     |     |
| pe cercul orizontal                                                          | 1                  | 2   | 5   | 15  | 30  | 60  |
| pe cercul vertical                                                           | 1,5                | 3   | 12  | 25  | 45  | -   |
| Puterea de mărire a lunetei, multiplu                                        | 30-40              | 25  | 25  | 25  | 18  | 15  |
| Coefficientul stadimetrului                                                  | -                  | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Masa în kg a teodolitului:                                                   |                    |     |     |     |     |     |
| fără ambalaj                                                                 | 11                 | 5   | 4,5 | 3,5 | 2,5 | 2   |
| cu ambalaj                                                                   | 16                 | 9   | 8,5 | 6,6 | 3,5 | 3,5 |

Deosebim următoarele feluri de teodolite:

- *Teodolitul de precizie înaltă T1* este destinat pentru măsurarea unghiurilor în condițiile dezvoltării rețelelor geodezice de stat, construirii rețelelor geodezice speciale, utilizate ca bază pentru lucrările de trasare precise și studierea deformațiilor structurilor construcțiilor, precum și pentru montarea și instalarea utilajului (asigurarea lucrărilor cu date geodezice unghiulare).

- *Teodolitele precise T2, T5* sînt destinate pentru măsurarea unghiurilor orizontale și verticale la întocmirea rețelelor de triangulație și poligonometrice de ordinul 3 și 4, precum și pentru rețelele analitice de rangul 1 și 2: ele pot fi utilizate de asemenea și la edificarea construcțiilor, studierea deformațiilor, montarea mașinilor și a utilajului uzinelor.

- *Teodolitele tehnice T15 și T30* sînt utilizate pentru trasarea drumurilor cu teodolitul și tahimetrul, efectuarea ridicărilor planimetrice și altimetrice în timpul recunoașterilor și lucrărilor de cercetare.

- *Teodolitul optic Theo 010* este utilizat pentru întocmirea rețelelor planimetrice speciale de o precizie înaltă, efectuarea lucrărilor de trasare pe șantierul de construcție, la instalarea utilajului cu o mare precizie și efectuarea observațiilor asupra deformațiilor construcțiilor.

- *Teodolitul modern*, la care cercurile sînt gravate pe sticlă, iar lecturile se fac centralizat pentru ambele cercuri, într-un singur microscop, fixat pe lunetă.

- *Teodolitul electronic* are cercurile digitale, valoarea indicației față de un reper de pe cercul gradat fiind afișată pe un ecran cu cristale lichide. Deosebim următoarele feluri: *Stonex STT5, Stonex STT2, FET 110, ș.a.*, care posedă display (lcd) pe ambele fețe ale aparatului, citire automată a unghiurilor; compensator cu interval de 3', sistem de iluminare a display-ului și a firelor reticulare pentru condiții de lumină scăzută. Construcțiile sînt protejate de apă, praf și vibrații.

- *Teodolitul digital cu centrare laser ET-5* este un teodolit robust de șantier cu afisaj numeric cu compensator vertical automat. Posedă optică de mare luminozitate cu putere de mărire de 30 ori, 2 ecrane mari cu cristale lichide foarte lizibile cu iluminare, 2 panouri de comandă, cerc orizontal cu funcție dreapta/stînga, sistem de introducere a originii în orice poziție a cercului orizontal, centrare optică cu putere de mărire de 3 ori.

O modificare a teodolitului T30 este **teodolitul 2T30**. El are următoarea structură:

- 1) Baza teodolitului
- 2) Șuruburile de calare
- 3) Limbul, care conține șurubul de blocare și șurub de mișcare lentă
- 4) Alidada, care conține șurubul de blocare și șurub de mișcare lentă
- 5) Luneta, care conține șurubul de blocare și șurub de mișcare lentă
- 6) Microscopul de lectură
- 7) Șurubul cremalierei
- 8) Nivelă torică
- 9) Vizorul optic
- 10) Cercul vertical
- 11) Declinatorul magnetic
- 12) Firul cu plumb.

Teodolitul se instalează pe trepid. Dispozitivul de lectură a teodolitului 2T30 este echipat cu un microscop cu scară, având valoarea unei diviziuni de 5', aceasta dă posibilitatea de a citi lecturile cu o aproximație de zecimi din diviziunea scării.

Citirea lecturilor se face în felul următor:

a. Lectura pe cercul orizontal:

$$112^{\circ}30' + 0,5 \times 5' = 112^{\circ}32,5'$$

b. Lectura pe cercul vertical

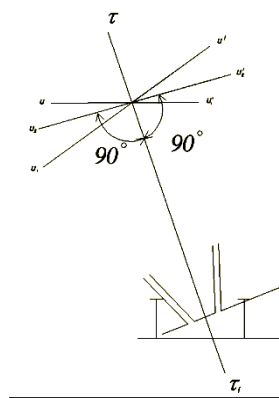
$$1^{\circ}45' + 0,6 \times 5' = 1^{\circ}48'$$

## 7. Verificarea și reglarea teodolitului

La fabricarea și asamblarea teodolitului poziția detaliilor și a părților aparatului se deosebește de schema ideală teoretică, aceasta ducând la apariția așa-numitelor erori instrumentale de măsurare a unghiurilor.

Condițiile geometrice principale, care trebuie să fie respectate la teodolit, constau în următoarele: axa de rotație a teodolitului trebuie să

fie verticală; planul limbului e necesar să fie orizontal; planul de vizare - vertical.

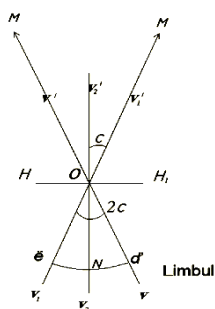


**Fig. 35.** Schema verificării nivelei

consideră a fi satisfăcută. În caz contrar bula de aer se deplasează spre punctul zero cu o jumătate din abaterea totală, folosind șuruburile de corecție ale nivelei.

A doua jumătate din abatere se corectează cu ajutorul șuruburilor de calare. Aceste operații se repetă pînă cînd abaterea bulei de aer a nivelei va fi mai mică decît o diviziune.

2) Axa de vizare a lunetei V-V trebuie să fie perpendiculară pe axa H-H de rotație orizontală (fig.36).



**Fig. 36.** Schema verificării axei de vizare

Pentru a respecta aceste condiții se efectuează următoarele verificări ale teodolitului.

1) Axa U-U a nivelei torice cercului orizontal trebuie să fie perpendiculară pe axa verticală I-I a aparatului (fig.35).

- Amplasăm alidada, în așa fel ca axa nivelei torice să fie paralelă cu două șuruburi de calare. Cu aceste două șuruburi de calare se aduce bula de aer în punctul zero;

- Citim lectura de pe limb;

- Alidada o întoarcem fix la  $180^\circ$ ;

- Dacă bula de aer a nivelei a rămas în punctul zero sau s-a abătut de la el nu mai mult decît cu o diviziune, atunci condiția se

Luneta se orientează spre un punct îndepărtat, care se află aproximativ la același nivel cu axa de rotație a lunetei;

- Citim lectura  $CD_1$ ;

- Luneta se întoarce peste zenit și se vizează în același punct;

- Citim lectura  $CS_1$ ;

- Schimbăm poziția cercului orizontal la  $180^\circ$  și citim lecturile  $CD_2$  și  $CS_2$ ;

- Calculăm eroarea de colimație:

$$C = \frac{(CS_1 - CD_1) \pm 180^\circ + (CS_2 - CD_2) \pm 180^\circ}{4} \quad (7.1)$$

Dacă mărimea C nu depășește precizia (pentru 2T30 de 30''), atunci condiția este satisfăcută.

Dacă depășește - atunci corecția se face în felul următor:

- Pe alidadă instalăm o lectură calculată după formulele:

$$CD = CD_2 + C \quad (7.2)$$

$$CS = CS_2 - C \quad (7.3)$$

- După instalarea lecturii centrul firelor reticulare se va abate de la punctul observat cu un unghi C.

- Cu șurubul de corecție, din nou se suprapune centrul firelor reticulare cu imaginea punctului observat. Pentru control verificarea se repetă folosind alte lecturi.

Rezultatele, obținute la determinarea erorii de colimație, se înscriu în tabel.

**Tabelul 4. Determinarea erorii de colimație**

| Punctul de observație    | Lecturile |         | Calculule                                                                                                                  |
|--------------------------|-----------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | CD        | CS      |                                                                                                                            |
| Pînă la rotirea limbului |           |         |                                                                                                                            |
| 1                        | 1°42'     | 181°44' | $C_1 = \frac{(181^\circ 44' - 1^\circ 42' - 180^\circ)}{4} + \frac{(1^\circ 43' - 181^\circ 41' + 180^\circ)}{4} = +1$     |
| 2                        | 34°11'    | 214°13' |                                                                                                                            |
| După rotirea limbului    |           |         |                                                                                                                            |
| 1                        | 181°41'   | 1°43'   | $C_2 = \frac{(214^\circ 13' - 34^\circ 11' - 180^\circ)}{4} + \frac{(34^\circ 13' - 214^\circ 12' + 180^\circ)}{4} = 0,75$ |
| 2                        | 214°12'   | 34°13'  |                                                                                                                            |

Deoarece ambele valori "C" nu depășesc 1', firele reticulare nu trebuie reglate.

3) Axa H-H de rotație a lunetei trebuie să fie perpendiculară pe axa I-I a de rotație a teodolitului.

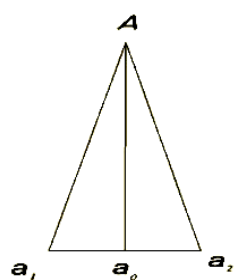


Fig. 37. Schema verificării axei orizontale

Teodolitul se instalează la distanța de 10-20 m de la un perete al clădirii și se aduce în poziția de lucru.

- Centrul firelor reticulare se orientează spre un punct, situat foarte sus;
- Luneta se rotește în jos pînă cînd poziția ei devine aproximativ orizontală și se notează cu creionul, pe perete, proiecția centrului firelor reticulare;
- Luneta se întoarce peste zenit și din nou se orientează spre același punct;

- În mod similar se obține proiecția a doua a punctului;
- Dacă ambele proiecții ale punctului coincid (se află în bisectoarele firelor reticulare) atunci condiția este satisfăcută.

4) Firul reticular A-A vertical trebuie să fie paralel cu axa I-I a teodolitului.

- Axa de rotație a teodolitului se aduce în poziție verticală și se orientează centrul firelor reticulare spre un punct, situat la distanța de 5-10 m de la teodolit, în care este suspendat un fir cu plumb;
- Dacă la ridicarea și coborîrea lunetei imaginea firului reticular va coincide cu imaginea firului cu plumb, atunci condiția este satisfăcută;
- În caz contrar trebuie scoasă diafragma de protecție a monturii firelor reticulare și stabilite șuruburile care cuplează ocularul cu tubul lunetei;
- Montura firelor reticulare se rotește la unghiul necesar.

## 8. Măsurarea unghiurilor orizontale și verticale

### 8.1. Măsurarea unghiurilor orizontale

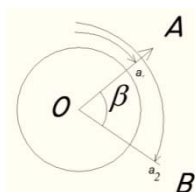


Fig. 38. Măsurarea unghiurilor orizontale prin metoda reprizelor

#### a) Metoda reprizelor

Prima semirepriză:

- Teodolitul se instalează deasupra vârfului unghiului;
- Greutatea firului cu plumb se poziționează deasupra țărșului, care arată vârful unghiului;
- Se aduce în poziția de lucru;
- Poziția cercului vertical din stînga CS;
- Fixăm limbul;
- Alidada se instalează la zero grade;
- Apoi deplasăm limbul, iar luneta se orientează spre punctul A (3) din stînga și se citește prima lectură  $0^{\circ}12,5'$ ;
- Se slăbește alidada și luneta se orientează spre punctul B (1) și citim a doua lectură  $61^{\circ}42,5'$ .

A doua semirepriză:

- Luneta se întoarcă peste zenit;
- Poziția cercului vertical din dreapta CD;
- Limbul se slăbește și se mișcă cu 1-2° și iar se blochează;
- Alidada se deschide și repetăm toate observațiile: a treia lectură este  $182^{\circ}28,5'$ , iar a patra lectură este  $243^{\circ}59,5'$ .

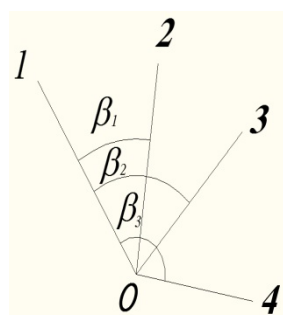
**Tabelul 5. Registrul de măsurare a unghiurilor orizontale prin metoda reprizelor**

| Nr sta-<br>ției | Nr.<br>punctului<br>de obser-<br>vație | Poziția<br>cercului<br>vertical | Lectura pe<br>cercul<br>orizontal | Unghiul<br>determinat<br>în<br>semirepriză | Valoarea<br>medie a<br>unghiului | Notă                               |
|-----------------|----------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 2               | 1                                      | CS                              | 61°42,5'                          | 61°30'                                     | 61°30,5'                         | Teodolitul<br>2T30<br><br>Nr. 1565 |
|                 | 3                                      |                                 | 0°12,5'                           |                                            |                                  |                                    |
| 2               | 1                                      | CD                              | 243°59,5'                         | 61°31'                                     |                                  |                                    |
|                 | 3                                      |                                 | 182°28,5'                         |                                            |                                  |                                    |

Măsurările se petrec cu precizia dublă a dispozitivului de citire  $30''$  pentru 2T30, atunci ca mărime finală a unghiului este acceptată media aritmetică.

La calcularea unghiurilor totdeauna trebuie scăzut din a doua lectură de la punctul din dreapta prima lectură a punctului din stînga. Dacă lectura punctului din dreapta este mai mică decît cea a punctului din stînga, atunci la prima lectură se adaugă  $360^{\circ}$ .

*b) Metoda reprizelor circulare*



**Fig. 39.** Măsurarea unghiurilor orizontale prin metoda reprizelor circulare

Prima semirepriză:

- Teodolitul se aduce în poziția de lucru;
- Pe limb se instalează lectura  $0^{\circ}00'$ ;
- Alidada se blochează;
- Luneta se vizează în punctul 1 și se citește lectura obținută;
- Limbul se blochează, alidada se deschide și se deplasează în sensul mișcării acelor de ceasornic, vizînd succesiv la punctele 2, 3 și 4 cînd cercul vertical este din dreapta CD;
- Semirepriza se termină cu orientarea din nou la punctul inițial 1.

A doua semirepriză (pentru CS):

- Luneta se întoarce peste zenit, se orientează spre punctul 1 și se citește lectura care se înregistrează în ultimul rând al tabelului;
- Observațiile la punctul 2, 3 și 4 se fac prin rotirea alidadei împotriva mișcării acelor de ceasornic, lecturile se scriu de jos în sus.

Mărimile unghiurilor principale se calculează după formula:

$$\beta_1 = a_2 - a_1; \quad \beta_2 = a_3 - a_1; \quad \beta_3 = a_4 - a_1; \quad (8.1)$$

Unghiurile intermediare se calculează în funcție de unghiurile de bază.

De exemplu: unghiul cuprins între direcția O1 și O2 va fi

$$\beta_{2-3} = \beta_2 - \beta_1. \quad (8.2)$$

## 8.2. Măsurarea unghiurilor verticale sau de înclinație

- Determinăm valoarea locului zero LO - lectura citită pe cercul vertical când axa de vizare a lunetei ocupă poziția orizontală;
- Teodolitul se aduce în poziția de lucru, luneta se vizează spre un punct și se citește lectura de pe cercul vertical în poziția CD;
- Luneta se întoarce peste zenit și se orientează spre același punct, din nou se citește lectura de pe cercul vertical CS.

Locul zero se află după formula:

$$LO = \left( \frac{CS + CD}{2} \right); \quad (8.3)$$

$$v = CS - LO \quad (8.4)$$

$$v = LO - CD \quad (8.5)$$

Locul zero trebuie sa fie constant, de aceea mărimea LO trebuie să fie determinată de câteva ori.

Valoarea LO pentru 2T30 nu trebuie să depășească 1,5', cel mai bine egală cu 0°.

Exemplu:  $CD = -3^{\circ}16'$ ,  $CS = +3^{\circ}17'$

$$LO = \frac{+3^{\circ}17' + (-3^{\circ}16')}{2} = +0^{\circ}0,5'$$

$$v = |3^{\circ}17' - 0^{\circ}0,5'| = |3^{\circ}16,5'|$$

### 8.3. Precizia măsurării unghiurilor orizontale

a) Eroarea de vizare depinde de puterea de mărire  $v$  a lunetei, iar eroarea medie pătratică  $m_v$  se calculează după formula :

$$m_v = \frac{60''}{v} \quad (8.6)$$

Pentru teodolitul 2T30, luneta puterea de mărire  $v = 18$  și

$$m_v = 60/18 \approx 3''$$

b) Eroarea de lectură

$$m_l = 0,03 t \quad (8.7)$$

depinde de valoarea diviziunii cercului gradat  $t$ . Pentru teodolitul 2T30  $t = 5''$ .

c) Eroarea pentru centrare depinde de eroarea  $m_e$  de instalare a teodolitului deasupra vârfului unghiului și lungimii  $d$  a laturii.

$$m_x = \left( \frac{\rho}{d} \right) m_e \quad (8.8)$$

unde  $\rho$  - numărul de secunde într-un radian,  $\rho = 206265$ .

Dacă la măsurarea unghiului laturilor, în cazul cel mai nefavorabil, sînt egale cu  $d = 75$  m, iar teodolitul a fost instalat deasupra punctului cu

eroarea medie pătratică de centrare avînd firul cu plumb  $m_e = 5mm$ , atunci:

$$m_e = \frac{206265}{75 \times 10^3} \times 5 \approx 14''.$$

d) *Eroarea de reducere*  $m_r$  este analogică cu eroarea de centrare. Pentru aceleași condiții  $m_r \approx m_x \approx 14''$ . Eroarea medie pătratică a determinării unei direcții a unghiului măsurat va fi:

$$m_a = \sqrt{m_v^2 + m_l^2 + m_x^2 + m_r^2} \quad (8.9)$$

Mărima  $m_a$  de obicei este indicată în cifra teodolitului.

În calitate de *eroare-limită*  $\Delta$  a măsurării unghiului într-o repriză poate fi acceptată eroarea medie pătratică triplă:

$$\Delta_\beta = 3m_\beta = 3m_a, \quad (8.10)$$

Pentru teodolitul 2T30 avem  $m_a = 0,5'$ .

Atunci  $\Delta_\beta = 3 \times 0,5 = 1,5'$ . Verificarea justetei măsurării unghiurilor orizontale se efectuează după mărimea diferenței valorii unghiurilor măsurate în semireprize:

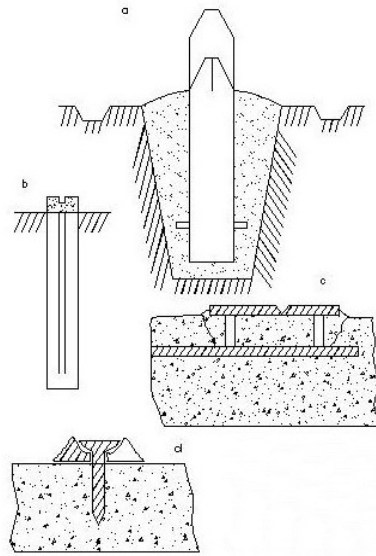
$$\delta = \beta_s - \beta_d. \quad (8.11)$$

În acest caz:

$$m_\delta = \sqrt{m_{\beta s}^2 + m_{\beta d}^2} = m_\beta \sqrt{2} = 2m_a. \quad (8.12)$$

## 9. Măsurarea distanțelor

### 9.1. Date generale



**Fig. 40.** Marcarea punctelor extremităților liniei cu ajutorul:  
a. bornei de lemn; b. bornei din beton monolit; c. punctului marcat pe o placă de metal; d. cuiului-diblu

a lucrărilor geodezice sînt utilizate semnele provizorii în formă de țaruș cu mortar.

Pentru fixarea punctelor pe o perioadă de timp mai mare sînt folosite bornele din lemn sau beton armat-monolit (fig.40; a;b).

Distanțele pot fi măsurate prin metode directe sau indirecte.

a) La măsurarea directă dispozitivul de măsurare (ruleta de măsurare, panglica de măsurat ș. a.) succesiv se așează pe aliniamentul segmentului măsurat.

b) La măsurarea distanțelor prin metoda indirectă se măsoară parametrii auxiliari (unghiurile, bazele, parametrii fizici ș.a.), iar lungimea segmentului se calculează după formula care oglindește dependența dintre mărimea măsurată și lungimea segmentului.

Precizia determinării distanțelor depinde de metoda măsurării, de dispozitivul utilizat, condițiile măsurării și variază de la 1:200 pînă la 1:1000 000 din distanța măsurată.

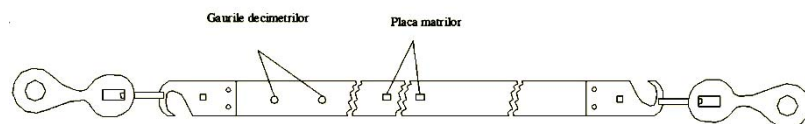
Pentru fixarea punctelor într-o perioadă relativ scurtă de efectuare

### 9.2. Instrumentele folosite pentru măsurarea distanțelor

#### a) Panglica de măsurat terenul

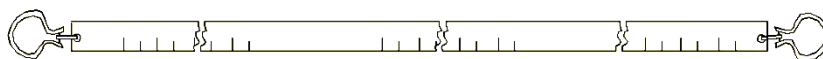
Sînt produse panglice de oțel cu lungimea de 20, 24, 50 m și se numesc LZ-20, LZ-24, LZ-50.

### 1. Panglică cu repere:



**Fig. 41.** Panglică cu repere

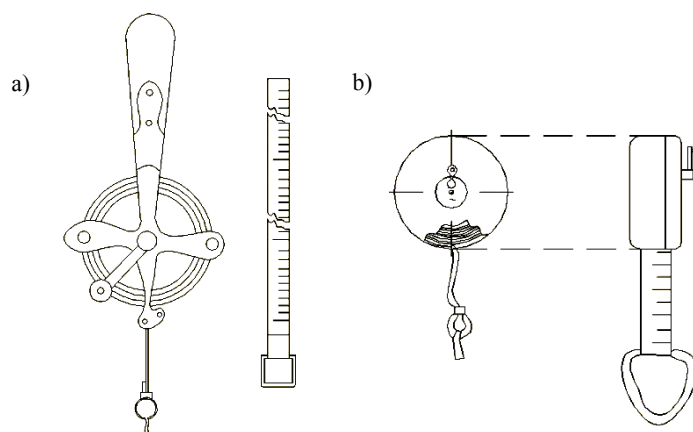
### 2. Panglică cu scară:



**Fig. 42.** Panglică cu scară

Pentru măsurarea liniilor cu o precizie înaltă sînt utilizate panglicile cu scară LZŞ-20, LZŞ-24 și LZŞ-50, avînd lungimea corespunzătoare de 20, 24 și 50m. La extremitățile acestor panglici sînt marcate diviziunile centimetrice și milimetrice.

### b) Ruleta



**Fig. 43.** a. Ruleta de metal pe carcasă; b. ruleta din pînză

Pentru măsurarea liniilor la șantierele de construcție și a dimensiunilor structurilor clădirii sînt utilizate de obicei ruletele de măsurare (fig.43). Ruletele sînt produse din metal OPC2-20 ANT/1, OPC2-30 ANT/1, OPC2-50 ANT/1 ș.a.

Denumirea ruletei OPC2-20 ANT/1 înseamnă că:

- O - corpul este deschis
- P - cu panglică de măsurat plană
- C - cu inel de strîngere
- 2 - clasa de precizie
- 20 m - lungimea nominală (standardă)
- A - mărimea îndepărtată de la marginea panglicii de măsurat
- N - decaparea liniilor
- T/1 - liniile sînt marcate cu intervalul de 1 cm.

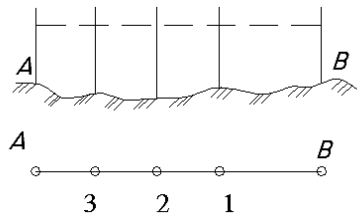
Sub acțiunea diferitor factori (timpul, temperatura, acțiunile mecanice ș.a.) lungimea dispozitivului de măsurare se schimbă. Din această cauză dispozitivele de măsurat trebuie *comparate*, adică se determină lungimea lor reală prin comparare cu etalonul.

### 9.3. Măsurarea lungimii liniilor cu dispozitivul de măsurare

Măsurarea liniilor se face în modul următor:

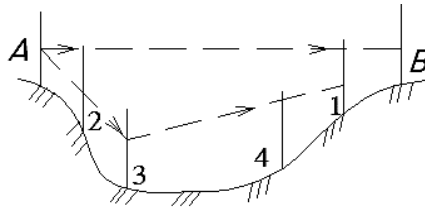
a) *Recunoașterea prealabilă a terenului.* În timpul recunoașterii, pe teren se marchează poziția liniilor care trebuie măsurate. E necesar ca liniile să fie amplasate în așa fel, ca condițiile de măsurare să fie cît mai favorabile.

b) *Jalonarea liniilor*, adică instalarea jaloanelor pe aliniamentul liniei. **Aliniament** numește linia de intersecție a planului vertical, care trece prin punctele capetelor liniei, cu suprafața terestră. Jalonarea începe cu instalarea jaloanelor, vopsite prin fișii de culoare roșie și albă, la capetele liniei. Dacă lungimea liniei este mai mare de 150 m, pe aliniamentul liniei trebuie instalate auxiliari jaloane care limitează abaterile de la aliniament în timpul măsurărilor. Pentru ca vizibilitatea să nu fie închisă, jalonarea se efectuează «spre sine» (fig.44), adică se începe de la punctul 1, pe urmă se instalează jalonul 2 ș.a.m.d.



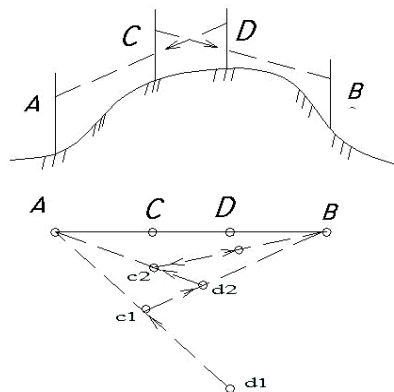
**Fig. 44.** Jalonarea aliniamentelor spre sine

La jalonarea liniilor care trec peste o râpă (fig.45), în prealabil se instalează jaloanele 1 și 2 pe marginea râpei, iar pe urmă jalonarea pe versanți și fundație.



**Fig. 45.** Jalonarea aliniamentelor peste o vale adâncă sau râpă

Jalonarea peste un deal (fig.46) se efectuează prin apropierea succesivă a punctelor C și D la aliniamentul liniei.



**Fig. 46.** Jalonarea aliniamentelor peste un deal

Pentru aceasta se alege punctul  $d_1$ , care este aproximativ pe aliniamentul liniei  $Ad_1$ , iar punctul  $d_2$  pe aliniamentul liniei  $c_1B$  ș.a.m.d. până la instalarea jaloanelor  $C$  și  $D$  pe aliniamentul liniei  $AB$ .

Măsurarea liniilor cu panglicile de măsurat se efectuează de doi oameni. Operatorul din urmă depune diviziunea zero a dispozitivului în punctul inițial și fixează panglica cu fișa. Operatorul dinainte ține panglica cu mâna întinsă în așa fel, ca să nu acopere vizibilitatea pe aliniamentul liniei. După comanda operatorului din urmă el depune panglica pe aliniament, o scutură, o întinde «de la mână» cu o forță egală circa cu 98  $H$ , iar prin inelul capătului panglicii înfige vertical fișa în sol. După aceasta panglica se scoate de pe fișe și se trage de-a lungul aliniamentului; în timpul acesta operatorul din urmă scoate fișa și o pune pe carcasă.

Ajungând la punctul dinainte, operatorul din urmă așază panglica în fișă, iar cel dinainte aliniază panglica la aliniament. Dacă toate fișele din completul operatorului dinainte au fost folosite, atunci operatorul din urmă îi transmite zece fișe operatorului dinainte. Transmiterea fișelor se înregistrează în carnetul de măsurări.

#### 9.4. Distanța redusă la orizont

Pentru a obține distanța redusă la orizont  $d$  (fig.47), în timpul măsurărilor se determină unghiul de înclinație  $\gamma$  a liniei sau diferența de nivel  $h$  dintre punctele capetelor liniilor.

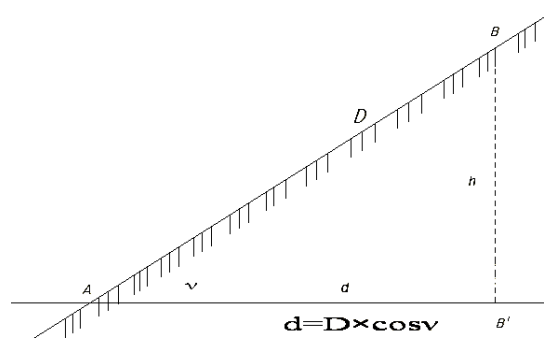


Fig. 47. Distanța redusă la orizont

## 9.5. Stadimetrul cu fire reticulare

Este un stadimetru cu unghi paralactic constant și bază variabilă. El este alcătuit din două fire reticulare orizontale, care sînt paralele cu firul nivelor al lunetei aparatului. În echipamentul stadimetrului intră mire verticale cu diviziuni centimetrice.

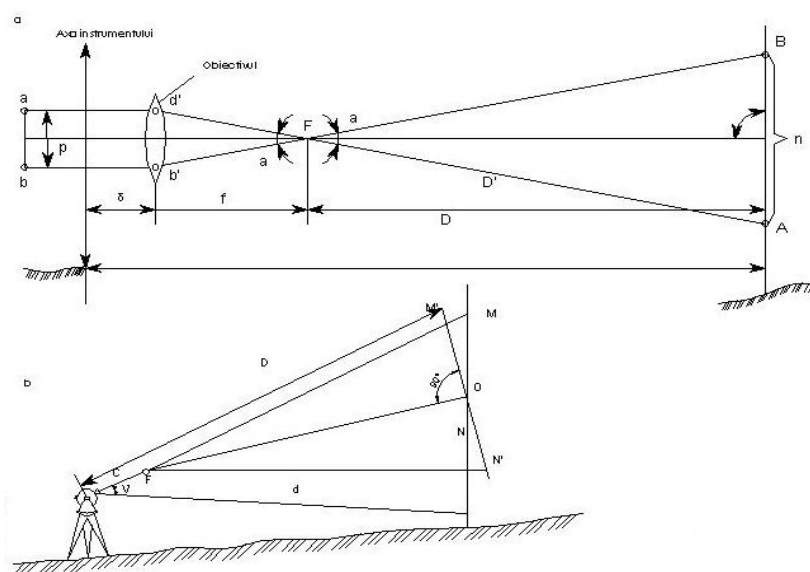
Pentru măsurarea distanțelor într-un capăt al segmentului se instalează aparatul, iar în al doilea - mira.

Fie că axa de vizare este orizontală. Raza de lumină de la firele reticulare, reprezentate pe figură prin punctele  $a$  și  $b$ , trecînd prin obiectiv și punctul focal dinainte  $F$ , va intersecta mira în punctele  $A$  și  $B$ . Din asemănarea triunghiurilor  $AFB$  și  $\alpha'Fb'$  vom obține

$$D'/n = f/p, \quad \text{de unde } D' = \left(\frac{f}{p}\right)n, \quad (9.1)$$

unde  $f$  - distanța focală a obiectivului;

$p$  - distanța dintre firele reticulare ale stadimetrului.



**Fig. 48.** Schema măsurării cu stadimetru cu fire reticulare:  
a) a distanțelor orizontale; b) a distanțelor înclinate

Raportul  $f/p=K$  pentru aparatul dat este constant și se numește **coeficientul stadimetrului**. Pe fig.(a), se vede că  $D = D' + f + \delta$ , unde  $\delta$  - distanța de la obiectiv pînă la axa de rotație a lunetei.

Mărimea  $c = f + \delta$  se numește **constanta stadimetrului**, iar distanța determinată se calculează după formula:

$$D = Kn + c. \quad (9.2)$$

La aparatele care au distanța focală a obiectivului  $f=200 \text{ mm}$ , distanța dintre firele reticulare stadimetrice se ia  $p=2 \text{ mm}$ . În acest caz  $K=f/p=100$ , ceea ce duce la simplificarea esențială a calculelor. La divizarea centimetrică a mirei, lecturile efectuate pe ea în diviziuni centimetrice, vor arăta distanța exprimată în metri.

Dacă mira este înclinată în raport cu axa de vizare sub un unghi  $\nu$ , atunci în loc de lectura  $MN' = n'$  se va citi lectura  $MN = n$ . Aceste mărimi sînt legate prin expresia  $n' = n \cdot \cos \nu$ .

Înlocuind mărimea lui  $n'$  în formula (9.2), obținem:

$$D = Kn' + c = Kn \cos \nu + c. \quad (9.3)$$

Dacă  $d = D \cos \nu$ , atunci:

$$d = Kn \cos^2 \nu + c \cos \nu \quad (9.4)$$

Mărimile  $c$  și  $\nu$  sînt mici, de aceea,  $c \cdot \cos \nu = c \cdot \cos^2 \nu$ , atunci:

$$d \approx (Kn + c) \cos^2 \nu \quad (9.5)$$

Pentru calcularea distanțelor reduse la orizont e mai comod a folosi corecția:

$$\Delta D_\nu = d - D \approx D(1 - \cos^2 \nu) = D \sin^2 \nu \quad (9.6)$$

Precizia măsurărilor cu stadimetrul cu fire reticulare depinde în principiu de precizia lecturii stadimetrice, de influența refracției verticale și paralaxul firelor.

## 9.6. Determinarea distanțelor inaccesibile

a) Linia AB se vede bine

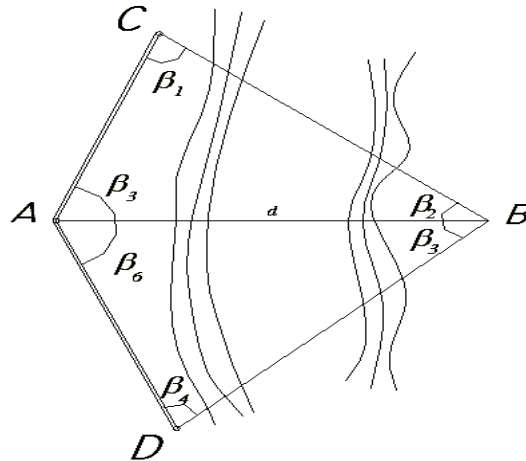


Fig. 49. Schema măsurării distanțelor inaccesibile pe teren deschis

Pentru determinarea distanței inaccesibile  $AB = d$  în triunghiul  $ABC$  se măsoară baza  $AC = b_1$  și unghiurile  $\beta_1$  și  $\beta_3$  (fig.49). Conform teoremei sinusurilor:

$$d / \sin \beta_1 = b_1 / \sin \beta_2 = b_1 \sin(180^\circ - \beta_1 - \beta_3) = b_1 / \sin(\beta_1 + \beta_3),$$

$$\text{sau } d = b_1 [\sin \beta_1 / \sin(\beta_1 + \beta_3)]. \quad (9.7)$$

Pentru a verifica rezultatul se măsoară unghiul  $\beta_2$ . Drept urmare, în triunghiul  $ABC$  trebuie să fie satisfăcută condiția:

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 180^\circ \quad (9.8)$$

Ca rezultat al influenței erorilor măsurării unghiurilor această condiție nu este îndeplinită.

