

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

D.Aşyrow

ÝOKARY GEODEZIÝA

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

D.Aşyrow, Ýokary geodeziýa.

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby, Aşgabat – 2010 ý.

Sözbaşy

Garaşsyz, baky Bitarap Türkmenistan döwletimizde geljeginiz bolan ýaşlaryň dünýäniň iň ösen talaplaryna laýyk gelýän derejede bilim almagy üçin ähli işler edilýär.

Hormatly Prezidentimiz döwlet başyna geçen ilkinji gününden bilime, ylma giň ýol açdy, Türkmenistan ýurdumyzda milli bilim ulgamyny kämilleşdirmek boýunça düýpli özgertmeler geçirmäge girişdi.

Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň «Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek hakynda» 2007-nji ýylyň 15-nji fewralyndaky Permany bilim ulgamyndaky düýpli özgertmeleriň başyny başlady.

Häzirki wagtda milli bilim ulgamyndaky döwrebap özgertmeler ýaş nesliň ýokary derejede bilim almagyna we terbiýelenmegine, giň dünýägaraýyşly, edep-terbiýeli, tämiz ahlakly, kämil hünärmenler bolup ýetişmeklerine uly ýardam edýär.

Garaşsyz hem-de Baky Bitarap Türkmenistanyň Beýik Galkynyşlar we özgertmeler zamanasynda Hormatly Prezidentimiziň ýöredýän açyk gapylar syýasatynyň netijesinde “Geodeziýa” pudagy hem düýpgöter ösdi we özgerýär. Şol gazanylan we gazanylýan üstünlikleriň gözbaşynda bu pudagy dünýä ülnülerine laýyk gelýän täze, öndebaryjy daşary yurt tilsimatlary bilen üpjün etmeklik we olary ýerlerde doly gurnap özleşdirmeklik durýar. Şonuň ýaly hem, ýurdumyzda ylmyň we bilimiň düýpgöter ösmegi bilen, alnan geodeziki maglumatlary işläp düzmegiň täze usullarynyň oýlanyp tapylmagy, ozalky ulanylan usullaryň kämilleşdirilmegi geodeziki işleriň özüne düşýän gymmatynyň has peselmegine, iş öndürijiliginiň artmagyna getirdi.

Biziň ýurdumyzda elektron hasaplaýjy maşynlaryň (kompýuterleriň) geodeziki önümçilige giňden ornaşdyrylmagy geodeziki taslamalary ýokary hilde düzmeklige, geodeziki

hasaplamalary ýokary takyklykda ýerine ýetirmeklige mümkinçilik berdi.

Şu okuw kitaby “Ýokary geodeziýa” dersi boýunça okuw meýilnama laýyklykda düzüldi we ýokary okuw mekdepleriniň amaly geodeziýa, topografiýa we kartografiýa hünärleriniň talyplary üçin, olar tarapyndan umumy okuw sapaklary özleşdirilende, abzallaryň barlaglary bilen bagly bolmadyk amaly-tejribeçilik işleri ýerine ýetirilende ulanmaklyk üçin niýetlenendir. “Ýokary geodeziýa” Okuw kitaby düzülende talyplary taýýarlamagyň usulyýet aýratynlyklary, şeýle hem geodeziki önümçilik işgärleri bilen pikir alyşmalar hasaba alyndy. Bu okuw kitaby türkmen politehniki institutynyň “Geodeziýa kafedrasynda ýokary geodeziýa dersinden geçirilýän umumy, amaly-tejribeçilik işleriniň tejribesini ýüze çykarýar.

Ýazarlar kitapda ýüze çykmagy mümkin bolan ýetmezçilikler barada okyjylardan geljek seslenmeler we kitabyň mazmuny boýunça bellikleri üçin olara çuňňur minnetdarlyk bildirýär.

**“Güýçli döwletde ylym esasy orny eýeleýär,
diýmek, biz ylmyň iň täze gazananlary bilen
aýakdaş gitmelidiris”**

**Gurbanguly Berdimuhamedow
Türkmenistanyň Prezidenti**

Giriş

Geodeziýa ylmy gadymy ylymlaryň biri bolup, “Geodeziýa” sözi grekçeden terjime edilende “Ýeri bölmekligi” aňladýar (Geo-ýer we daýzo-bölekler bölmek).

Ölçemeleriň takyklygyna we soňraky hasaplamalara zyýan bermezden üsti tekiz, asma çyzyklary bolsa özara parallel hasap etmeklik mümkin bolan, uly bolmadyk ýer ülüşi geodeziýanyň öwrenýän dersi bolup durýar.

Ýokary geodeziýa asma çyzyklaryň parallel daldigini, ýeriň figurasyny we grawitasiýon meýdanyny hasaba almak bilen ýeriň ähli üstüni ýa-da onuň uly bölegini öwrenýär. Ýeriň agyrlyk güýji onuň figurasynyň emele gelmeginde ägirt uly rol oýnaýar we ýokary takyklykly ölçemeleri geçirmäge hem-de olary matematiki işläp düzmäge uly täsir edýär.

Ýokary geodeziýanyň ösmegi birnäçe özbaşdak ylmy dersleriň ýüze çykmagyna getirdi. Mysal üçin, ýokary geodeziýa matematiki kartografiýa, grawimetriýa, ýer figurasynyň nazaryýeti we geodeziki astronomiýa ylymlarynyň ösmegi üçin esas bolyp hyzmat etdi. Ýokary geodeziýanyň beýleki ylymlar bilen çatrygynda täze ylmy ugurlar we dersler döredi, şeýlelikde: radioelektronika bilen çatrykda – radiogeodeziýa; asman mehanikasy we astronomiýa bilen - kosmiki geodeziýa; okeanologiýa, deňiz nawigasiýasy bilen - deňiz geodeziýasy; geofizika, geologiýa, astronomiýa, okeanologiýa bilen – geodinamika. Şonyň üçin

bu dersleriň aýry – aýry elementleri, düzümleri bölge bolyp ýokary geodeziýa dersine girýär.

Häzirki wagtda ýokary geodeziýa dersini üç sany esasy bölge bölýärler :

1. Ýokary geodeziýanyň ylmy meselelerini çözmegiň nazary esaslaryny we usullaryny işläp düzmek bilen meşgullanýan *nazary geodeziýa*.

2. Ýeriň figurasynyň umumylaşdyrylan matematiki modelini kesgitleýän ellipsoidiň üstünde dürli geodeziki meseleleri çözmek meselelerine garaýan *sferoidiki geodeziýa*.

3. *Esasy geodeziki işler*, bu başda, döwlet geodeziki torlary gurmaklygyň meseleleri, ýeriň üstünde ýokary takyklykly ölçemeleri ýerine ýetirmegiň usullary, ulanylýan abzallar we alnan netijeleri matematiki işläp düzmek ýaly meseleler öwrenilýär. Ähtimallyk nazaryýeti, matematiki statistika, optika, elektronika we radioelektronika ylmlarynyň gazananlaryny giňden peýdalanmazdan ýokary geodeziýany öwrenmeklik kynçylyk döredýär. Bulardan başga hem, ýokary geodeziýa öz barlamalarynda fizika, matematika, astronomiýa we ş. m. ýaly fundamental ylmlaryň, ýokary takyklykly ölçeg tehnikasyny işläp düzmekde bolsa, amaly optika, takyk abzal gurluşygy, radioelektronika, lazer tehnika ýaly ylmlaryň in täze gazananlaryny giňden peýdalanýar.