Mărimea abaterii sumei unghiurilor de la mărimea teoretică:

$$f_\beta = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) - 180^\circ \quad (9.9)$$

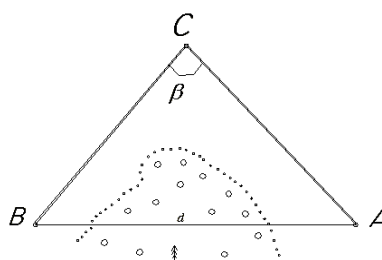
se numește *eroarea unghiulară de închidere*. Ea trebuie distribuită la toate unghiurile cu semnul opus. Pentru aceasta se calculează corecția  $\delta = -f/3$ , iar pe urmă mărimile unghiurilor corectate:

$$\beta'_1 = \beta_1 + \delta; \quad \beta'_2 = \beta_2 + \delta; \quad \beta'_3 = \beta_3 + \delta. \quad (9.10)$$

După echilibrarea erorii condiția (9.8) trebuie să fie satisfăcută. Calcularea lungimii liniei inaccesibile după formula (9.7) se efectuează folosind mărimile corectate ale liniilor unghiurilor.

Pentru a mări precizia și a exclude erorile grave, lungimea liniei inaccesibile se recomandă a fi determinată din două triunghiuri  $ABC$  și  $ABE$ .

b) Pe linia  $AB$  lipsește vizibilitatea



**Fig. 50.** Schema măsurării distanțelor inaccesibile în pădure

Se măsoară lungimea laturilor  $a$ ,  $b$  și unghiul  $\beta$  (fig.50), iar lungimea liniei inaccesibile se calculează după formula:

$$d = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta}. \quad (9.11)$$

Mai favorabilă se consideră varianta, când  $a = b$  și unghiul  $\beta$  tinde spre  $180^\circ$ .

### 9.7. Calcularea lungimii liniei

La calcularea lungimii liniei ca rezultat al măsurării se introduc corecții, care exclud influența erorilor sistematice.

*Corecția  $\delta D_k$  de comparare a dispozitivului de măsurare*

La măsurarea liniei, lungimea dispozitivului de măsurare se deosebește de lungimea etalon cu mărimea corecției pentru comparare  $l = l_0 + l_k$ . Cifrarea dispozitivului de măsurare coincide cu nominalul, de aceea rezultatul măsurării restului îl vom nota prin  $r_0$ . În acest caz lungimea reală a restului  $r$  din cauza corecției de comparare se va schimba cu mărimea proporțională lungimii restului, prin urmare:

$$r = (\delta l_k / l_0) r_0 + r_0. \quad (9.12)$$

Înlocuind mărimile  $l$  și  $r$  în partea dreaptă a expresiei, obținem:

$$D = n(l_0 + \delta l_k) + \left( r_0 + \frac{\delta l_k}{l_0} r_0 \right) = (nl_0 + r_0) + \frac{nl_0 + r_0}{l_0} \delta l_k. \quad (9.13)$$

Mărimea  $(nl_0 + r_0)$  este lungimea liniei, calculată cu valoarea nominală a lungimii dispozitivului de măsurat. Notînd-o prin  $D_0$ , vom scrie:

$$D = D_0 + (D_0 / l_0) \delta l_k. \quad (9.14)$$

$$\text{Mărimea} \quad \delta D_k = D - D_0 = (D_0 / l_0) \delta l_k \quad (9.15)$$

se numește *corecția de etalonare a lungimii dispozitivului de măsurare*.

Calcularea prealabilă a mărimii  $D_0$  și  $\delta D_k$  simplifică considerabil calculele, deoarece  $l_0$  și  $n$  sînt numere întregi, iar mărimea  $\delta D_k$  de obicei trebuie cunoscută cu precizia de 2-3 cifre după virgulă.

La șantierul de construcție pentru măsurarea liniilor care sînt mai scurte decît lungimea dispozitivului de măsurare, corecțiile pentru etalonare se aleg din tabela corecțiilor diviziunilor metrilor după mărimea  $r_0$ .

## 9.8. Precizia măsurării liniilor cu dispozitivele de măsurare

Asupra preciziei măsurării liniilor influențează erorile sistematice și aleatorii.

### *Erorile sistematice*

Părțile principale ale erorilor sistematice au fost luate în considerație la introducerea corecțiilor pentru comparare, temperatură și de reducere la orizont a liniei. Influența altor factori cu caracter sistematic se micșorează prin alegerea metodei de măsurare. De pildă, eroarea sistematică univocă pentru abaterea dispozitivului de măsurare de la aliniament se limitează prin instalarea jaloanelor peste 100-150 m. Însă în rezultatele măsurărilor intră erorile reziduale ale influenței unora dintre acești factori. Vom cerceta aceste erori mai detaliat.

a) *Eroarea de comparare a dispozitivului de măsurare  $\lambda_k$*  depinde de metoda de comparare. La compararea panglicii de 20 m cu comparatorul de câmp, care are lungimea de 120 m, eroarea este caracterizată de mărimea  $\lambda_k = 3,0 \text{ mm}$ , iar la compararea ruletei de metal cu metrul normal se obține eroarea  $\lambda_k = 0,6 \text{ mm}$ .

b) *Eroarea  $\lambda_a$  de aliniere a dispozitivului de măsurare pe aliniament* depinde de mărimea abaterii capetelor dispozitivului și de influența erorii medii pătratice  $m_a$ , ea determinându-se după formula

$$\lambda_a = m_a^2 / (l\sqrt{2}) \quad (9.16)$$

unde  $l$  - lungimea dispozitivului de măsurare sau mărimea restului.

c) *Eroarea  $\eta_f$  de fixație a capetelor dispozitivului de măsurare* poate fi determinată după formula

$$\lambda_h = m_h^2 / 2l, \quad (9.17)$$

unde  $m_h$  - eroarea medie pătratică a măsurării diferenței de nivel.

### *Erorile aleatorii*

a) Eroarea  $\eta_t$  de lectură pe scara dispozitivului de măsurare depinde de valoarea diviziunii  $\tau$  a scării. Pentru cazul citirii «din ochi»:

$$\eta_{t,1} = 0,15\tau. \quad (9.18)$$

Dacă la măsurare lungimea segmentului se calculează după diferența lecturilor citite pe două scări, atunci:

$$\eta_{1,n} = 0,21\tau/\sqrt{n}, \quad (9.19)$$

unde  $n$  - numărul perechilor de lecturi pe scară.

În afară de aceste erori, din erorile aleatorii ale măsurării liniilor fac parte și unele părți reziduale ale erorilor sistematice, condiționate de erorile măsurării parametrilor erorilor sistematice sau de schimbarea întâmplătoare a acestor parametri. De exemplu, eroarea măsurării temperaturii dispozitivului de măsurare pentru a introduce corecții sau schimbarea întâmplătoare a forței de întindere a dispozitivului de măsurare în timpul măsurării. Vom analiza mai detaliat aceste erori.

b) Eroarea  $\eta_t$  pentru temperatura dispozitivului de măsurare depinde de eroarea medie pătratică  $m_t$  a măsurării temperaturii, prin urmare:

$$\eta_t = \alpha m_t. \quad (9.20)$$

c) Eroarea de întindere  $\eta_F$  a dispozitivului de măsurare poate fi determinată după formula:

$$\eta_F = l m_F / (\omega E) \quad (9.21)$$

unde  $m_F$  – eroarea medie pătratică de întindere a dispozitivului de măsurare cu forța  $F = 98 \text{ H}$  ;

$\omega$ - aria secțiunii transversale a panglicii dispozitivului de măsurare;

E - modulul de elasticitate a materialului dispozitivului de măsurare.

În dependență de metoda măsurărilor, unele erori intră în rezultatele măsurării în mod diferit. De exemplu, la măsurarea liniilor cu panglica de oțel eroarea de fixație intră în rezultatul măsurărilor de  $n$  ori, iar eroarea de lectură – o dată (la măsurarea restului). Pentru acest caz, eroarea medie pătratică  $m_d$  de determinare a distanței reduse la orizont se calculează după formula:

$$m_d^2 = n^2 (\lambda_k^2 + \lambda_d^2 + \lambda_h^2) + n (\eta_t^2 + \eta_F^2 + \eta_f^2 + \eta_{1..l}^2) \quad (9.22)$$

La măsurarea liniilor cu panglica cu scară, erorile de lectură pe scară intră în fiecare depunere a dispozitivului, iar eroarea de fixație lipsește.

În acest caz:

$$m_d^2 = n^2 (\lambda_k^2 + \lambda_d^2 + \lambda_h^2) + n (\eta_t^2 + \eta_F^2 + \eta_{1..n}^2) \quad (9.23)$$

Condițiile necesare pentru asigurarea preciziilor date sînt prevăzute de Regulile și Normele de construcție 3.01.03 - 84.

Precizia măsurării liniilor pe suprafața terestră cu ajutorul panglicilor de oțel, de regulă, este caracterizată de următoarele erori relative:  $\Delta D/D =$

1:3000 - pentru condițiile favorabile de măsurare (teren deschis și drept, sol uscat și stabil ș.a.),

1:2000 - pentru condițiile de măsurare obișnuite,

1:1000 - pentru condițiile de măsurare nefavorabile.

Să determinăm abaterile admisibile la măsurarea liniilor în direcțiile înainte și înapoi. Deoarece diferența este egală cu  $\Delta D = D_d - D_i$ , atunci formula erorii funcției va fi:

$$m_{\Delta D}^2 = m_{D_d}^2 + m_{D_i}^2 \quad (9.24)$$

Dacă  $m_{D_d} = m_{D_i} = m_D$ , atunci  $m_{\Delta D} = m_D \sqrt{2}$ . Deoarece eroarea limită (toleranța) este egală cu:

$$\begin{aligned} f_{\Delta D_{adm}} &= 3m, \\ f_{\Delta D_{adm}} &= \Delta_D \sqrt{2}. \end{aligned} \quad (9.25)$$

Prin urmare, abaterile admisibile ale diferențelor măsurării trebuie să fie mai mici decât  $\sqrt{2}$  ori din toleranță, adică respectiv 1: 2000, 1: 1500 și 1: 800.

## 10. Nivelmentul traseelor construcțiilor liniare

*Nivelmentul este un tip de lucrări geodezice efectuate pentru determinarea diferențelor de nivel.*

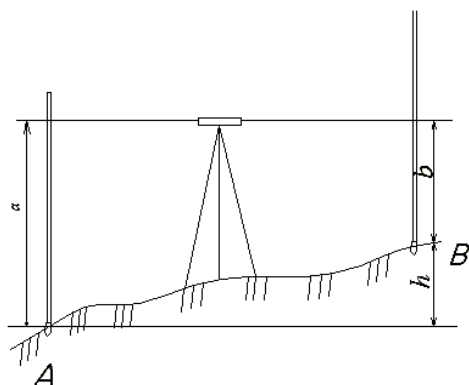
Nivelmentul de obicei este folosit pentru determinarea altitudinilor punctelor necesare la întocmirea planurilor și hărților topografice, profilurilor, la aplicarea pe teren a proiectelor de construcție și sistematizarea pe verticală.

Se deosebesc următoarele metode de nivelment: **nivelmentul geometric, trigonometric, fizic, hidrostatic și automat.**

a) *Nivelmentul geometric* - metoda de determinare a diferențelor de nivel cu ajutorul vizelor orizontale și mirelor de nivelment. Pentru a căpăta o viză orizontală este utilizat aparatul care se numește nivelă. Nivelmentul geometric este utilizat pe larg în geodezie și în domeniul construcțiilor.

Sînt cunoscute două metode de nivelment geometric: înainte și de mijloc.

1. *La nivelmentul geometric de mijloc* (fig.51) în punctele A și B se aşază în poziție strict verticală mirele, pe care sînt marcate scări, iar la mijlocul segmentului dat se staționează cu nivela. Cînd nivelmentul se face în direcția de la A spre B, atunci mira din punctul A se consideră a fi din urmă, iar din punctul B - dinainte.



**Fig. 51.** Nivelment geometric de mijloc

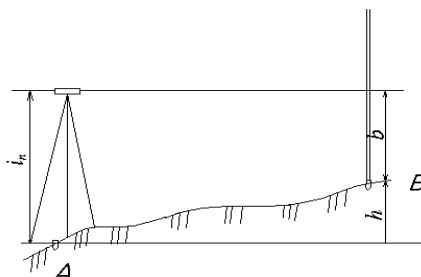
Diferența de nivel  $h$  se calculează prin formula:  $h=a-b$ .

Altitudinea punctului se calculează după formula:

$$H_B = H_A + h \quad (10.1)$$

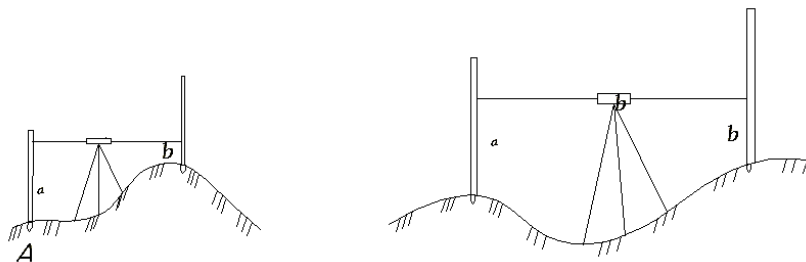
2. *La nivelmentul înainte* (fig.52) nivela se instalează în punctul  $A$ , iar mira - în punctul  $B$ . Se măsoară înălțimea nivelei  $i_a$ , iar după aceasta cu ajutorul nivelei se citește de pe miră lectura  $b$ . Diferența de nivel se determină după formula

$$h = i_a - b \quad (10.2)$$



**Fig. 52.** Nivelment geometric înainte

Deseori apare necesitatea de a determina altitudinea punctelor amplasate la o distanță foarte mare de la punctul cu altitudinea cunoscută. În acest caz, de la punctul  $A$  pînă la punctul  $B$  se trasează o *drumuire de nivelment* (fig.53), compusă din cîteva stații.



**Fig. 53.** Drumuire de nivelment

Diferența de nivel dintre punctele  $A$  și  $B$  va fi egală cu suma diferențelor de nivel determinate la fiecare stație:

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + \dots + h_n = \sum_{i=1}^n h. \quad (10.3)$$

Altitudinea punctului  $B$  se determină după formula:

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + \sum_{i=1}^n h. \quad (10.4)$$

*b) Nivelmentul trigonometric* - metoda determinării diferențelor de nivel după mărimile măsurate ale unghiului de înclinație și distanța dintre puncte. Ea este aplicată în timpul ridicărilor topografice și la determinarea diferențelor de nivel mari.

*c) Nivelmentul fizic* e alcătuit din metodele bazate pe utilizarea diferitelor fenomene fizice.

*d) Nivelmentul hidrostatic* se bazează pe proprietatea vaselor comunicante. El se utilizează în procesul lucrărilor de construcție și montaj pentru verificarea poziției elementelor construcției în condiții nefavorabile de măsurare pentru alte metode.

e) **Nivelmentul automat** se efectuează cu ajutorul aparatelor speciale, instalate pe autoturisme sau pe alte mijloace de transport. La nivelmentul automat se înregistrează direct profilul longitudinal pe o panglică specială. Această metodă se întrebuințează la studiul structurilor liniare și la verificarea poziției altimetrice a căilor ferate.

### 10.1. Instrumente și mire de nivelment geometric

a) **Nivela** - *aparatură geodezică, cu ajutorul căreia se determină diferența de nivel dintre puncte.* Se cunosc următoarele nivele:

- 1) N-0,5 - de precizie înaltă,
- 2) N-3 - precise,
- 3) N-10 - tehnice.
- 5) Ni-025 - de precizie înaltă,
- 6) Ni-050 - de precizie înaltă,
- 7) Ni-B5 - precise,
- 8) Ni-B6 - precise.

Litera N înseamnă - nivela; cifrele care stau după litera «N» - arată valoarea medie pătratică în mm a erorii diferenței de nivel a drumirii de nivelment cu lungimea de 1 km.

După metoda de instalare a vizei orizontale în poziția de lucru se deosebesc nivele clasice (linia de vizare se instalează cu ajutorul nivelei torice, fixate pe lunetă) și moderne (cu instalare automată a liniei de vizare). Primele deseori sînt numite nivele torice, iar ultimele - nivele cu compensator.

De exemplu: 2N-1OKL înseamnă: modificarea a doua a nivelei N-10 cu compensator și limb (pentru măsurarea unghiurilor orizontale).

**Nivela N-3** este o nivelă precisă cu nivelă torică și șurub de elevație. Este destinată pentru nivelmentul de ordinele III și IV.

Părțile componente ale nivelei:

- 1) Pentru fixarea ei pe trepied este echipată cu lăcaș cu filet
- 2) Șuruburi de calare

- 3) Ambaza
- 4) Șurubul de elvație
- 5) Nivelă sferică
- 6) Cremaliera
- 7) Corpul lunetei
- 8) Șurub de mișcare lentă
- 9) Șurub de blocare
- 10) Obiectiv
- 11) Ocular
- 12) Nivelă torică cu coincidență

Luneta și nivelul torică cu coincidență sînt fixate rigid și au corpul comun, care se rotește în jurul axei verticale a aparatului.

#### **b) *Mirele de nivelment***

Pentru nivelment sînt produse 3 feluri de mire: RN-05, RN-3, RN-10. În care: R - înseamnă mira, N-pentru nivelment, iar cifrele care urmează arată mărimea erorii medii pătratice exprimată în mm la 1km de drumuire și caracterizează precizia lucrărilor pentru care ele sînt destinate.

Mirele au pe ambele părți scări în formă de E cu diviziunea de 1 cm. Fiecare decimetru al scărilor este cifrat. Pe o parte semnele E ale scării sînt marcate cu culoare neagră pe un fundal alb (parte neagră), iar pe a doua cu culoare roșie pe un fundal alb (partea roșie). Pe partea neagră a mirei lectura zero (originea scării) coincide cu talpa mirei, iar pe partea roșie cu planul tălpii coincide o altă lectură, de pildă: 4687.

Mira RN-10 - destinată pentru nivelment tehnic. Este pliantă și are lungimea de 4 m. Cifrarea poate fi directă sau inversă, în dependență de felul lunetei.

Mira RN-3 - pentru nivelmentul de ordinele III și IV. Lungimea acestei mire este de 1,5; 3,0 și 4,0 m.

Exemplu: RN-3P-3000S. Unde: P - cifrare directă, 3000 - 3 m, S - pliante.

Mira RN-05 este marcată cu repere numai pe o parte. Pe ea este întinsă panglică de invar. Ea este mira de precizie. Lungimea ei este de 3,0 sau 1,2 m.

A citi lectura pe miră înseamnă a determina lungimea segmentului vertical de la punctul sau suprafața în care este instalată mira, pînă la axa de vizare orizontală. Lecturile se citesc după firul reticular nivelor (firul orizontal din mijloc), iar uneori după firele reticulare de sus și de jos (pentru control), pentru determinarea distanței prin metoda stadimetrică.

Majoritatea nivelelor arată imaginea inversată, lecturile în câmpul vizual al lunetei cresc din sus în jos.

Lecturile se citesc în mm și se înregistrează în formă de număr întreg format din 4 cifre.

Lecturile se citesc în modul următor: mai întîi se citesc metrii și decimetrii, iar după aceasta numărul de centimetri, citind diviziunile întregi (fiecare 5 diviziuni centimetrice se unesc pe miră în formă de E), apoi din ochi se apreciază numărul de mm.

După orientarea aproximativă spre miră se fixează poziția lunetei cu șurubul de blocare. Prin acțiunea asupra șurubului cremalierei se clarifică și se orientează precis imaginea mirei cu șurubul de mișcare lentă.

Înainte de a citi lectura pe miră se privește prin ocular poziția bulei cu aer a nivelei torice și prin rotirea șurubului de elevație se aduce bula de aer în punctul zero, ori se contactează imaginile capetelor opuse ale bulei cu aer, observate în câmpul vizual al lunetei (fig.54).

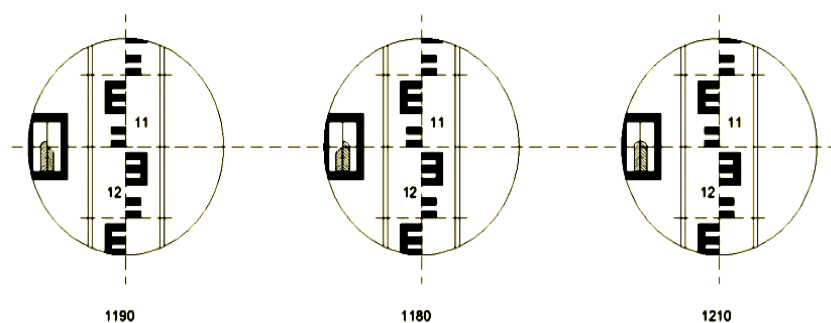


Fig. 54. Câmpul vizual al lunetei

**Tabelul 6. Jurnalul nivelmentului**

| Nr<br>ct | Nr.<br>pun<br>ctul<br>ui | Lecturile pe miră |         |        | Diferența de nivel |        |      |     | Orizon-<br>tul<br>instru-<br>mentului | Altitudinile | Schi-<br>ță |
|----------|--------------------------|-------------------|---------|--------|--------------------|--------|------|-----|---------------------------------------|--------------|-------------|
|          |                          | înapoi            | înainte | mijloc | +                  | -      | +    | -   |                                       |              |             |
| 1        | Rp.<br>105               | 5344 (1)          |         |        |                    | 405(7) |      |     |                                       | 163,406      |             |
|          |                          | 657(4)            |         |        |                    |        |      |     |                                       |              |             |
|          | Pct<br>0                 | 4687(5)           |         |        |                    |        |      |     | 404(9)                                |              |             |
|          |                          | 5749(2)           |         |        |                    | 404(8) |      |     |                                       | 163,002(10)  |             |
| 2        | Pct<br>0                 | 1061(3)           |         |        |                    |        |      |     |                                       |              |             |
|          |                          | 4688(6)           |         |        |                    |        |      |     |                                       |              |             |
|          | Pct<br>1                 | 6312              |         |        | 128                |        | 128  |     |                                       | 163,002      |             |
|          |                          | 1626              |         |        |                    |        |      |     |                                       |              |             |
|          |                          | 4686              |         |        |                    |        |      |     |                                       |              |             |
|          | +34<br>+57<br>+78        |                   | 6184    |        | 128                |        |      |     |                                       | 163,130      |             |
|          |                          |                   | 1498    |        |                    |        |      |     |                                       |              |             |
|          |                          |                   | 4686    |        |                    |        |      |     |                                       |              |             |
|          |                          |                   |         | 1828   |                    |        |      |     | 164,628                               | 162,800      |             |
|          |                          |                   |         | 2418   |                    |        |      |     |                                       | 162,210      |             |
|          |                          |                   |         | 1712   |                    |        |      |     |                                       | 162,916      |             |
|          | Σ                        | 13939             | 14492   |        | +256               | 809    | 128  | 404 |                                       | 163,130      |             |
|          |                          | -14492            |         |        | -809               |        | -404 |     |                                       | -163,406     |             |

2Σh=-553

Σh=-276,5

2Σh=-553

Σh=-276,5

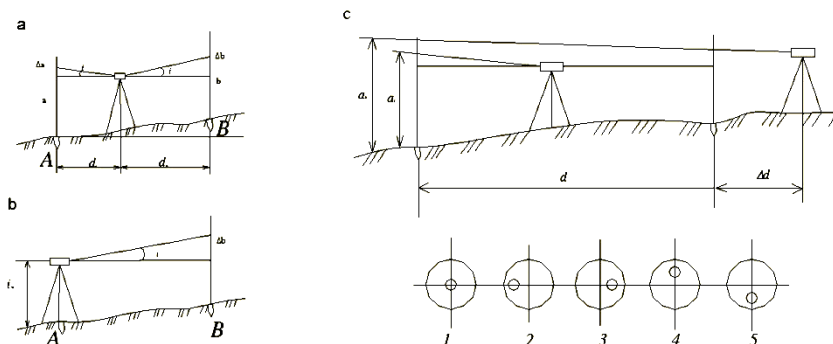
Σh=-276

-0,276

## 10.2. Verificarea și reglarea nivelelor și mirelor

Pînă la începutul măsurărilor fiecare nivelă trebuie supusă unei revizii vizuale, iar după aceasta se efectuează verificările și reglările acestora. În timpul verificărilor se controlează poziția reciprocă a axelor și părților nivelei. În caz dacă s-a observat o necorespondere, ea trebuie lichidată prin reglare. În timpul verificărilor nivela se instalează pe stativ.

a) Verificarea și reglarea nivelelor clasice



**Fig. 55.** Schemele verificării condiției principale a nivelelor:

a. influența unghiului  $i$  la diferența de nivel; b. determinarea unghiului  $i$  prin nivelment dublu; c. determinarea unghiului  $i$  prin nivelmentul de mijloc și înainte; d. poziția bulei cu aer a nivelei sferice la determinarea erorii compensatorului

1. *Axa nivelei sferice trebuie să fie paralelă cu axa de rotație a nivelei.*

a) Bula de aer a nivelei sferice se aduce în poziția punctului zero cu ajutorul șuruburilor de calare.

b) Luneta se întoarce la  $180^\circ$ .

Dacă bula de aer a rămas în punctul zero, atunci condiția este satisfăcută.

Când bula de aer s-a abătut mai mult de o pătrime de diviziune, nivela trebuie reglată.

c) Acționînd asupra șuruburilor de corecție ale nivelei, se deplasează bula cu aer cu jumătatea abaterii spre punctul zero.

d) Cu ajutorul șuruburilor de calare se reglează a doua jumătate a abaterii.

e) Verificarea se repetă din nou.

2. *Firul reticular vertical trebuie să fie perpendicular pe axa de rotație a nivelei.*

a) Nivela se aduce în poziție de lucru.

b) La marginea cîmpului vizual al lunetei se observă un punct M, imaginea căruia e necesar să coincidă cu firul reticular nivelor.

c) Luneta se mișcă lent în planul orizontal.

Dacă la această mișcare imaginea punctului nu se va abate de la firul reticular nivelor, atunci condiția se consideră a fi satisfăcută.  
Se admite o abatere a imaginii punctului de la fir nu mai mare decât grosimea dublă a firului.  
Această condiție este garantată de uzină.

3. Axa de vizare a lunetei trebuie să fie orizontală (condiția principală a lunetei). Unghiul  $i$  să fie egal cu zero sau să nu depășească  $10''$ .

a) Se aduce nivela în poziție de lucru la stația I.

b) Se citesc lecturile  $a_1$ ,  $b_1$ .

Aceste lecturi  $a_1$  și  $b_1$  se vor deosebi de lecturile adevărate  $a_1^a$  și  $b_1^a$  cu una și aceeași eroare  $\Delta_1$ .

c)  $h = a_1 - b_1 = (a_1^a + \Delta_1) - (b_1^a + \Delta_1) = a_1^a - b_1^a$ .

d) Nivela se instalează la stația II și se aduce în poziția de lucru.

e) Se citesc lecturile  $a_2$  și  $b_2$ .

Lectura  $b_2$  de pe mira apropiată, practic, se consideră că nu conține eroarea  $\Delta_0$ , apărută din cauza nesatisfacerii condiției, deoarece distanța de la nivelă pînă la miră este cu mult mai mică decât a doua distanță.

Aceasta dă posibilitate a determina lectura corectă de pe mira îndepărtată, corespunzătoare poziției orizontale a axei de vizare, care poate fi comparată cu lectura reală " $a_2$ ".

$$a_2^a = b_2 + h \quad (10.5)$$

Eroarea, apărută din cauza nesatisfacerii condiției principale a nivelei, nu trebuie să depășească după valoarea absolută 4 mm.

$$x = a_2 - a_2^a \quad (10.6)$$

În caz contrar se face rectificarea în felul următor:

- Acționînd asupra șurubului de elevație, se instalează firul reticular nivelor vizavi de lectura  $a_2^a$ .

Bula de aer a nivelei torice se va abate de la punctul zero.

- Prin acțiunea șuruburilor verticale a nivelei torice se suprapun imaginile capetelor bulei de aer, cînd lectura de pe miră este egală cu  $a_2^a$ . Pentru verificare operațiile se repetă.

### *b) Verificarea mirelor*

Pentru mirele echipate cu nivelă sferică trebuie verificată condiția: *axa nivelei sferice e necesar să fie paralelă cu axa mirei*. Verificarea se face în modul următor: pe suportul în formă de consolă, care este fixat pe miră, se suspendă firul cu plumb cu ajutorul căruia mira se instalează în poziție verticală. Dacă bula de aer a nivelei sferice se află în punctul zero, condiția este îndeplinită. În caz contrar, cu ajutorul șuruburilor de corecție bula cu aer se aduce în punctul zero.

Pînă la începutul nivelmentului trebuie determinată diferența înălțimii zerourilor mirei. Pentru aceasta mirele pe rînd se instalează pe un țărș bătu în pămînt, sau pe un suport, și cu ajutorul nivelei, instalată aproximativ la 10-15 m, se citesc de 4 ori lecturile. După fiecare pereche de lecturi se schimbă înălțimea aparatului. Diferența lecturilor citite pe partea neagră a mirelor nu trebuie să depășească 1 mm. Diferența lecturilor citite pe partea roșie și pe cea neagră ale unei mire arată diferența zerourilor mirei.

Verificarea mirelor se recomandă a fi efectuată cu ajutorul riglei de control o dată într-un an. Rigla de control are lungimea de 1050 mm. Diviziunea scărilor marcate la capete este corespunzător de 1 mm și 0,2 mm. Lecturile pe scări se citesc cu ajutorul lupei cu o precizie de 0,02 mm. Rigla este echipată cu termometru. La verificarea mirelor în rezultatele măsurărilor se introduc corecții pentru schimbarea temperaturii și compararea riglei în corespundere cu ecuațiile prezentate în fișa tehnică.

### **10.3. Efectuarea nivelmentului**

Pentru determinarea altitudinilor punctelor la șantierle de construcție mai des este întrebuințat *nivelmentul tehnic*, pentru întocmirea rețelelor de nivelment - *nivelmentul de ordinul IV*, iar pentru observațiile asupra tasării clădirilor - *nivelmentul de precizie înaltă prin vize la distanțe mici*.

#### **Nivelmentul tehnic**

Pentru nivelmentul tehnic sînt folosite nivelele N-10, N-3 și mirele RN-3, RN-10.

Lucrările la stație se efectuează în modul următor:

1. Pe punctele de legătură  $A$  și  $B$  ale liniei se instalează mirele, iar la distanțe egale de la ele - nivela.
2. Nivela se aduce în poziție de lucru, se vizează la mira din urmă și se citește lectura  $a_n$  pe partea neagră a ei.
3. Se orientează luneta spre mira dinainte și se citește lectura mai întâi pe partea neagră  $b_n$ , iar pe urmă - pe partea roșie  $b_r$ .
4. Luneta se orientează spre mira din urmă și se citește pe partea roșie lectura  $a_r$ .
5. Dacă sînt puncte intermediare  $C_1, C_2, \dots, C_n$ , atunci mira din urmă succesiv se instalează în aceste puncte și se citesc lecturile  $c_1, c_2, \dots, c_n$  pe partea neagră a mirei.
6. Pentru verificare se calculează diferența zerourilor mirei dinainte  $DO_d = a_r - a_n$  și a mirei din urmă  $DO_u = b_r - b_n$ . Abaterea  $DO$  după mărimile absolute nu trebuie să depășească  $5\text{ mm}$ .
7. La fiecare stație se calculează mărimile diferenței de nivel, determinate după lecturile citite pe părțile neagră și roșie ale mirelor:

$$h_n = a_n - b_n, \quad h_r = a_r - b_r. \quad (10.6)$$

Rezultatele măsurărilor se consideră juste, dacă

$$|h_n| - |h_r| \leq 5\text{ mm}.$$

Altitudinea (cota) punctului dinainte se calculează după formula:

$$H_A = H_B + h. \quad (10.7)$$

Altitudinea punctelor intermediare e mai comod a fi calculată după cota axei de vizare  $H_v$ .

*Cota axei de vizare este distanța măsurată pe verticală de la axa de vizare pînă la suprafața de referință inițială.*

$$H_v = H_A + a = H_B + b. \quad (10.8)$$

Pentru calcularea punctelor intermediare în acest caz se folosește formula:

$$H_c = H_v - C . \quad (10.9)$$

#### **Nivelmentul de ordinul IV**

Pentru efectuarea nivelmentului de ordinul IV se folosesc nivelele N-3 și mirele RN-3. Distanța dintre stație și aparat nu trebuie să depășească 100 m.

Sucesiunea de lucru la stație rămîne aceeași ca și la nivelmentul tehnic, dar distanța pînă la mire se determină cu ajutorul stadimetrului cu fire reticulare. Aceasta dă posibilitatea de a verifica mărimea porteeilor, inegalitatea cărora nu trebuie să depășească 5 mm. Abaterile dintre diferențele de nivel la o stație, determinate prin lecturile citite pe partea roșie și partea neagră ale mirelor, nu trebuie să depășească 5 mm după valoarea absolută.

#### **Nivelmentul de mare precizie cu ajutorul vizelor mici**

Măsurările se efectuează cu ajutorul nivelelor N-05 și al mirelor de invar. Deseori sînt utilizate mirele și scările suspendate. La determinarea diferențelor de nivel după lecturile citite pe scara principală și auxiliară a mirelor RN-05, eroarea medie pătratică, exprimată în milimetri, poate fi determinată după formula:

$$m_h = 0,014 + 0,0014d , \quad (10.10)$$

unde  $d$  – distanța de la nivelă pînă la miră, exprimată în metri.

Sucesiunea citirii lecturilor pe scările principală și auxiliară rămîne aceeași ca și la nivelmentul tehnic și cel de ordinul IV. Distanța de la miră pînă la nivelă se determină cu ajutorul ruletei sau al unui fir special. Diferența distanțelor însă nu trebuie să depășească, în dependență de precizia necesară, 0,1-0,5 m.

Uneori nivelmentul cu vize scurte este efectuat cu ajutorul nivelei N-3. Însă pentru mărirea preciziei de lectură în loc de mire sînt folosite scările cu diviziunile de 1,2 sau 5 mm. În acest caz lecturile citite pe miră se rotunjesc pînă la 0,1; 0,2; 0,5 mm.

Prelucrarea rezultatelor măsurărilor drumuirilor de nivelment

a) Se calculează diferența de nivel  $h$ :

$$h=a-b \quad (10.11)$$

b) Se calculează cotele punctelor de pichet:

$$HB=HA+h \quad (10.12)$$

c) Se află

$$\Sigma h_{\text{teor}}=H_f - H_{in} \quad (10.13)$$

Dacă drumuirea este circulară atunci:

$$H_f = H_{in} \quad \text{și} \quad \Sigma h_{\text{teor}}=0 \quad (10.14)$$

d) Se calculează eroarea de închidere pe diferența de nivel a drumuirii:

$$f_h = \sum_{i=1}^n h_i - \Sigma h_{\text{teor}} \quad (10.15)$$

e) Pentru nivelmentul tehnic este acceptată eroarea admisibilă:

$$f_{adm} = \sqrt{n \times 10mm} \quad (10.16)$$

unde  $n$  - numărul de stații.

Dacă condiția este satisfăcută, atunci eroarea se împarte la diferențele de nivel măsurate cu semnul opus.

## 11. Nivelmentul trigonometric

La nivelmentul trigonometric în punctul  $A$  se instalează teodolitul și se măsoară înălțimea aparatului  $i_a$ , iar în punctul  $B$  se instalează mira (fig.56). Pentru determinarea diferenței de nivel  $h$  se măsoară unghiul de înclinație  $v$ , distanța redusă la orizont  $d$  și se fixează pe miră înălțimea de vizare  $l$  (lectura spre care este orientată viza).

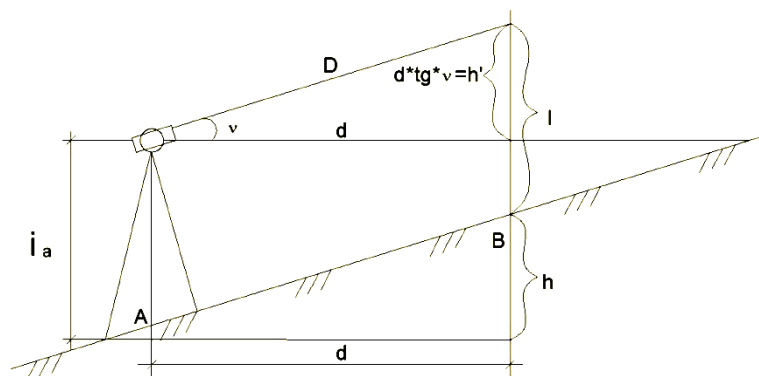


Fig. 56. Schema nivelmentului trigonometric

$$h + l = d \times \operatorname{tg} v + i_a \quad (11.1)$$

$$h = d \times \operatorname{tg} v + i_a - l \quad (11.2)$$

La utilizarea nivelmentului trigonometric, pentru ridicările topografice, în calitate de țință pentru vizare în punctul  $B$ , se instalează miza de nivelment. În acest caz distanța  $d$  se determină cu stadimetrul cu fire reticulare. Se știe că

$$d = (Kn + c) \cos^2 v. \quad (11.3)$$

Înlocuind această mărime, obținem formula pentru calcularea diferenței de nivel:

$$h = (Kn + c) \cos^2 v \operatorname{tg} v + i_a - l; \quad (11.4)$$

$$h = (1/2)(Kn + c) \sin 2v + i_a - l. \quad (11.5)$$

În timpul nivelmentului terenurilor deschise, pentru măsurarea unghiurilor de înclinație  $v$  e mai comod a viza punctul de pe miză, amplasat la înălțimea aparatului.

Atunci  $i_a = l$  și formula  $h = d \times \operatorname{tg} v$  va avea forma următoare, în caz că distanța se măsoară cu stadimetrul:

$$h = \frac{1}{2}(Kn + c)\sin 2\nu \quad (11.6)$$

Pentru obținerea erorii medii pătratice a diferenței de nivel, calculată prin metoda nivelmentului trigonometric, determinăm derivatele parțiale:

$$\frac{\partial h}{\partial d} = \operatorname{tg} \nu; \quad \frac{\partial h}{\partial \nu} = \frac{d}{\cos^2 \nu}; \quad \frac{\partial h}{\partial i_a} = 1; \quad \frac{\partial h}{\partial \nu} = 1 \quad (11.7)$$

Înlocuind derivatele parțiale și mărimile erorilor medii pătratice ale determinării parametrilor în formulă obținem:

$$m_h^2 = m_d^2 \operatorname{tg}^2 \nu + \frac{d^2}{\cos^4 \nu} \frac{m_\nu^2}{\rho^2} + m_i^2 + m_\nu^2 \quad (11.8)$$

unde  $m_h$  - eroarea medie pătratică de determinare a diferenței de nivel prin metoda nivelmentului trigonometric. Mărimile  $m_i$  și  $m_\nu$  de obicei sînt mai mici de un centimetru și pentru calcularea preciziei ele pot fi neglijate. Cînd unghiurile  $|\nu| \leq 5^\circ$ , se poate accepta  $\operatorname{tg} \nu = \nu / \rho$ ,  $\cos \nu = 1$ . Luînd în considerație toate acestea, formula (11.8) poate fi transformată în felul următor:

$$m_h^2 = (\nu^2 m_d^2 + d^2 m_\nu^2) (1 / \rho^2). \quad (11.9)$$

Presupunem că  $\nu = 5^\circ = 300'$ ,  $d = 100 \text{ m}$ , unghiul a fost măsurat cu teodolitul 2T30 și  $m_\nu = 0,5 \text{ cm}$ , iar distanța a fost determinată cu stadimetrul cu fire reticulare cu eroarea relativă de 1/400. Eroarea medie pătratică a distanței va fi  $m_d = d / 400 = 0,25 \text{ m}$ .

Astfel obținem:

$$m_h^2 = (300^2 \cdot 0,25^2 + 100^2 \cdot 0,5^2) (1 / 3438^2) = 0,00069;$$

$$m_h = \sqrt{0,00069} = 0,026 \text{ m}.$$

De obicei, la nivelmentul trigonometric diferența de nivel se determină de două ori (în direcția înainte și înapoi), iar ca rezultat final este acceptată media aritmetică.

Atunci eroarea medie pătratică a diferenței de nivel, măsurată în două direcții pentru  $d=100\text{ m}$ , va fi:

$$M_h = m_h / \sqrt{2} = 0,026\sqrt{2} \approx 0,02m.$$

Eroarea-limită a diferenței de nivel, determinată după datele diferenței de nivel a măsurării unghiurilor cu teodolitul 2T30 și a distanțelor cu stadimetrul cu fire reticulare, se acceptă a fi egală cu:

$$\Delta_{\text{lim}} = 2M_h = 0,04m.$$

Eroarea determinării diferenței de nivel poate fi micșorată, dacă unghiurile de înclinație și distanțele vor fi măsurate cu ajutorul aparatelor de o precizie mai înaltă.

Însă trebuie avut în vedere că asupra rezultatelor nivelmentului trigonometric influențează acțiunea refracției verticale și curbura Pământului. Din această cauză la efectuarea nivelmentului precis prin metoda trigonometrică se introduc corecții corespunzătoare.

## 12. Rețele geodezice de stat

### 12.1. Noțiuni generale

**Rețea geodezică** - mulțimea punctelor fixate pe teren, poziția cărora este determinată într-un sistem de coordonate unic.

**Puncte geodezice** - punctele rețelei geodezice, fixate pe teren. În raport cu ele în timpul ridicărilor se determină poziția oricărui punct al terenului.

Măsurările geodezice dau posibilitatea a determina poziția diferitor puncte ale suprafeței terestre față de punctele inițiale, coordonatele cărora sînt determinate sau cunoscute. Însă odată cu îndepărtarea de la punctele inițiale se acumulează erori, care însoțesc măsurările, din cauza cărora se micșorează precizia determinării coordonatelor. Dacă vor fi

folosite cîteva puncte inițiale, independente unul față de altul, atunci coordonatele punctelor determinate din diferite măsurări se vor deosebi între ele. Din această cauză apare necesitatea a determina în prealabil poziția planimetrică a punctelor inițiate într-un sistem unic de coordonate. Aceasta dă posibilitate a exclude acumularea erorilor de măsurare și unirea rezultatelor într-un sistem unic.

Rețelele geodezice se împart în 4 ranguri:

1. Rețeaua geodezică de stat, care prezintă principala rețea geodezică pentru toate lucrările geodezice și topografice.

2. Rețelele geodezice de îndesire, dezvoltate în regiunile cu un număr nesatisfăcător de puncte, care aparțin rețelei geodezice de stat.

3. Rețelele geodezice de ridicare pe baza cărora se efectuează direct ridicarea reliefului terenului, lucrările inginero-geodezice în timpul înălțării construcțiilor.

4. Rețelele geodezice speciale, întocmite pentru ridicarea construcțiilor, care prezintă față de lucrările geodezice cerințe speciale.

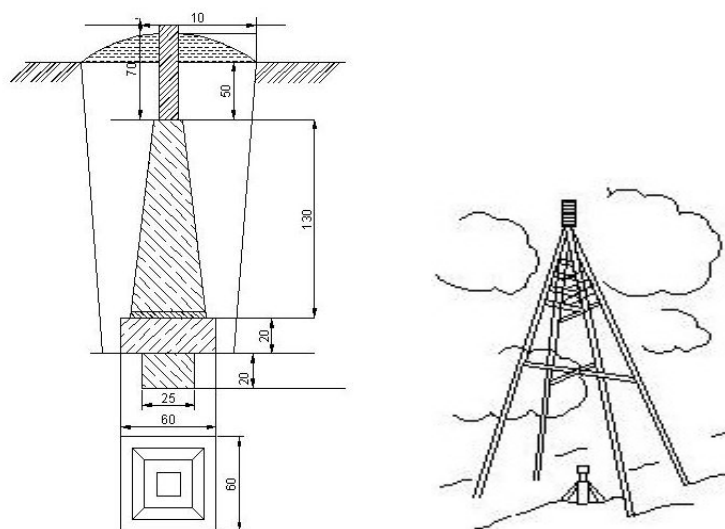
Fiecare rang de rețea menționată se subîmparte în ordine.

Rețelele de ordinele 1 și 2 prezintă osatura rețelelor astrono-geodezice. Rețeaua geodezică de stat de ordinul 1 are cea mai înaltă precizie și cuprinde tot teritoriul țării. Ea servește ca bază pentru dezvoltarea rețelelor de ordin inferior și calcularea coordonatelor punctelor într-un sistem de coordonate unic, precum și furnizarea de date reale pentru determinarea soluțiilor problemelor geodezice științifice.

Rețelele de ordinele 3 și 4 în realitate sînt rețele de îndesire, deoarece ele sînt create cu scopul îndesirii rețelelor de sprijin pînă la mărimile necesare pentru cartografierea teritoriului țării. Ele se construiesc pe baza rețelelor geodezice de stat.

Rețelele geodezice se împart în rețele *planimetrice* și *altimetrice*. Rețelele planimetrice servesc la determinarea coordonatelor planimetrice  $x$  și  $y$  în sistemul de coordonate rectangulare zonale (prin metoda triangulației, trilaterăției, poligonometriei și prin combinarea lor), iar cele altimetrice - pentru determinarea altitudinii  $H$  a punctelor (metoda nivelmentului trigonometric).

Punctele rețelei geodezice (fig.57) de stat și de îndesire se fixează pe teren cu ajutorul semnalelor subterane speciale - centre care arată poziția punctelor geodezice pe teren. În dependență de condițiile fizico-geografice și geologice se întrebuintează diferite construcții de semnale (centre) și se stabilește adîncimea de amplasare a acestora în pămînt.



**Fig. 57.** Puncte geodezice:  
a. centrul punctului; b. semnal geodezic

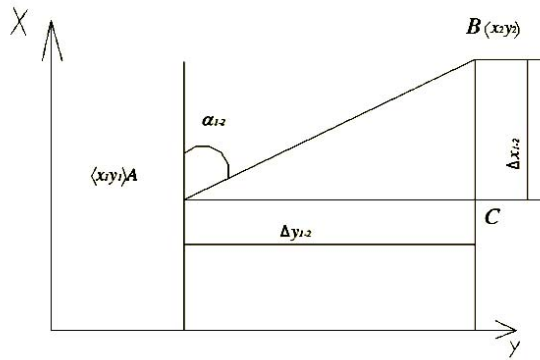
Fixarea punctelor rețelelor de ridicare în corespundere cu destinația lor se efectuează prin semne provizorii (țăruși, bare și țevi din metal, cuie și ținte ș. a.).

## 12.2. Metode de construire a rețelelor geodezice planimetrice

Scopul final al întocmirii rețelelor geodezice planimetrice este determinarea coordonatelor punctelor geodezice.

Prelucrarea rezultatelor măsurărilor și calcularea coordonatelor punctelor geodezice se bazează pe rezolvarea problemelor geodezice directă și indirectă.

a) *Problema geodezică directă* (fig.58) constă în determinarea coordonatelor punctului final al liniei după distanța redusă la orizont, unghiul de orientare (de direcție) și coordonatele punctului inițial.



**Fig. 58.** Problemele geodezice directă și inversă

Fie, că sînt date coordonatele  $x_1$  și  $y_1$  ale punctului  $A$ , unghiul de direcție  $\alpha_{1-2}$  al direcției de la punctul  $A$  spre  $B$  și distanța  $d_{1-2}$  dintre aceste puncte. Trebuie determinate coordonatele punctului  $B$   $x_2$  și  $y_2$ .

În triunghiul dreptunghic  $ABC$  catetele sînt diferența coordonatelor punctelor  $A$  și  $B$ , cu alte cuvinte  $BC = x_2 - x_1$ ,  $AC = y_2 - y_1$ . Diferența coordonatelor se numește creșterea coordonatelor și se notează prin  $\Delta x$  și  $\Delta y$  corespunzător pe axa absciselor și ordonatelor, adică:

$$\Delta x_{1-2} = x_2 - x_1; \quad \Delta y_{1-2} = y_2 - y_1 \quad (12.1)$$

Unghiul din punctul  $B$  al triunghiului  $ABC$  este egal  $\alpha_{1-2}$ , de aceea:

$$\Delta x_{1-2} = d_{1-2} \cos \alpha_{1-2}; \quad \Delta y_{1-2} = d_{1-2} \sin \alpha_{1-2} \quad (12.2)$$

și

$$x_2 = x_1 + \Delta x_{1-2}; \quad y_2 = y_1 + \Delta y_{1-2} \quad (12.3)$$

Atunci:

$$x_2 = x_1 + d_{1-2} \cos \alpha_{1-2}; \quad y_2 = y_1 + d_{1-2} \sin \alpha_{1-2} \quad (12.4)$$

b) *Problema geodezică inversă* (fig.58) constă în determinarea distanței reduse la orizont și direcția de orientare a liniei, dacă sînt cunoscute coordonatele a două puncte.

Principiul matematic al problemei constă în transformarea coordonatelor rectangulare în coordonate polare.

Fie că sînt date coordonatele a două puncte  $A(x_1, y_1)$  și  $B(x_2, y_2)$ . Trebuie determinată distanța  $d_{1-2}$  dintre punctele  $A$  și  $B$  și unghiul  $\alpha_{1-2}$  de orientare al direcției  $AB$ .

Tangenta unghiului din punctul  $B$  al triunghiului dreptunghic  $ABC$  este egală cu raportul catetei opuse  $AC$  la cateta alăturată  $BC$ , deci:

$$\operatorname{tg} \alpha_{1-2} = \frac{\Delta y_{1-2}}{\Delta x_{1-2}} \quad (12.5)$$

sau

$$\alpha_{1-2} = \operatorname{arctg} \alpha_{1-2} \quad (12.6)$$

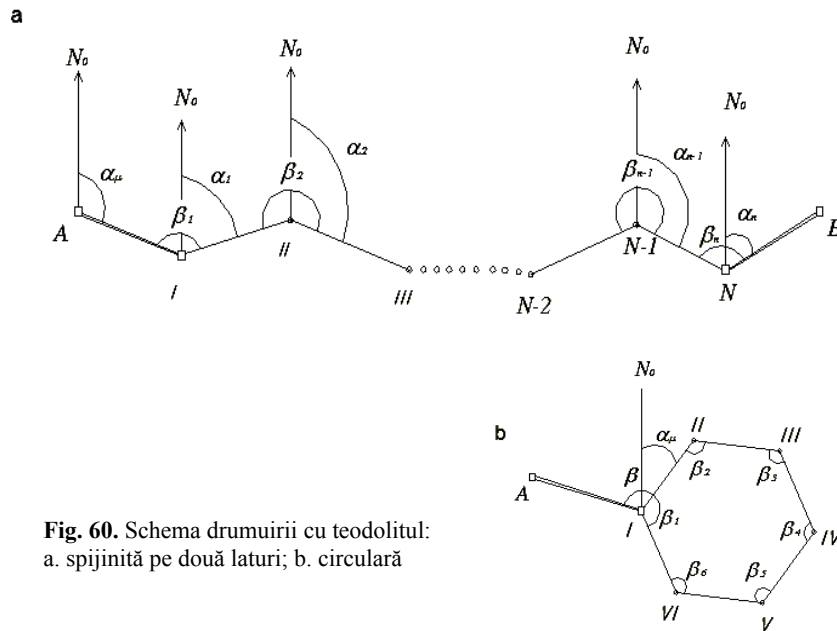
Distanța dintre punctele  $A$  și  $B$  se determină după formula inversă a formulei (12.5), deci:

$$d_{1-2} = \frac{\Delta y_{1-2}}{\sin d_{1-2}} = \frac{\Delta x_{1-2}}{\cos d_{1-2}} . \quad (12.7)$$

Cadrantul, în care se află linia  $AB$ , se determină după semnele creșterii coordonatelor  $\Delta x$  și  $\Delta y$ . În așa fel, la calcularea mărimii  $\alpha_{1-2}$  după formula (12.6) se determină unghiul ascuțit (rumbul), iar după aceasta, în dependență de semnele coordonatelor relative, - denumirea rumbului (NE, SE, SV, NV) și valoarea unghiului de direcție.

Principiul general de determinare a poziției reciproce a punctelor pe suprafața terestră constă în următoarele. Pe teren se efectuează construirea figurilor geometrice legate între ele. Alegerea poziției vîrfurilor pe teren ale acestor figuri se face în așa mod, ca unele elemente ale lor să fie comode pentru măsurările directe.

### 12.3. Drumuirile cu teodolitul



**Fig. 60.** Schema drumuirii cu teodolitul:  
a. sprijinită pe două laturi; b. circulară

Aceste drumuri se creează prin metoda poligonometrică. Se deosebesc două feluri de drumuri cu teodolitul:

1. drumurile sprijinite pe două puncte ale laturilor de bază  $AI$  și  $NB$
2. drumurile în formă de linie frântă închisă (circulară)

Pentru determinarea coordonatelor punctelor drumurilor cu teodolitul se măsoară unghiurile de cotire  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  și lungimea laturilor drumuirii  $d_1, d_2, \dots, d_{n-1}$ . Dacă la mișcare unghiurile se află din partea dreaptă, iar numerele vîrfurilor drumuirii cresc, atunci ele se numesc *unghiuri măsurate din dreapta* și sînt notate prin  $\beta_d$ , în caz contrar - ele se numesc *unghiuri din stînga* și sînt notate prin  $\beta_s$ .

Dacă poligonul se sprijină pe un punct al rețelei de bază, atunci suplimentar trebuie măsurat unghiul alăturat  $\beta_{al}$ , care este folosit pentru determinarea unghiului de direcție al unei laturi.

Lucrările geodezice, efectuate pe teren, se numesc lucrări de teren, iar prelucrarea rezultatelor în încăpere - lucrări de birou.

### *Lucrările de teren*

Lucrările de teren pentru întocmirea drumuirii cu teodolitul sînt efectuate în modul următor.

1. *Recunoașterea teritoriului* - studiul terenului pentru alegerea finală a poziției vîrfurilor drumuirii cu teodolitul și repararea lor cu punctele rețelei de bază. În timpul recunoașterii trebuie luate în considerație următoarele cerințe:

- punctele drumuirii cu teodolitul trebuie să acopere uniform tot sectorul și să fie amplasate în locurile comode pentru efectuarea ridicărilor topografice;
- lungimea drumuirilor (în *km*), pentru diferite scări, nu trebuie să depășească următoarele mărimi-limite:

|                                | 1:5000 | 1:2000 | 1:1000 | 1:500 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|-------|
| pe terenurile cu multe clădiri | 4      | 2      | 1,2    | 0,8   |
| pe terenurile fără clădiri     | 6      | 3      | 1,8    | 1,2   |

- lungimea laturilor nu trebuie să depășească 350 *m* și să fie mai scurte de 40 *m* și 20 *m* corespunzător pentru terenurile cu clădiri și fără clădiri;
- între punctele limitrofe trebuie să fie vizibilitate directă pentru măsurarea unghiurilor și condiții favorabile pentru măsurarea laturilor;
- locul de amplasare a punctelor de cotire a drumuirii trebuie să fie ales în așa fel, ca să fie asigurată păstrarea semnului în perioada ridicărilor topografice.

După alegerea poziției punctelor drumuirii cu teodolitul, acestea se fixează pe teren. Marcarea pe teren de regulă se efectuează cu ajutorul semnelor provizorii. Mai des sînt folosite barele și țevile din metal și țărșii din lemn, care se bat în pămînt pînă la nivelul suprafeței terestre. Pentru a-i găsi ușor, alături de ei se instalează un martor, un capăt al

căruia se lasă afară aproximativ de 20-30 cm, pe el scriindu-se denumirea punctului.

2. *Măsurarea unghiurilor drumuirii* se face cu teodolitul, care are precizia de  $30''$ , în două poziții ale lunetei. Diferența dintre valoarea unghiurilor determinate în fiecare semirepriză nu trebuie să depășească  $45''$ .

3. *Măsurarea lungimii laturilor* se face cu panglica de măsurat sau ruleta de oțel în două direcții - înainte și înapoi. Diferența dintre rezultate nu trebuie să depășească 1:2000 din distanța măsurată, iar în cazurile nefavorabile pentru măsurare (arătură, mlaștină ș. a.) - 1:1000.

Pentru excluderea erorilor sistematice, în rezultatele măsurării se introduc corecții pentru comparare, temperatura aparatului de măsurare și reducerea la orizont a liniei.

#### *Calculul drumuirilor cu teodolitul*

Ca date inițiale pentru determinarea coordonatelor punctelor drumuirii servesc unghiurile de direcție  $\alpha_{in}$  ale liniei inițiale și  $\alpha_f$  ale liniei finale, coordonatele  $X_{in}, Y_{in}$  și  $X_f, Y_f$  ale punctelor inițial și final ale drumuirii. După datele inițiale, rezultatele măsurării unghiurilor și lungimii laturilor  $d_i$  se calculează coordonatele punctelor  $X_{in}, Y_{in}$  ale punctelor drumuirii cu teodolitul.

Prelucrarea datelor se face în același mod ca și la drumuirile poligonometrice. Unghiurile de direcție ale laturilor drumuirii se calculează succesiv, începînd cu latura de bază inițială.

$$\alpha_1 = \alpha_{in} - 180^\circ + \beta_1; \quad (12.19)$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 - 180^\circ + \beta_2 = \alpha_{in} - 180^\circ \cdot 2 + \sum_{i=1}^2 \beta_i; \quad (12.20)$$

$$\alpha_{n-1} = \alpha_{in} - 180^\circ (n-1) + \sum_1^{n-1} \beta_i; \quad (12.21)$$

$$\alpha_n = \alpha_{in} - 180^\circ n + \sum_1^n \beta_i, \quad (12.22)$$

unde  $i$  - numărul de unghiuri ale drumuirii.

$$\sum_1^n \beta_i = \alpha_f - \alpha_{in} + 180^\circ n \quad (12.23)$$

Această expresie este justă atunci, cînd unghiurile  $\beta_i$  nu conțin erori. Suma unghiurilor din partea dreaptă a acestei egalități se numește sumă teoretică și se notează prin  $\sum \beta_{teor}$ . Atunci:

$$\sum \beta_{teor} = \alpha_f - \alpha_{in} + 180^\circ n. \quad (12.24)$$

Pentru drumuirea cu teodolitul circulară suma teoretică se determină ca suma unghiurilor interioare într-un poligon:

$$\sum \beta_{teor} = 180^\circ (n - 2). \quad (12.25)$$

Rezultatele măsurărilor totdeauna sînt însoțite de erori, de aceea suma unghiurilor măsurate se deosebește de suma teoretică.

Diferența dintre aceste sume se numește *eroarea unghiulară de închidere a drumuirii*:

$$f_\chi = \sum_{i=1}^n \beta_\beta - \sum_{i=1}^n \beta_{teor} \quad (12.26)$$

Dacă eroarea după mărimea absolută nu depășește toleranța (mărimea admisibilă)

$$|f_\beta| \leq f_{\beta ad},$$

atunci rezultatele măsurărilor nu conțin erori grave și satisfac cerințele față de precizia măsurărilor.

Dacă condiția nu este îndeplinită - măsurarea unghiurilor drumuirii trebuie repetată.

E cunoscut că la măsurarea unghiurilor cu teodolitul cu precizia de  $30''$   $\Delta_{\beta} = 3 \cdot 0,5' = 1,5'$ . Deoarece mărimea erorii este condiționată de acțiunea comună a erorilor sistematice și aleatorii, e necesar a folosi o toleranță mai strictă  $\Delta_{\beta} = 2 \cdot 0,5' = 1'$ , atunci:

$$f_{\beta_{adm}} = 1' \sqrt{n}.$$

Pentru verificarea calculelor sînt folosite formulele:

$$\sum \delta_{\beta} = -f_{\beta} \quad \text{și} \quad \sum \beta_{i_{cor}} = \sum \beta_{teor}.$$

$$\text{unde valoarea corectată a unghiurilor: } \beta_{i_{cor}} = \beta_i + \delta_{\beta}, \quad (12.27)$$

iar

$$\delta_{\beta} = -f_{\beta} / n. \quad (12.28)$$

Mărimile corectate ale unghiurilor sînt folosite pentru calcularea unghiurilor de direcție  $\alpha_i$  ale laturilor drumuirii cu teodolitul. După aceasta, folosind mărimile unghiurilor de direcție  $\alpha_i$  și distanțele reduse la orizont  $d_i$ , se calculează creșterea coordonatelor:

$$\Delta x_i = d_i \cos \alpha_i \quad \text{și} \quad \Delta y_i = d_i \sin \alpha_i. \quad (12.29)$$

Știind coordonatele punctului inițial și creșterea coordonatelor dintre punctele vîrfurilor drumuirii cu teodolitul, se calculează coordonatele punctelor, folosind formulele:

$$X_{n-1} = X_i + \sum_1^{n-2} \Delta x_i; \quad Y_{n-1} = Y_i + \sum_1^{n-2} \Delta y_i; \quad (12.30)$$

$$X_f = X_i + \sum_1^{n-1} \Delta x_i; \quad Y_f = Y_i + \sum_1^{n-1} \Delta y_i \quad (12.31)$$

Din aceste ecuații reiese că:

$$\sum_1^{n-1} \Delta x_i = X_f - X_{in} ; \quad \sum_1^{n-1} \Delta y_i = Y_f - Y_{in} \quad (12.32)$$

Aceste formule sînt juste, cînd creșterea coordonatelor nu conține erori. Din această cauză, suma creșterii coordonatelor se numește sumă teoretică și este notată prin

$$\sum \Delta x_{teor} \quad \text{și} \quad \sum \Delta y_{teor}$$

Prin urmare,

$$\sum \Delta x_{teor} = X_f - X_{in} ; \quad \sum \Delta y_{teor} = Y_f - Y_{in} \quad (12.33)$$

Pentru drumuirea circulară închisă  $X_f = X_{in}$  și  $Y_f = Y_{in}$ , de aceea

$$\sum \Delta x_{teor} = 0 \quad \text{și} \quad \sum \Delta y_{teor} = 0 .$$

Deoarece distanțele reduse la orizont  $d_i$  și unghiurile de direcție  $\alpha_i$  conțin erori, atunci și suma creșterii coordonatelor se va deosebi de suma teoretică corespunzătoare. Diferența acestor mărimi se numește eroarea de închidere pe coordonate:

$$f_x = \sum_1^{n-1} \Delta x_i - \sum \Delta x_{teor} ; \quad f_y = \sum_1^{n-1} \Delta y_i - \sum \Delta y_{teor} . \quad (12.34)$$

Pentru determinarea preciziei este folosită eroarea liniară, a cărei mărime se determină ca ipotenuza triunghiului dreptunghic cu catetele  $f_x$  și  $f_y$ , după formula:

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} . \quad (12.35)$$

Precizia măsurărilor drumuirilor este caracterizată de eroarea de închidere relativă:

$$\frac{f}{P} = \frac{1}{P/f} = \frac{1}{N}, \quad (12.36)$$

unde  $P = \sum_1^{n-1} d_i$  - lungimea perimetrului drumuirii cu teodolitul.

Calitatea măsurărilor drumuirii cu teodolitul se consideră satisfăcătoare, dacă:

$$1/N \leq 1/2000.$$

Dacă eroarea relativă de închidere pe coordonate nu depășește toleranța, atunci erorile  $f_x$  și  $f_y$  se împart la creșterile coordonatelor. Apariția erorilor  $f_x$  și  $f_y$  este condiționată de erorile măsurării lungimii liniilor. Prin urmare, corecția se determină după formula:

$$\delta_{x_i} = -\frac{f_x}{P} d_i \quad \text{și} \quad \delta_{y_i} = -\frac{f_y}{P} d_i \quad (12.37)$$

După aceasta se determină valorile creșterii coordonatelor corectate:

$$\Delta x_{i_{cor}} = \Delta x_i + \delta_{x_i}; \quad \Delta y_{i_{cor}} = \Delta y_i + \delta_{y_i}; \quad (12.38)$$

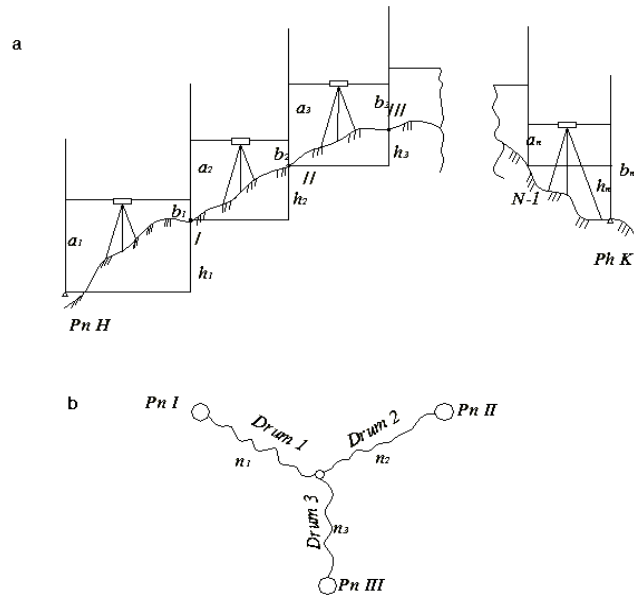
$$X_f = X_{n-1} + \Delta X_{(n-1)_{cor}}; \quad Y_f = Y_{n-1} + \Delta Y_{(n-1)_{cor}}. \quad (12.39)$$

Pentru verificarea calculelor sînt folosite formulele:

$$\sum_1^{n-1} \delta_{x_i} = -f_x; \quad \sum_1^{n-1} \delta_{y_i} = -f_y; \quad (12.40)$$

$$\sum_1^{n-1} \Delta x_{i_{cor}} = \sum \Delta x_{teor}; \quad \sum_1^{n-1} \Delta y_{i_{cor}} = \sum \Delta y_{teor} \quad (12.41)$$

## 12.4. Drumurile de nivelment



**Fig. 61.** Schema drumurii de nivelment:  
a. cu 2 puncte de bază; b. cu 3 puncte de bază și cu punct nodal

Pentru determinarea altitudinilor punctelor rețelei de ridicare sînt trasate drumuri de nivelment. La drumuire succesiv se determină diferențele de nivel  $h_1, h_2, \dots, h_n$ , la stații, cu ajutorul cărora se determină altitudinea punctelor  $I, II, \dots, N-1$  ale drumurii.

### Lucrările de teren

1. **Recunoașterea drumurii de nivelment** se face în timpul recunoașterii drumurii cu teodolitul. O atenție deosebită se atrage la versanții terenului, care au o pantă mare, deoarece în aceste locuri se mărește numărul de stații cu nivelă în timpul drumurii, iar aceasta duce la micșorarea preciziei. Din această cauză la alegerea poziției drumurii laturile cu pantă mare trebuie ocolite.

2. **Măsurarea diferenței de nivel a drumuirii** se face prin metoda nivelmentului geometric.

*Prelucrarea rezultatelor măsurărilor drumuirilor de nivelment*

Ca date inițiale pentru calcularea succesivă a altitudinilor servesc altitudinile  $H_i$  și  $H_f$  ale punctelor inițiale și finale ale drumuirii. După cotele punctelor de bază și diferențele de nivel măsurate  $h_i$  se calculează cotele punctelor drumuirii. Calculele se efectuează succesiv, începînd cu punctul inițial al drumuirii  $R_{pH}$ :

$$H_1 = H_{in} + h_1; \quad (12.42)$$

$$H_{II} = H_I + h_2 = H_{in} + h_1 + h_2 = H_{in} + \sum_1^2 h_i; \quad (12.43)$$

$$H_{n-1} = H_{in} + \sum_1^{n-1} h_i; \quad H_f = H_{in} + \sum_1^n h_i. \quad (12.44)$$

Ultima expresie a sumei este justă pentru cazul cînd toate diferențele de nivel  $h_i$  măsurate nu conțin erori, deci cînd suma diferențelor de nivel este mărimea teoretică  $\sum h_{teor}$ , atunci:

$$\sum h_{teor} = H_f - H_{in}. \quad (12.45)$$

Dacă drumuirea de nivelment este circulară, atunci:

$$H_{in} = H_f \quad \text{și} \quad \sum h_{teor} = 0.$$

Rezultatele măsurării diferenței de nivel totdeauna sînt însoțite de erori. Din această cauză suma diferențelor de nivel măsurate se va deosebi de mărimea teoretică. Diferența dintre aceste două sume se numește *eroarea de închidere pe diferența de nivel a drumuirii*:

$$f_h = \sum_1^n h_i - \sum h_{teor} . \quad (12.46)$$

În calitate de toleranță de obicei se ia mărimea triplă a erorii medii pătratice:

$$f_{h_{adm}} = 3m \sum h = 3m_h \sqrt{n} \quad (12.47)$$

unde  $m$  - eroarea medie patratică,  $n$  - cantitatea stațiilor.

Pentru nivelmentul tehnic mărimea  $3m_h$  este egală cu  $10\text{ mm}$ , de aceea

$$f_{h_{adm}} = \sqrt{n} \times 10\text{mm}$$

Pentru nivelmentul de ordinul IV  $3m_h = 5\text{mm}$  și

$$f_{h_{adm}} = \sqrt{n} \times 5\text{mm}$$

Dacă condiția  $|f_n| \leq f_{h_{adm}}$  este satisfăcută, atunci eroarea se împarte la diferențele de nivel măsurate. Deoarece ele sînt de aceeași precizie, eroarea se împarte egal la toate diferențele de nivel măsurate. Pentru aceasta se calculează corecția:

$$\delta_h = -f_h / n \quad (12.48)$$

și se introduce în rezultatele măsurării:

$$h_{i_{cor}} = h_i + \delta_h \quad (12.49)$$

unde  $h_{i_{cor}}$  - mărimea corectată a diferenței de nivel  $i$ .

Pentru verificarea calculelor se folosesc formulele:

$$\sum \delta_h = -f_h \quad \text{și} \quad \sum_1^n h_{i_{cor}} = \sum h_{teor} . \quad (12.50)$$

Începînd cu punctul  $I$  și folosind mărimile corectate ale diferențelor de nivel, succesiv se determină cotele punctelor drumuirii de nivelment:

$$H_{i+1} = H_i + h_{i_{cor}} \quad (12.51)$$

unde  $H_{i+1}$  și  $H_i$  - cotele punctelor precedent și următor ale drumuirii.

### 13. Ridicarea terenurilor cu construcții

#### 13.1. Date generale

**Ridicare** se numește totalitatea lucrărilor măsurărilor geodezice, efectuate pe suprafața terestră pentru întocmirea planurilor sau hărților.

Ridicarea se numește **planimetrică (orizontală)** dacă după rezultatele măsurărilor pe plan se capătă poziția conturilor terenului, iar dacă se capătă imaginea reliefului — **altimetrică**.

**Topografică** se numește ridicarea în rezultatul căreia se capătă imaginea conturilor și reliefului.

În dependență de scopul final al lucrărilor se alege scara ridicărilor. Pentru elaborarea desenelor de execuție a construcției, se aleg scările mari 1:500, 1:1000. Dacă sînt necesare date generale despre teritoriul cu o suprafață foarte mare, atunci sînt folosite scările mici 1: 10 000, 1: 25 000 ș. a. m. d.

De scară depinde precizia reprezentării elementelor terenului pe planuri și hărți. De exemplu, precizia planului la scara 1:500 este caracterizată de mărimea  $t = 0,1mm \cdot 500 = 0,05m$ , iar a hărții la scara 1:25000=2,5 m.

Instrucțiunea pentru lucrările topografice admite eroarea medie de reprezentare a obiectelor pînă la 0,5 mm față de punctete cele mai apropiate ale rețelei de ridicare. În regiunile muntoase și împădurite această mărime este mărită pînă la 0,7 mm.

Alegerea echidistanței curbelor de nivel depinde de scara ridicării și caracterul terenului.

Deosebim următoarele feluri de ridicări.

a) *Ridicarea cu teodolitul* se efectuează cu ajutorul teodolitului și dispozitivului de măsurat distanțele - panglicile de oțel, ruletele.

b) *Ridicarea tahimetrică* se efectuează cu ajutorul teodolitului-tahimetru.

c) *Ridicarea cu fototeodolitul* se efectuează cu ajutorul fototeodolitului, în care în loc de lunetă este instalat aparatul de fotografiat.

d) *Ridicarea aeriană* se efectuează cu ajutorul aparatului de fotografiat, instalat pe avioane.

e) *Ridicarea topografică* a suprafețelor prin metoda pătratelor, utilizând nivela și teodolitul.

### 13.2. Ridicarea planimetrică

Ridicarea planimetrică a teritoriilor, pe care sînt amplasate clădiri, la scara 1:500, 1:100 și 1:2000 se efectuează prin ridicarea fațadei posterioare a clădirilor și situației trecerilor, apoi ridicarea interiorului cartierelor. În timpul ridicărilor, cu ajutorul măsurărilor efectuate pe teren, se determină poziția punctelor caracteristice ale situației (colțurile clădirilor, cotirea drumurilor ș. a.). Mai apoi, prin construcții grafice pe o foaie de hîrtie (plan), se capătă imaginea acestor puncte și se desenează situația în semnele convenționale.