Ýokary geodeziýa şu aşakdaky ylmy-tehniki meseleleri çözüýär:

1. Ýeriň figurasyny we onuň daşky grawitasýon meýdanyny hem-de olaryň wagty boýunça üýtgemelerini kesgitlemek, geodeziki koordinatalaryň ýeke-täk ulgamyny ornaşdyrmak, aýry-aýry materikleriň we olaryň bölekleriniň asyrlaýyn we döwürleýin dikligine hem-de keseligine edýän hereketleri arkaly ýer gabygynyň deformasiýalaryny öwrenmek, şeýle hem ýer üstüniň aýry-aýry ülüşleriniň seýsmiki hereketiniň täsirinde ýüze çykýan süýşmelerini

öwrenmek, ýeriň polýuslarynyň ornuny üýtgetmegini kesgitlemek, deňizleriň we ummanlaryň derejeleriniň aratapawutlaryny kesgitlemek.

2. Aýyň we gün ulgamynyň planetalarynyň figuralaryny hem-de grawitasiýon meýdanlaryny geodeziki öwrenmek .

3. Esasy astronomo – geodeziki döwlet daýanç torlaryny we niwelir torlaryny, ýurdyň çäginí kartalaşdyrmak, halk hojalygyny we ýurdyň goranmak boýunça talaplaryny kanagatlandyrmak üçin esas hökminde döretmek hem-de ýokary ylmy tehniki derejesini saklamak.

4. Ýer üsti nokatlaryň özara ýerleşişini soňra kesgitlemek maksady bilen, ýeriň üstünde ýokary takykly ölçemeler üçin usullary we abzallary işläp düzmek .

5. Ýokary takyklykly ölçmeleriň netijelerini matematiki işläp düzmegiň usullaryny we uly aralyklara dürli geodeziki meseleleri çözmegiň usullaryny işläp düzmek .

6. Ýer üstüniň aýry-aýry böleklerini ýa-da ýeriň tutuş üstüni ellipsoidde ýa-da tekizlikde şekillendirmegiň usullaryny öwrenmek .

Ýeriň figurasyny kesgitlemek we ýeke – ták geodeziki koordinatalary ornaşdyrmak boýunça ýokary geodeziýanyň baş meselesini çözmeklik, astronomo – geodeziki torlar gurlanda alnan ölçeme netijelerini peýdalanmazdan mümkin däl. Şonyň üçinem, olary taslamaklyk we gurmaklyk ýörite işlenilip düzülen ylmy meýilnamalar hem-de shemalar boýunça ýerine ýetirilýär.

Ýokary geodeziýanyň ylmy meselelerini çözmeklik ýurdyň halk hojalygyny ösdirmek üçin uly mana eýedir. Mysal üçin, döwlet geodeziki torlary älem giňişliklerini özleşdirmekde, tebigy baýlyklary öwrenmekde, ýurduň çäginí dürli masştablarda kartalaşdyrmakda, meýdany boýunça uly çäkleri senagat we oba hojalygy taýdan özleşdirmekde we ş.m. giňden peýdalanylýarlar. Häzirki wagtda topografiki

kartalary peýdalanmazdan dürli inženerçilik desgalaryny taslamak, tebigy baýlyklaryny özleşdirmek we ýurdyň goranmak başarnygyny berkitmek mümkin däl. Şonyň bilen birlikde, kartalary döretmek, dürli kartalaşdyrma işlerini geçirmek ýörite ösdürilen daýanç punktlaryň döwlet torlaryny peýdalanmazdan mümkin däl. Ýurdy kartalaşdyrmagyň esasynda ýokary geodezýanyň usullary we nazary özleşdirmeleri ýatyr. Ýokary geodezýanyň meselelerini çözmek bilen Ýer ekwatorynyň radiusynyň uzynlygy - uzynlyk birligi hökmünde alyndy. Şeýle hem, soňky ýyllarda geodeziki fundamental hemişelikler ýüze çykaryldy .

BIRINJI BÖLÜM

Ýeriň figurasy we eltme üstler

Birinji bap

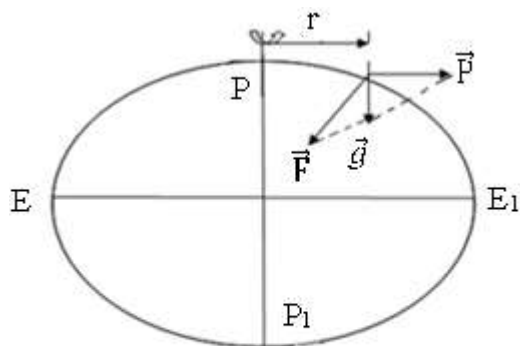
Ýeriň figurasy we grawitasion meýdany barada esasy düşüňjeler

§ 1. Agyrlyk güýji we ýeriň derejeli üstleri

Döwlet geodeziki torlary gurlanda ýokary takyklykda burç we çyzyk ölçemelerini ýerine ýetirýärler, astronomiki giňlikleri, uzaklyklary we azimutlary kesgitleýärler, punktlaryň aralarynda agyrlyk güýjüni we artdyrmalary (beýiklik boýunça tapawutlary) ölçeyärler, Ýeriň emeli hemralaryna gözegçilikleri alyp barýarlar we ş.m. Ýokary takykly astronomo-geodeziki ölçemeler ýerine ýetirilende her gezek ölçýji abzalyň dik okuny onuň oturdylan nokadynda asma çyzyk bilen dykgatly gabat getirýärler. Asma çyzygyň ugry giňişligiň her bir nokadynda agyrlyk güýjüniň hereket ugry bilen gabat geler. Agyrlyk güýji iki sany esasy güýje: ýeriň F dartyş güýjüne we material nokadyň Ýeriň aýlaw okunyň daşyndan gije-gündiziň dowamynda aýlanmagy sebäpli ýüze çykýan P merkeze ymtylyş güýjüne deňtäsirli bolýar.

Her bir berlen nokatda agyrlyk güýjüniň \vec{g} wektory \vec{F} we \vec{P} wektorlaryň jemine deň (1-nji surat), ýagny

$$\vec{g} = \vec{F} + \vec{P} \quad (1.1)$$



1-nji surat. Agyrlyk güýji we ony düzüjiler

Bulardan başga-da, has ýokary takykly ölçemelerde asman jisimleriniň F_1 dartyş güýjüni hasaba alýarlar (aýratynam Áýyň, ondan az ululykda bolsa Günüň). Onuň ululygy F güýç bilen deňeşdirilende has kiçi ($F_1 < F \cdot 10^{-7}$).

Ýeriň F dartyş güýji ýeriň formasyna, razmerlerine we massasyna, şeýle hem anomal dykzyzlyklaryň paýlanmagyna bagly bolýar. Eger-de Ýeri birinji ýakynlaşmada bir gatlakdan beýlekä geçende üýtgeýän, birmenzeş dykzyzlykly garjaşyk (konsentriki) gatlaklardan durýan şar hökmünde kabul etsek, onda F dartyş güýji ýeriň massalarynyň merkezine ugrygardy we bütindünýä dartyş kanunyna laýyklykda

$$F = f \frac{Mm}{R^2} \quad (1.2)$$

formula boýunça kesgitlenerdi, bu ýerde f - uniwersal grawitasion hemişelik; M - Ýeriň massasy; m - material nokadyň massasy; R - Ýer şarynyň radiusy. Hakyky Ýer üçin F dartyş güýji, (1.2) formula boýunça hasaplanan baha deň däl, we ýeriň massalarynyň merkezine ugrykmaýar.