Se deosebesc următoarele metode de ridicare a situației:

a) *Metoda perpendicularelor*

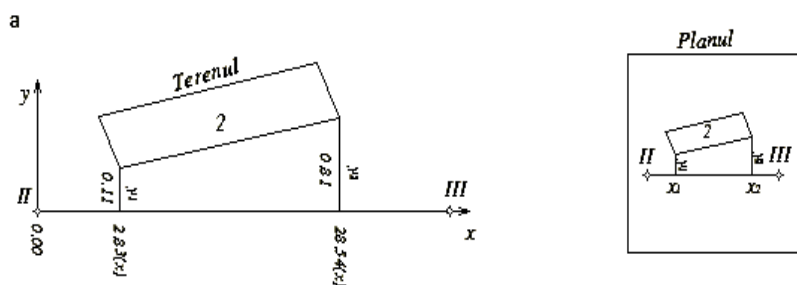


Fig. 62. Ridicarea planimetrică prin metoda perpendicularelor

La această metodă dispozitivul de măsurare se așază pe aliniamentul laturii drumuirii cu teodolitul și din punctele caracteristice ale situației se duc perpendiculare pe latura drumuirii (fig.62). Se determină distanța de la punctul II al drumuirii pînă la punctul de intersecție cu perpendiculara (abscisa  $x$ ) și se măsoară lungimea perpendicularei (ordonata  $y$ ).

Cu ajutorul echerului se construiește perpendiculara și se depune ordonata  $y$ .

Punctele obținute se unesc și se capătă pe plan imaginea fațadei clădirii.

Pentru asigurarea preciziei se limitează distanțele dintre punctele pe aliniament și lungimea perpendicularelor după scara ridicării.

#### b) Metoda coordonatelor polare

La această metodă în calitate de axă polară este acceptată latura drumuirii cu teodolitul. Poziția punctului ridicat este determinată de unghiul polar  $\beta$  și distanța polară  $d$  (fig.63).

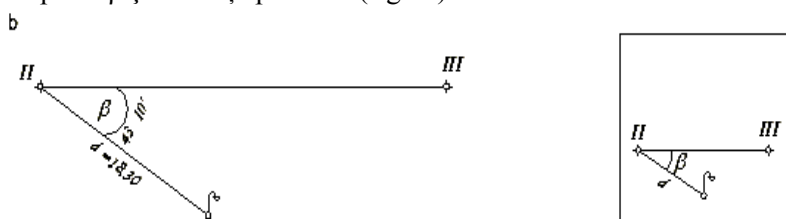


Fig. 63. Ridicarea planimetrică prin metoda coordonatelor polare

Pentru construirea punctelor, pe plan cu ajutorul raportorului se depune direcția spre punct față de linia II-III, care numeric este egală cu unghiul polar  $\beta$ . Pe direcția căpătată de la punctul II la scara dată se depune distanța  $d$ .

Pentru asigurarea preciziei de ridicare se limitează distanța polară după scara ridicării. De exemplu la măsurarea cu panglica

M 1:500, atunci  $d_{\max}=120$  m

M 1:1000, atunci  $d_{\max}=180$  m

M 1:2000, atunci  $d_{\max}=250$  m

c) *Metoda intersecțiilor unghiulare*

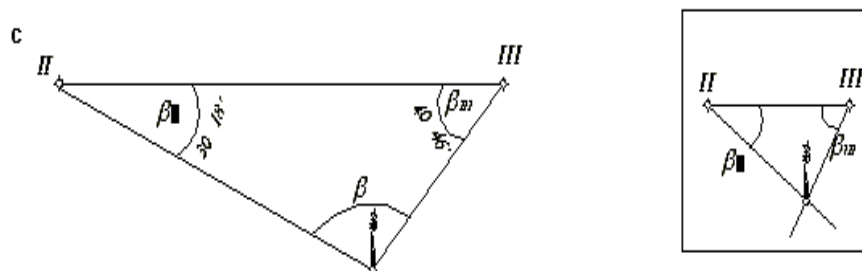


Fig. 64. Ridicarea planimetrică prin metoda intersecțiilor unghiulare

La această metodă, pentru ridicarea punctului caracteristic al situației, teodolitul se instalează succesiv în două puncte ale drumuirii și se măsoară unghiurile cuprinse între latura drumuirii și direcția spre obiect.

Pentru construirea punctului, pe plan cu ajutorul raportorului se depun din punctele drumuirii cu teodolitul unghiurile  $\beta_{II}$  și  $\beta_{III}$ , se desenează direcțiile căpătate și la intersecția direcțiilor se obține poziția punctului (fig.64).

Pentru asigurarea preciziei de ridicare trebuie ca unghiul sa fie  $\beta \approx 90^\circ$  sau să se afle în limitele de la 30 până la  $90^\circ$ .

d) *Metoda intersecțiilor liniare*

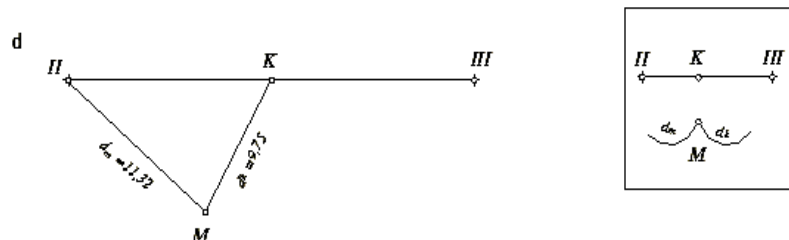


Fig. 65. Ridicarea planimetrica prin metoda intersecțiilor liniare

Se măsoară distanțele de la două puncte ale rețelei planimetrice pînă la punctul ridicat.

Pe plan cu arcu se depun distanțele măsurate și la intersecția lor se află punctul  $M$ . Mai favorabilă se consideră intersecția liniară cu distanțe egale  $d_H = d_K = d$  (fig.65).

Metoda intersecțiilor liniare este folosită pentru ridicarea conturilor clare. Lungimea liniilor de intersecție mai mari decît lungimea dispozitivului de măsurat se folosește rar.

Rezultatele se înscriu pe schiță. *Schița* este desenul schematic, pe care se arată conturul obiectelor amplasate pe teren și rezultatele măsurărilor efectuate în timpul ridicărilor.

#### e) *Ridicarea altimetrică*

Ridicarea altimetrică are ca scop reprezentarea reliefului pe planurile întocmite după rezultatele ridicării planimetrice. Pe terenurile construite relieful se reprezintă cu ajutorul curbelor de nivel în combinație cu cotele. Cotele punctelor caracteristice ale reliefului se determină prin nivelmentul trigonometric.

Poziția punctelor se fixează pe schiță, iar rezultatele nivelmentului se înregistrează în carnet.

La ridicarea altimetrică a părților teritoriului orașului, pe care sînt amplasate construcții, se folosește *ridicarea tahimetrică*. Atunci cînd pe teritoriul orașului nu sînt amplasate construcții, utilizăm *ridicarea topografică* a suprafețelor prin metoda pătratelor.

## **14 . Ridicarea terenurilor fără clădiri.**

### **Ridicarea tahimetrică**

#### **14.1. Principiul ridicării tahimetrice**

"Tahis" înseamnă repede. Respectiv ridicări tahimetrice înseamnă ridicări rapide.

Ridicările sînt rapide atunci cînd distanțele se măsoară pe cale indirectă (tahimetric) și cînd în același parcurs se efectuează atît ridicarea planimetrică, cît și cea altimetrică a punctelor.

Poziția planimetrică a punctelor caracteristice ale terenului se determină prin metoda polară, iar cea altimetrică - a nivelmentului trigonometric. Distanța se măsoară cu ajutorul stadimetrului cu fire reticulare, iar unghiurile orizontale și de înclinație - cu teodolitul.

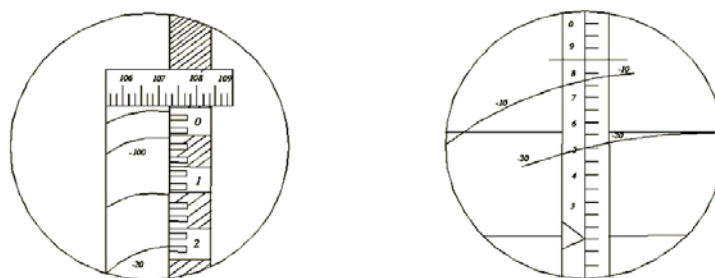
Poziția planimetrică și altimetrică a punctelor la ridicarea tahimetrică se determină cu o precizie mai mică decât la ridicări planimetrice și altimetrice. Din această cauză ea este folosită la ridicarea teritoriilor pe care nu sînt amplasate clădiri, la care cerințele față de precizie sînt mai mici. Pentru asigurarea preciziei ridicării distanța pînă la pichete și distanța maximă dintre ele este reglementată de instrucțiunile pentru efectuarea lucrărilor topografo-geodezice.

#### 14.2. Aparare pentru ridicarea tahimetrică

Pentru efectuarea ridicării tahimetrice sînt utilizate teodolitele-tahimetre, cu alte cuvinte, teodolitele, echipate cu cerc vertical, dispozitiv pentru măsurarea distanțelor și declinator magnetic pentru orientarea limbului.

##### *Tahimetrul autoreductor TN (TA-2)*

Particularitatea distinctivă a TN este echiparea lui cu șurub pentru schimbarea poziției limbului cercului orizontal și dispozitiv în formă de nomogramă pentru determinarea automată a diferențelor de nivel și distanțelor reduse la orizont. Acest dispozitiv este alcătuit din diagrame încrustate pe cercul vertical, care este fabricat din sticlă, și fixat imobil în montura cercului vertical. La rotirea lunetei acest cerc rămîne imobil, iar în câmpul vizual al lunetei lîngă reperul de lectură apar diferite părți ale lui.



**Fig. 66.** Câmpul vizual:  
a. al lunetei tahimetrului autoreductor TN(TA-2); b. al tahimetrului Dahlta

Nomograma este alcătuită din firul reticular principal, firul reticular al distanței, firele reticulare ale diferențelor de nivel cu coeficienții 10, 20, 100 și -10, -20, -100. Pe figură se văd firele reticulare ale diferențelor de nivel 1 și 4 cu coeficienții -20, -100.

Pentru determinarea distanțelor reduse la orizont și diferențelor de nivel se întrebuințează mirele pliante de 4 m cu partea de jos telescopică, care se instalează în timpul măsurărilor la înălțimea teodolitului. La efectuarea măsurărilor, marginea din dreapta a plăcii argintii se orientează spre marginea din stînga a mirei și se suprapune imaginea firului reticular de bază cu zero de pe miră. După firul reticular al distanțelor se citește lectura  $n=16,5$ . Coeficientul stadimetrului  $K=100$ .

În acest caz distanța redusă la orizont a liniei măsurate va fi:

$$d = Kn = 100 \cdot 16,5 \text{ cm} = 16,5 \text{ m}.$$

Pentru determinarea diferenței de nivel se citește lectura după firele reticulare ale diferențelor de nivel, iar lecturile se înmulțesc cu coeficienții citiți de sub firele reticulare. De exemplu:

$$h = 0,263 \cdot (-20) = -5,26 \text{ m}; \quad h = 0,053 \cdot (-100) = -5,30 \text{ m}.$$

Unghiurile verticale se citesc după scară cu ajutorul reperului. Când cercul vertical este din stînga, lectura va fi  $CS_v = 107^\circ 16'$ . La acest aparat, când luneta ocupă poziție orizontală, lectura pe cercul vertical va fi  $LO_v = 90^\circ$ . Unghiul de înclinație în acest caz se calculează după formula:

$$\nu = LO_v - CS_v = CD_v - 180^\circ - LO_v \quad (14.1)$$

Pentru exemplul cercetat  $\nu = 90^\circ - 107^\circ 16' = -17^\circ 16'$ .

### 14.3. Efectuarea ridicării tahimetrice cu teodolitul 2T30

*Scopul ridicării* - întocmirea planului topografic.

Ordinea de lucru la stație:

- fixarea pe teren a punctelor de bază;
- stabilirea teodolitului în poziție de lucru;
- determinarea locului zero pe cercul vertical;
- efectuarea ridicării tahimetrice.

Ridicarea tahimetrică se efectuează din punctele de bază. La început teodolitul se stabilește în poziția de lucru în punctul de bază cu ajutorul șuruburilor de calare:

Axa nivelei torice se stabilește paralel celor două șuruburi de calare și bula cu aer a nivelei se aduce în punctul zero, apoi se rotește alidada cu nivela la 90° și cu ajutorul șurubului al treilea se aduce din nou bula cu aer la punctul zero. Acțiunea se repetă de câteva ori. Pentru determinarea LO luneta se vizează la punctul de pe teren și se citește lectura de pe cercul vertical (la situarea cercului vertical din dreapta). Apoi luneta se rotește peste zenit, se orientează spre același punct și se citește lectura pe cercul vertical.

Locul zero se determină după formula:

$$LO = \frac{CD_v + CS_v}{2} \quad (14.2)$$

În care : CD<sub>v</sub> - lectura de pe cercul vertical din dreapta, CS<sub>v</sub> - din stînga, v - unghi de înclinație.

$$v = CS - LO = LO - CD \quad (14.3)$$

Înălțimea teodolitolui o măsurăm cu ajutorul mirei.

La ridicarea situației în calitate de puncte caracteristice sînt folosite punctele colțurilor contururilor. De exemplu, pentru ridicarea graniței tufarilor sînt luate punctele de cotire ale conturului 11, 12, 13 și 1 (fig.67, a).

Înainte a începe măsurările, la stație se întocmește desenul schematic (schița), pe care se marchează elementele situației și se arată punctele de pichet.

Pe planuri se reprezintă punctele rețelelor geodezice, construcțiile, clădirile și structurile, rețeaua rutieră, hidrografia și construcțiile hidrotehnice, ieșirile comunicațiilor subterane, liniile de telecomunicații și transport, a energiei electrice, loturile de lîngă casă, grădinițele, fișiile de izolare, trotuarele ș. a.

La ridicarea reliefului o atenție deosebită trebuie acordată alegerii poziției punctelor de pichet. Pe dealuri punctele de pichet se amplasează în vîrf și de-a lungul tălpii; în gropi - la fund și pe margine; pe bot de deal și văi - pe liniile de cumpănă și scurgere a apei.

Punctele de pichet 2 și 10 sînt instalate pe vîrfurile dealurilor, punctele 1, 13, 14 și 15 sînt amplasate la talpa dealurilor, iar punctele 7 și 12 împart versanții 10-14 și 10-5 pe sectoarele 10-7, 7-5 și 10-12, 12-14 cu pante omogene.

Odată cu determinarea altitudinii punctelor de pichet se desenează schița ridicării (fig.67, b). Pe schiță, în afară de denumirea punctelor de pichet, număidecît se arată prin săgeți direcția și sectoarele cu pantă omogenă.

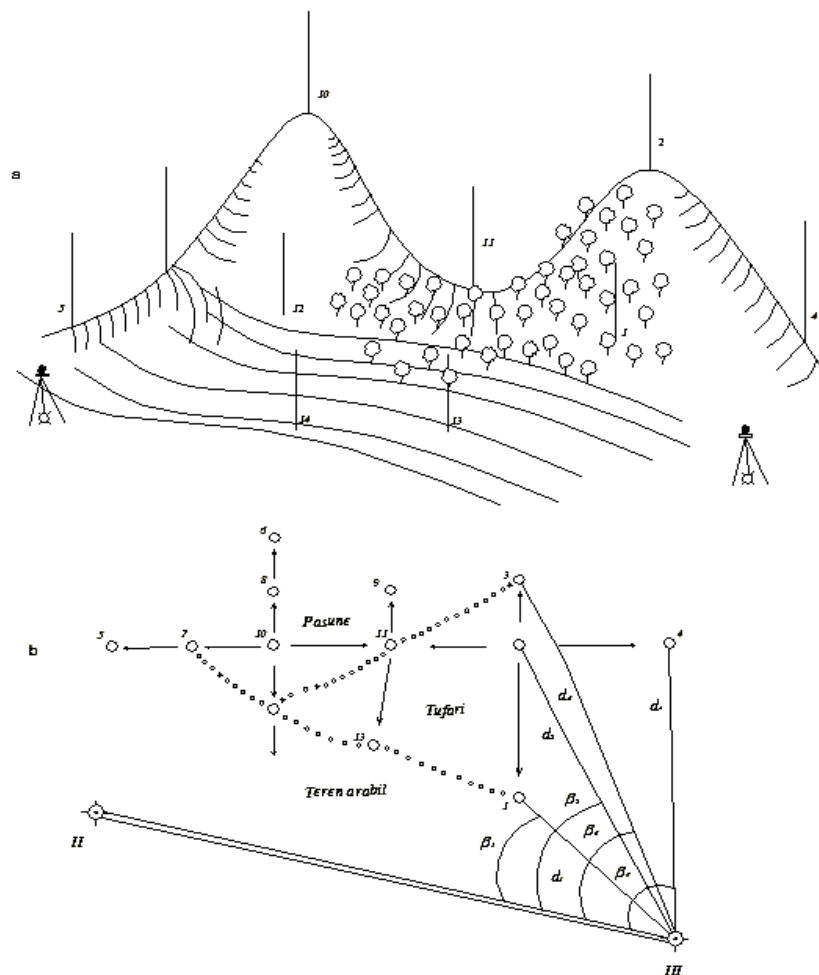
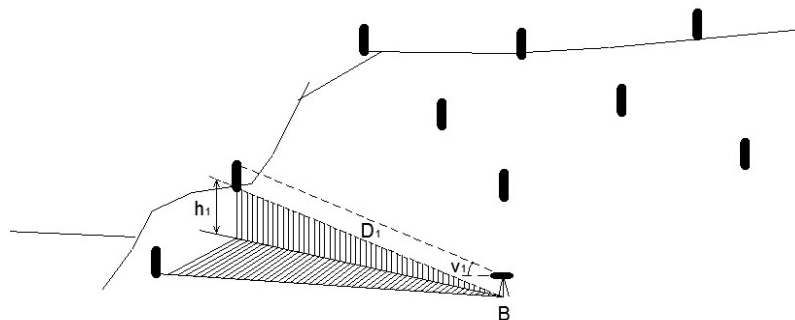


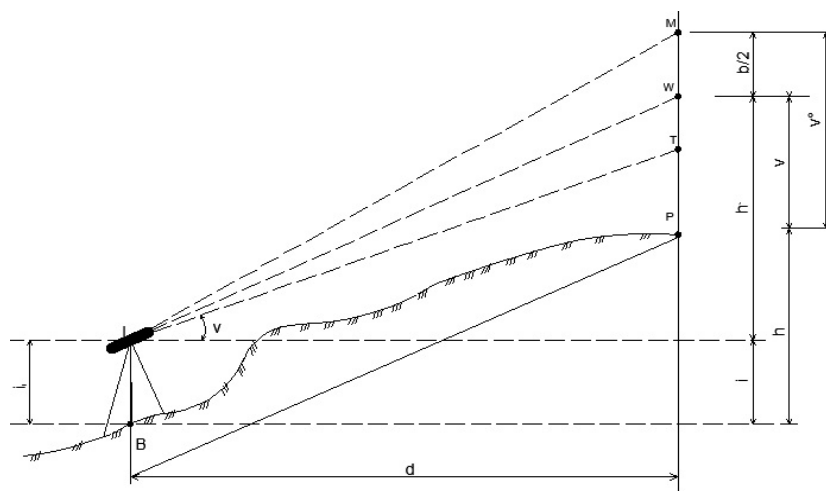
Fig. 67. Ridicarea tahimetrică: a. înfățișarea terenului; b. schiță

Toate rezultatele măsurărilor în timpul ridicărilor se înregistrează în carnetul ridicării tahimetrice (tab.7). Tot în el se înregistrează și rezultatele calculării distanțelor reduse la orizont, unghiurilor de înclinație, diferențelor de nivel, cotelor punctelor de pichet.



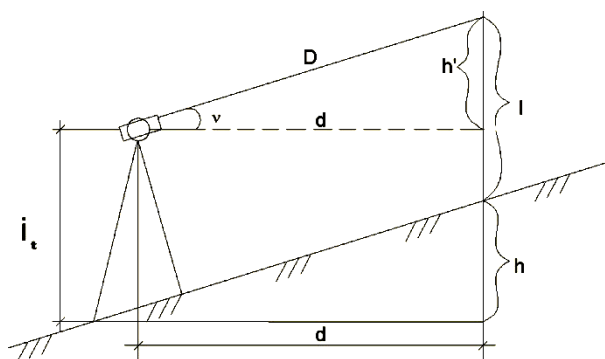
**Fig. 68.** Schema ridicării tahimetrice

$D_1$  - distanța redusă la orizont  
 $v_1$  - unghiul de înclinație  
 $h_1$  - diferența de nivel



**Fig. 69.** Nivelmentul trigonometric

### *Formule tahimetriche*



**Fig. 70.**

$$h^f = \frac{Df}{2} \times \sin 2v \quad (14.4)$$

$$h+l=d\times tgv+i_z \quad (14.5)$$

$$h = d \times \text{tg} v + i_t - l \quad (14.6)$$

$$d = (kn + c) \times \cos^2 \nu \quad (14.7)$$

unde  $k$  - coeficientul stadimetrului,  $k=100$ ,

c - constanta stadimetrului

n - numărul centimetrelor pe miră

Înlocuim  $d$  în formula de mai sus și obținem:

$$h = (kn + c) \times \cos^2 v \times \operatorname{tg} v + i_t - l \quad (14.8)$$

$$h = \frac{1}{2} (ku + v) \times \sin 2v + i_t - l \quad (14.9)$$

Dacă vizăm pe miră înălțimea  $i_t$ , atunci  $i_t = t$

$$h = h' = \frac{1}{2}(kn + c) \times \sin 2v \quad (14.10)$$

Datele  $d$  și  $h'$  se iau din tabelele tahimetrice după argumentele  $D$  și  $v$ .

**Tabelul 7. Carnetul ridicării tahimetrice**

| Operator:                                             |                      |           |           |                       |               | Data: |                         |    |                                                |                                 |                          | Calculator:                       |           |        |            |    |
|-------------------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------------------|---------------|-------|-------------------------|----|------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------|--------|------------|----|
| Descrierea punctului                                  | Lecturi              |           |           |                       | Locul zero LO |       | Unghiul de înclinație v |    | Distanța redusă la orizont<br>$d=P\cos^2 v, m$ | $K' = \frac{1}{2} P \sin 2v, m$ | Înălțimea de vizare i, m | Diferența de nivel<br>$h=h'+i, m$ | Cota H, m |        | Observații |    |
|                                                       | Pe cercul            |           | a stației | a punctului de pichet |               |       |                         |    |                                                |                                 |                          |                                   |           |        |            |    |
|                                                       |                      |           |           |                       |               |       |                         |    |                                                |                                 |                          |                                   |           |        |            |    |
|                                                       | Pe mira<br>$D=K_n+C$ | orizontal |           | vertical              |               | 0     | 1                       | 0  |                                                |                                 |                          |                                   | 1         |        |            |    |
| 0                                                     |                      | 1         | 0         | 1                     | 0             | 1     | 0                       | 1  |                                                |                                 |                          |                                   |           |        |            |    |
| 1                                                     | 2                    | 3         |           | 4                     |               | 5     |                         | 6  |                                                | 7                               | 8                        | 9                                 | 10        | 11     | 12         | 13 |
| Stația 1, orientarea la stația 2; $i_1=1,46\text{ m}$ |                      |           |           |                       |               |       |                         |    |                                                |                                 |                          |                                   |           |        |            |    |
| Punctul de pe casă (antena)                           |                      |           |           | CS<br>3               | 17            | -0    | 0,05                    |    |                                                |                                 |                          |                                   |           | 152,55 |            |    |
|                                                       |                      |           |           | CD<br>-3              | 18            |       |                         |    |                                                |                                 |                          |                                   |           |        |            |    |
| Punctul 2 a drumuirii cu teodolitul                   | -                    | 0         | 0         | -                     | -             | -     | -                       | -  | -                                              | -                               |                          |                                   |           |        |            |    |
| 1                                                     | 26,6                 | 28        | 35        | 1                     | 14            | 0     | 0                       | +1 | 14                                             | 26,6                            | +0,57                    | $l=i_1$                           | +0,57     | -      | 153,12     |    |
| 2                                                     | 25,0                 | 61        | 45        | 2                     | 23            | 0     | 0                       | +2 | 23                                             | 25,0                            | +1,04                    | $l=i_1$                           | +1,04     |        | 153,59     |    |
| 3                                                     | 20,1                 | 110       | 0         | 3                     | 02            | 0     | 0                       | +3 | 02                                             | 20,0                            | +1,06                    | $l=i_1$                           | +1,06     |        | 153,61     |    |
| Punctul 2 a drumuirii cu teodolitul                   | -                    | 0         | 0         | -                     | -             | -     | -                       | -  | -                                              | -                               | -                        | -                                 | -         | -      | -          |    |

#### 14.4. Prelucrarea în birou a materialelor ridicării tahimetrice

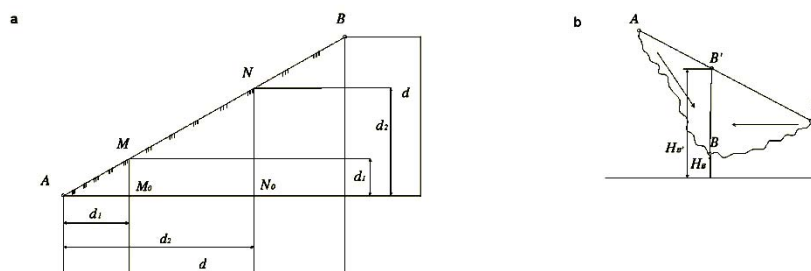
La prelucrarea în birou se verifică carnetul ridicării tahimetrice și se corectează erorile calculelor.

Prelucrarea grafică a materialelor ridicării începe cu construirea caroiajului geometric cu latura de 100 mm. După mărimea coordonatelor rectangulare pe plan se depun punctele rețelei de ridicare și se scriu denumirile și cotele lor.

Punctele de pichet se depun pe plan după mărimea unghiurilor polare și distanțelor polare reduse la orizont. Unghiurile polare se depun cu raportorul, iar distanțele - cu ajutorul distanțierului și scării gradate transversal. Lângă punctele de pichet se scrie numărul lor și cotele. După punctele de cotire a conturilor, în corespundere cu schița, se desenează

contururile, iar obiectele terenului se notează prin semnele topografice convenționale.

După construirea situației se trece la reprezentarea reliefului. Pentru aceasta, pe liniile versanților cu panta omogenă se efectuează interpolarea. **Interpolare** înseamnă procesul de determinare a mărimii punctelor intermediare.



**Fig. 71.** Schema interpolării altitudinilor:  
a. versant uniform; b. versant neuniform

În cazul nostru după altitudinile cunoscute ale punctelor  $A$  și  $B$  și distanța  $d$  dintre ele se determină mărimile distanțelor  $d_1$  și  $d_2$  de la punctul  $A$  pînă la punctele  $M$  și  $N$  cu cotele  $H_M$  și  $H_N$  cunoscute și egale cu cotele curbelor de nivel. Din asemănarea triunghiurilor  $ABB_0$ ,  $AMM_0$  și  $ANN_0$ :

$$d_1 = \frac{h_1}{h} d \quad \text{și} \quad d_2 = \frac{h_2}{h} d, \quad (14.11)$$

$$\text{unde } h = H_B - H_A; \quad h_1 = H_M - H_A \quad \text{și} \quad h_2 = H_N - H_A. \quad (14.12)$$

Pe plan se depun segmentele  $d_1$ ,  $d_2$  și se capătă punctele  $M$ ,  $N$ , lîngă care se înscriu cotele lor (fig.71, a). Interpolarea se face pe toate sectoarele cu panta uniformă și se capătă un șir de puncte, care aparțin curbelor de nivel. Punctele cu aceleași cote se unesc cu curbe continue, căpătînd în așa mod imaginea curbelor de nivel.

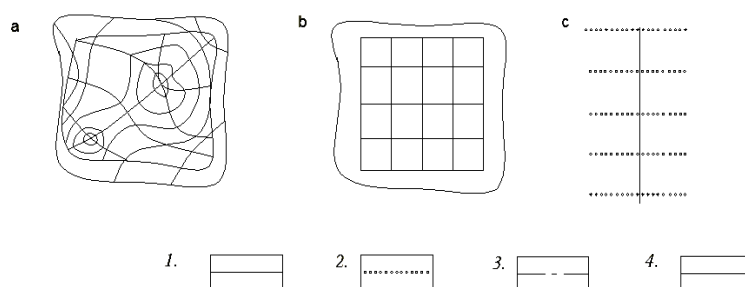
Interpolarea se face numai pe liniile cu pantă uniformă. Figura 71, b ilustrează cazul de interpolare incorectă. Dacă vom face interpolarea

între punctele  $A$  și  $C$ , atunci în loc de poziția reală a punctului  $B$  vom căpăta punctul  $B'$ , prin urmare, în loc de altitudinea  $H_B$  - altitudinea  $H_{B'}$ .

Prelucrarea grafică se finalizează cu prezentarea planului. Planul se desenează, folosind semnele convenționale, se construiește cadrul și se prezintă elementele lui numerice și explicative.

## 15. Nivelmentul suprafețelor

Ridicările topografice la scara 1:500, 1:2000 și 1:1000 prin nivelmentul suprafețelor se face pe terenurile cu relieful exprimat slab sau când cerințele față de precizia ridicării punctelor reliefului și determinării cotelor lor sînt foarte ridicate. Aceste lucrări sînt folosite la proiectarea sistemelor de hidroameliorare, înălțarea clădirilor industriale și civile, amenajarea teritoriului ș. a. m. d.



**Fig. 72.** Metodele de nivelment al suprafețelor:

- a. după liniile caracteristice ale reliefului; b. după figurile geometrice regulate;
- c. drumuirile de nivelment cu linii transversale: 1-drumuirea de nivelment; 2-linia transversală; 3-granița sectorului; 4-curbele de nivel

Nivelmentul suprafețelor se efectuează prin 3 metode:

- a) Trasarea drumuirilor prin punctele caracteristice amplasate pe liniile reliefului și profilurilor transversale;
- b) Construirea pe teren a figurilor geometrice regulate, care formează o rețea continuă pe suprafața teritoriului ridicat;
- c) Combinarea metodelor numite mai sus.

Prin *prima metodă*, relieful este reprezentat pe plan, mai precis și mai clar, cu ajutorul curbelor de nivel, deoarece sînt luate în considerație formele lui principale. Fiindcă punctele de pichet sînt alese argumentat, se micșorează foarte mult volumul lucrărilor de teren și al calculelor. Metoda se folosește pentru ridicarea terenurilor cu formele de relief clare.

*Metoda a doua* este mai complicată și redă slab formele reliefului. Această metodă se folosește pe terenurile cu formele de relief slab exprimate sau terenurile acoperite cu tufari.

Construirea pe teren a figurilor geometrice se face după principii de la general la particular. Mai întîi se construiește conturul exterior al caroiajului (poligonul), iar pe urmă - caroiajul figurilor mari cu laturile de 200-400 *m*, după aceasta fiecare figură se împarte în figuri mai mici cu laturile de 40 *m* pentru ridicarea la scările 1:500 și 1:1000.

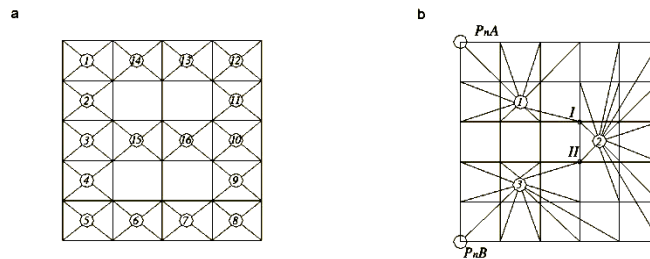
La nivelmentul suprafețelor, drumuirile amplasate paralel se unesc între ele cu drumuri transversale, amplasate peste 1000 *m* pentru ridicarea la scara 1:2000 și 600 *m* - la scara 1:500 și 1:1000.

Perpendicular pe direcția drumuirii de nivelment se construiesc linii transversale. Pe liniile transversale se marchează punctele cu intervalul de 40 *m* pentru scara 1:2000 și 20 *m* - pentru ridicările la scările 1:500, 1:1000. În afară de aceste puncte, pe teren se marchează punctele în care panta își schimbă mărimea (punctele cu plus).

Odată cu trasarea punctelor drumuirii de nivelment și liniilor transversale, cu ajutorul panglicii de oțel sau a ruletei și echerului topografic, se efectuează ridicarea situației prin metodele analogice ridicării planimetrice a terenurilor cu clădiri. Rezultatele măsurărilor se înscriu în carnetul de pichetaj special sau pe schiță.

Pe laturile figurii principale se trasează drumuirile cu teodolitul și de nivelment tehnic. Erorile de închidere a drumuirilor se limitează de mărimile prevăzute pentru rețelele de ridicare.

Nivelmentul figurilor cu laturile de 100 și 200 *m* se face aparte. Nivela se instalează aproximativ în mijlocul figurii și se citesc lecturile pe partea neagră a mirei, care se instalează succesiv în vîrfurile figurilor mici și ale punctelor cu plus. Lecturile se înregistrează pe schema figurii (73, a).



**Fig. 73.** Nivelmentul figurilor:  
a. cu laturi mari; b. cu laturi mici

Justețea lecturilor citite pe miră se controlează prin metoda comparării diferenței lecturilor la stațiile vecine

$$a_1 - a_2 = b_1 - b_2, \quad (15.1)$$

unde  $a_1$  și  $a_2$  - lecturile pe primul vîrf al figurilor cu latura comună;  $b_1$  și  $b_2$  - lecturile citite în vîrfurile al doilea al figurii cu latura comună.

Nivelmentul figurilor cu laturile de 20 și 40 m se face folosind punctele intermediare. Pe fig.73, b prin linie continuă este arătată drumuirea de nivelment  $PnA-I-II-PnB$ , efectuată din punctele de stațiune 1, 2 și 3. Prin linii punctate sînt arătate direcțiile la punctele intermediare.

Prelucrarea materialelor de nivelment ale suprafețelor începe cu calcularea coordonatelor și cotelor punctelor drumuirii principale (poligonului). Calculele se fac ca la întocmirea rețelelor de ridicare. Cotele punctelor poligonului principal sînt folosite ca cotele punctelor de sprijin pentru calculul cotelor vîrfurilor figurilor mai mici. Lucrările de nivelment ale suprafețelor se termină cu întocmirea și prezentarea planului topografic al teritoriului.

Exemplu: Sînt date rezultatele nivelmentului pe pătrate cu laturile de 20 m.

- 1) Carnetul de nivelment al drumuirii Rp1-Rp2 (tab.8).
- 2) Schița și schema nivelmentului suprafeței de pătrate (fig.74)

|         |   |                          |                          |             |                          |             |
|---------|---|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|         |   | I                        | II                       | III         |                          |             |
|         |   | 2430                     | 0370                     | 1580        |                          |             |
|         |   | <u>7220</u>              | <u>5160</u>              | <u>6370</u> |                          |             |
|         |   | 4790                     | 4790                     | 4790        |                          |             |
| 4       |   | 128,81                   | 30,87                    | 130,28      |                          |             |
|         |   | I                        | I                        | II          | II                       |             |
|         |   | 2300                     | 0511                     | 1300        | 1820                     |             |
|         |   | <u>7070</u>              | <u>5297</u>              | <u>6090</u> | <u>6610</u>              |             |
|         |   | 4770                     | 4786                     | 4790        | 4790                     |             |
| 3       |   | 128,95                   | 130,73                   | 130,56      | 130,04                   |             |
| © Rp1   |   | □St. I                   | St. II□                  |             |                          |             |
| 129,386 |   | H <sub>vn</sub> =131,243 | H <sub>vn</sub> =131,859 |             |                          |             |
|         |   | H <sub>vr</sub> =136,029 | H <sub>vr</sub> =136,643 |             |                          |             |
|         |   | I                        | I                        | II          | III                      | II          |
|         |   | 2200                     | 0560                     | 1560        | 1243                     | 2040        |
|         |   | <u>6990</u>              | <u>5350</u>              | <u>6348</u> | <u>6027</u>              | <u>6830</u> |
|         |   | 4790                     | 4790                     | 4788        | 4784                     | 4790        |
| 2       |   | 129,04                   | 130,68                   | 130,29      | 129,82                   |             |
|         |   | I                        | I                        | II          | □St. III                 | © Rp2       |
|         |   | 2570                     | 1330                     | 1110        | H <sub>vn</sub> =131,542 | 130,014     |
|         |   | <u>7360</u>              | <u>6120</u>              | <u>5900</u> | H <sub>vr</sub> =136,386 |             |
|         |   | 4790                     | 4790                     | 4790        |                          |             |
| 1       |   | 128,67                   | 129,91                   | 130,75      |                          |             |
|         | A |                          | B                        | C           |                          | D           |

Fig. 74. Schema nivelmentului pe pătrate

#### Planul de lucru:

- 1) Se calculează cotele punctelor drumirii de nivelment.
- 2) Pe schema de nivelment se înscriu cotele punctului B3 și C2.