P merkeze ymtylyş güýji, üstünde material nokat ýerleşen paralleliň radiusynyň ugruna ugrukýar, we şu formula boýunça kesgitlenýär

$$P = mr \omega^2, \quad (1.3)$$

bu ýerde m - material nokadyň massasy; r - paralleliň radiusy; ω - Ýeriň aýlanmagynyň burç tizligi.

Merkeze ymtylyş güýji has uly ululyga ekwatorda ýetýär: $P = ma \omega^2$, bu ýerde a - Ýeriň uly ýarymoky, has kiçi ululyga bolsa Ýeriň polýuslarynda ýetýär: $P = 0$, sebäbi $r = 0$. Ekwatorda P güýç F güýçden 288 esse kiçi bolýar, emma şonda hem g agyrlyk güýjüniň bahasyna uly täsir edýär.

F we P garşylyklaýyn alamatly bolýarlar. P güýç ekwatoran ýeriň polýuslaryna geçende azalýar. Şonuň üçinem g agyrlyk güýji giňligi boýunça üýtgeýär we iň uly ululyga polýuslarda, has kiçi ululyga bolsa Ýeriň ekwatorynda ýetýär.

Halkara SI birlikler ulgamynda agyrlyk güýjüniň tizlenmesiniň birliги hökmünde $1\text{m}\cdot\text{c}^2$ ululyk kabul edilen. Grawimetriýada gal atlandyrylýan birlik giňden ulanylýar ($1\text{Gal} = 1\text{sm}\cdot\text{c}^2 = 0.01\text{m}\cdot\text{c}^2$). Adatça “agyrlık güýjüniň tizlenmesi” sözüne derek “agyrlık güýji” sözünü ulanmaga ygtyýar berilýär.

Grawimetriýada Ýeriň grawitasion meýdanyny häsiýetlendirýän ululyklar ölçenende, agyrlyk güýjüniň meýdanyny beýan etmek üçin sklýar funksiýany – potensiýaly peýdalanýarlar. Wektoryň potensiýaly – bu hususy önümleri, göniburçly koordinatalar boýunça degişli koordinatalar okundaky, wektoryň proyeksiýalaryna deň bolan funksiýadyr.

Agyrlyk güjiniň W potensiýaly F dartys güýjiniň V potensiýalynyň we P merkeze ymtylyş güýjüniň Q potensiýalynyň jemine deň, ýagny,

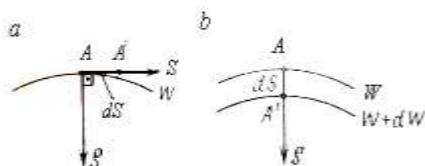
$$W = V + Q. \quad (1.4)$$

Nokatda islendik s ugr boýunça agyrlyk güýjüniň potensialyndan önüm, bu güýjüň berlen ugura proyeksiýasyna deň, ýagny,

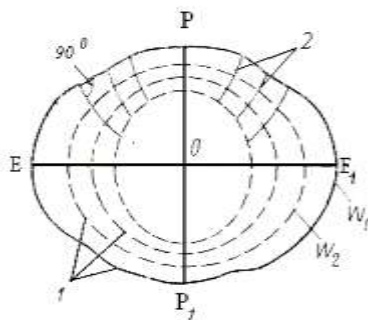
$$\frac{dW}{ds} = g \cos (g, s), \quad (1.5)$$

bu ýerde g - agyrlyk güýjüniň nokatdaky bahasy; (g,s) - agyrlyk güýjüniň täsiriniň ugrynyň we s ugryň arasyndaky burç.

(1.5) formulanyň iki sany hususy ýagdaýyna garalyň.



2-nji surat. Material nokady agyrlyk güýjüniň wektoryna perpendikulýar (a) we töwereginde (b) üýtgetmegiň shemasy.



3-nji surat. Ýeriň derejeli üstleri (1), grawitasion meýdanyň güýç çyzyklary (2).

Ilkibaşda A material nokat agyrlyk güýjüniň \vec{g} wektoryna tarap göniburç boýunça süýşýär diýip çaklalyň. Bu ýagdaýda (g,s) burç 90° deň (2-nji, a suratda), $\cos(g, s) = 0$ we şonuň üçin

$$\frac{dw}{ds} = 0, \quad \text{ýa-da } dW = 0. \quad (1.6)$$

(1.6) deňlemäni integrirläp üstleriň maşgalasy üçin şu deňlemäni alarys

$$W = C = \text{Const}. \quad (1.7)$$

Üstiň ähli nokatlarynda agyrlyk güjiniň potensiýaly şol bir baha ($W = \text{Const}$) eýe bolýan bolsa, onda şeýle üste *Ýeriň derejeli üsti* diýilýär .

(1.7) aňlatmadaky C hemişeligiň dürli bahalaryny kabul edip degişli derejeli üstleri alarys (3-nji surat).

Giňişligiň her bir nokadyndan diňe bir derejeli üst geçýär. Derejeli üstiň her bir nokadynda agyrlyk güjiniň wektory normal boýunça oňa ugrykýar. Derejeli üstler deňagramlylyk üstleri hasaplanýarlar, sebäbi agyrlyk güýjüni düzüji, derejeli üste galtaşma boýunça onuň islendik nokadynda nola deň. Diňe agyrlyk güýjüniň täsiri astynda asuda ýagdaýdaky suwuň üsti haýsydyr bir derejeli üst bilen gabat gelýär. Derejeli üsti göni burçlar bilen kesýän W_1 , W_2 , ... , egrilere ýeriň grawitasýon meýdanynyň *güýç çyzyklary* diýilýär. Güýç çyzyklarynyň ähli nokatlarynda galtaşma çyzyklar agyrlyk güýjiniň täsiriniň ugry bilen gabat gelýärler we derejeli üstlere perpendikulýardyrlar.

(1.5) formulanyň ikinji hususy ýagdaýyna garalyň. Goý, A material nokady bir W derejeli üstten g agyrlyk güýjüniň ugry boýunça, has kiçi $ds = dh$ aralykda ýerleşen başga bir $W_1 = W + dW$ üste geçsin (2-nji, b surat). Bu ýagdaýda (g,s) nola deň; $\cos(g, s) = 1$ we şonuň üçin (1.5) deňleme şu görnüşe girer

$$\frac{dW}{ds} = \frac{dW}{dh} = g \quad \text{ýa-da} \quad dW = g \, dh. \quad (1.8)$$

(1.8) aňlatmadan iki sany örän ýakyn $W = W + dW$ derejeli üstleriň arasyndaky aralyklaryň dh differensialy

$$dh = \frac{dW}{g} \quad (1.9)$$

ululyga deň.

(1.9) formulany we 3-nji suraty seljerip şu aşakdaky umumy netijelereleri çykarmak mümkin:

1. Ýeriň derejeli üstleri hiç ýerde galtaşmaýarlar we kesişmeýärler.
2. Ýeriň derejeli üstleri özara parallel dälidirler: polýuslarda olar ýakynlaşýarlar, ekwatorda bolsa tersine, biri-birinden uzaklaşýarlar.
3. Ýeriň içindäki massasynyň dykzlygy boýunça anomallarynyň bardygy üçin, ýeriň derejeli üstleri tolkun görnüşe eýe bolýarlar.

§ 2. Geoid we kwazigeoid

Ýeriň figurasy birmeňzeş dälidir we ýeriň formasyny we razmerlerini bilmekligi talap edýän ol ýa-da beýleki meseleleri çözmekligiň takyklygyna bildirilýän talaplara baglylykda dürli-dürli düşünilip bilner. Bir ýagdaýda ýeri şar görnüşinde beýleki ýagdaýlarda bolsa, mysal üçin, geodeziýanyň we kartografiýanyň köp meseleleri çözülende kiçi polýar gysylmaly, iki okly aýlanma ellipsoidi hökmünde kabul etmek mümkin we ş.m.

Ýokarda görkezilişi ýaly, häzirki wagtda ýokary geodeziýanyň meseleleri çözülende *ýeriň figurasy hökmünde* ýeriň fiziki üsti bilen, ýagny, gury ýerde onuň gaty gabygy bilen we deňizleriň hem-de ummanlaryň asuda üsti bilen çäklenen figura *düşünilýär*.

Ýeriň üstüniň $1/3$ bölegini gury ýer tutýar. Ol deňiz derejesinden ortaça 900 m tapawutlanýar, ýagny, ýeriň ortaça radiusy bilen deňeşdirilende ($R = 6\,371$ km) has kiçi ululyga tapawutlanýar. Ýer üstüniň 70% gowragy deňizler we ummanlar bilen örtülen. Şonuň üçinem, birinji ýakynlaşmada ýeriň figurasy hökmünde deňizleriň we ummanlaryň asuda üstleri bilen çäklenen we materikleriň aşagyndan asma çyzyklary ähli nokatlarynda oňa perpendikulýar bolar ýaly edilip dowam etdirilen figura düşünilýär. Nemes fizigi Listingiň hödürlemesi boýunça şeýle figura *geoid* diýip atlandyrylýar. Ýüz ýyldanam

gowrak wagt bāri geodeziýaçylar geoidi öwrenmek bilen meşgullanýarlar. Häzirki wagtda Dünýä ummanynyň akwatoriýasynda ýeriň emeli hemrasyndan ýokary takyklyk bilen (belentligi boýunça 0.1-0.3 m çenli) deňizleriň we ummanlaryň üstündäki nokatlara çenli aralyklar ölçenilip, ýeriň emeli hemrasynyň altimetriýasy usuly arkaly geoid öwrenilýär. Bu ölçemeler, hemme ýerde deňiziň asuda üstüniň agyrlyk güýjiniň potensialynyň derejeli üsti bilen gabat gelmeýändigini görkezdi. Käbir etraplarda belentligi boýunça gyşarmalar $\pm (1.5 - 2)$ m ýetýär. Şonuň üçinem, nazary taýdan has takyk garalanda geoid hökmünde belentligiň başlangyç hasabyndan geçýän, Dünýä ummanynyň käbir ortaça üsti bilen gabat gelýän, agyrlyk güýjüniň potensialy bilen çäklenen figura düşünilýär.

Geoidiň figurasy gury ýerde öwrenilende ýeriň emeli hemrasynyň altimetriýasy usuly işlemeýär, kosmiki geodeziýanyň beýleki usullary bolsa onuň üstüni kesgitlemegiň ýeterlik takyklygyny bermeyär. Ýerüsti ölçemeler boýunça ýokary takyklyk bilen geoidiň figurasyny öwrenmek üçin onuň üstünde agyrlyk güýjüni göniden-göni ölçemek zerur bolýar, ony bolsa amala aşyrmak mümkin däl. Belli rus alymy M. S. Molodenskiniň subut edişi ýaly, geoidiň figurasyny ýerüsti ölçemelerden ýokary takyklykda öwrenmek mümkin däl. Ýerüsti astronomo-geodeziki we grawimetriki bilelikdäki ölçemeler toplumynyň netijeleri boýunça başga bir *kwazigeoidiň üsti* atlandyrylýan kömekçi üst takyk kesgilenip bilner. Bu üst geoidiň üstünden az tapawutlanýar: düzlük ýerlerde 2 - 4 sm, daglyk ýerlerde 2m uly bolmadyk. Deňizleriň we ummanlaryň üstünde geoidiň hem-de kwazigeoidiň üstleri doly gabat gelýärler.

Kwazigeoidiň üsti bilen çäklenen ýeriň figurasyna *kwazigeoid diýilýär*. Ýerüsti ölçemeleri işläp düzmegiň netijeleri boýunça kwazigeoidiň ululyklaryny kesgitläp we oňa görä ýerüsti nokatlaryň belentliklerini kesgitläp gury ýerde onuň gaty gabygy bilen, deňizleriň we ummanlaryň asuda

üstleri bilen çäklenen hakyky Ýeriň figurasyny nazary taýdan has ygtybarly öwrenmek mümkin. M. S. Molodenskiniň Ýeriň figurasyny we grawitasion meýdanyny öwrenmek nazatyýeti dünýäniň ähli geoeziýaçylary tarapyndan makullanyldy we goldanyldy.

§ 3. Umumy ýer ellipsoidi

Gadymy wagtlardan bäri Ýeriň figurasy öwrenilende ilki başda üsti ýeterlik ýönekeý, geometriki taýdan gowy öwrenilen, geodeziýanyň we kartografiýanyň dürli görnüşli meselelerini çözmek üçin amatly we birinji ýakynlaşmada hakyky ýeriň figurasyny hem-de razmerlerini has doly häsiýetlendirýän Ýeriň käbir modeliniň formasyny we razmerlerini kesgitleýärler. Soňra bu ýeriň modeliniň üstüni hasap üsti hökmünde kabul edip, oňa görä öwrenilýän geoidiň (kwazigeoidiň) ýa-da hakyky Ýeriň üstüniň nokatlarynyň belentliklerini kesgitleýärler we şeýlelikde kesgitlenen figuranuň formasyny we razmerlerini häsiýetlendirýän anyk maglumatlary alýarlar.

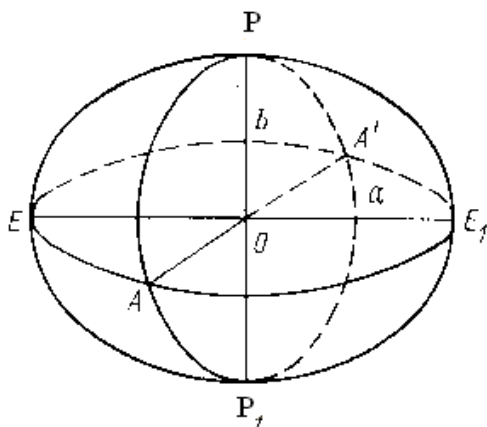
Ýokary geodeziýanyň meseleleri çözlende Ýeriň şeýle modeline derek *umumyýer ellipsoidi* atlandyrylýan kiçi polýar gysylmaly aýlanma ellipsoýidini kabul edýärler (4-nji surat). Onuň üstüni PEP_1 ýarym ellipsiň, onuň PP_1 kiçi okunyň daşyndan aýlanmagy bilen almak mümkin.

Ýer ellipsoidiniň formasy we razmerleri uly a we kiçi b ýarym oklary, köplenç bolsa a uly ýarymoky we a gysylmasy bilen häsiýetlendirilýär,

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \quad (1.10)$$

ýa-da a uly ýarym oky we meridian ellipsiniň e birinji eksentrisiteti bilen häsiýetlendirilýär.