Pentru fiecare stație se calculează cota axei de vizare a aparatului pentru lecturile citite pe partea roșie și neagră.

**Tabelul 8. Carnet de nivelment**

| Nr. st.                     | Nr. punctului | Lecturi pe miră mm |                      | Diferența de nivel, mm | Diferența de nivel medie, mm | Diferența de nivel corect. | Cota, m |
|-----------------------------|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|------------------------------|----------------------------|---------|
|                             |               | din urmă           | dinainte             |                        |                              |                            |         |
| 1                           | 2             | 3                  | 4                    | 5                      | 6                            | 7                          | 8       |
| I                           | Rp1           | 6640               |                      | +1343                  | +2<br>+1344                  | +1346                      | 129,386 |
|                             | B3            | 1856               |                      |                        |                              |                            | 130,732 |
|                             |               | 4784               |                      |                        |                              |                            |         |
|                             |               |                    | 5297<br>0511<br>4786 | +1345                  |                              |                            |         |
| II                          | B3            | 5911               |                      | -0437                  | +2<br>-0435                  | -0433                      | 130,299 |
|                             | C2            | 1127               |                      |                        |                              |                            |         |
|                             |               | 4784               |                      |                        |                              |                            |         |
|                             |               |                    | 6384<br>1560<br>4788 | 0433                   |                              |                            |         |
| III                         | C2            | 6027               |                      | -0286                  | +1<br>-0286                  | -0285                      | 130,014 |
|                             | Rp2           | 1243               |                      |                        |                              |                            |         |
|                             |               | 4784               |                      |                        |                              |                            |         |
|                             |               |                    | 6313<br>1529<br>4784 | 0286                   |                              |                            |         |
| Contro-<br>lul pe<br>pagină | Suma          | 22804              | 21558                | +1246                  | +0623                        | +0628                      |         |

$$\sum h_{med} - \sum h_{cor} = f_n = -5mm$$

$$fh_{ad} = 10\sqrt{3} = 17mm$$

Exemplu:

Pentru stația I:

$$H_{Vn} = 130,732 + 0,511 = 131,243 \text{ m}$$

$$H_{Vr} = 130,732 + 5,297 = 136,029 \text{ m}$$

Pentru verificare se determină cota axei de vizare conform Rp1.

$$H_{Vn}=129,386+1,856=131,242 \text{ m}$$

$$H_{Vr}=129,386+6,640=136,026 \text{ m}$$

3) Cotele punctelor vîrfurilor pătratelor se determină prin metoda axei de vizare.

$$H_{B4n}=131,243-0,370=130,873 \approx 130,87\text{m}$$

$$H_{B4r}=136,029-5,160=130,869 \approx 130,87\text{m}$$

Se admite o abatere de 1-2 cm între partea roșie și neagră și se ia media lor.

Cotele unor puncte pot fi calculate de două ori: din stația I în stația II.

## **Partea a doua**

### **TOPOGRAFIA APLICATĂ ÎN CONSTRUCȚII**

#### **16. Lucrări topografice pentru studii ingineresti**

### 16.1. Noțiuni generale

*Studiu* – complex de cercetări economice, tehnice și științifice ale raionului plănuit pentru construcții, efectuat în scopul obținerii datelor necesare pentru soluționarea principalelor chestii de proiectare, construcție și exploatare a construcțiilor.

*Studiile ingineresti* se fac în trei etape: perioada de pregătire, de câmp și de birou.

În **perioada de pregătire** se adună și se studiază datele necesare despre obiectul studiat, trasându-se măsurile de organizare și efectuare a lucrărilor de studiu. În **perioada de câmp**, în afară de lucrările de teren, se efectuează și o parte din **lucrările de birou** și de laborator, necesare pentru asigurarea continuă a procesului studiilor de câmp și verificarea complexității și preciziei lucrărilor de teren.

Studiile ingineresti prevăd efectuarea complexului de lucrări pentru studierea condițiilor naturale ale raionului viitoarelor construcții, ținând cont de totalitatea factorilor climaterici, ce pot influența asupra procesului de construcții și exploatarea edificiilor.

În dependență de factorul cercetat studiile ingineresti sînt de cîteva feluri: topografo-geodezice, inginero-geologice, hidrologice, inginero-hidrologice, de sol și teren, geobotanice, economice ș.a.

Ele se fac corespunzător sarcinilor tehnice, la care se anexează schema sau copia făcută de pe plan, pe care se indică granițele terenurilor de efectuare a lucrărilor. Conform sarcinii tehnice, se întocmește proiectul sau programul de efectuare a studiului geodezic.

*Proiectul* se întocmește în scopul efectuării complexului de diverse și complicate lucrări, ce necesită o elaborare preliminară a metodelor speciale de efectuare, și calculului preciziei viitoarelor rețele geodezice, cît și a studiilor ingineresti, pentru construirea întreprinderilor și construcțiilor complicate și gigante sau la efectuarea lucrărilor în condiții naturale complicate.

*Programul* de efectuare a studiilor geodezice se întocmește în dependență de caracterul lucrărilor, pentru complexul de lucrări necomplicate, ce nu necesită elaborarea metodelor speciale de efectuare și determinarea preciziei rețelelor geodezice, formate după schemele tipice.

Proiectul studiilor geodezice constă din partea explicativă și anexe.

*Partea explicativă* include: date generale; scurtă caracteristică fizico-geografică a raionului; studiul geodezic și topografic al raionului;

rețelele geodezice de sprijin și de ridicare proiectate; ridicările topografice; ridicările comunicațiilor și construcțiilor subterane; reperarea excavațiilor inginero-geologice și altor puncte; controlul tehnic și primirea lucrărilor; termenul, volumul și costul lucrărilor proiectate; lista materialelor editate.

*Anexele* proiectului cuprind: copia sarcinii tehnice a beneficiarului; schema rețelor geodezice de ridicare și de sprijin; schema amplasării sectoarelor ridicărilor topografice cu sistem de liniere a planurilor; proiectul de reperare a excavațiilor inginero-geologice.

În scopul studiului inginero-geodezic se stabilesc următoarele scări și echidistanțe a curbilor de nivel pentru efectuarea ridicărilor (în m):

|          |           |
|----------|-----------|
| 1:10 000 | 5; 2; 1   |
| 1:5000   | 5; 2; 0,5 |
| 1:2000   | 2; 1; 0,5 |
| 1:1000   | 1; 0,5    |
| 1:500    | 1; 0,5    |

În cazul înaltei precizii de proiectare planurile topografice la scările 1:10000, 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 pot fi mărite corespunzător până la scările 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500, 1:200. Primind materialele din fondul geodezic al orașului, numit de bază, se efectuează neapărat ridicarea elementelor ce s-au schimbat după întocmirea materialelor. Materialele geodezice se corectează nu numai după situația în plan, ci și conform schimbărilor pe relief, determinând cotele punctelor caracteristice.

În afară de corectarea materialelor topografice primite din fondul geodezic, studiile geodezice mai includ și întocmirea profilelor longitudinale pe axă sau pe jgheaburile părților carosabile ale străzilor cu punctele de pichet la fiecare 20 m.

Pentru liniile aeriene (de transportare a energiei electrice și telecomunicații) în mod obligatoriu se determină direcția intersecției și înălțimea de suspendare a firelor în cel mai jos punct și deasupra axei străzilor sau drumurilor.

Profilul longitudinal al drumurilor orașelor, străzilor și suprafețelor se întocmește pe axa părții carosabile sau axa jgheaburilor la scările: lungimilor – 1:1000 și 1:500, altitudinilor – 1:100 și 1:50.

Profilurile transversale se întocmesc la scările: lungimilor – 1:200, altitudinilor – 1:100. Pe profilurile transversale se indică distanțele reduse la orizont și cotele punctelor caracteristice.

Pentru construcțiile locative și nelocative, ce nimeresc în zona de construire a drumurilor, străzilor și piețelor orașului, se întocmesc reestre, în care se indică *adresa construcției, destinația ei, numărul de etaje, materialul construcției, suprafața, volumul, densitatea populației, proprietarul construcției*.

În procesul studiilor se adună datele despre spațiile verzi. Toate plantațiile, ce nimeresc în zona de construcție a străzilor, drumurilor și piețelor orașenești, trebuie evaluate și introduse în documentația geodezică de bază.

Pe planurile terenurilor amenajate, elaborate la scara 1:5000, nu se indică construcțiile nelocative, suprafața cărora la scara planului dat nu depășește  $1,5 \text{ mm}^2$ , granițele gardurilor proprietarilor din interiorul cartierelor, loturile de lângă casă, grădinile din fața caselor, trotuarele, liniile de comunicație telefonică și transportare a energiei de mică tensiune, ieșirile comunicațiilor subterane în orașe și pe teritoriul întreprinderilor industriale, mărcile de perete și reperele.

Relieful terenului se reprezintă cu ajutorul curbelor de nivel în concordanță cu cotele punctelor și semnele convenționale ale malurilor abrupte, rocilor, depresiunilor, râpelor, alunecărilor de teren ș.a.

Pe planurile și hărțile topografice se scriu denumirile localităților sătești, străzilor, orașelor, lacurilor, izvoarelor, mlaștinilor, pădurilor, munților, boturilor de deal, văilor și altor obiecte geografice.

## 16.2. Studiul topografic al traseelor construcțiilor liniare

**Traseu** se numește axa construcției proiectate de formă liniară, marcată pe teren sau trasată pe hartă, fotoplan sau modelul numeric al terenului. Elementele principale ale traseului sînt proiecția lui pe planul orizontal și profilul longitudinal – secțiunea verticală pe axa proiectată a construcției.

### a) Elementele geometrice ale drumului în plan

Proiecția axei drumului pe un plan orizontal formează traseul drumului. Acesta apare în plan ca o linie sinuoasă formată din porțiuni

rectilinii numite *aliniamente* și porțiuni curbilinii numite *curbe*, care racordează aliniamentele adiacente.

*b) Elementele geometrice ale drumului în profil*

În secțiunea transversală profilul este alcătuit din linii de diferită pantă, racordate între ele cu ajutorul curbilor de racord circulare.

La construirea profilului longitudinal al traseului scara altitudinilor se ia de 10 ori mai mare decât scara lungimilor.

Proiecția intersecției cu terenul natural are o formă neregulată și se numește **linia terenului** sau **linia neagră**.

Proiecția intersecției cu suprafața căii are o formă poligonală continuă aleasă după anumite reguli și se numește **linia roșie**, sau **linia proiectului**. Linia roșie e formată din sectoare rectilinii denumite **declivități** și sectoare curbilinii numite **verticale**.

Valoarea înclinării unei declivități se exprimă prin formula:

$$i = \operatorname{tg} \nu, \quad (16.1)$$

care se exprimă în ‰

Declivitățile cu valoarea  $i=0$  - orizontale, se numesc **paliere**, cele ce urcă se numesc **rampe**, iar cele care coboară - **pante**.

Racordările verticale pot fi *concave sau convexe*.

**Trasare** se numește complexul lucrărilor de studiu pentru determinarea traseului, conform condițiilor tehnice și economice.

**Trasarea de birou** se numește proiectarea traseului după hărțile topografice, planuri, materialele ridicărilor aeriene și modelelor numerice ale terenului.

**Trasare de teren** se numește aplicarea pe teren a traseului proiectat cu precizarea poziției și fixarea punctelor pe teren.

### 16.3. Trasarea în birou după hartă

Pentru acest fel de trasare se folosesc hărțile întocmite la scara 1:25000 sau 1:50000. Drumul se trasează pe sectoarele dintre punctele fixate, conducându-se de panta proiectată  $i_p$  a traseului. În acest scop se calculează intervalul  $d$  dintre curbele de nivel, ce corespunde pantei de trasare date:

$$d = h / (i_p N), \quad (16.2)$$

unde  $h$  – echidistanța curbilor de nivel;  $1/N$  – scara hărții.

Folosind intervalul calculat, pe hartă pot fi determinate sectoarele «tensionate» și «libere». **Cale tensionată** se numește sectorul de teren, pentru care panta medie  $i_m$  este mai mare decât  $i_p$ ; iar sectoarele **căii libere** - în care  $i_m$  este mai mic decât  $i_p$ . Pe sectoarele căii libere drumul se trasează în direcția dorită, pe calea cea mai scurtă, ocolind doar obstacolele de contur și sectoarele cu condiții inginero-geologice nefavorabile. Pe sectoarele căilor tensionate se trasează în prealabil linia lucrărilor zero, cu ajutorul căreia se determină poziția traseului.

**Linia lucrărilor zero** este una dintre variantele amplasării traseului, la care panta de proiect se păstrează fără efectuarea lucrărilor de terasament.

Ea se determină cu ajutorul distanțierului, luînd deschizătura egală cu mărimea calculată  $d$  a intervalului dintre curbele de nivel, intersectînd succesiv curbele de nivel și unind punctele căpătate prin segmente de drepte.

Linia lucrărilor zero este alcătuită dintr-un număr mare de segmente, racordarea cărora cu ajutorul curbilor practic este imposibilă din cauza necesității de a păstra mărimea minimală a razelor curbilor, de aceea această linie trebuie îndreptată. După îndreptarea liniei se măsoară cu raportorul unghiurile de cotire a traseelor, determinîndu-se razele curbilor de racord. Apoi, pe traseu, începînd cu originea, la fiecare 100m se marchează punctele – pichete (PC). Acest proces se numește **pichetare**. După curbele de nivel se determină cotele pichetelor și punctelor caracteristice ale terenului de-a lungul traseului. Conform mărimii cotelor și pichetajului se construiește profilul longitudinal, după care se proiectează poziția altimetrică a traseului. Trasarea între două puncte date se efectuează în cîteva variante. După studierea lor se alege cea mai efectivă.

#### 16.4. Trasarea pe teren

Traseul se determină pe teren prin poziția punctelor principale ale acestuia, începutul și sfîrșitul, vîrful unghiului de cotire, mijlocul curbei, punctele de intersecție cu axele diferitelor construcții. Aceste puncte se fixează pe teren cu ajutorul semnalelor geodezice. Felul semnalului (țevi, bare, piloni) depinde de termenul de păstrare a acestora pe teren.

Transferarea traseului de pe hartă pe teren se efectuează după coordonatele punctelor principale sau după datele de reperare a traseului cu obiectele din jur. Coordonatele punctelor și elementele de reperare, de regulă, se determină pe hartă prin metoda grafică.

După marcarea pe teren a punctelor principale pe traseu se fac drumuri cu teodolitul sau poligonometrice, în care se includ toate punctele enumerate mai sus. La efectuarea acestor lucrări între vîrfurile de cotire ale traseului se jalonează și se măsoară pichetele punctelor cu plus și ale punctelor profilului transversal. La pichetare liniile se măsoară cu panglică într-o direcție, verificînd rezultatele prin măsurarea acestor distanțe cu stadimetrul cu fire reticulare. Punctele de pichet se marchează pe teren cu țaruși din lemn, bătuți în pămînt pînă la suprafața terestră. Alături de punctele pichetelor se bate un țaruș-martor, iar în jurul lor se sapă un șanțuleț.

Începutul traseului se înseamnă prin pichetul cu numărul 0, ca rezultat numărul fiecărui pichet va arăta numărul de sute de metri al traseului față de punctul inițial. Punctele caracteristice ale reliefului se notează prin punctele plus, la care se indică distanța pînă la cel mai apropiat pichet, de exemplu, PC 7+66,0. În timpul pichetării se fac însemnări în carnetul de pichetare.

La pichetarea sectoarelor oblice în rezultatele distanțelor măsurate se introduc corecțiile pentru reducerea la orizont. Pichetarea în apropierea punctului de cotire are unele particularități: pichetajul nu poate fi trasat pe curbe, de aceea pichetele se fixează pe drepte, apoi se transferă pe curbe.

În afară de pichete, pe curbele de racord ale traseelor vor fi marcate și punctele principale ale curbei (fig.75): începutul (ÎC) și sfîrșitul (SC) curbei de racord – punctele de tangență ale curbilor cu aliniamentele traseului, ce formează unghiul de cotire: mijlocul curbei de racord (MC). Pe traseu punctele principale ale curbilor se semnalizează prin borne.

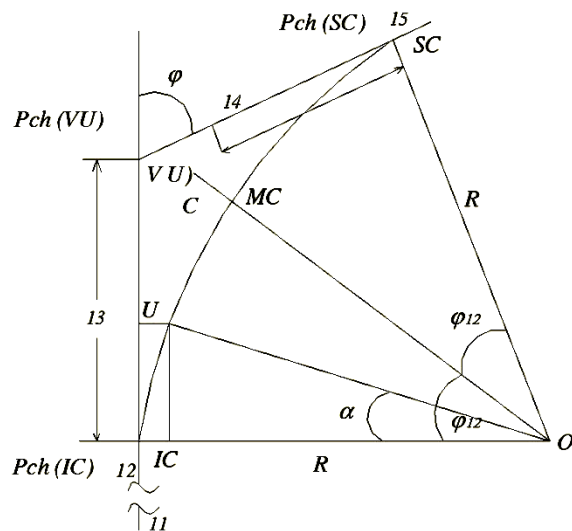


Fig. 75. Elementele curbei circulare

Cunoscând pichetul vârfului unghiului de cotire (VU), se calculează valorile pichetelor punctelor principale ale curbei, apoi se determină poziția lor pe teren și se fixează. Poziția punctelor ÎC și SC se determină, măsurînd cu panglica de la pichetul mai apropiat (din urmă) MC – din care se depune distanța B pe bisectoarea unghiului  $(180' - \varphi)$ . Trasarea pichetelor de la VU pe altă tangentă începe cu depunerea de la PC (VU) a domerului D, socotind că el are capătul cu aceeași mărime de pichet ca și VU. Mărimea pichetelor punctelor principale (PC) ale curbelor de nivel se determină reieșind din expresiile:

$$PC(\hat{IC}) = PC(VU) - T; \quad (16.3)$$

$$PC(SC) = PC(\hat{IC}) + L; \quad (16.4)$$

$$PC(MC) = PC(\hat{IC}) + L/2; \quad (16.5)$$

Formulele de verificare sînt:

$$PC(SC) = PC(VU) + T - D; \quad (16.6)$$

$$PC(MC) = PC(SC) - L/2 \quad (16.7)$$

Domerul D este diferența dintre lungimea liniei frînte și curba ce se formează din cauză că lungimea traseului, măsurată după elementele drepte (2T), este mai mare decît lungimea curbei (L), înscrisă în unghiul de cotire.

Elementele curbei pot fi calculate după formulele :

$$T = R \operatorname{tg} (\varphi/2); \quad (16.8)$$

$$D = 2T - L; \quad (16.9)$$

$$B = (R + B) - R = \frac{R}{\cos(\varphi/2)} - R = R[\sec(\varphi/2) - 1] \quad (16.10)$$

Lungimea curbei L se determină din raportul  $L/2\pi R = \varphi/360^\circ$ ,  
Prin urmare, căpătăm:

$$L = \pi R (\varphi/180^\circ) . \quad (16.11)$$

Pe trasee sectoarele drepte sînt racordate la curbele circulare cu ajutorul curbilor de racord, curbura cărora se schimbă de la infinit pînă la raza curbei circulare. Astfel marcate, pichetele sînt amplasate pe tangențele duse la curbe, ce trebuie să se afle pe axa traseului, adică pe curba însăși. De aceea ele se transferă de pe tangențe pe curbe. Transferul se face prin metoda coordonatelor rectangulare.

Drept axă X este luată tangenta, iar axă Y – raza curbei, ce trece prin punctul ÎC sau punctul SC al altei tangente.

În acest caz coordonatele x și y ale pichetului se determină după formulele:

$$X = R \sin \alpha; \quad (16.12)$$

$$Y = R - R \cos \alpha = 2R \sin^2 (\alpha/2), \quad (16.13)$$

la care

$$\alpha = 180^\circ L / \pi R, \quad (16.14)$$

unde  $\alpha$  – în grade,  $L'$  – distanța măsurată pe curbă între pichetul dat și ÎC pentru prima jumătate a curbei sau între pichetul dat și SC – pentru a doua jumătate a curbei.

Mărima  $L'$  se determină ca diferență a mărimii pichetului punctului trasat și punctului ÎC sau SC.

Pentru întocmirea profilelor transversal și longitudinal pe punctele de pichetaj ale traseului și liniilor transversale, cât și pentru determinarea cotelor punctelor (reperelor) provizorii și permanente, instalate de-a lungul traseului, se efectuează nivelmentul tehnic. Nivelmentul traseului, de regulă, se efectuează prin două înălțimi ale nivelei.

Eroarea de închidere pe diferența de nivel a drumuirii sprijinită pe reperele cu cotele cunoscute nu trebuie să depășească toleranța ce se determină după formula:

$$f_{\text{hadm}} = 50 \sqrt{L} \text{ mm},$$

iar abaterea dintre sumele diferențelor de nivel, determinate în urma nivelmentului prin prima și a doua înălțimi ale nivelei, nu trebuie să depășească mărimea:

$$f_{\text{hadm}} = 50 \sqrt{2} \sqrt{L} = 70 \sqrt{L} \text{ mm},$$

unde  $L$  – lungimea drumuirii de nivelment, în km.

### 16.5. Lucrări topografice pentru diverse studii

La efectuarea diverselor studii inginerești sînt folosite planuri și hărți topografice de diferite scări. Scările hărților și planurilor topografice depind de gradul de detalizare a cercetărilor inginerești, ce depinde de etapa de proiectare a obiectelor.

Cel mai mare volum al lucrărilor geodezice se efectuează în cazul studiilor inginero-geologice și hidrologice.

În procesul studiilor inginero-geologice se întocmesc planuri și hărți topografice, se construiesc și se reperează pe teren excavații geologice, se efectuează observații asupra proceselor de alunecare a terenurilor, tasărilor și a altor procese geodinamice.

Întrucît ridicările și cercetările inginero-geologice se efectuează pe baza materialelor cartografice, ridicările topografice se fac înaintea studiilor inginero-geologice.

În dependență de scara ridicării inginero-geologice, trasarea pe teren a pozițiilor excavațiilor proiectate pe hartă se face la ochi sau cu ajutorul instrumentelor. Deseori ele sînt stabilite direct pe teren, în acest caz ele trebuie să fie reperate cu punctele rețelelor geodezice și depuse pe harta inginero-geologică.

Precizia reperării altimetrice a excavațiilor geologice depinde de destinația lor. Gurile sondelor de regim, destinate pentru efectuarea observațiilor asupra nivelului apelor freatice, vitezei și gradientului de pantă, trebuie să fie cunoscute cu precizia nu mai mică de  $\pm(5-10)$  mm față de reperele apropiate. Dacă cotele excavațiilor se determină pentru calcularea cotelor straturilor aparte de roci ale secțiunii geologice, necesare pentru stabilirea cotei de amplasare a fundației construcției, atunci se admite eroarea medie pătratică  $\pm 5$  cm în raport cu punctele rețelei altimetrice. La gura sondelor sau sondajului, destinate pentru determinarea volumului de zăcămintă al materialelor de construcție și al altor zăcămintă, cotele trebuie calculate cu precizia de 0,5 – 1,0 m.

La studiul inginero-geologic se aplică diverse metode geofizice: prospecțiunea electrometrică, seismometrică, magnetică ș.a. Pentru toate felurile de prospecțiuni lucrările se efectuează pe profiluri sau caroiaj, care se trasează și se reperează prin metodele geodezice simple.

Studiul inginero-geologic al materialelor de construcție se efectuează pe baza materialelor topografice. Terenurile pe care au fost găsite zăcămintă de materiale de construcție trebuie ridicate la scara 1:2000 – 1:1000. Pe planul topografic se indică toate excavațiile de prospecțiuni și cotele lor, se trasează căile de transportare a materialelor de construcție la punctul de prelucrare a lor.

Lucrările geodezice, în timpul studiilor hidrologice, constau în efectuarea ridicărilor la scară mare și lucrărilor de nivelment ale teritoriului posturilor și stațiilor hidrometrice, pe aliniamentul digurilor și pe sectoarele de trecere peste râuri, în determinarea pantei râurilor, măsurarea vitezei curentului de apă și determinarea direcției getului curentului de apă.

### **17. Calcule topografice la proiectarea traseelor și sistematizarea pe verticală**

### 17.1. Calcule topografice la proiectarea traseelor construcțiilor liniare

La proiectarea construcțiilor liniare principala sarcină constă în alegerea poziției optimale pe teren a liniei traseului. Varianta aleasă trebuie să prevadă balansarea volumelor lucrărilor de terasament și să se înscrie în mediul înconjurător. După alegerea variantei și efectuarea trasării pe teren se alcătuiesc profilurile longitudinale și transversale și se trece la proiectarea liniilor traseului pe verticală.

a) *Profilul de proiect* al construcțiilor liniare se alcătuiește conform condițiilor tehnice, cerințelor economice și particularităților de exploatare a lor.

El se construiește pe hîrtie milimetrică conform rezultatelor nivelmentului traseului. Scările: orizontală 1:2000, verticală - 1:200.

Se desenează rețeaua profilului corespunzător dimensiunilor (fig.76).

1. Se construiește scara altitudinilor;
2. Se completează rubrica "distanțele";
3. Cotele se rotunjesc pînă la centimetri și se înscriu în rubrica "cota terenului pe axa traseului". De pe linia nivelului convențional din fiecare punct al traseului se ridică perpendiculare și conform scării se depun la scara 1:200 cotele suprafeței terestre în punctele corespunzătoare. Capetele ordonatelor vecine se unesc cu linii drepte;
4. Folosind datele carnetului de pichetaj se completează rubricile "planul traseului" și "solurile";
5. Conform notațiilor calculate ale punctelor de intrare și ieșire a curbilor de racord se construiesc aceste puncte în rubrica "curbe de racord". De exemplu, se depune din punctul PC1 segmentul 10,09 m și de la PC2 segmentul 44,60 m, se înscriu distanțele în rubrică și se unesc cu o linie. În mijlocul acestor linii se înscrie lungimea lor.

Dacă unghiul de cotire este în dreapta, atunci curbura este îndreptată în sus, dacă în stînga - în jos.





1. Pentru proiectarea drumurilor și căilor ferate declivitatea de proiect a liniei nu trebuie să depășească mărimea-limită:

$$|i_p| \leq i_{adm},$$

iar curba verticală să nu fie mai mică decât mărimea admisibilă:

$$R_p \geq R_{adm}.$$

2. Pentru proiectarea conductelor de canalizare declivitatea profilului trebuie să asigure mișcarea lichidului în ele cu viteza determinată.

Adâncimea amplasării țevelor trebuie aleasă mai jos decât adâncimea de îngheț a solului cu 0,3 – 0,5 m.

Declivitatea pentru țevele de canalizare cu diametrul de 150, 200 și 1250 mm se ia corespunzător 7,5 și 0,5 ‰.

3. Conductele de gaz se instalează la adâncimea de 0,8 m de la suprafața terestră.

4. *Construirea liniei de proiect* începe de la punctul de control: se înseamnă începutul și sfârșitul sectorului, se determină lungimea lui "d" și se calculează declivitatea prealabilă:

$$i_p' = \frac{H_f^{Pr} - H_i^{Pr}}{d} \quad (17.3)$$

unde  $H_f^{Pr}$  - cota de proiect a punctului de control final;

$H_i^{Pr}$  - cota prealabilă de proiect a punctului inițial al sectorului.

Dacă  $i_p'$  satisface condițiile:

$$|i_p| \leq i_{adm} \quad \text{și} \quad R_p \geq R_{adm}$$

atunci mărimea lui se rotunjește pînă la miimi și valoarea ei se înregistrează în rubrica declivităților profilului.

Deoarece declivitatea  $i_p = \frac{h}{d}$ , atunci diferența de nivel dintre punctele de proiect ale profilului va fi egală cu  $h = i_p \times d$ .

De aceea cota punctului de proiect a profilului va fi:

$$H^{Pr} = H_i^{Pr} + i_p \times d \quad (17.4)$$

Cota de execuție se calculează după formula:

$$h^s = H^{Pr} - H^{ter} \quad (17.5)$$

$H^{ter}$  - cota suprafeței terestre în punctul de pe axa traseului.

Cînd există rambleuri și debleuri linia de proiect a profilului în unele locuri va intersecta linia suprafeței terestre. Punctele de intersecție a acestor linii se numesc *puncte de lucrări zero* (fig.77), care se află în felul următor:

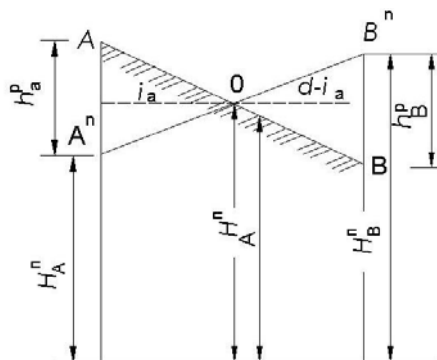


Fig. 77. Schema determinării poziției punctelor lucrărilor zero

$$x = \frac{h_z \times d}{h_1 + h_2} \quad (17.6)$$

Cota  $H_0$  se află după formula:

$$H_0 = H_A + i_p \times x \quad (17.7)$$

5. În punctele de schimbare a pantei liniile de proiect se racordează prin curbe verticale (fig.78), care asigură mișcarea lină a transportului.

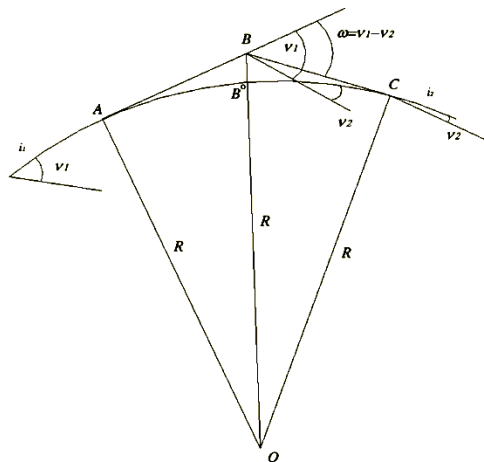


Fig. 78. Schema trasării curbelor circulare verticale

$v_1 = \arctg i_1$  și  $v_2 = \arctg i_2$  sînt unghiuri de înclinație

$\omega = v_1 - v_2$  - unghiul de frîngere al traseului

$T = R \frac{i_2 - i_1}{2}$  - tangenta

$L \approx 2T = R(i_2 - i_1)$  - lungimea curbei

$B = \frac{T^2}{2R}$  - bisectoarea

Cota de proiect a curbei va fi:

$$H_B^{Pr} = H_B - B, \quad (17.8)$$

dar

$$H_B^{Pr} = H_A^{Pr} + i_1 T \quad (17.9)$$

prin urmare

$$H_B^{Pr} = H_A^{Pr} + i_1 T - B. \quad (17.10)$$

După formule se calculează elementele principale ale curbelor circulare, apoi se calculează cotele punctului de mijloc al curbei. Pentru determinarea cotelor celorlalte puncte se aplică metoda coordonatelor

rectangulare. Pentru aceasta planul de pichetare se amplasează nu orizontal, ci vertical.

La proiectarea profilurilor longitudinale ale conductelor se efectuează calcule analogice: se calculează cotele de proiect ale jgheaburilor pentru amplasarea conductei în fiecare fîntînă sau cameră și pantele de proiect ale sectoarelor dintre fîntîni; în locul cotelor de execuție se determină adîncimea de amplasare a jgheaburilor. Profilurile conductelor subterane trebuie să conțină informația despre materialul țevilor, diametrul lor, rețelele ingineresti, care intersectează traseul dat.

## 17.2. Sistematizarea pe verticală

**Sistematizarea pe verticală** – complex de lucrări, efectuate în scopul transformării reliefului existent pentru asigurarea condițiilor de exploatare normală a teritoriului valorificat.

În componența lucrărilor de sistematizare pe verticală intră: studiul; elaborarea proiectului de sistematizare pe verticală, ce constă din planul de organizare a reliefului și planul lucrărilor de terasament și lucrările de terasament.

Proiectele de sistematizare pe verticală a obiectelor ce ocupă o suprafață mare se realizează în două etape (proiectul tehnic și documentația de execuție), iar pentru obiectele care ocupă un sector mic – într-o etapă (proiectul tehnic de execuție).

Drept materiale inițiale sînt folosite planul topografic al teritoriului, întocmit în timpul studiilor, după rezultatele măsurărilor geodezice și schema de sistematizare pe verticală, care cuprinde teritoriul orașului sau al raionului. Schema de sistematizare pe verticală se întocmește la scara  $1:5000 \div 1:10000$ , indicînd pe ea liniile roșii ale viitoarelor construcții, pante longitudinale de proiect ale străzilor, cotele de proiect și existente ale punctelor de intersecție ale axelor trecerilor.

La elaborarea proiectelor de sistematizare pe verticală e necesar a respecta următoarele condiții tehnice:

a) pantele de proiect  $i_p$  să nu depășească mărimile-limită admisibile  $i_{\max}$  și să fie mai mari decît mărimile minimale admisibile, adică  $i_p \leq i_{\max}$  și  $i_p \geq i_{\min}$  ;

b) volumul total al lucrărilor de terasament în limita teritoriului sistematizat să fie, în limita posibilităților, minimal, adică  $V_{tot} = \min$  ;

c) volumul debleului  $V_d$  să fie aproximativ egal cu volumul rambleului  $V_r$ , adică  $V_d \approx V_r$ .

La proiectare se admite ca:

$$\frac{V_d - V_r}{V_{tot}} 100\% \leq \pm(3 \div 5)\% \quad (17.11)$$

La elaborarea planului de organizare a reliefului de pe schema de sistematizare pe verticală se transferă liniile roșii ale construcțiilor și cotele de proiect pe planuri topografice, întocmite la scara 1:500-1:1000. Pentru reprezentarea reliefului proiectat, mai des se aplică metoda curbelor de nivel proiectate: relieful proiectat prin curbele de nivel cu echidistanța de la 0,1 pînă la 0,5 m. După mărimea pantei de proiect  $i_p$  și echidistanța curbelor de nivel admisă  $h_0$  se calculează intervalele dintre curbele de nivel pe plan

$$a = h_0 / i_p N, \quad (17.12)$$

unde  $N$  – numitorul scării numerice a planului.

În limita unui plan de proiectare curbele de nivel sînt paralele între ele și amplasate la același interval. În fig.79,  $a$  este dat un fragment al proiectului de sistematizare pe verticală a teritoriului orășenesc, unde  $AB$  și  $CD$  – liniile roșii ale construcției,  $A'B'$  și  $C'D'$  – axele trecerilor. Partea carosabilă a drumurilor orășenești se efectuează în formă de două planuri (fig.79,  $b$ ).

Suprafața drumurilor se sistematizează în formă de două planuri de prezentare. Suprafețele amplasate de-a lungul părților carosabile ale trotuarelor și gazoanelor se nivelează în formă de plan de prezentare cu panta în direcția drumurilor.