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} . \quad (1.11)$$



4-nji surat. Ýer ellipsoidi

Umumyýer ellipsoidiniň ähli ýeriň formasyny we razmerlerini häsýetlendirmegi üçin, onuň a we b ululyklaryny şu şertleri hasaba almak bilen kesgitleýärler:

- 1). Umumyýer ellipsoidiniň merkezi Ýeriň massasynyň merkezi bilen, onuň kiçi ýarym oky Ýeriň aýlanma oky bilen gabat gelmelidir¹;
- 2). Ellipsoidiň göwrümi geoidiň (kwazigeoidiň) göwrümüne deň bomalydyr;
- 3). Ellipsoidiň üstüniň belentligi boýunça gyşarmalarynyň kwadratlarynyň jemi geoidiň (kwazigeoidiň) üstünden has kiçi bolmalydyr.

¹ Massanyň merkeziniň we Ýeriň bedenindäki aýlanma okunyň ortaça ýagdaýy göz önünde tutulýar.

Ýakyn wagtlara çenli, ýagny älem giňişligi adamzat tarapyndan özleşdirilip başlanmagyna çenli, ýer ellipsoidiniň ululyklaryny *gradus ölçemeleri* atlandyrylýan ölçemeleri ýerine ýetirmek arkaly alypdyrlar. Bu maksatlar bilen meridianlaryň we parallelleriň ugurlary boýunça dürli giňliklerde triangulýasiýa hatarlaryny geçiripdirler. Bu

hatarlaryň soňky punktlarynda astronomiki giňlikleri, uzaklyklary we taraplaryň azimutlaryny kesgitläpdirler. Umumyýer ellipsoidiniň ululyklarynyň ygtybarly bahalaryny çykarmak üçin gradus ölçemelerini, Dünýä ummanyny hem goşmak bilen, ähli Ýeriň üstünde ýerine ýetirmek zerur bolupdyr. Mundan başga-da, adatça näbelli bolan astronomiki giňliklerini, uzaklyklaryny we taraplaryň azimutlaryny asma çyzyklaryň gyşarmalary üçin düzedişler bilen düzetmek gerek bolupdyr.

Öňki wagtlarda gradus ölçemeleri diňe materiklerde, ýagny Ýer üstüniň uly bolmadyk böleginde alnyp barlypdyr. Dürli ýurtlaryň gradus ölçemeleri umumy baglanyşkly bolmandyr, dürli meýilnamalar boýunça dürli takyklyk bilen ýerine ýetirilipdir, dürli koordinatalar ulgamynda işlenip düzülipdir. Bularyň hemmesi olary bilelikde peýdalanmagy kynlaşdyrypdyr we ýer ellipsoidiň razmerlerini çykarmagyň takyklygyna ters täsir edipdir.

Ýarym asyryň dowamynda köp ýurtlaryň alymlary dürli göwrümlerde, dürli takyklyklarda we mazmunlarda bar bolan gradus ölçemelerini peýdalanyp ýer ellipsoidiniň razmerlerini kesgitlemek bilen meşgullanypdyrlar. Şeýle kesgitlemeleriň käbir netijelerini getirýäris (1-nji tablisa).

1-nji tablisa

<i>Alymlar</i>	<i>Döwlet</i>	<i>Ýyllary</i>	<i>Uly ýarymoky a, m</i>	<i>Gysylmak koeffisiýenti a</i>
Delambr	Fransiýa	1800	6 375 653	1 : 334.0
Bessel	Germaniýa	1841	6 377 397	1 : 299.2
Klark	B- Britaniýa	1866	6 378 206	1 : 294.98
Heýford	ABŞ	1910	6 378 388	1 : 297
Krasowski	SSSR	1940	6 378 245	1 : 298.3
GRS-67		1967	6 378 160	1 : 298.247167247
WGS-72		1972	6 378 135	1 : 298.26
GRS-80		1979	6 378 137	1 : 298.257222101
WGS-84		1984	6 378 137	1 : 298.257223563
ПЗ-90		1990	6 378 136	1 : 298.257839303

Delambryň ellipsoidi metriki ölçeg ulgamyny bellemek üçin esas hökmünde diňe taryhy ähmiýete eýedir. Delambryň ellipsoidiniň üstünde polýusdan ekwatora çenli aralyk 10 000 km takyk deň, sebäbi şol wagtlar 1 metr, berlen ellipsoid meridianynyň ýaýynyň çärýeginiň on millionynjy böleginiň birine deň diýip kabul edilipdir.

Ähli beýleki ellipsoidler häzirki wagta çenli dürli ýurtlarda topografo-geodeziki we kartografiki işlerde peýdalanylýar. Mysal üçin, Besseliň ellipsoidi Germaniýadan we beýleki birnäçe ýurtlardan başga-da Sowet Soýuzynda hem 1942-nji ýyla çenli, Krasowskiniň ellipsoidine geçirilip başlanýança ulanylypdyr.

Heýfordyň ellipsoidi 1942-nji ýylda halkara geodeziýa assosiýasiýasynyň Madridde geçirilen 2-nji baş assambleýasynda halkara ellipsoidi hökmünde hödürlenildi we kabul edildi.

ABŞ, Argentina, Belgiýa, Portugaliýa, Turkiýe we käbir beýleki döwletler geodeziki işleri geçirmekde Heýfordyň ellipsoidiniň elementlerini esas hökmünde kabul edýärler. Soňraky ýyllarda söwet alymlary Heýfordyň ellipsoidiniň Ýeriň hakyky ölçeglarinden biraz tapawut edýändigini kesgitleýdirler.

Krasowskiniň ellipsoidi ýerüsti ölçemeleri işläp düzmekden alnan ähli ellipsoidlerden iň takygy hasaplanýar. Onuň razmerleri Ýeriň emeli hemralarynyň gözegçilikleriniň maglumatlary boýunça alnan umumy ýer ellipsoidiniň razmerlerine ýakyn: gysylmasy birmeňzeş, uly ýarymoky bolsa bary-ýogy 1 m tapawutlanýar. F.N. Krasowskiniň ellipsoidiniň elementleri demirgazyk ýarym şaryň çäginde ýeriň üstüne has ýakyndyr. Bu ellipsoidiňgeodiň üstünden gysarmasy 40 metrden geçmeýär.

1-nji tablisadan görnüşi ýaly, kosmiki geodeziýanyň ösmegi bilen ýeriň ululyklary bolan uly ýarym okuň we otnositel gysylma koeffisiýentiniň bahalarynyň kesgitlenişi has-da ýokarlanýar.

§ 4. Normal ýer we hakyky ýeriň figurasy

Ýeriň figurasy we grawitasion meýdany özara berk baglanyşykly we olary öwrenmeklik bir meseläni düzýär. Grawitasion meýdanynyň Ýeriň figurasynyň bitekizliklerine we massalaryň dykzlyklarynyň paýlanyş aýratynlyklaryna esaslanan çylşyrymly gurluşy, agyrlyk güýjüniň W potensialy kesgitlenende uly kynçylyklary döredýär. Eger-de Ýeriň grawitasion meýdany iki meýdan: esasy ýa-da *normal* we galyndy ýa-da *anomal* görnüşinde göz önüne getirilse, we olaryň her biri aýratynlykda öwrenilse agyrlyk güýjüniň W potensialyny kesgitlemek meselesi has ýeňleşer.

Şunuň bilen birlikde Ýeriň fiziki modeli hökmünde daşky üsti derejeli bolan we onuň her bir nokadynda agyrlyk güýji normal boýunça oňa ugrygan *derejeli aýlanma ellipsoidi* atlandyrylýan ellipsoidi kabul edýärler.

Derejeli ellipsoidiň merkezini Ýeriň massasynyň merkezi bilen, onuň aýlanma okuny bolsa Ýeriň aýlanma oky bilen gabat getirýärler. Derejeli ellipsoid tarapyndan onuň üstünde we daşky giňişlikde döredilýän Ýeriň grawitasion meýdanyna *normal grawitasion meýdan*, agyrlyk güýjüne bolsa *normal agyrlyk güýji* diýilýär we γ harpy bilen belgilenýär.

Derejeli ellipsoid ululyklaryny kesgitlep, U normal potensialy we onuň üstündäki we daşky giňişlikde döredilýän agyrlyk güýjüniň normal meýdanynyň beýleki elementlerini hasaplamak mümkin. Derejeli ellipsoidiň üstüni hasap üsti hökmünde kabul edip, Ýeriň figurasyny öwrenmegiň meselesini onuň fiziki üstüniň ellipsoidiň üstünden gyşarmalaryny kesgitlemeklige, hakyky agyrlyk güýjüniň W potensialyny kesgitlemek meselesini bolsa ýer üsti nokatlarda *Ýeriň tolgunýan potensialy* atlandyrylýan $T = W - U$ uly bolmadyk aratapawudyny kesgitlemeklige getirmek mümkin.

Ýeriň fiziki modeli hökmünde kabul edlýän derejeli ellipsoidi, onuň figurasy we grawitasion meýdany kesgitlenende *Normal Ýer* diýip atlandyrmaklyk kabul edilýär. Geodeziýanyň, geofizikanyň we asman sferasynyň käbir meseleleri çözülen-de Ýeriň V dartys güýjüniň potensialyny(atmosferany goşmak bilen) r , Φ we L geomerkezi koordinatalaryň şarly funksiýalarynyň hataryna paylanan görnüşinde göz önüne getirmeklik giň gerime eýe boldy. Normal Ýeriň (derejeli ellipsoidiň) V_0 dartys potensialy şu görnüşe eýe bolar:

$$V_0 = \frac{fM_0}{r} \left[\sum_{n=1}^{\infty} \frac{a^{2n}}{r} J^0 P_{2n}(\sin\psi) \right], \quad (1.12)$$

bu ýerde “0” indeksi bilen Normal Ýeriň ululyklary bellenen; f - uniwersal grawitasion hemişelik; M_0 - derejeli ellipsoidiň agramy; r - derejeli ellipsoidiň üstüniň nokatlarynyň geomerkezi radius-wektory; a - ellipsoidiň uly ýarymoky; J^0_{2n} – Ležandryň $P_{2n}(\sin\Phi)$ polinomlarynda ikinji derejeli zolak garmoniki koeffisiýentler.

Ululygyna we wajyplygyna baglylykda Normal Ýeriň ululyklaryny şeýle görnüşlere bölýärler.

Nol derejeli ulylyklar: geomerkezi grawitasion hemişelik fM ; agyrylyk çüýjiniň Normal Ýeriň üstündäki normal potensialy U_0 ; ekwatorial radiusy a ; ekwatoraky normal agyrylyk güýji γ_e .

Gysylma derejesiniň ulylyklary: ikinji derejeli geopotensialyň normal garmoniki koeffisiýenti J_2 ; Ýeriň geometriki gysylmasy $\alpha = (a-b)/a$; Ýeriň grawimetriki gysylmasy $\beta = (\gamma_p - \gamma_e)/\gamma_e$, bu ýerde γ_p - polýusdaky normal agyrylyk güýji; Ýeriň aýlanma ω burç tizliginiň funksialary we nol derejeli ulylyklar, has takygy

$$q = \omega^2 a / \gamma_e; \quad (1.13)$$

$$\bar{q} = \omega^2 a^3 / fM \quad (1.14)$$

bolan kiçi ululyklar.

Ýokary derejeli ululyklar: normal agyryk güýjüniň formulasyndaky β_1 koeffisiýent; normal dartýş potensialynyň J_4^0, J_6^0, \dots we ş.m. garmoniki koeffisiýentleri.

Fundamental geodeziki hemişelikler

Aýratyn wajpylygy üçin Normal Ýeriň käbir ululyklary *fundamental geodeziki hemişelikler* adyny aldy. Häzirki wagtda olara şu ululyklary degişli edýärler: fM, a, J_2, ω , bu ýerde ω -Ýeriň aýlanma burç tizligi. Normal Ýeriň beýleki ululyklary hemişelik önümler bolýarlar. Olary dürli ululyklaryň arasyndaky belli gatnaşyklary peýdalanmak arkaly almak mümkin.

Fundamental hemişelikleriň hataryna ýagtylygyň wakuumdaky c tizligini, atmosfera üçin fM_A geomerkezi grawitasion hemişeligi we f uniwersal grawitasion hemişeligi degişli edýärler.

Fundamental geodeziki hemişelikleri ýeriň emeli hemrasynyň (ÝEH), alysdaky kosmiki uçuş apparatlarynyň (KUA) gözegçilikleriniň maglumatlaryny, şeýle hem astrometriki we grawimetriki ölçemeleriň netijelerini peýdalanmak arkaly kesgitleýärler.

Şu aşakdaky şertleri ýerine ýetirmek bilen Normal Ýeriň ululyklaryny kesgitleýärler:

1) derejeli aýlanma ellipsoidiň merkezi Ýeriň agramynyň merkezi bilen, onuň baş inersiýa oky bolsa, Ýeriň aýlanma oky bilen gabat gelmelidir;

2) derejeli ellipsoidiň we hakyky Ýeriň ω aýlanma burç tizligi birmeňzeş bolmalydyr;

3) derejeli ellipsoidiň M_0 agramy hakyky Ýeriň M agramyna deň bolmalydyr;

4) derejeli ellipsoid üçin J_2^0 we hakyky Ýer üçin J_2 ikinji derejeli zolak garmoniki koeffisiýentler gabat gelmelidirler ($J_2^0 = J_2$);

5) agyryk güýjüniň derejeli ellipsoidiň üstündäki U_0 normal potensialy, agyryk güýjüniň geoidiň üstündäki W_0 potensialyna deň bolmalydyr.

Geodeziki meseleleriň hatary çözülende fundamental geodeziki hemişelikleriň hataryna U_0 derek derejeli ellipsoidiň a uly ýarymokyňy goşýarlar. Onda başınjy şerti başgaça düzýärler: derejeli ellipsoidiň göwrümi geoidiň göwrümüne deň bolar ýaly edip onuň a uly ýarymoky saýlanyp alynmalydyr.

Wagtyň geçmegi we ölçeg maglumatlarynyň jemlenmegi bilen fundamental geodeziki hemişelikler kem-kemden takykklanýarlar. Halkara geodeziki we geofiziki birleşigiň we oňa girýän geodeziýa Halkara assosiasiýasynyň Kanberrede (Awstraliýa, 1979 ý.) bolup geçen XVII Baş assambleýasynyň hödürlemelerine laýyklykda fundamental geodeziki hemişelikleriň şu bahalary kabul edildi:

$$f M = (3\,896\,005 \pm 0.5) \cdot 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2};$$

$$J_2 = (108\,263 \pm 0.5) \cdot 10^{-8};$$

$$\alpha = 6\,378 \pm 2 \text{ m};$$

$$\omega = 7\,292\,115 \cdot 10^{-11} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}.$$

1980 ýylda kabul edilen geodeziki referens-ulgamy üçin bu hemişelikler başlangyç bolup hyzmat edýärler.

Fundamental geodeziki hemişelikleri bilip, takyk formulalar boýunça Normal Ýeriň beýleki ululyklaryny hasaplamak mümkin.