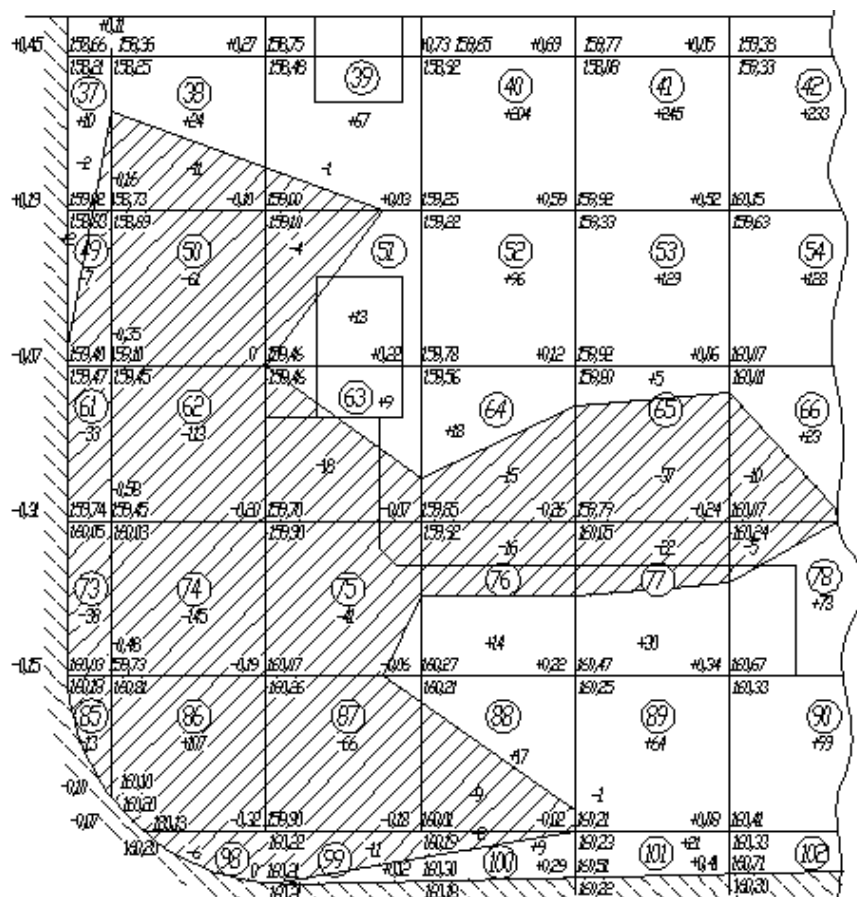


Fig. 80. Planul maselor de terasament

Al doilea desen, care intră în componența proiectului de sistematizare pe verticală, este planul maselor de terasament. Cu ajutorul căruia se calculează volumul lucrărilor de terasament, se determină granița lucrărilor zero, care desparte sectoarele dintre rambleu și debleu.

La întocmirea planului maselor de terasament (fig.80) pe teritoriul care trebuie nivelat se construiește o rețea de pătrate cu laturile de 5, 10, 20, 40 sau 50 m. În interiorul fiecărui pătrat se scrie numărul lor. În

vîrfurile pătratelor se scriu cotele lor: la numărător - mărimea de proiect  $H^p$ , la numitor - mărimea reală  $H$ . Cotele de proiect se determină după curbele de nivel proiectate pe planul topografic. Cotele de execuție se scriu în vîrfurile pătratelor. Apoi se construiește linia lucrărilor zero și se calculează volumul solului săpat sau adăugat în fiecare pătrat complet.

În acest caz volumul rambleului sau debleului este aproximativ egal cu volumul prisme care are la bază un pătrat, iar înălțimea este egală cu valoarea medie a cotelor de execuție. Volumul prisme, prin urmare, va fi:

$$V = \frac{h_1^e + h_2^e + h_3^e + h_4^e}{4} S_p \quad (17.13)$$

unde  $S_p$  - suprafața pătratului.

În pătratele prin care trece linia lucrărilor zero se duc linii auxiliare, cu ajutorul cărora pătratele se împart în două figuri, iar volumul corpurilor formate în ele, se aproximează cu volumul prismelor triunghiulare. Volumul fiecărei prisme se determină după formula:

$$V = \frac{1}{3} S_{pr} \sum h^e, \quad (17.14)$$

unde  $S_{pr}$  - suprafața bazei prisme.

Volumul prismelor corespunzător se scriu pe desen, determinîndu-se volumul sumar al rambleului și debleului. Pe desen se hașurează suprafețele, pe care pămîntul trebuie adăugat.

## **18. Aplicarea pe teren a proiectelor de sistematizare și construire**

### **18.1. Noțiuni generale**

Organizarea lucrărilor geodezice, componența și succesiunea lor depind de etapa de proiectare, suprafața ocupată de construcții și destinația clădirilor și construcțiilor.

Sistematizarea și construirea orașelor și localităților satești este un complex de măsuri pentru construirea orașelor noi, reconstruirea și dezvoltarea orașelor vechi. Ele sînt legate de soluționarea problemelor de construcție arhitecturală, inginerico-tehnice și sanitaro-igienice.

Elementul de structură principal la elaborarea proiectului de sistematizare a construcțiilor locative este microraioul, iar a raioanelor industriale – cartierul-bloc al construcțiilor și clădirilor de producere. Elementele construcțiilor locative și industriale se conturează cu linii roșii.

**Linii roșii** se numesc granițele, care despart teritoriul construcțiilor de străzi, trecerile proiectate, fișile pentru construirea metrourilor prin excavație deschisă a solului, zonele pentru montarea liniilor de transport al energiei de înaltă tensiune ș. a.

Clădirile de-a lungul străzilor se amplasează pe linia de construcție, paralelă cu linia roșie, la o distanță nu mai mică de 6 m pentru străzile magistrale și nu mai puțin de 3 m pentru alte cazuri.

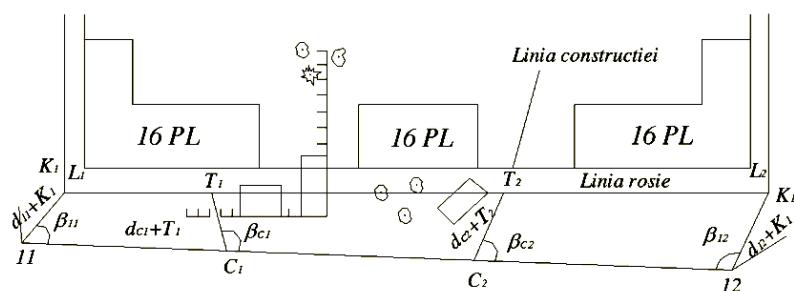
Soluționările de proiect sînt folosite la elaborarea proiectului de sistematizare detaliată. El include următoarele materiale: schema de amplasare în sistemul orașului a raionului proiectat; planul liniilor roșii și al schițelor construcțiilor; desenul de trasare a liniilor roșii; modelul de construire și sistematizare; schema de pregătire inginerească a teritoriului și nivelarea verticală pe axele trecerilor; schema de amplasare a rețelelor inginerești în afara hotarului microraioului.

**Proiectarea liniilor roșii.** În timpul procesului de elaborare a proiectului de sistematizare detaliată se face în felul următor. Pe planul topografic, pe care sînt marcate elementele construcțiilor de bază, se alcătuiește planul liniilor roșii, ce reprezintă totalitatea dreptelor și curbilor racordate cu ele în formă de linii circulare.

Se determină coordonatele  $X$  și  $Y$  ale punctelor de cotire ale liniilor roșii în sistemul orășenesc de coordonate dat. Coordonatele punctelor liniilor roșii, care coincid cu colțurile clădirilor de bază, servesc drept coordonate ale acestor puncte, determinate pe teren conform punctelor rețelei geodezice. Coordonatele punctelor de cotire ale graniței terenurilor agricole se determină după plan prin metoda grafică.

**Calculul analitic al liniilor roșii** se efectuează conform coordonatelor punctului de cotire inițial. Esența lui constă în determinarea coordonatelor punctelor inițiale și intermediare.

La aplicarea pe teren a proiectului de sistematizare detaliată se trasează și se fixează pe teren conform punctelor rețelei geodezice punctele de cotire și intermediare ale liniilor roșii.



**Fig. 81.** Fragment al proiectului de sistematizare detaliată cu schema trasării liniei roșii

În figura 81 e dat un fragment de proiect al liniei roșii, în care sînt indicate clădirile de locuit cu 16 etaje, linia roșie cu punctele de cotire  $K_1$  și  $K_2$  și punctele intermediare  $T_1$  și  $T_2$ , linia clădirii de locuit cu punctele  $L_1$  și  $L_2$  (colțurile cartierului locativ).

Fie că  $X_1, Y_1$  și  $X_2, Y_2$  - coordonatele grafic determinate ale punctelor  $K_1$  și  $K_2$  de cotire ale liniilor roșii. După formula problemei geodezice inverse se calculează unghiul de direcție  $\alpha_{1,2}$  al direcției  $K_1 - K_2$ .

$$\arctg \alpha_{1,2} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (17.15)$$

Pe plan se măsoară lungimea segmentului cuprins între aceste puncte ale liniei roșii și după formulele problemei geodezice directe se calculează coordonatele punctelor intermediare.

De exemplu, coordonatele punctului intermediar  $T_1$  vor fi:

$$X_{T_1} = X_1 + d_{K_1-T_1} \cos \alpha_{1,2}; \quad Y_{T_1} = Y_1 + d_{K_1-T_1} \sin \alpha_{1,2}, \quad (17.16)$$

unde  $d_{K_1-T_1}$  - lungimea segmentului, măsurată pe plan, dintre punctele  $K_1$  și  $T_1$ .

*Calculul analitic al obiectelor construcțiilor proiectate* constă în determinarea coordonatelor vîrfurilor lor.

Pentru aceasta conturul clădirilor cu dimensiunile de proiect, desenate pe planul general al sectorului de construcție, se socotește ca un poligon cu unghiurile interioare și laturile cunoscute. Dacă după planul general vor fi determinate grafic coordonatele unui punct al conturului obiectului proiectat și unghiul de direcție al laturii, racordat la acest punct, atunci coordonatele celorlalte puncte pot fi determinate analitic prin rezolvarea problemei geodezice directe, analogic calculării coordonatelor vîrfurilor drumurilor cu teodolitul.

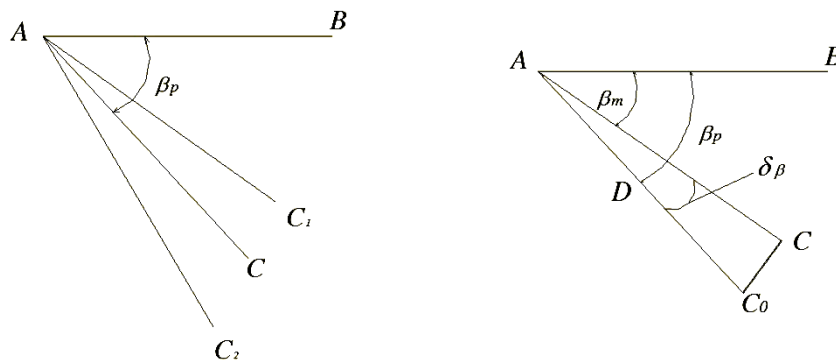
Procesul aplicării pe teren a proiectelor (de sistematizare, a construcțiilor și altele) poartă denumirea de *lucrări geodezice de trasare* (pe scurt – de trasare).

La aplicarea pe teren a proiectului de sistematizare detaliată, pe teren se determină și se fixează punctele de cotire și intermediare a liniilor roșii; la aplicarea proiectelor de construcție – liniile construcției și dimensiunile clădirilor și construcțiilor aparte.

## **18.2. Elementele lucrărilor de trasare la aplicarea pe teren a proiectelor de sistematizare și construcții**

### *a) Construirea unghiului de proiect*

La construirea pe teren se fixează vîrfurile unghiului în punctul  $A$  a laturii  $AB$ , care pornește din punctul fixat. Problema constă în determinarea direcției și fixarea pe teren a laturii  $AC$ , amplasată sub un unghi orizontal  $\beta_p$  față de latura  $AB$ .



**Fig. 82.** Schema construirii unghiului de proiect orizontal:  
a. cu precizia teodolitului; b. cu o precizie mai mare

Ordinea de lucru:

- Teodolitul se instalează în punctul  $A$ , se vizează la punctul  $B$  și se citește lectura  $b$  pe cercul orizontal.
- Se calculează lectura  $c = b + \beta_p$  (dacă unghiul  $\beta_p$  se construiește în sens contrar mersului acelor ceasornicului, atunci  $c = b - \beta_p$ ).
- Slăbind alidada, se instalează lectura  $c$  pe cercul orizontal, fixînd punctul  $C_1$  pe centrul firelor reticulare, poziția CS.
- La fel se construiește și unghiul  $\beta_p$  din poziția CD a cercului vertical și se fixează punctul  $C_2$ .
- Segmentul  $C_1C_2$  se împarte în jumătate și se fixează punctul  $C$ . Unghiul  $BAC$  e considerat unghi de proiect.

Eroarea totală de construire a unghiului poate fi calculată după formula:

$$m_\beta = \sqrt{2m_v^2 + 2m_l^2 + m_c^2 + m_r^2 + m_f^2} \quad (18.1)$$

unde  $m_v, m_l, m_c, m_r, m_f$  - erorile medii pătratice corespunzător vizării, lecturii pe cercul orizontal, centrării teodolitului deasupra vârfului unghiului, reducerii țintei de vizare în punctul  $B$ , fixării punctului  $C$ .

Dacă lungimea laturii  $AC=D$  este cunoscută, atunci eroarea poziției punctului C se determină ca  $m_c = m_\beta (D/\rho)$ .

Dacă  $m_c$  nu trebuie să depășească mărimea admisibilă de proiect  $m_{c_{adm}}$ , atunci eroarea de construire a unghiului nu trebuie să depășească mărimea determinată pentru aceeași mărime a lui:

$$D m_{\beta_{adm}} = m_{c_{adm}} \times (\rho / D).$$

În acest caz pentru a construi unghiul cu eroarea care depășește mărimea  $m_{\beta_{adm}}$ , se procedează în felul următor: unghiul construit  $\beta$  se măsoară de

n ori  $n = t_p^2 / m_{\beta_{adm}}^2$ , unde  $t_p$  - precizia de lectură.

După aceasta se determină corecțiile liniare

$$\delta l_\beta = D \frac{\delta \beta}{\rho}, \quad (18.2)$$

$\rho=206265''$ ,  $\rho$  - numărul de secunde în radiani; și unghiulară

$$\delta \beta = \beta_{\text{măz}} - \beta_{\text{proiect}}.$$

Punctul C se deplasează în partea corespunzătoare corecției  $\delta l_\beta$  și se fixează punctul  $C_0$ .

b) Construirea segmentului proiectat

Din punctul inițial A în direcția dată se depune cu ruleta sau panglica distanța egală cu  $d_p$  și temporar se fixează punctul  $B_1$ .

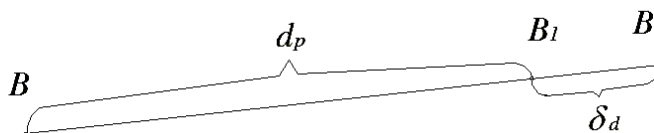


Fig. 83. Schema construirii segmentului de proiect

Apoi se calculează corecția sumară

$$\delta_d = \delta_{i_c} + \delta_{i_t} + \delta_{i_h} \quad (18.3)$$

unde  $\delta_{i_c}$  - corecția lungimii pentru comparare;  
 $\delta_{i_t}$  - corecția lungimii pentru influența temperaturii;  
 $\delta_{i_h}$  - corecția lungimii pentru ridicarea la orizont.

După aceasta se introduce corecția în rezultatele măsurării cu semnul opus. Dacă corecția este negativă, atunci linia  $AB_1$  se lungeste cu segmentul  $\delta_d$  și se fixează punctul  $B$  (dacă corecția este cu semnul plus – linia se scurtează).

Construirea segmentelor cu o precizie înaltă se face cu dispozitivul de măsurat cu fir din invar.

*c) Trasarea pe teren a punctului cu cota proiectată*

Cotele de proiect se trasează pe teren prin metoda nivelmentului geometric. Nivelă se instalează în mijlocul dintre reperul apropiat și locul de amplasare a punctului proiectat și se citește lectura  $a$  pe mira instalată pe reper. De exemplu:

$$H_{RP} = 100,00; \quad a = 1234\text{mm}$$

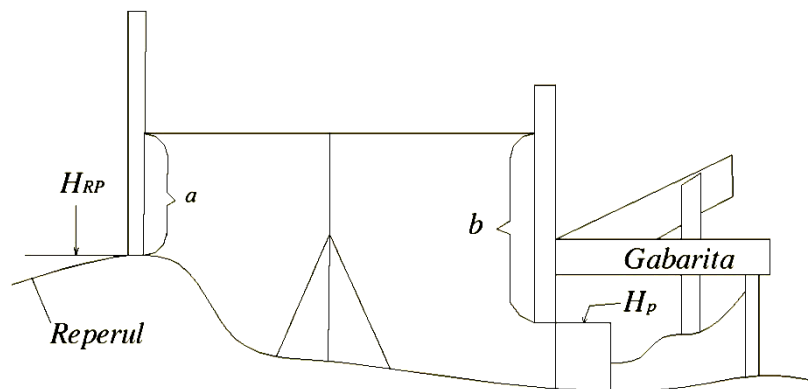


Fig. 84. Schema construirii punctului cu cota de proiect

Apoi se calculează cota axei de vizare  $H_v$  după formula:

$$H_v = H_{Rp} + a = 100,00\text{ m} + 1,234\text{ m} = 101,234\text{ m}$$

Cota de proiect  $H_{pr} = 99,00\text{ m}$ .

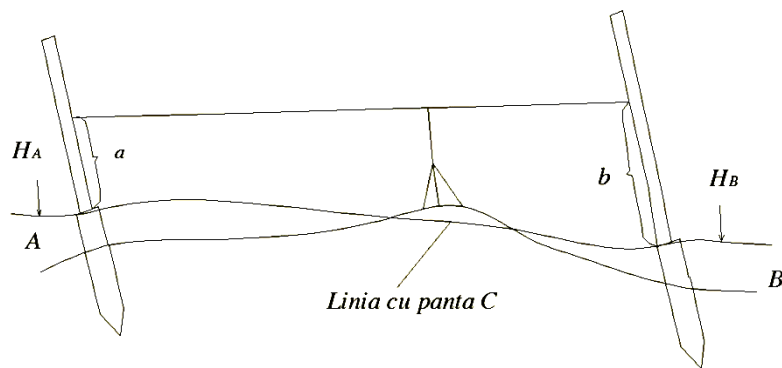
Apoi scăzînd din cota axei de vizare  $H_v$  cota de proiect  $H_{pr}$ , se determină lectura de proiect  $b$ , care trebuie să fie instalată pe țarușul din punctul B.

$$H_v - H_{pr} = b = 101,234\text{ m} - 99,00\text{ m} = 2,234\text{ m} .$$

Rigla se instalează pe țarușul din punctul B și se deplasează pînă cînd firul reticular nivelor al lunetei nu va coincide cu lectura  $b = 2,234\text{ m}$ . În acest moment operatorul marchează cota  $H_{pr}$ , desenînd după talpa mirei o linie de gabarit.

Trasarea cotei de proiect se repetă pe partea roșie a mirei, fixînd de asemenea printr-o liniuță cota  $H_{pr}$ . Dacă liniuțele nu coincid între ele, atunci se determină și se înseamnă poziția medie a lor.

*d) Construirea pe teren a liniei cu panta de proiect*



**Fig. 85.** Schema construirii liniei cu panta de proiect

Construirea constă în fixarea pe teren a câteva puncte, care determină poziția liniei cu panta de proiect  $i_p$ . Pot fi câteva metode de rezolvare a acestei probleme. Ne oprim la metoda cea mai răspîdită:

Punctul A cu cota  $H_A$  este fixat. Se calculează cota punctului B după formula  $H_B = H_A + id$  și se determină pe teren.

Exemplu:  $H_A=100,00\text{m}$ ,  $i=-20\text{‰}$ ,  $d=100\text{m}$ .

$$H_B=100,00\text{m}-0,02\times 100\text{m}=98,00\text{m}$$

Se citește lectura a pe miră în punctul A, se calculează lectura b care ar trebui să fie în punctul B, ca linia să aibă panta de proiect.

$$b = a + id \quad (18.4)$$

Exemplu pentru 100m:

$a=0202\text{mm}$ ,

$$b = 0,202\text{m}+0,02\times 100\text{m}=0,202+2=2002\text{mm}.$$

Aceeași procedură se aplică și pentru 10m, 20m 30m...

$$b = 0,202\text{m}+0,02\times 10\text{m}=0202+0,2=0402\text{mm}, \text{ ș.a.}$$

Punctul A cu cota  $H_A$  nu este fixat pe teren. Ca și în cazul precedent, se calculează cota  $H_B$ , iar punctele A și B se determină pe teren. Punctul A este fixat pe teren, însă cota lui nu este cunoscută.

a) Mira se instalează în punctul A și se citește lectura  $a=2352\text{mm}$ .

b) Se calculează lectura care ar trebui să fie în punctul B, astfel ca linia să aibă panta de proiect  $b = a + id$ .

$$i=-20\text{‰}, d=100\text{m}, b=2,352+(-0,02)\times 100=0235$$

c) Mira se instalează în punctul B deplasînd-o în sus și în jos.

### 18.3. Metodele de construire pe teren a poziției planimetrice de proiect a punctelor

Alegerea metodei de construire a punctelor de proiect depinde de tipul bazei geodezice.

a) *Metoda polară*

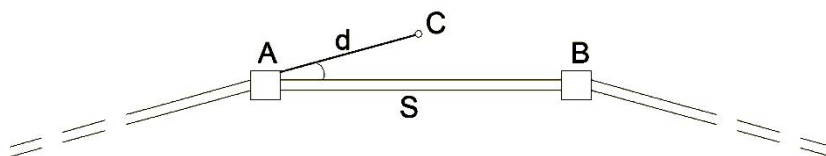


Fig. 86. Metoda polară

Din punctul  $A$  (fig.86) al rețelei geodezice se determină pe teren punctul de proiect  $C$  prin construirea, cu teodolitul, a unghiului de proiect  $\beta$  și, cu dispozitivul de măsurat, a distanței polare  $d$ .

Asupra preciziei construirii punctului de proiect influențează:

- $m_\beta$  - eroarea de construire a unghiului  $\beta$ ,
- $m_i$  - eroarea datelor inițiale,
- $m_d$  - eroarea de construire a liniei  $d$ ,
- $m_f$  - eroarea fixației punctului,
- $m_c$  - eroarea de centrare,
- $m_r$  - eroarea de reducere a liniei de vizare,
- $S$  - latura unghiului.

Eroarea sumară a poziției punctului de proiect  $C$  poate fi calculată după formula:

$$m_s = \sqrt{m_i^2 + \left(\frac{m_d}{d}\right)^2 d^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 d^2 + \left[1 + \left(\frac{d}{S}\right)^2 - \frac{d}{S} \cos \beta\right] e^2 + m_f^2} \quad (18.5)$$

$m_c = m_r = e$

$\rho = 206265''$ ,  $\rho$  - numărul de secunde în radiani.

b) *Metoda coordonatelor rectangulare*

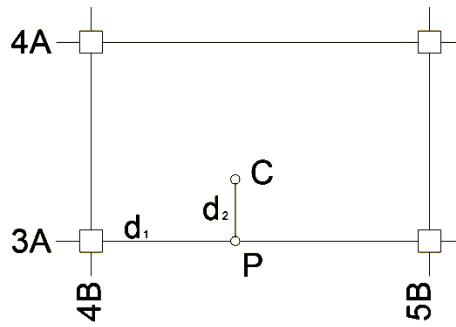


Fig. 87. Metoda coordonatelor rectangulare

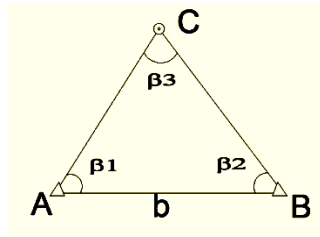
Prin această metodă punctele de proiect sînt trasate pe teren de la punctele bazei geodezice construită în formă de rețea de construcție (fig.87). De la punctul 3A/4B al rețelei de construcție 3A/4B-3A/5B cu dispozitivul de măsurat se depune distanța de proiect  $d_1$  pînă la baza  $P$  a perpendicularei. Cu teodolitul se construiește unghiul drept, se depune lungimea de proiect  $d_2$  și se fixează punctul  $C$ .

Eroarea sumară de determinare a poziției punctului de proiect  $C$  poate fi calculată după formula:

$$m_s = \sqrt{m_i^2 + \left(\frac{m_{d1}}{d_1}\right)^2 d_1^2 + \left(\frac{m_{d2}}{d_2}\right)^2 d_2^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 d_2^2 + \left[1 + \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2\right] e^2 + m_f^2} \quad (18.6)$$

c) *Metoda intersecțiilor unghiulare*

Poziția punctului de proiect  $C$  se determină prin construirea în punctele de triangulare  $A$  și  $B$  a unghiurilor de proiect  $\beta_1$  și  $\beta_2$  (fig.88). Punctul  $C$  este punctul de intersecție a direcțiilor  $AC$  și  $BC$ .



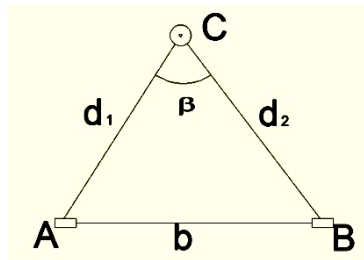
**Fig. 88.** Metoda intersecțiilor unghiulare

Precizia intersecțiilor unghiulare poate fi apreciată după formula:

$$m_c = \frac{m_\beta}{\rho} b \sqrt{\frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^4(\beta_1 + \beta_2)} + m_f^2 + 2m_i^2}, \quad (18.7)$$

unde  $m_\beta$  - eroarea medie pătratică de construire a unghiurilor  $\beta_1$  și  $\beta_2$ ,  
 $b$  - distanța dintre punctele de sprijin  $A$  și  $B$ ,  
 $m_i$  - eroarea medie pătratică a datelor inițiale,  
 $m_f$  - eroarea medie pătratică a fixației punctului.

d) *Metoda intersecțiilor liniare*



**Fig. 89.** Metoda intersecțiilor liniare

Poziția punctului  $C$  se află la intersecția segmentelor de proiect, depuse din punctele  $A$  și  $B$  ale rețelei geodezice (fig.89).

Precizia intersecțiilor liniare poate fi apreciată după formula:

$$m_c = \sqrt{2m_i^2 + \frac{2m_d^2}{\sin^2 \beta} + m_f^2} \quad (18.8)$$

unde  $m_d$  - eroarea medie pătratică de construire a segmentelor  $d_1$  și  $d_2$ ,

$m_i$  - eroarea medie pătratică a datelor inițiale,

$m_f$  - eroarea medie pătratică a fixației punctului.

e) *Metoda intersecțiilor aliniamentelor*

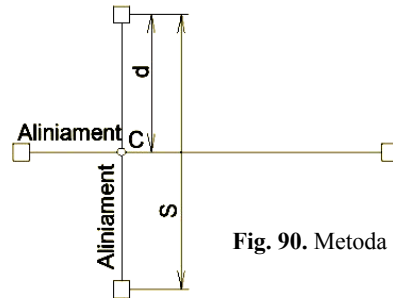


Fig. 90. Metoda intersecțiilor aliniamentelor

Poziția punctului de proiect  $C$  pe teren se determină prin intersecția a două aliniamente, căpătate în același timp cu două teodolite, instalate în punctele rețelei geodezice (fig.90).

Eroarea poziției punctului  $C$  poate fi calculată după formula:

$$m_c = \sqrt{2m_i^2 + e^2 \left[ \left( \frac{S-d}{S} \right)^2 + \left( \frac{d}{S} \right)^2 \right] + m_f^2} \quad (18.9)$$

unde  $m_i$  și  $m_f$  - respectiv, erorile medii pătratice ale datelor inițiale și de fixare a punctului  $C$ ,

$e$  – mărimea elementelor liniare de centrare a teodolitului și de reducere a țințelor de vizare egale între ele.

## 19. Trasarea pe teren a hotarelor pământurilor și terenurilor de construcție

Trasarea pe teren a liniilor roșii, liniilor terenurilor de construcție și hotarelor terenurilor agricole se face după pregătirea proiectului, care constă în întocmirea documentației tehnice, ce conține datele necesare pentru trasarea pe teren a acestor linii. Ea include pregătirea de teren și de birou a datelor geodezice.

*Pregătirea de teren* se face în cazurile când lipsesc în apropierea liniilor proiectate punctele rețelei geodezice. În timpul recunoașterii se studiază situația și relieful terenului din apropierea locului de lucru. Ținând cont de particularitățile de creare a rețelelor geodezice pentru trasare, se alege metoda de aplicare pe teren a liniilor de proiect.

*Pregătirea de birou* începe cu depunerea pe plan a punctelor rețelelor geodezice de trasare și a punctelor aliniamentelor auxiliare, conform cărora vor fi transferate pe teren liniile de proiect.

Pentru fiecare pereche de puncte, formată din punctele liniei roșii și punctele drumuirii cu teodolitul, se calculează distanța polară și unghiul de direcție, folosind formulele problemei geodezice inverse, iar după aceasta – unghiul polar.

Pe sectoarele de teren deschise, unde lipsesc obstacolele pentru construirea unghiurilor și liniilor, este folosită metoda polară, pentru care elementele de trasare se calculează după metoda coeficientului unghiular (fig.91).

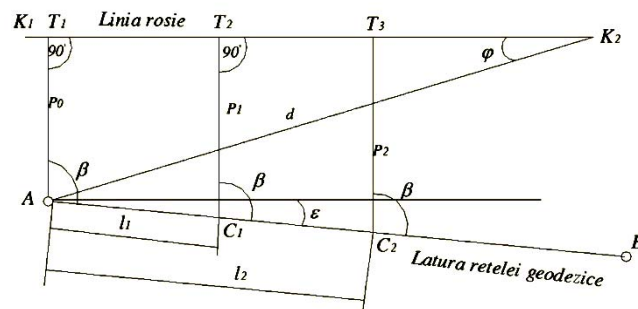
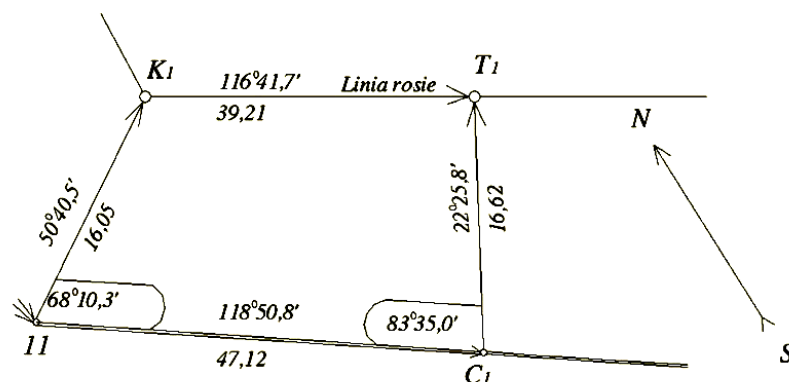


Fig. 91. Schema pentru calculul elementelor de trasare prin metoda coeficientului unghiular

În acest caz nu e necesar a efectua calcule analitice, astfel reducându-se volumul calculelor. Metoda permite calcularea operativă a unghiurilor polare și distanțelor pentru oricare punct de aliniament al laturii de bază. Pentru aceasta pe teren se măsoară distanța de la punctul de aliniament pînă la punctul vîrfului drumuirii.

Pregătirea proiectului de trasare se termină cu construirea desenului de trasare – document, ce conține datele pentru trasarea pe teren a liniilor de proiect. Desenul de trasare (fig.92) se întocmește într-o scară arbitrară; la prezentarea lui materialele grafice și numerice se înseamnă cu culoare roșie, celelalte – cu neagră.



**Fig. 92.** Fragment al desenului de trasare pentru aplicarea pe teren a liniei roșii

La trasarea liniilor roșii se întocmește schița, în care e ilustrată situația din apropierea acestor linii și sînt înregistrate toate dimensiunile liniare pentru reperarea acestor puncte cu obiectele terenului, care nu vor fi demolate sau mutate în timpul construcției.

Pentru verificarea preciziei trasării liniilor roșii, prin punctele lor fixate temporar, se efectuează o drumuire de execuție poligonometrică sau cu teodolitul. Comparînd datele coordonatelor reale determinate în urma calculării drumuirii cu coordonatele de proiect, vom verifica precizia de trasare pe teren a liniilor.

### 19.1. Date generale despre aplicarea pe teren a proiectelor de construcție

La elaborarea proiectului de sistematizare și construire a localităților se soluționează un șir de probleme complicate, legate de amenajarea în plan și spațiu a construcțiilor, respectând cerințele sanitaro-tehnice, puritatea bazinului aerian, lățimea zonei sanitare și de protecție, protecția contra zgomotelor ș.a.m.d.; se planifică pregătirea inginerescă și amenajarea teritoriului orășenesc, formarea unui sistem chibzuit al drumurilor orășenești.

În proiectul de sistematizare și construcție, toate clădirile și construcțiile, drumurile și comunicațiile vor fi strict coordonate între ele în plan și pe altitudine. De aceea la trasarea proiectelor clădirilor și construcțiilor pe teren importantă este precizia de trasare.

**Modulul** este unitatea de măsură, folosită pentru coordonarea dimensiunilor clădirilor și structurilor, elementelor lor, pieselor și elementelor utilajului tehnologic. Coordonarea modulă a dimensiunilor în construcție determină regulile de stabilire a dimensiunilor principale ale construcțiilor. Modulul principal e de 100 mm și se notează prin *M*. paralel cu modulul principal sînt folosite și modulele multiplicare: 60M, 30M, 15M, 3M egale respectiv cu 6000, 3000, 1500, 300 mm ș.a.m.d.

Liniile A, B, C, D și 1, 2, 3, 4, 5 (fig.93) sînt numite axe de trasare. Axele de trasare în ansamblu prezintă schema geometrică a clădirii, construcției. Ele sînt baza geodezică, conform căreia se orientează elementele construcțiilor și utilajului tehnologic la instalarea lor în poziția de proiect.

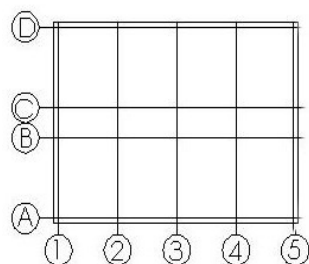


Fig. 93. Trasarea axelor clădirii

Axele se împart în longitudinale și transversale.

*Axele longitudinale* se notează cu litere mari ale alfabetului latin, iar cele *transversale* – cu cifre.

Axele de trasare se împart în:

1. *principale* – axele de simetrie (ele se înseamnă pentru clădirile și construcțiile cu configurație complicată în plan);

2. *de bază sau de gabarit* (A, D și 1,5);

3. *intermediare* (2, 3, 4 sau B și C).

Trasarea construcțiilor începe cu procesul invers procesului de proiectare – cu transferarea proiectului construcției (schema geometrică a ei) de pe plan pe teren, adică cu trasarea și fixarea pe teren a axelor de trasare. De aceea lucrările geodezice de trasare de pe teren a proiectelor clădirilor și construcțiilor se numesc *trasare geodezică a clădirilor* (construcțiilor).

Trasarea geodezică se efectuează în două etape.

*Prima etapă*, numită *lucrări de trasare principale*, constă în construirea pe teren a axelor principale și de bază.

*A doua etapă*, numită *trasarea detaliată a axelor*, constă în aplicarea pe teren și fixarea axelor sau liniilor intermediare sau a liniilor paralele lor.

## 19.2. Trasarea axelor de bază

Se face în corespundere cu documentația tehnică de proiect pentru construcție.

Materialele inițiale pentru trasarea pe teren sînt:

- a) planurile fundațiilor, planul primului etaj;
- b) desenele de execuție pentru aplicarea pe teren a liniei roșii;
- c) schema rețelei geodezice și catalogul coordonatelor;
- d) planul general de construcție.

Pe planul general de construcție se indică atît construcțiile și comunicațiile temporare, necesare pentru procesul de construcție, cît și locurile de depozitare a materialelor de construcție, amplasarea mecanismelor de ridicare și transport și raza lor de acțiune, amplasarea semnalelor; ce fixează axele de bază și reperele pe terenul șantierului de construcție.

Pînă la trasarea pe teren a axelor de bază se efectuează *pregătirea geodezică a datelor de trasare*. Pregătirea datelor poate fi făcută prin metodele grafică, analitică și grafoanalitică.

1) *metoda grafică* - după planul de asamblare cu precizia scării planului.

2) *metoda grafoanalitică* - se determină grafic coordonatele unor puncte ale clădirilor sau construcțiilor, iar valoarea elementelor de trasare, liniare și unghiulare, se calculează.

3) *metoda analitică* - pregătirea datelor determinării grafice după plan nu se efectuează. Coordonatele minimum a două puncte ale clădirii proiectate trebuie să fie cunoscute ca în cazul cînd aceste puncte coincid cu liniile roșii, pentru care au fost efectuate calculele analitice. Calculele de mai departe pentru determinarea elementelor de trasare sînt aceleași ca și la metoda grafoanalitică.

### 19.3. Metoda polară

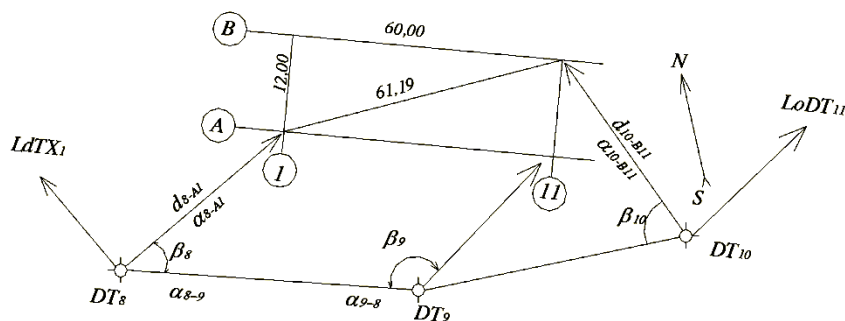


Fig. 94. Desenul de trasare la aplicarea pe teren a obiectelor de construcție prin metoda polară

DT - drumuirea cu teodolitul;  
d - distanța polară;  
 $\alpha$  - unghiul de direcție;  
 $\beta$  - unghiul polar.

Coordonatele  $XA_1$ ;  $YA_1$  și  $XA_{11}$ ;  $YA_{11}$  a punctelor A1 și A11 sînt determinate grafic după planul general (fig.94).

Procesul de pregătire constă în următoarele:

- 1) Se calculează coordonatele tuturor punctelor de intersecție a axelor
- 2) Se determină  $\alpha$  a axei A prin problema geodezică inversă după coordonatele punctelor A1 și A11.
- 3) Cu acest unghi de direcție  $\alpha$ , coordonatele punctului A11 ( $XA_{11}$ ;  $YA_{11}$ ), dimensiunile de proiect și unghiurile dintre axe,

folosind formulele problemei geodezice directe, calculăm coordonatele punctelor de intersecție a axelor.

Însă e mai comod a utiliza metoda coordonatelor polare, când  $d$  - distanța polară și  $\alpha$  - unghiul de direcție a orientării de la punctul drumuirii la punctul de intersecție a axelor. Calculăm utilizând formulele problemei geodezice inverse:

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{Y_i - Y_T}{X_i - X_T} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (19.1)$$

$$\alpha_i = \operatorname{arctg} \frac{\Delta Y}{\Delta X}; \quad d = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_i} = \frac{X}{\cos \alpha_i}, \quad (19.2)$$

unde  $X_T, Y_T$  - coordonatele punctelor DT8, DT9 și DT10 a drumuirii cu teodolitul;

$X_i, Y_i$  - coordonatele punctelor de intersecție a axelor A1, A11, B11.

Unghiurile polare  $\beta_i$  se calculează ca diferențe ale unghiurilor de direcție.

De exemplu,  $\beta_8 = \alpha_{8-9} - \alpha_{8-A1}$ .

Pregătirea geodezică a datelor de trasare se încheie cu întocmirea desenului de trasare.

Procesul de trasare pe teren a dimensiunilor clădirilor, construcțiilor constă în construirea succesivă pe teren a elementelor de trasare, verificarea preciziei de construire și fixarea axelor principale.

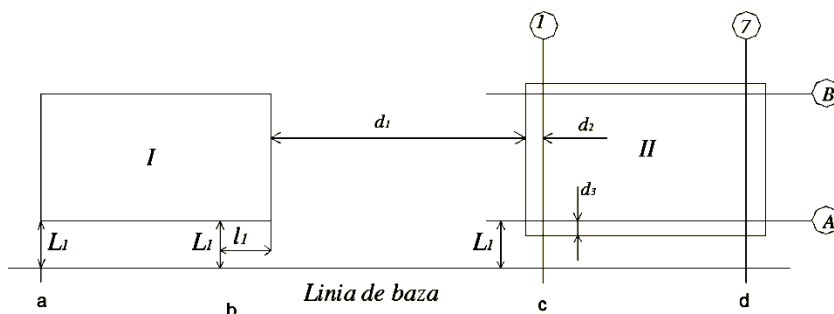
1. În vârful DT8 se construiește cu teodolitul unghiul polar  $\beta_8$ .
2. Cu panglica se construiește distanța polară  $d_{8-A1}$ .
3. Punctul de bază A1 se fixează temporar cu țărugi.
4. Din punctul DT9 în mod analogic se trasează și se fixează punctul A11.
5. În punctele A1 și A11 se construiesc unghiurile drepte de proiect, se depune dimensiunea de gabarit 12,00, iar punctele B1 și B11 se fixează.

6. Prin intersecția razelor polare duse din  $BII$  și punctul DT10 se verifică orientarea clădirii față de punctele drumuirii de bază.

7. Pentru control:

- a) se măsoară latura  $BII-BI$  și unghiurile din vîrfurile  $BI$  și  $BII$ .
- b) se verifică diagonalele.

#### 19.4. Trasarea gabaritelor clădirii de la construcțiile capitale existente



**Fig. 95.** Schema de trasare a axelor principale a obiectelor de construcție (II) față de o clădire existentă (I)

unde  $d_1$  - distanța de la clădirea de bază,  $d_2$ ,  $d_3$  - dimensiunile de proiect.

Procesul de lucru:

1. În punctul  $b$  se instalează teodolitul și se construiește unghiul drept, pe perete, printr-o liniuță și se fixează punctul  $b_1$ .
2. Se măsoară distanța  $l_1$ .
3. Din punctul  $b$  se construiește segmentul de proiect, mărimea căruia este egală cu  $l_1 + d_1 + d_2$ , și se fixează punctul  $c$  (fig.95).
4. De la acest punct, în aceeași direcție, se depune dimensiunea de gabarit dintre axele 1 și 7 și se fixează punctul  $d$ .
5. În punctul  $c$  se construiește cu teodolitul un unghi drept și se depune segmentul cu lungimea  $L_2 = L_1 + d_3$ .
6. Pe teren se fixează punctul  $A1$  pe axa 1.
7. Pe aliniamentul acestei axe se depun dimensiunile de gabarit dintre axele A și B și se fixează punctul  $B1$ .

8. Analogic se construiesc punctele *A7* și *B7*.
9. Construirea împrejuririi cu stâlpi și scânduri.

Lucrările de trasare principale se termină cu fixarea axelor după granița viitoarei gropi pentru fundație, deoarece la excavația solului toate punctele de gabarit vor fi distruse. Pentru aceasta:

- a) în aliniamentul axelor principale se instalează semnalele axiale principale 1;

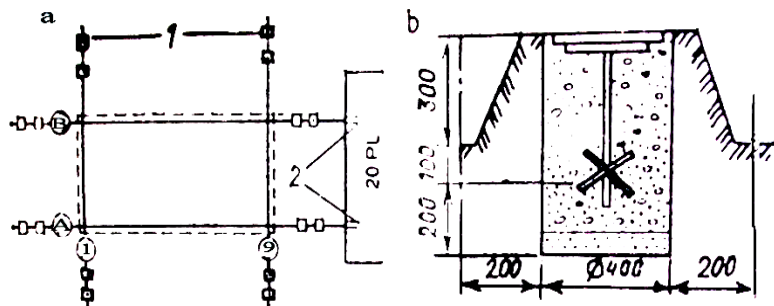


Fig. 96. Metodele de fixare a axelor principale:  
a. pe pereții clădirii; b- instalarea semnalelor axiale speciale

- b) teodolitul se instalează în punctele de gabarit *A1* și *A9*;
- c) se transmit axele la semnale, unde acestea se fixează pe o placă metalică, pe care este marcată o cruce sau făcută o adâncitură;
- d) semnalele se instalează în locurile unde va fi asigurată păstrarea lor;
- e) axele se fixează pe ambele părți ale gabaritelor;
- f) semnalele se reperează prin măsurări față de obiectele terenului.

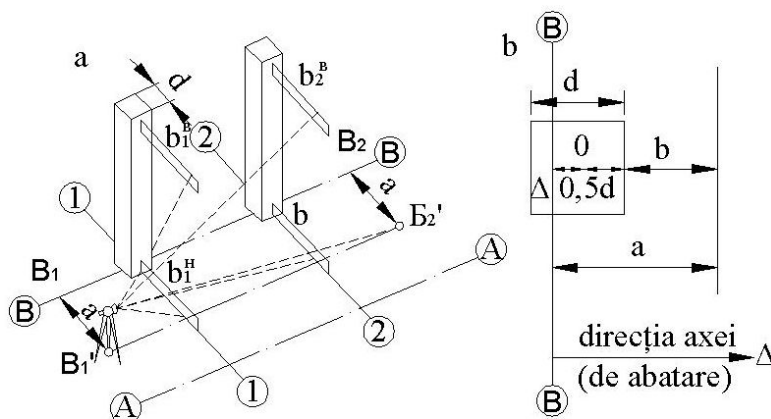
Dacă pe aliniamentul axelor se află clădiri capitale, atunci pe pereții lor aceste axe se marchează prin semne 2, făcute cu vopsele rezistente.

## 20. Ridicări de execuție a construcțiilor

În timpul ridicărilor de execuție a construcțiilor se determină abaterile de la poziția de proiect. De regulă, sînt ridicate cele mai responsabile construcții și construcțiile portante după fixarea finală a lor.

### 1. Ridicarea de execuție planimetrică a coloanelor clădirii

La ridicarea de execuție planimetrică (fig.97) se determină abaterile axelor coloanei de la axele longitudinale și transversale ale clădirii. Abaterile axelor coloanei se determină prin metoda nivelmentului lateral, principiul căruia constă în următoarele:



**Fig. 97.** Ridicarea de execuție planimetrică a coloanelor:  
a- schema nivelmentului lateral; b- desenul de execuție

- a) De la reperele de fixare a axelor de trasare longitudinală  $B_1$  și  $B_2$ , perpendicular pe axa  $B-B$ , se depun segmente cu lungimea egală  $a$  și se capătă dreapta paralelă  $B'_1 - B'_2$  cu axa longitudinală a clădirii (fig.97, a).
- b) Teodolitul se instalează în punctul  $B'_1$  și se orientează spre punctul  $B'_2$ .
- c) Mira se instalează în poziția orizontală de sus și de jos ale coloanei, se citesc lecturile după firul vertical.

d) Abaterea centrului coloanei O (fig.97, b) de la axa de trasare B-B în secțiunea de jos pe axa 1-1 va fi egală cu

$$\Delta j = a - b_1^j - 0,5d \quad (20.1)$$

unde  $d$  - grosimea coloanei,  $b_1^j$  - lectura pe mira instalată pe axa 1-1 în secțiunea de jos.

e) Abaterea  $\Delta s$  se calculează analogic, dar se folosește lectura  $b_1^s$ .

Pentru verificarea și ridicarea preciziei grosimea coloanei se măsoară pe ambele părți, iar lecturile pe miră se citesc pe partea roșie și partea neagră. La calcularea abaterilor, după lecturile citite pe partea roșie, se ia în considerație diferența zerourilor DO. În acest caz formula pentru calcularea abaterilor are următoarea formă:

$$\Delta = a - b - 0,5d - DO . \quad (20.2)$$

În mod analogic se efectuează ridicarea de-a lungul axelor transversale și se determină abaterile coloanelor de la aceste axe.

Lucrările se termină cu întocmirea schemei ridicării de execuție, pe care se indică axele clădirii, coloanele și abaterile lor în secțiunile de jos și de sus față de axele longitudinale și transversale.

## 2. Ridicarea de execuție altimetrică a coloanelor clădirii

În timpul ridicării altimetrice se determină abaterile cotelor suprafețelor de bază ale coloanelor de la mărimile de proiect. Cotele de sus ale coloanei sau consolei se determină prin metoda nivelmentului geometric (fig.98).

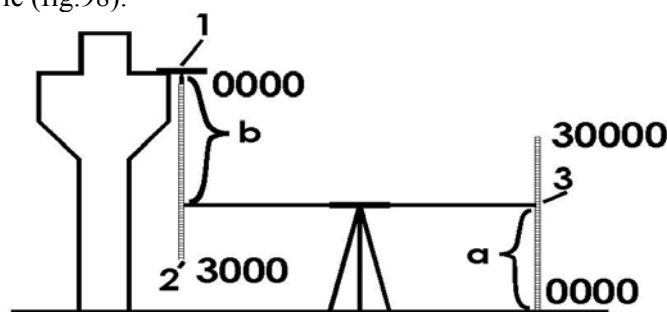


Fig. 98. Schema ridicării de execuție altimetrică a coloanei

a) Mira cu ajutorul suportului 2 se suspendează cu talpa în sus pe consola coloanei.

b) Se determină cota axei de vizare a aparatului:

$$H_v = H_{Rp} + a, \quad (20.3)$$

c) Se calculează cota consolei:

$$H_i = H_v + b \quad (20.4)$$

d) Abaterile coloanelor pe altitudine se calculează după formula:

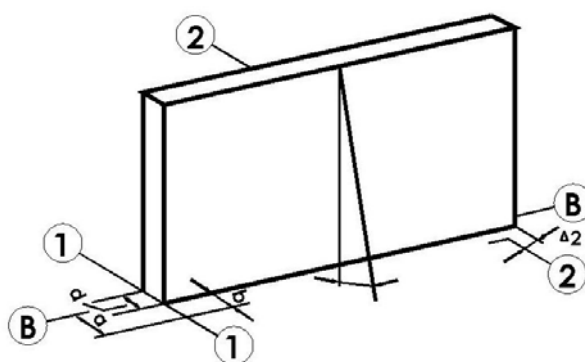
$$\Delta_i = H_i - H_p \quad (20.5)$$

unde  $H_p$  - cota de proiect a suprafeței de sprijin a coloanei sau consolei.

Rezultatele ridicării altimetrice se înscriu pe schema ridicării de execuție.

### 3. Ridicarea de execuție a panourilor clădirii

a) planimetrică



**Fig. 99.** Schema ridicării de execuție a panoului

La ridicarea de execuție planimetrică (fig.99) se determină abaterile axelor panourilor de la axa longitudinală de trasare B-B în secțiunea de jos în două puncte de pe marginea panoului. Pentru aceasta :

- 1) se măsoară grosimea panoului  $d$
- 2) se măsoară distanța  $b$  de la suprafața laterală a panoului pînă la reperele de instalare
- 3) abaterile se calculează după formula:

$$\Delta = a - b - 0,5d \quad (20.6)$$

unde  $a$  — distanța de la axa de trasare pînă la reperul de instalare.

În mod analogic se determină abaterile fețelor laterale ale panourilor de la axele transversale.

- 1)  $\Delta_2$  - abaterea suprafeței laterale de la axa 2-2 (se face prin măsurarea cu rigla).
- 2)  $\Delta_p$  - abaterea pe verticală (pentru măsurarea acesteia - în mijlocul panoului se suspendă un fir cu plumb și cu ajutorul riglei se măsoară mărimea înclinației).

b) altimetrică.

La ridicarea de execuție prin nivelment geometric se determină cotele unor puncte ale panourilor, care se compară cu cotele de proiect și se determină abaterile. După rezultatele măsurărilor se întocmește schema ridicării de execuție a panoului.

## **21. Observații asupra deplasărilor și deformațiilor structurilor clădirilor și construcțiilor**

### **21.1. Date generale**

Deplasările construcțiilor pot fi în plan și pe altitudine. Deplasările construcțiilor pe altitudine se numesc tasări, iar în plan - deplasări.

Dacă deplasările diferitelor puncte ale construcțiilor sînt egale după mărime și direcție, ele se numesc uniforme, în caz contrar - neuniforme. Deplasările neuniforme ale punctelor duc la schimbarea formei și dimensiunilor construcției, deci la deformarea lor.

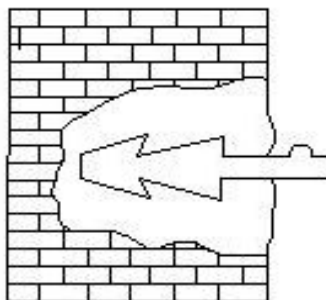
Provoacă deformări și sarcinile variabile, ce acționează asupra construcțiilor. De exemplu, sarcinile provocate de vânt, de radiația solară, de vibrația utilajului în timpul funcționării, solicitările seismice ș.a.m.d.

După caracterul lor deformațiile construcțiilor se împart în *elastice* și *reziduale*. Dacă după încetarea acțiunii sarcinii construcția ia forma inițială, atunci deformațiile sînt elastice. Ele apar pînă cînd sarcina nu depășește o valoare-limită determinată. Dacă totuși este depășită această limită, atunci dimensiunile și forma construcției nu se restabilesc. În așa caz în elementele construcției apar crăpături și rupturi, în unele cazuri e posibilă și accidentarea sau distrugerea construcțiilor.

În scopul preîntîmpinării la timp a accidentelor și studierii mai detaliate a cauzelor calității nesatisfăcătoare a construcțiilor se efectuează observații sistematice asupra deformațiilor și deplasărilor construcțiilor.

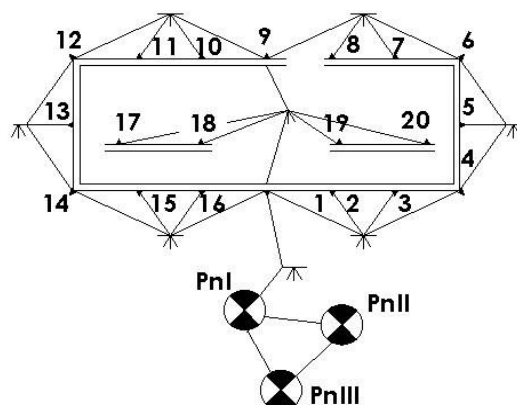
#### **21.2. a) Observații asupra tasărilor construcțiilor prin metoda nivelmentului geometric**

Mărcile (reperele) de tasare (fig.100) se instalează, de regulă, în construcțiile fundațiilor portante, care ies la suprafața terestră.



**Fig. 100.** Reper (marca de tasare)

Model de amplasare a mărcilor de tasare este arătat pe figura 101.



**Fig. 101.** Schema de observație asupra tasărilor

Observațiile asupra tasărilor se efectuează în cicluri, începând cu ciclul zero. La efectuarea observațiilor asupra tasării clădirilor ce se construiesc, ciclurile se suprapun cu etapele de terminare a construcțiilor, de exemplu a etajului. După terminarea construcției, termenele observațiilor se stabilesc în dependență de mărimea și viteza tasărilor, de regulă de 2-3 ori pe an, până la stabilirea definitivă a tasărilor.

Pentru determinarea cotelor mărcilor de tasare se trasează drumuirea de nivelment geometric de înaltă precizie cu vize scurte. Locul de instalare a nivelei se fixează cu bare, bătute în sol. Nivela în timpul tuturor măsurărilor se instalează în aceste puncte.

Reperele 1, 4, 6, 9, 12 și 14 sînt punctele de legătură ale drumuirii, iar restul - puncte intermediare.

Tasarea  $j$  a mărcii  $i$  în ciclu se calculează după formula:

$$\Delta_{ij} = H_{oj} - H_{ij}, \quad (21.1)$$

unde  $H_{oj}$  - cota mărcii în ciclul de măsurări zero;

$H_{ij}$  - cota mărcii  $j$  în ciclul de observații  $i$ .

**Tabelul 9. Exemplu de carnet pentru calcularea tasărilor**

| Nr<br>mărcii<br>de tasare | Ciclul 0      | Ciclul1         |            | Ciclul2             |             |
|---------------------------|---------------|-----------------|------------|---------------------|-------------|
|                           | fundația      | primul etaj     |            | etajul doi          |             |
|                           | 8-12 mai 2003 | 7-10 iunie 2003 |            | 1-7 septembrie 2003 |             |
|                           | cota, m       | cota, m         | tasarea,mm | cota, m             | tasarea, mm |
| 1                         | 158,752       | 158,750         | -2         | 158,747             | -5          |
| 2                         | 158,849       | 158,845         | -4         | 158,841             | -8          |
| 3                         | 158,342       | 158,337         | -5         | 158,334             | -8          |
| ...                       | ...           | ...             | ...        | ...                 | ...         |
| 20                        | 158,483       | 158,480         | -3         | 158,474             | -9          |
| Tasarea medie, mm         |               |                 | -4,8       |                     | -8,9        |

Pentru imaginarea vizuală a procesului de tasare a clădirii se construiește graficul ce reflectă mărimile tasărilor reperelor în timp.

#### **b) Observații asupra tasărilor prin metoda nivelmentului hidrostatic**

Pentru efectuarea observațiilor sistematice asupra tasărilor clădirilor industriale și hidrotehnice mari se folosesc sistemele hidrostatice staționare. În acest scop pe construcțiile fundamentului imobil sînt fixate țevi speciale de diametru mic, pe care sînt montate în poziție fixă dispozitivele de măsurare. Aproximativ în centrul construcției într-o încăpere închisă pe o fundație stabilă se instalează rezervorul de presiune cu piezometrul de control și dispozitivul de măsurare. Toate piezometrele sînt unite între ele și cu rezervorul prin intermediul furtunului de cauciuc, instalat în țevile pentru protecție, amplasate la o adîncime mai mare decît adîncimea de îngheț a solului.

Mărimea tasărilor se determină ca diferența depășirilor de nivel determinate în ciclul zero și ciclul de observații curent. Precizia determinării tasărilor este aproximativ de 1 mm.

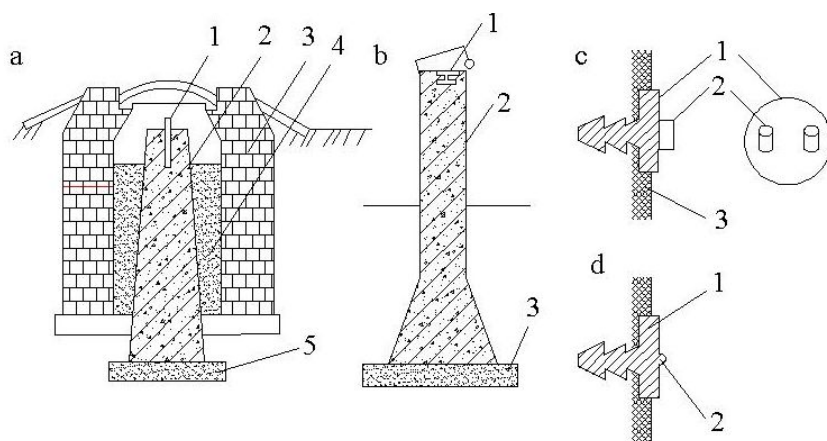
### 21.3. Observații asupra deplasărilor orizontale efectuate cu ajutorul metodelor topografice

#### a) Date generale

Pentru efectuarea observațiilor asupra deplasărilor se folosesc (fig.102):

- reperul de bază (fig.102, a) - este un pilon din beton armat, instalat în rocile de bază pe o placă de fundație.
- piloni de observație - bare din beton armat cu secțiunea în formă de pătrat cu capătul semnalului și cutia din metal unite prin articulație cu un mecanism de închidere.
- mărcile de deformație - prezintă niște discuri metalice, instalate pe peretele sau pe partea înclinată a construcției.

Observațiile asupra deplasărilor construcțiilor sînt efectuate în cicluri. Ciclul zero se efectuează pînă la apariția sarcinilor orizontale asupra construcțiilor. Următoarele cicluri se suprapun în timp cu etapele de așteptare a apariției deplasărilor orizontale, iar după darea construcțiilor în exploatare - nu mai puțin decît de două ori pe an, pînă la stabilizarea totală a construcției.



**Fig. 102.** Semnalele de fixare a punctelor în timpul observațiilor asupra tasărilor:

a. semnalul de bază; b. pilonul de observație; c. marca de tasare cu urechi; d. marca de tasare cu capătul în formă de semisferă

## b) Măsurarea deplasărilor orizontale în aliniament

Pentru a efectua aceste măsurări (fig.103, a), în afara zonei de deplasare a solului, se instalează semnalele de bază  $A$  și  $B$  și periodic se determină abaterile  $c_1$ ,  $c_2$  și  $c_3$  ale mărcilor de deformație 1, 2 și 3, instalate pe construcția de la aliniamentul  $AB$ .

Pentru determinarea abaterilor se folosesc următoarele metode:

### 1. Determinarea abaterilor cu ajutorul riglelor de măsurat

În cazul acestei metode se folosesc rigle de măsurat speciale cu diviziuni milimetrice și teodolitul (fig.103, b). Rigla se fixează pe cadrul 2, echipat cu suport special introdus în urechiușele 1 ale mărcii de deformație.

### Ordinea de lucru:

- Teodolitul se instalează în punctul  $A$  (fig.103, a), poziția  $CD$  se orientează la marca de bază  $B$ , succesiv se citesc lecturile  $c_{1a}$ ,  $c_{2a}$  și  $c_{3a}$  de pe riglele de măsurare pe mărcile 1, 2, 3.
- Teodolitul se instalează în punctul  $B$  (poziția  $CS$ ), se vizează la punctul  $A$  și se citesc lecturile  $c_{1b}$ ,  $c_{2b}$  și  $c_{3b}$  ale mărcilor de deformație 1, 2, 3.
- Se calculează lecturile medii:

$$c_1 = 0,5(c_{1a} + c_{1b}), \quad c_2 = 0,5(c_{2a} + c_{2b}), \quad c_3 = 0,5(c_{3a} + c_{3b})$$

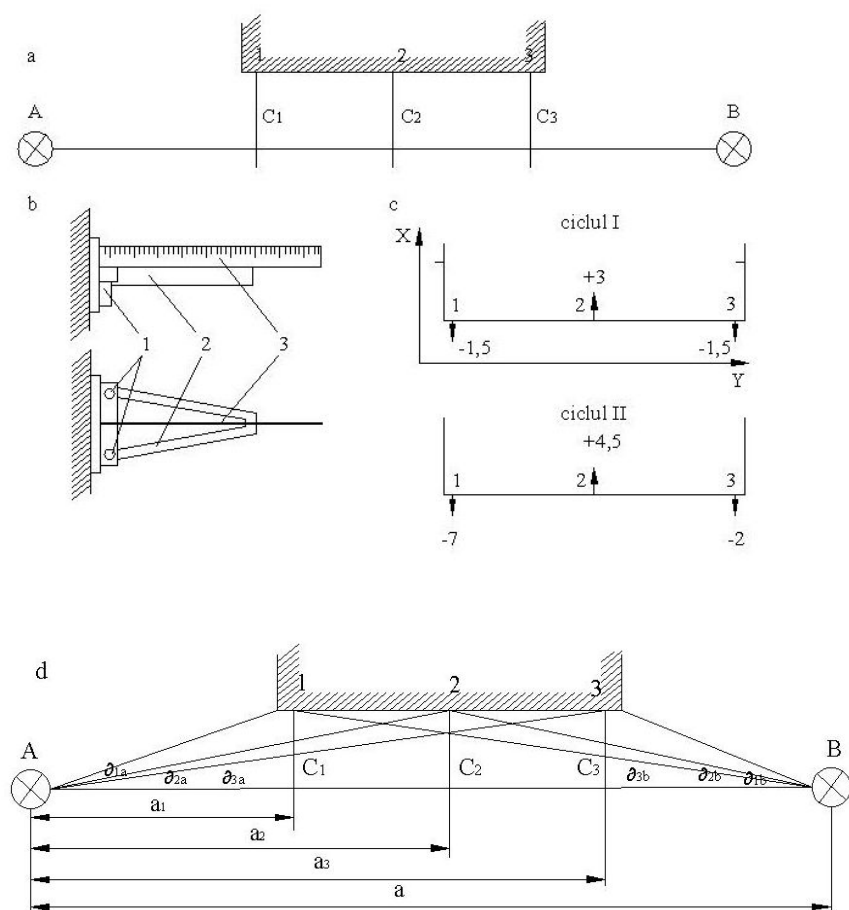
și se înregistrează în carnetul de calculare a deplasărilor.

- Se calculează deplasările orizontale:

$$\Delta_1^1 = c_1^0 - c_1^1; \quad \Delta_2^1 = c_2^0 - c_2^1; \quad \Delta_3^1 = c_3^0 - c_3^1$$

unde  $c_1^0$ ,  $c_2^0$ ,  $c_3^0$  - abaterile de la aliniament în ciclul zero.

- Rezultatele determinării se înscriu pe schemă (fig.103, c).



**Fig. 103.** Metoda de aliniament a observațiilor asupra deplasărilor orizontale:  
 a. determinarea abaterii de la aliniament cu ajutorul riglelor de măsurare;  
 b. rigla de măsurare; c. schema deplasării punctului; d. determinarea  
 abaterii de la aliniament prin măsurarea unghiurilor paralaxe

**Tabelul 10. Carnetul de calculări al deplasărilor orizontale ale punctelor construcției**

| Nr. mării de defor-<br>mație | Ciclul 0                   | Ciclul 1                   |                   | Ciclul 2                   |                   |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
|                              | 12.06.2003                 | 30.08.2003                 |                   | 20.12.2003                 |                   |
|                              | Lectura pe<br>riglă,<br>mm | Lectura<br>pe riglă,<br>mm | Deplasarea,<br>mm | Lectura pe<br>riglă,<br>mm | Deplasarea,<br>mm |
| 1                            | 187,5                      | 192,0                      | -4,5              | 194,5                      | -7,0              |
| 2                            | 194,0                      | 191,0                      | +3,0              | 189,5                      | +4,5              |
| 3                            | 188,0                      | 186,5                      | -1,5              | 186,0                      | -2,0              |

## 2. Metoda triangulației

Pentru această metodă semnalele de bază  $A$  și  $B$  sînt amplasate în sol stabil la o distanță destul de mare de la obiectul de observație, iar pentru construcție, de exemplu pe baraj, se instalează pilonii de observație I, II, III și periodic (în cicluri) prin metoda triangulației se determină coordonatele lor. În acest scop se determină cu o precizie foarte înaltă lungimea bazei  $AB$  și se măsoara unghiurile tuturor triunghiurilor.

În urma prelucrării datelor, pentru fiecare ciclu se obțin coordonatele punctelor studiate.

Deplasările punctelor de observație (pilonilor) în direcțiile axelor  $X$  și  $Y$  se calculează ca diferența coordonatelor corespunzătoare dintre cicluri.

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Punctul} & \text{I} & \text{II} \\
 \Delta X_I^I = X_I^0 - X_I^I; & \Delta X_I^{II} = X_I^0 - X_I^{II} \\
 \Delta Y_I^I = Y_I^0 - Y_I^I; & \Delta Y_I^{II} = Y_I^0 - Y_I^{II}.
 \end{array}$$

Mărimea absolută a deplasării totale se determină ca diagonala dreptunghiului cu laturile  $\Delta X$  și  $\Delta Y$  prin urmare,  $\Delta = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ .

### 3. Metoda mixtă

Metoda mixtă de observații îmbină metoda sigură a triangulației și metoda simplă a aliniamentelor.

La aplicarea acestei metode semnalele de baza  $A$  și  $B$  se amplasează în sol stabil la o distanță mare de la obiect, iar pilonii de observație I și II, care formează aliniamentul I-II, - la o distanță nu prea mare de la obiect. În construcții se instalează mărcile de deformație 1, 2 și 3.

La efectuarea observațiilor în ciclul zero, coordonatele pilonilor de observație  $X_I^0, Y_I^0$  și  $X_{II}^0, Y_{II}^0$  se determină prin metoda triangulației, iar abaterile  $c_1^0, c_2^0$  și  $c_3^0$  ale mărcilor de deformație 1, 2 și 3 față de aliniamentul suplimentar I-II se măsoară de la piloni.

În ciclul al doilea de observații măsurările se repetă în aceeași succesiune, se determină coordonatele pilonilor de observație  $X_I^I, Y_I^I$ ;  $X_{II}^I, Y_{II}^I$  și se măsoară abaterile  $c_1^I, c_2^I$  și  $c_3^I$  ale măsurărilor de deformație față de aliniament.

Dacă abaterile pilonilor de observație,  $\Delta X_I^I = X_I^0 - X_I^I$  și  $\Delta X_{II}^I = X_{II}^0 - X_{II}^I$ , pe axa  $X$  nu depășesc eroarea de determinare a coordonatelor determinate după rezultatele măsurării prin metoda triangulației, atunci deplasarea mărcilor de deformație se determină ca prin metoda aliniamentelor. Dacă deplasările  $\Delta X_I^I$  și  $\Delta X_{II}^I$  sînt mai mari decît erorile de determinare a coordonatelor, atunci în rezultatele măsurării abaterilor de la aliniament  $c_1^I, c_2^I$  și  $c_3^I$  se introduc corecțiile.

Căpătăm:

$$c_{1cor}^I = c_1^I + \Delta X_I^I + \frac{kd_1}{d};$$

$$c_{2cor}^I = c_2^I + \Delta X_I^I + \frac{kd_2}{d};$$

$$c_{3cor}^I = c_3^I + \Delta X_I^I + \frac{kd_3}{d}.$$

Folosind mărimile corectate ale abaterilor  $c'_{icor}$  putem calcula deplasarea mărcilor de deformație.

#### 4. Metoda fotogrammetrică

Se aplică la determinarea deplasărilor unui număr mare de mărci de deformație. Ea se bazează pe folosirea fotogramelor obiectelor, căpătate în ciclul de observație zero și ciclul curent. După aceste fotograme se determină schimbările coordonatelor punctelor identice pentru diferite cicluri.

Pentru ridicări sînt folosite fototeodolitele sau aparatele metrice, deoarece ele sînt înzestrare cu nivele pentru instalarea planului de ridicare sub un unghi dat față de orizont și cu dispozitiv de orientare, asemenea teodolitelui pentru instalarea axei optice a aparatului de fotografiat în direcția dată.

Cea mai simplă pentru prelucrarea datelor, universală și exactă, e considerată metoda de determinare a deplasărilor după fotogramele paralele planului principal al construcției.

#### 21.4. Determinarea înclinației construcțiilor față de verticală

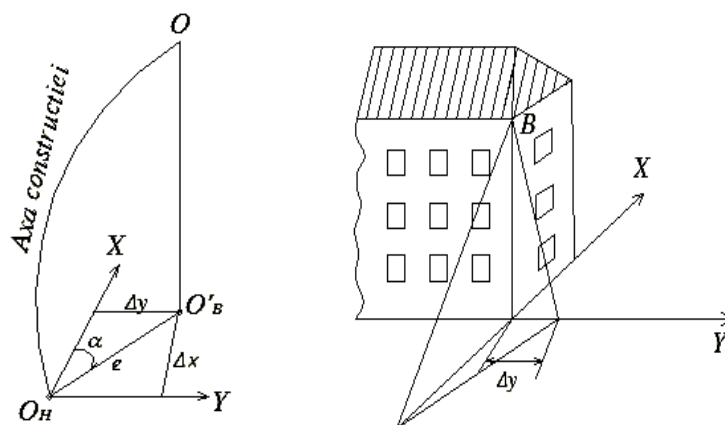


Fig. 104. Schema determinării înclinației construcțiilor:  
a. caz general; b. cu teodolitul

Înclinația construcției se caracterizează prin mărimea liniară  $e$  și unghiulară  $\alpha$  (fig.104). La determinarea înclinației se aplică următoarele metode:

a) *Metoda proiectării verticale*

La construirea verticalei cu ajutorul firului cu plumb, firul lui se suprapune cu axa construcției  $O_v$  din secțiunea de sus, iar pentru amortizarea oscilațiilor greutatea se amplasează într-un vas cu lichid vâscos. În secțiunea de jos cu ajutorul riglei cu diviziuni milimetrice se măsoară abaterea  $e$  a punctului  $O'_v$  a firului cu plumb față de axa  $O_j$  a construcției în secțiunea de jos. La determinarea mărimii unghiulare a înclinației  $\alpha$  ea se măsoară direct cu raportorul sau se determină proiecțiile înclinației  $\Delta x$  și  $\Delta y$  pe axele de coordonate, iar mărimea unghiulară se determină după formula:

$$\alpha = \arg \operatorname{tg}(\Delta y / \Delta x) \quad (21.2)$$

Exactitatea măsurărilor se verifică după formula:

$$e = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (21.3)$$

Precizia determinării înclinației în acest caz este foarte mică și în multe cazuri depinde de abaterile firului cu plumb de la verticală sub influența curenților de aer. Pentru o mai înaltă precizie de determinare se folosesc aparatele optice de proiectare verticală.