Häzirki döwürde ýokary geodeziýanyň köp mesellerini çözmek üçin doly ýeterlik bolan, Normal Ýeriň dürli ululyklarynyň aralaryndaky arabaglanşygy kiçi ululyklara çenli takyklykda ýüze çykarýan käbir formulalary getireliň.

Ýeriň α gysylmasy J_2 we \overline{q} ululyklar bilen

$$\alpha = \frac{3}{2} J_2 + \frac{1}{2} \bar{q} + \frac{9}{8} J_2^2 - \frac{11}{56} \bar{q} - \frac{3}{14} J_2 \bar{q}.$$

formula arkaly baglanyşýar, bu ýerde \bar{q} (1.14) formula boýunça kesgitlenýär.

U_0 normal potensial derejeli ellipsoidiň üstünde

$$U_0 = \frac{fM_0}{\alpha} \left(1 + \frac{1}{3} \alpha + \frac{2}{15} \alpha^2 \right) + \frac{1}{3} \omega^2 \alpha^2 \quad \text{d.e.ñ.}$$

Ellipsoidiň M_0 massasy we ekwatoraky γ_e normal agyrlyk güýji

$$fM_0 = \alpha^2 \gamma_e (1 - \alpha) + \omega^2 \alpha^3 \left(1 - \frac{5}{7} \alpha - \frac{1}{441} \alpha^2 \right)$$

gatnaşyk bilen baglanyşýarlar.

Derejeli ellipsoidiň üstünde B giňliklerdäki γ_0 normal agyrlyk güýji

$$\gamma_0 = \gamma_e (1 + \beta \sin^2 B - \beta_1 \sin^2 2B) \quad (1.15)$$

formula boýunça hasaplanyp bilner, bu ýerde

$$\beta = \frac{\gamma_P - \gamma_E}{\gamma_E} = 0.005\,302\,48; \quad (1.16)$$

$$\beta_1 = \frac{1}{8} \alpha^2 - \frac{2}{4} \alpha \beta = 0.000\,005\,85. \quad (1.17)$$

Daşky γ giňişlikde normal agyrlyk güýjüni (m Gal)

$$\gamma = \gamma_0 - 0.3086 H \quad (1.18)$$

formula boýunça tapýarlar, bu ýerde H - ellipsoidiň üstünden belentlik, metrde.

Ýokarda getirilen fundamental geodeziki hemişelikler Ýeriň α polýar gysylmasynyň we derejeli ellipsoidiň

ekwatordaky normal we agyrlyk güýjüniň şu bahalaryna laýyk gelýär:

$$\alpha = 1 : 298.257 \pm 0.001; \quad \gamma_e = 978\,003 \pm 1 \text{ mGal}.$$

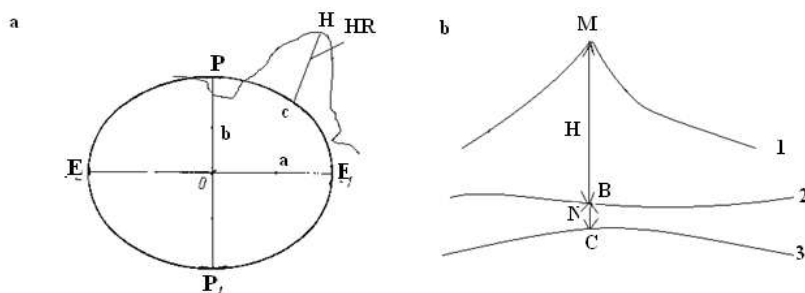
Hakyky Ýeriň figurasy

Ýer ellipsoidiň belli ululyklarynda we Ýeriň teninde ugrukmasynda onuň figurasyny öwrenmeklik ellipsoidiň üstünden oňa normallar boýunça hasaplanan ýer üsti nokatlaryň geodeziki belentliklerini kesgitlemäge, ýagny koordinatalary belli bolan ellipsoiddäki nokatlarda $H_M^G = MS$ kesimi kesgitlemäge syrykdyrylýar (5-nji, a surat). Emma islendik nokadyň geodeziki belentligini gönüden-göni ölçemek bolmaýar. Şonuň üçinem, ony iki sany düzüjä paýlaýarlar we dürli ölçeme maglumatlaryny peýdalanyp olaryň hersini aýry-aýrylykda kesgitleýärler.

M.S. Molodenskiniň hazaryýetine laýyklykda ýeriň üstüniň islendik M nokadynyň H_M^G geodeziki belentligini

$$H_M^G = \zeta_M + H_M^\gamma \quad (1.19)$$

formula boýunça hasaplaýarlar, bu ýerde ζ_M - belentligiň anomaliýasy; H_M^γ - berlen nokadyň geodeziki belentligi. Belentlikleriň anomaliýalary ζ has kiçi, we adaty, 100 m geçmeýär, daglardaky nokatlaryň normal belentlikleri bolsa birnäçe kilometrlere ýetip biler.



5-nji surat. (a) nokadyň geodeziki belentligi we (b) ony düzüjiler:

1. Ýeriň fiziki üsti; 2- kwazigeoid (geoid); 3- ellipsoid

Islendik M nokadyň ζ_M belentlik anomaliýasyny şu görnüşde hödürleýärler

$$\zeta_M = \frac{T_M}{\gamma_m} + \frac{U_0 - W_0}{\gamma_m}, \quad (1.20)$$

bu ýerde $T_M = W_M - U_M$ - M nokatda Ýeriň tolgunýan potensialy; W_M we W_0 - M nokatda we geoidiň üstünde hakyky agyrlyk güýjüniň potensialynyň bahalary; U_M we U_0 - bu nokatlarda normal agyrlyk güýjüniň potensialynyň bahalary; γ_m - $H = 1/2 H_M^y$ ellipsoidiň üstündäki belentlikde normal agyrlyk güýjüniň (1.18) formula boýunça hasaplanýan bahasy.

Islendik M nokatda H_M^y normal belentligi şu formula boýunça kesgitlemek mümkin

$$H_M^y = \frac{1}{\gamma_m} \int_0^M g dh; \quad (1.21)$$

ol agyrlyk güýçlerini ölçemeler bilen bilelikde ýerine ýetirilýän geometriki niwelirlemelerden kesgitlenýär. (1.21) formulada γ_m - normal agyrlyk güýjüniň ellipsoidiň üstünden $H = H_M^y$ belentlikdäki bahasy; g - niwelir çyzygynyň nokatlarynda

hakyky agyrylyk güýjüniň bahalary; *dh*- ýönekeý (elementar) artdyrmalar.

Ýeriň üstündäki *M* nokatdan *MS* normallary ýer ellipsoidiniň üstüne geçireliň we şunuň ýaly belläliň: $N=BC$ kwazigeoidiň ellipsoidiň üstünden belentligi; $H=MB$ - bu nokadyň kwazigeoidden belentligi. Ýeriň üstündäki her bir *M* belli nokat üçin kwazigeoidiň *N* belentligi, san taýdan belentligiň ξ_M anomaliýalaryna deň, ýagny $N = \xi_M$, bu nokadyň kwazigeoidden *H* belentligi bolsa san taýdan H'_M normal belentlige deň, ýagny $H = H'_M$. Şonuň üçinem (1.19) aňlatma derek şunuň ýaly takyklykda ýazyp bolar

$$H^G = N + H. \quad (1.22)$$

Adatça tejribelikde (1.22) formuladan peýdalanýarlar, emma ξ we *N*, şeýle hem H'_M we *H* ululyklaryň fiziki manylary degişlilikde dürli bolsalarda, $N = \xi_M$ we $H = H'_M$ bahalaryny (1.20) we (1.21) formulalar boýunça hasaplaýarlar. Has takyk aýdylanda hasaplamalarda (1.19) formulada H'_M normal belentlikler ellipsoidiň üstünden hasaplanýar, (1.22) formula boýunça *H* belentlikler kwazigeoidiň üstünden hasaplanýar. Bu iki formula hem H^G geodeziki belentligiň şol bir bahasyny berýär we nazary taýdan takykdyrlar.