La construirea liniei verticale cu ajutorul teodolitului, aparatul se instalează succesiv pe una din axe, de exemplu pe axa  $X$ , se vizează la punctul de sus  $B$  al clădirii, apoi, în raport cu firul reticular al lunetei, cu ajutorul riglei cu diviziuni milimetrice, se determină abaterea  $\Delta y$ . La fel se determină abaterea  $\Delta x$  și se calculează mărimea unghiulară și liniară a înclinației.

### b) *Metoda intersecțiilor unghiulare*

Pentru această metodă, în jurul construcțiilor în formă de turn se instalează nu mai puțin de trei puncte  $A$ ,  $B$  și  $C$  ale rețelei de bază și prin metoda triangulației se determină coordonatele lor. Din fiecare punct prin intersecții unghiulare se determină coordonatele axei construcției în secțiunea de sus  $O_s$  și cea de jos  $O_j$ . Pentru determinarea direcției spre axa construcției în timpul intersecțiilor se citesc lecturile pe muchiile din dreapta și stînga, iar ca mărime finală este luată media aritmetică.

După coordonatele punctelor  $O_j$  și  $O_s$  se calculează mărimile înclinației  $\Delta X$  și  $\Delta Y$  și se determină înclinația unghiulară  $\alpha$  și liniară  $e$ .

## **22. Lucrări topografice la construirea sistemelor de aprovizionare cu apă, canalizare, termoficare și gazificare**

### **22.1. Lucrări topografice la proiectarea sistemelor**

Proiectarea comunicațiilor de lungime mare se face în două etape - proiectul tehnic și documentația de execuție.

Studiile se împart în prealabile și finale.

În componența studiilor prealabile intră trasarea pe hărțile, planurile topografice, cercetarea terenului în natură.

În perioada finală a studiilor se efectuează trasarea pe câmp și reperarea traseelor, fixîndu-se toate punctele caracteristice.

În timpul trasării pe teren distanțele se măsoară de două ori cu panglica de oțel, unghiurile - cu teodolitul 2T30, diferențele de nivel - cu nivela N-3.

La terminarea studiilor și proiectării se întocmesc următoarele documente grafice:

- 1) planul traseului
- 2) profilul longitudinal al traseului
- 3) desene pentru construcție aparte, camere, cămine, compensatoarele rețelelor termice, stații de pompare, tunelurile ș.a.m.d.

La proiectare se alcătuiesc desenele de trasare ale proiectului pe teren.

Aplicarea pe teren se efectuează prin măsurări față de punctele existente, sau față de punctele geodezice. Datele de trasare se determină grafic. Iar mărimea abaterilor admisibile ale poziției punctelor de cotire a traseului nu trebuie să depășească distanța de 3 m dintre punctele a două intersecții polare, unde  $m$  – precizia scării planului de asamblare inițial. Drept poziție finală se ia centrul de greutate al triunghiului erorilor sau, în cazul metodei polare, poziția medie dintre două puncte. Punctele intermediare trebuie amplasate pe o dreaptă, dusă prin punctele de cotire ale traseului. De aceea poziția lor pe teren se determină prin metoda aliniamentelor.

Dacă între fîntînile de cotire lipsește vizibilitatea directă, atunci pentru determinarea direcției aliniamentului se aplică metoda triunghiului auxiliar.

Distanța dintre puncte se determină după formula:

$$d_3^2 = \sqrt{d_1^2 - d_2^2} - 2d_1d_2 \cos \gamma \quad (22.1)$$

$$\sin \alpha = (d_2 / d_3) \sin \gamma \quad (22.2)$$

$$\sin \beta = (d_1 / d_3) \sin \gamma \quad (22.3)$$

Pentru verificare se folosește al doilea punct auxiliar, pentru care toate măsurările și calculele se repetă, căpătînd unghiurile  $\alpha'$  și  $\beta'$ . Punctele auxiliare se vor amplasa cît mai aproape de aliniament, astfel ca unghiurile  $\alpha$  și  $\beta$  să nu depășească  $15^\circ$ .

Dacă nu poate fi ales un punct auxiliar, atunci trasăm o drumuire cu teodolitul. În această drumuire se măsoară unghiurile  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  și distanțele  $d_1, d_2, d_3, d_4$ .

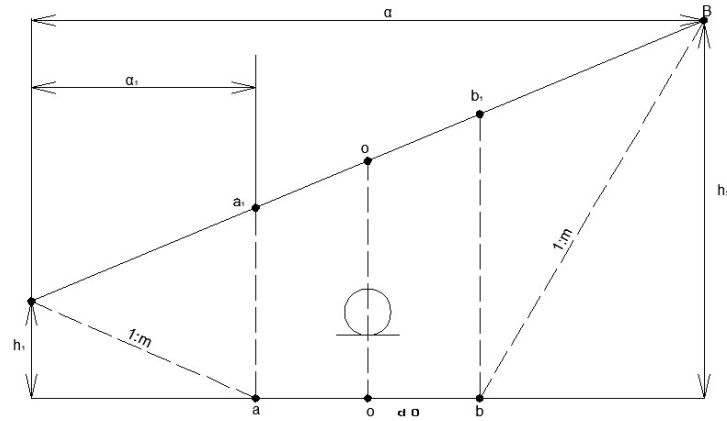
## 22.2. Lucrări topografice în timpul construirii

Conductele pot fi instalate în tranșee, în tunele ori cutii (țevi de diametru mai mare).

a) *Succesiunea instalării conductelor în tranșee constă în următoarele lucrări:*

- lucrările de pregătire
- trasarea tranșeei
- instalarea vizelor pentru controlul lucrărilor de terasament
- instalarea țevelor

Tranșeele pentru instalarea țevelor pot fi cu taluzuri sau pereți verticali. În primul caz pe teren la fiecare 5–10 m se fixează axa tranșeei și granițele muchiilor de sus și de jos (fig.105).

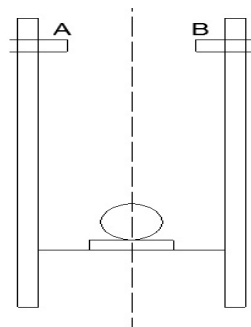


**Fig. 105.** Schema metodelor deschise de construire a conductelor în șanțuri cu taluzuri

unde  $d_0$  - distanța redusă la orizont dintre punctele muchiei de sus și de jos,  $h$  - adâncimea tranșeei.

Pe teren se fixează punctele cu intervalul de 5–10 m, care se află pe axa conductei, de la ele pe ambele părți se depun segmentele corespunzătoare ale elementelor tranșeei, căpătînd pe suprafața terenului punctele  $A, a', o', b', B'$ .

La trasarea tranșeeilor cu pereți verticali pe teren în mod analogic se fixează axa tranșeei și muchiile pilonilor  $A$  și  $B$ . Controlul adâncimii de excavare a solului se face cu ajutorul vizelor pentru gabarit.



**Fig. 106.** Schema metodelor deschise de construire a conductelor în șanțuri cu pereți verticali

a) La începutul și sfârșitul sectorului controlat se instalează două vize, *A* și *B*, înălțimea cărora se ia astfel, ca la instalarea mirei portative *C* la adâncimea de proiect toate vizele să fie pe o dreaptă paralelă patului tranșeei sau axei conductei instalate.

b) Instalarea vizelor permanente se face după înlăturarea stratului superior al solului și începerea lucrărilor de excavație a lui.

În locurile de instalare a vizelor permanente se bate țărșul, la care orizontal se bate scîndura. De scîndură se fixează grinda din lemn, deasupra căreia se pune mira.

### Sucesiunea lucrărilor:

a) În prealabil se stabilește lungimea comodă de lucru a mirei portative *L*.

b) Se pregătește locul pentru instalarea vizelor permanente.

c) Se efectuează nivelmentul barelor.

d) Se calculează lungimea vizelor permanente, care se pregătesc și se instalează pe grinzi.

Lungimea vizelor permanente *l* se determină conform rezultatelor nivelmentului tuturor grinzilor după formula:

$$l = L - (H_b - H_p) \quad (22.4)$$

unde *L* - lungimea mirei portative; *H<sub>b</sub>* - cota vârfului grinzii din lemn; *H<sub>p</sub>* - cota de proiect a patului tranșeei, luată de pe profilul de proiect.

Pentru verificare se face nivelmentul de la două repere de execuție. Vizele se instalează la distanța de 50–70 m și servesc pentru coordonarea lucrărilor de terasament.

*b) Sucesiunea instalării conductelor în tunele ori cutii prin metoda închisă*

Se deosebesc:

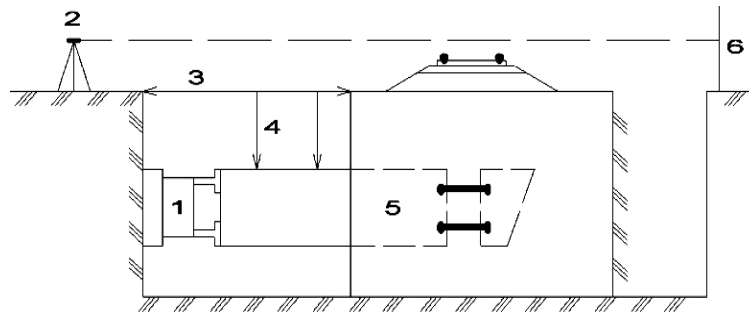
- străpungerea solului (poasonarea solului),

- găurirea solului,
- metoda scutelor.

Primele două metode se aplică la intersecția traseului cu obstacole: căi ferate, clădiri ș.a.m.d. A treia metodă se aplică la instalarea în oraș a conductelor de-a lungul străzilor și are scopul de a păstra învelișul drumurilor.

### *Străpungerea și găurirea solului*

La străpungerea și găurirea solului în groapă se instalează sistemul de cricuri hidraulice, cu ajutorul cărora țeava străpunge solul pînă la ieșirea ei în altă groapă. La excavarea solului prin metoda scutelor se construiește un tunel, cu ajutorul unui mecanism special.



**Fig. 107.** Schema generală a străpungerii solului cu țevi:  
1) sistemul de cricuri hidraulice, 2) teodolit, 3) strună, 4) firul cu plumb,  
5) țeava, 6) jalonul

Lucrările de construcție încep cu săparea gropii de lucru sau, în cazul metodei scutelor, a două sonde. Poziția gropilor sau sondelor se dă în proiectul de organizare a lucrărilor. După trasarea acestor construcții la suprafață se fixează direcția de săpare.

Pe axa viitoareii gropi de execuție se instalează teodolitul, iar pe axa gropii a doua - jalonul.

Direcția pe orizontul de trecere se transmite cu ajutorul a două fire cu plumb, continuînd acest aliniament din ochi sau după strună.

În orașe, conductele subterane se instalează în tunele care se construiesc cu ajutorul scutelor de diametru mic

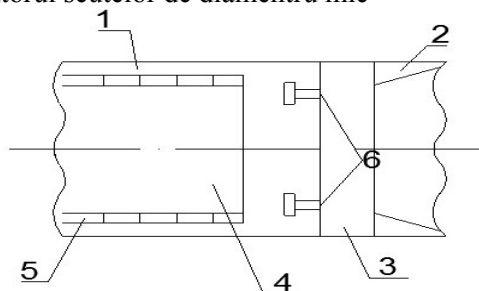


Fig. 108. Secțiunea transversală a tunelului prin scut

Scutul (fig.108) este alcătuit din învelișul cilindric 1, cuțitul 2 și partea posterioară 4. Între cuțit și partea posterioară este amplasat cercul de suport 3, pe care se instalează cricurile hidraulice 6, formate din blocuri de beton sau ceramică. În partea în care este instalat cuțitul se lucrează roca, iar scutul se deplasează înainte, fiind împins de cricurile rezemate în marginea mantalei tunelului.

După deplasare se lucrează următoarea parte a tunelului.

*Principala problemă soluționată prin metode geodezice la construirea tunetelor cu scutul constă în determinarea poziției planimetrice și altimetrice a scutului față de axa de proiect.*

Pentru tunelele cu lungimea până la 100 m direcția de construire se dă prin aliniamentul dus prin două fire cu plumb, coborâte în sondă, ca și în cazul metodei de străpungere a solului. Pentru aceasta firele cu plumb în tunele se instalează din ochi. La construirea tunelurilor cu o lungime mai mare se aplică metodele instrumentale pentru orientare - orientarea giroscopică.

La construirea tunelurilor de lungime mare apare necesitatea creării rețelilor geodezice subterane în formă de poligonometrie. În timpul construirii de-a lungul tunelului se trasează drumuirea poligonometrică subterană cu laturile de 25–50 m. Conform coordonatelor punctelor acestei drumuiri se calculează elementele de trasare, pentru determinarea în natură a axei tunelului.

### 22.3. Ridicările de execuție

Scopul lor constă în căpătarea desenelor de execuție ale construcțiilor sistemelor de alimentare cu apă, cu gaz și căldură și a sistemelor de canalizare. Ele se întocmesc, de regulă, la aceeași scară ca și desenele de execuție corespunzătoare de proiect. Desenele de execuție, alcătuite conform materialelor ridicate, alcătuiesc partea principală a documentației, care trebuie prezentată la darea în exploatare a obiectului după terminarea construcției lui.

*Poziția planimetrică*, la întocmirea documentației comunicațiilor și construcțiilor subterane, amplasate pe terenurile construite, se determină față de contururile clare prin metodele intersecțiilor liniare, perpendicularelor, intersecțiilor de aliniament.

Se recomandă ca distanțele măsurate de la contururile clare pînă la punctele studiate să nu depășească lungimea dispozitivului de măsurat (20–30 m).

În cazurile cînd comunicațiile subterane sînt amplasate pe terenurile neconstruite, atunci poziția lor se determină față de punctele rețelei geodezice de trasare. Pentru aceasta mai des se aplică metodele de intersecție unghiulară directă și polară.

În timpul construcției, punctele rețelei de trasare deseori nu se păstrează, de aceea pentru efectuarea ridicării de execuție cu teodolitul se construiesc drumuri speciale. Lungimea acestor drumuri nu trebuie să depășească 0,8 km pentru scara 1:500, 1,2 km – 1:1000. Lungimea laturilor nu trebuie să fie mai mică de 20 m și mai mare de 350 m. Erorile relative nu trebuie să depășească mărimea 1:2000. Unghiurile acestor drumuri se măsoară cu teodolitul T30 dintr-o repriză, iar distanțele – cu panglica de oțel, ruleta sau stadimetrul optic.

*Poziția altimetrică* a comunicațiilor subterane se determină prin nivelment geometric, efectuat de la reperele de construcție, reperele rețelei orășenești sau a rețelelor geodezice de stat. Distanța de la nivelă pînă la miră nu trebuie să depășească 150 m.

Ridicările de execuție se efectuează pentru următoarele obiecte:

- *Canalizare și drenaj*: traseele canalelor magistrale, colectoarelor, rețelele de pe străzi și din ogrăzi; locurile de unire a rețelelor; fîntînile și camerele; evacuatoarele.
- *Rețelele de aducție a apei*: traseul apeductului, conductei magistrale, rețelelor de distribuție și din ogrăzi; fîntînile.

- *Rețelele termice*: traseul rețelilor termice magistrale, rețelele de distribuție; camerele; compensatoarele.
- *Rețelele de gaz*: traseele conductelor de gaz magistrale ale rețelilor de distribuție.

Conform rezultatelor măsurărilor efectuate se întocmesc următoarele documente:

- planul traseului depus pe originalul planului topografic.
- profilul de execuție, pe care se arată toate fântinile, camerele, pichetele, pantele, cotele jgheburilor sau bolții conductei pentru conductele de presiune, cotele suprafeței, materialul țevelor și diametrul lor.
- schemele, drumuirilor de nivelment și cu teodolitul.
- catalogul coordonatelor și cotelor fântinilor, camerelor, canalelor, tunelurilor, vîrfurilor de cotire.
- desenele de execuție a fântinilor, camerelor, canalelor, tunelurilor cu indicarea dimensiunilor reale.

## **23. Tehnica securității la efectuarea lucrărilor inginero-topografice**

### **23.1. Tehnica securității în timpul studiilor topografo-geodezice**

Lucrările topografo-geodezice, în timpul studiilor de inginerie, se efectuează în diferite condiții: pe teritoriul orașelor, localităților sătești, pe terenurile cu păduri sau deschise, la stațiile feroviare, la întreprinderile industriale în funcțiune ș.a.

**Cauzele accidentelor** în timpul lucrărilor geodezice:

- a) în condițiile regiunilor de stepă, de pădure, mlăștinoase, de munte cu populație rară sînt factorii condițiilor naturale, ca numărul nesatisfăcător sau lipsa completă a punctelor de orientare, imposibilitatea deplasării pe suprafața terestră, pantele foarte abrupte ale terenului, timpul nefavorabil, inundațiile sau lipsa apei potabile, incendiile ș.a.m.d.
- b) în localități și la întreprinderile industriale sînt înseși împrejurările create de om: posibilitatea electrocutării prin rețelele

electrice aeriene și subterane, otrăvirea cu gaze în timpul studierii și ridicării fântînilor și colectoarelor rețelelor subterane, accidente în timpul efectuării lucrărilor pe podurile în funcțiune a căilor ferate, accidentele de circulație ș.a.

**Pentru preîntîmpinarea accidentelor** și traumatismului în instrucțiuni sînt date: unele recomandări de deplasare pe teren; metodele de căutare a celor rătăciți; regulile de trecere peste rîuri și bazinele de apă; regulile de organizare a taberei de cîmp, de deșteptare după semnale de pericol, de siguranță contra incendiilor, de pregătire a lemnului pentru construirea semnalelor geodezice, de trasare a liniilor de demarcație; regulile de lucru în timpul iernii, mărimea admisibilă a greutăților transportate; informații despre vaccinările profilactice, sanitară și igiena lucrătorilor care vor participa la lucrările de cîmp, date despre îmbrăcămintea specială ș.a.

Experiența arată, că accidentele la efectuarea lucrărilor geodezice de cîmp sînt legate de necunoașterea condițiilor lucrărilor de producere și organizarea insuficientă a muncii, ignorarea regulilor tehnicii securității. Angajarea la lucru a persoanelor starea sănătății cărora nu corespunde condițiilor de muncă date este interzisă.

La aplicarea noilor procedee tehnologice, metode de lucru, noilor tipuri de utilaje, a mașinilor și mecanismelor, cît și la introducerea noilor reguli și instrucțiuni asupra tehnicii securității lucrătorilor li se citește un instructaj suplimentar.

### **23.2. Tehnica securității la efectuarea lucrărilor de trasare**

În documentația de proiect a condițiilor de muncă fără de accidente se ține cont încă în etapa întocmirii argumentației tehnico-economice (ATE). La indicarea măsurilor tehnicii securității și sanitariei de producere în ATE vor fi soluționate și cheltuielile esteticii tehnice, necesare pentru crearea unui mediu înconjurător favorabil.

La efectuarea lucrărilor geodezice de trasare se vor respecta regulile tehnicii securității din construcție. Pericolul traumatismului de producție se determină în dependență de locul de lucru al geodezistului. La lucrările de terasament se supraveghează panta taluzurilor, se controlează dacă sînt întăriți bine pereții.

Pentru evitarea prăbușirilor de sol, lucrările geodezice nu vor fi efectuate în gropile adânci, în apropierea pereților abrupti, la marginea taluzurilor abrupte neîntărite ș.a.m.d.

Măsuri de precauție trebuie luate la instalarea semnalelor de sol în apropierea cablurilor. Măsurările liniare, efectuate în timpul de iarnă, când solul terenului este încălzit cu curent electric, se fac foarte atent, astfel ca să nu se atingă panglica sau ruleta de bara metalică ce se află sub tensiune.

La efectuarea lucrărilor geodezice spre căile ferate și drumuri în ambele părți sînt puși semnalizatori, care supraveghează circulația.

Înainte de începerea lucrului, vor fi controlate atent locurile unde e posibilă prezența gazelor dăunătoare, fîntînele și sondele. La efectuarea lucrărilor în aceste locuri un lucrător trebuie să se afle în zona neprimejdioasă, supraveghind lucrul celorlalți. Cei care lucrează în zona periculoasă, trebuie asigurați cu mască antigaz respectivă. La apariția spontană a gazului se evacuează urgent toți lucrătorii, reluînd lucrările numai după înlăturarea totală a gazelor. La ridicarea de execuție a fîntînilor, conductelor în funcțiune, se verifică în prealabil lipsa acumulării de gaze dăunătoare în ele.

Dacă pe șantierul de construcție există comunicații subterane - cabluri electrice, conducte de gaz, conducte de apă de presiune înaltă, atunci lucrările de terasament se efectuează sub supravegherea reprezentanților organizațiilor care exploatează instalațiile numite.

Pentru efectuarea lucrărilor geodezice în zona lucrărilor de minare e necesar respectarea strictă a regulilor efectuării lucrărilor geodezice în camerele de cheson umplute cu aer sub o presiune înaltă.

La construirea tunelelor și metrourilor lucrările trebuie efectuate conform proiectului de organizare a lucrărilor (POL), condițiilor tehnice în vigoare și regulilor tehnicii securității. La locul de lucru al geodezistului nu trebuie să se afle bucăți de rocă, care pot cădea. Trebuie asigurate întărirea corectă, îngrădirea părților deplasabile ale mecanismelor, trecerile fără primejdie, iluminarea și ventilarea locurilor de lucru. Toți lucrătorii trebuie să fie echipați cu: centură de protecție, cască de miner, încălțăminte specială și alte mijloace de protecție individuală. În timpul lucrărilor de minare pentru excavarea rocilor se întrerup toate celelalte lucrări, iar oamenii se evacuează din mine.

Lucrările în carierele deschise se caracterizează prin faptul că în ele funcționează un număr mare de mecanisme și mașini, de aceea și lucrul geodezistului în acest caz este specific.

La construcțiile hidrotehnice, în afară de regulile generale ale tehnicii securității, e necesară respectarea unui șir de reguli specifice. De exemplu, în timpul înălțării construcțiilor hidrotehnice se efectuează lucrări pe versanții în pantă repede, la care sînt admise numai persoanele ce au trecut pregătirea alpinistă după programul stabilit pentru raionul dat. În timpul lucrărilor pe pantă abruptă este obligatorie autoasigurarea și asigurarea de către două persoane. La granița zonei periculoase se pune pază. Pe versanții, unde pot cădea pietre, se instalează capcane speciale pentru pietre.

Sînt interzise lucrările topografo-geodezice pe versanți, dacă în părțile de sus ale lor în acest timp se efectuează lucrări de terasament.

### **23.3. Tehnica securității la efectuarea lucrărilor topografice în timpul montării construcțiilor și a utilajelor**

La elaborarea proiectului de organizare a lucrărilor de construcție și montare se rezolvă problemele succesiunii, intensității și efectuării fără accidente a lucrătorilor, distribuirii mașinilor și utilajului pe teritoriul șantierului de construcție.

Aparte se întocmește proiectul de efectuare a lucrărilor de montare a elementelor construcțiilor și diferite utilaje tehnologice. În acest proiect se descriu zonele periculoase cu soluțiile inginerice, care asigură condiții nepericuloase de efectuare a lucrărilor.

Controlul geodezic al justetei montării în interiorul clădirilor trebuie să fie efectuat din locurile apărute de planșeu prin streșină, care se instalează pe perimetrul planșeelor dintre etaje la diferite nivele. Pentru urcarea geodezistului la înălțime se folosesc, dacă e posibil, ascensorul de mină, scările suspendate și platformele, iar pentru înălțimile mari - platformele intermediare pentru odihnă. În aceste scopuri, la montarea clădirilor industriale și civile cu multe etaje se folosesc coliviile scărilor îngrădite cu rampe temporare; schelele cu autoridicare, echipate cu vinciuri manuale sau electrice. Pentru înălțimile pînă la 26m se folosesc turnurile telescopice.

Controlul exactității montării carcaselor portante se face din locurile situate în afara zonelor periculoase, mărimea cărora se socotește egală cu înălțimea dublă a structurii montate.

Pentru măsurările geodezice în diferite etape de montare a podurilor deosebit de periculoase sînt lucrările efectuate la înălțimi foarte mari, pe platforme înguste ale coloanelor, pe tălpile fermelor ș.a.m.d. La efectuarea lor se admit persoane ce au depășit vîrsta de 18 ani și au trecut o comisie medicală specială. Pînă a începe montarea se alcătuiește și se aprobă de către inginerul-șef al construcției instrucțiunea pentru semnalizare, ținînd cont de particularitățile viitoarelor lucrări. Instrucțiunea trebuie studiată de toți lucrătorii.

Este interzisă aflarea geodeziștilor în zonele periculoase de efectuare a lucrărilor de încărcare - descărcare, în apropierea macaralelor, mașinilor de încărcare și a altor mecanisme. La efectuarea lucrărilor în secții nu se permite apropierea lucrătorilor de mecanismele și instalațiile care funcționează; pentru a nu strica vederea, se interzice lucrul în apropierea locurilor unde se sudează sau se taie metalul fără folosirea mijloacelor de protecție (ochelari, paravan). În timpul lucrărilor de rectificare și profilare a căilor de rulare a macaralelor este categoric interzisă deplasarea pe grinzile de rulare a macaralelor. În locurile de instalare a instrumentelor se fac polițe îngrădite și scări.

În timpul măsurărilor în tuneluri se interzice atingerea cablului de troleu, cablurilor electrice, motoarelor electrice și instalațiilor de putere în funcțiune. Lucrătorii mineri trebuie să fie foarte atenți în timpul lucrărilor de montare a escalatoarelor.

## BIBLIOGRAFIA

1. Topografie generală. R. Filimon. București: Editura Tehnică, 1988.
2. Topografie inginerească. N. Cristescu. București: Editura didactică și Pedagogică, 1978.
3. Инженерная геодезия. Г.В Багратуни., В.Н.Ганишин, Б.Б. Данилевич и др. М.: Недра, 1984.
4. Курс инженерной геодезии. В.Е Новак. М.: Недра, 1989.
5. Лабораторный практикум по инженерной геодезии. В.Е Новак. М.: Недра, 1990.

## CUPRINSUL

|                                                                        |   |
|------------------------------------------------------------------------|---|
| Prefață .....                                                          | 3 |
| Introducere.....                                                       | 5 |
| 1. Date generale despre geodezie și disciplinele ei științifice.....   | 5 |
| 1.1. Scurt studiu istoric asupra dezvoltării geodeziei inginerești.... | 6 |
| 1.2. Problemele principale ale topografiei.....                        | 9 |

### Partea întâi

#### BAZELE TOPOGRAFIEI

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2. Date despre forma și dimensiunile Pământului .....                                                | 11 |
| 2.1. Sisteme de coordonate .....                                                                     | 13 |
| 2.2. Sistemul de altitudine.....                                                                     | 16 |
| 3. Orientarea liniilor pe teren .....                                                                | 18 |
| 3.1. Unghiurile de orientare .....                                                                   | 19 |
| 3.2. Dependența dintre unghiurile de orientare.....                                                  | 20 |
| 3.3. Direcțiile înainte și inverse .....                                                             | 21 |
| 3.4. Unghiurile de direcție ale liniilor adiacente .....                                             | 21 |
| 3.5. Problemă geodezică directă.....                                                                 | 22 |
| 3.6. Problema geodezică inversă .....                                                                | 23 |
| 4. Influența curburii Pământului asupra rezultatelor măsurării<br>distanțelor și altitudinilor ..... | 23 |
| 4.1. Hărțile și planurile topografice .....                                                          | 25 |
| 5. Teoria erorilor de măsurări în topografie.....                                                    | 38 |
| 5.1. Noțiuni de bază ale teoriei erorilor de măsurări .....                                          | 38 |
| 5.2. Măsurări directe și indirecte. Eroarea măsurării .....                                          | 39 |
| 5.3. Clasificarea erorilor .....                                                                     | 39 |
| 5.4. Media aritmetică.....                                                                           |    |
| 6. Măsurarea unghiurilor .....                                                                       | 46 |
| 6.1. Măsurarea unghiurilor pe teren .....                                                            | 46 |
| 6.2. Părțile principale ale teodolitului.....                                                        | 47 |

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.3. Clasificarea teodolitelor .....                                | 52  |
| 7. Verificarea și reglarea teodolitului .....                       | 54  |
| 8. Măsurarea unghiurilor orizontale și verticale .....              | 58  |
| 8.1. Măsurarea unghiurilor orizontale .....                         | 58  |
| 8.2. Măsurarea unghiurilor verticale sau de înclinație $v$ .....    | 60  |
| 8.3. Precizia măsurării unghiurilor orizontale .....                | 61  |
| 9. Măsurarea distanțelor .....                                      | 63  |
| 9.1. Date generale .....                                            | 63  |
| 9.2. Instrumentele folosite pentru măsurarea distanțelor .....      | 63  |
| 9.3. Măsurarea lungimii liniilor cu dispozitivul de măsurare .....  | 65  |
| 9.4. Distanța redusă la orizont .....                               | 67  |
| 9.5. Stadimetrul cu fire reticulare .....                           | 68  |
| 9.6. Determinarea distanțelor inaccesibile .....                    | 70  |
| 9.7. Calcularea lungimii liniei .....                               | 71  |
| 9.8. Precizia măsurării liniilor cu dispozitivele de măsurare ..... | 73  |
| 10. Nivelmentul traseelor construcțiilor liniare .....              | 76  |
| 10.1. Instrumente și mire de nivelment geometric .....              | 79  |
| 10.2. Verificarea și reglarea nivelelor și mirelor .....            | 82  |
| 10.3. Efectuarea nivelmentului .....                                | 85  |
| 11. Nivelmentul trigonometric .....                                 | 88  |
| 12. Rețele geodezice de stat .....                                  | 91  |
| 12.1. Noțiuni generale .....                                        | 91  |
| 12.2. Metode de construire a rețelelor geodezice planimetrice ..... | 93  |
| 12.3. Drumuirile cu teodolitul .....                                | 96  |
| 12.4. Drumuirile de nivelment .....                                 | 103 |
| 13. Ridicarea terenurilor cu construcții .....                      | 106 |
| 13.1. Date generale .....                                           | 106 |
| 13.2. Ridicarea planimetrică .....                                  | 107 |
| 14. Ridicarea terenurilor fără clădiri. Ridicarea tahimetrică ..... | 110 |
| 14.1. Principiul ridicării tahimetrice .....                        | 110 |
| 14.2. Aparare pentru ridicarea tahimetrică .....                    | 111 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 14.3. Efectuarea ridicării tahimetrice cu teodolitul 2T30 .....    | 112 |
| 14.4. Prelucrarea în birou a materialelor ridicării tahimetrice .. | 117 |
| 15. Nivelmentul suprafețelor .....                                 | 119 |

## Partea a doua

### TOPOGRAFIA APLICATĂ ÎN CONSTRUCȚII

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 16. Lucrări topografice pentru studii ingineresti.....                                                              | 124 |
| 16.1. Noțiuni generale.....                                                                                         | 125 |
| 16.2. Studiul topografic al traseelor construcțiilor liniare.....                                                   | 127 |
| 16.3. Trasarea în birou după hartă.....                                                                             | 128 |
| 16.4. Trasarea pe teren .....                                                                                       | 129 |
| 16.5. Lucrări topografice pentru diverse studii .....                                                               | 133 |
| 17. Calcule topografice la proiectarea traseelor și sistematizarea<br>pe verticală .....                            | 134 |
| 17.1. Calcule topografice la proiectarea traseelor .....<br>construcțiilor liniare.....                             | 135 |
| 17.2. Sistematizarea pe verticală .....                                                                             | 140 |
| 18. Aplicarea pe teren a proiectelor de sistematizare și<br>construire .....                                        | 144 |
| 18.1. Noțiuni generale.....                                                                                         | 144 |
| 18.2. Elementele lucrărilor de trasare la aplicarea pe teren a<br>proiectelor de sistematizare și construcții ..... | 147 |
| 18.3. Metodele de construire pe teren a poziției planimetrice<br>de proiect a punctelor .....                       | 153 |
| 19. Trasarea pe teren a hotarelor pământurilor și terenurilor de<br>construcție .....                               | 157 |
| 19.1. Date generale despre aplicarea pe teren a proiectelor de<br>construcție .....                                 | 159 |
| 19.2. Trasarea axelor de bază.....                                                                                  | 160 |
| 19.3. Metoda polară.....                                                                                            | 161 |
| 19.4. Trasarea gabaritelor clădirii de la construcțiile capitale<br>existente .....                                 | 163 |

|                                                                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>20. Ridicări de execuție a construcțiilor .....</b>                                                                            | <b>165</b> |
| <b>21. Observații asupra deplasărilor și deformațiilor structurilor<br/>clădirilor și construcțiilor .....</b>                    | <b>168</b> |
| 21.1. Date generale .....                                                                                                         | 168        |
| 21.2. a) Observații asupra tasărilor construcțiilor prin metoda<br>nivelmentului geometric .....                                  | 169        |
| b) Observații asupra tasărilor prin metoda nivelmentului<br>hidrostatic .....                                                     | 171        |
| 21.3. Observații asupra deplasărilor orizontale efectuate cu<br>ajutorul metodelor topografice .....                              | 172        |
| 21.4. Determinarea înclinației construcțiilor față de verticală... ..                                                             | 177        |
| <b>22. Lucrări topografice la construirea sistemelor de aprovizionare<br/>cu apă, canalizare, termoficare și gazificare .....</b> | <b>179</b> |
| 22.1. Lucrări topografice la proiectarea sistemelor .....                                                                         | 179        |
| 22.2. Lucrări topografice în timpul construirii.....                                                                              | 180        |
| 22.3. Ridicări de execuție .....                                                                                                  | 185        |
| <b>23. Tehnica securității la efectuarea lucrărilor inginerо-topo-<br/>grafice .....</b>                                          | <b>186</b> |
| 23.1. Tehnica securității în timpul studiilor topografo<br>-geodezice .....                                                       | 186        |
| 23.2. Tehnica securității la efectuarea lucrărilor de trasare .....                                                               | 187        |
| 23.3. Tehnica securității la efectuarea lucrărilor topografice<br>în timpul montării construcțiilor și a utilajelor .....         | 189        |
| <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>                                                                                                         | <b>191</b> |

# **TOPOGRAFIE**

## **CURS UNIVERSITAR**

**Autor:** Anatolie Cadociniov

Redactor : E. Gheorghişteanu

---

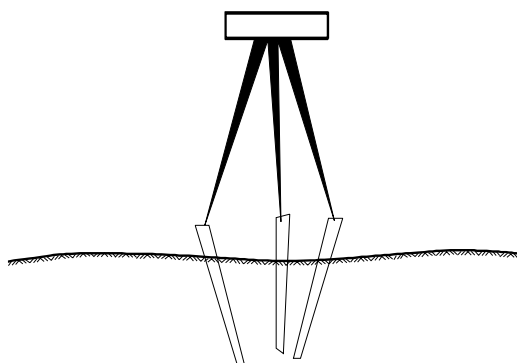
|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| Bun de tipar 09.11.10.   | Formatul hârtiei 60x84 1/16. |
| Hârtie ofset. Tipar RISO | Tirajul 200 ex.              |
| Coli de tipar 12,25      | Comanda nr.116               |

---

U.T.M., 2004, Chişinău, bd. Ştefan cel Mare, 168.  
Secţia Redactare şi Editare a U.T.M..  
2068, Chişinău, str. Studenţilor, 9/9

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

**TOPOGRAFIE**  
**CURS UNIVERSITAR**



**Chișinău**  
**2010**