Kwazigeoidiň *N* belentligini (ξ belentlikleriň anomaliýasyny) kesgitlemek üçin ýer şarynyň kontinental böleginde geodeziki, astronomiki, grawimetriki, şeýle hem ýeriň emeli hemralarynyň we grawiinersial ölçemeleriň toplumyny ýerine ýetirýärler.

Hemra kesgitlemlerine goşmak bilen gradus ölçemelerini işläp düzmekden geoidiň (kwazigeoidiň) üstüniň ýeterlik çylşyrymlydygy anyklandy. Bu çylşyrymlylyk Ýeriň grawitasion meýdanynyň birmeňzeş dälidiği sebäpli ýüze çykýar. Ýeriň grawitasion meýdany Ýer ellipsoidiniň üstüne görä iri (1000 km we ondan uly) we uly bolmadyk (100 km

töweregi we ondan kiçi) giňlikli we uzaklykly ýaýrama tolkunyna eýedir. Şunuň bilen birlikde geoidiň has uly otrisatel belentliklerini Hindi ummanynyň çäklerinde we Antarktidanyň golaýynda (Rossa deňizinde 61 m-e çenli) synlamak mümkin, 105 m töweregi, has uly položitel belentlikleri bolsa Ýuwaş ummanynda (Täze Gwineýanyň golaýynda + 77 m-e çenli) we Demirgazyk Atlantikada (+ 66 m-e çenli) synlamak mümkin. Şeýle hem Ýeriň figurasynyň armyt şekilli forma eýedigini anyklandy: demirgazyk ýarym şar polýusa tarap birazrak dartylan, günorta ýarym şar bolsa, onuň tersine gysylan. Ýeriň ekwatory uly ýarymokda Günbatara 15^0 töweregi uzaklykly elliptiklige eýedir.

Ikinji bap

Eltme üstleri. Reduksion mesele

§ 5. Eltme üstler. Krasowskiniň referens-ellipsoidi

Ýeriň fiziki üsti, hasam daglyk etraplarda örän çylşyrymly görnüşde bolýar. Bu üsti deňleşdirmek näbelli, şonuň üçinem geodeziki ölçemeleriň netijeleri işlenip düzilende belli bir usul bilen saýlanyp alynan we Ýeriň teninde ugrukdyrylan başga bir geometriki taýdan ýönekeý kömekçi üsti peýdalanýarlar, we oňa Ýeriň fiziki üstünde ölçenen punktlaryň arasyndaky aralyklary, kese ugurlary we burçlary, ýer predmetleriniň azimutlaryny we ş.m. redusirleýärler (eltýärler). Bu üste *eltme üsti* diýilýär.

Ol ýa-da beýleki eltme üst saýlanyp alynanda şulary göz önünde tutmaklyk zerurdyr.

Eltme üst formasy boýunça ýeterlik ýönekeý we geometriki gatnaşykda gowy öwrenilen bolmalydyr. Bu bolsa ýeterlik ýönekeý we talap edilýän takyklykda onuň üstündäki nokatlaryň islendik aralyklarynda geodeziki meseleleri çözmekligiň mümkin bolmagy üçin zerur bolýar.

Eltme üst çägi üçin saýlanyp alynan ýurduň ýa-da ýurtlaryň toparynyň kwazigeoidiniň üstünden az tapawutlanmalydyr; belentligi boýunça aratapawudy has kiçi bolmalydyr. Bu ýagdaýda göniden-göni ölçenen ululyklaryň (aralyklaryň, ugurlaryň we ş.m.) we olaryň eltme üste proyeksiýalarynyň arasyndaky tapawutlanmalar kiçi bolar.

Eltme üst, ölçenen elementlerden olaryň eltme üstdäki proyeksiýalaryna we tersine elementleriň proyeksiýalaryndan, olaryň ölçenen bahalaryna birmeňzeş geçmeklik mümkin bolar ýaly edip belli bir usul bilen Ýeriň teninde ugrukdyrylan bolmalydyr.

Geodeziki meseleler бүтін ýeriň massştabynda çözülende eltme üst höküminde umumyýer ellipsoidiniň (Normal ýeriň) üstüni kabul etmeklik kabul edilen. Topografo-geodeziki we kartografiki meseleler bir ýurdyň ýa-da topar ýurdyň çäginde çözülende her bir döwlet eltme üst hökmünde kesgitlenen razmerleri bolan we ýeriň teninde ugrukdyrylan, *referens-ellipsoid* atlandyrylýan ellipsoidi kabul edýärler.

Ähli ýurtlarda diýen ýaly topografo-geodeziki we kartografiki işler umumy ýer ellipsoidiniň ululyklarynyň ygtybarly bahalary alynmazdan has oň başlandy. Şonuň üçinem her bir ýurdyň ýa-da topar ýurdyň çägi üçin has amatly referens-ellipsoid saýlanyp alnypdyr ýa-da kesgitlenipdir.

Referens-ellipsoidiň formasyny, razmerlerini we ugrukdyrmasyň şu talaplary ýerine ýetirmek bilen kesgitleýärler:

1) referens-ellipsoidiň ululyklary umumy ýer ellipsoidiniň ululyklaryndan mümkin bolanyça az tapawutlanmalydyr;

2) referens-ellipsoidiň aýlanma oky Ýeriň aýlanma okuna, onuň ekwatorynyň tekizligi bolsa, Ýeriň ekwatorynyň tekizligine parallel bolmalydyr;

3) referens-ellipsoidi saýlanyp alnan her bir ýurdyň ýa-da topar ýurdyň çäginde, kwazigeoidiň (geoidiň)

üstüniň referens-ellipsoidiň üstünden gyşarmalarynyň kwadratlarynyň jemi has kiçi bolmalydyr.

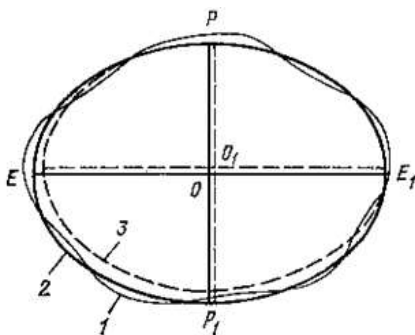
Uly bolmadyk çäkli ýurtlar üçin birinji talaby ýerine ýetirmeklik hökman däl.

Referens-ellipsoidiň razmerleriniň umumy ýer ellipsoidiniň razmerlerinden tapawutlanýandygy üçin onuň O_1 merkezi umumy ýer ellipsoidiniň O merkezi bilen gabat gelmeýär (6-njy surat). Eger-de referens-ellipsoidiň razmerleri ýa-da gysylmasy uly ýalňyşlyklar bilen kesgilenen ýagdaýynda, referens-ellipsoidiň üsti umumy ýer ellipsoidiň üstünden köp tapawutlanar, mysal üçin, EP_1E_1 üleşdäki ýaly (başga bir PE_1 üleşde bu üstler gabat gelýän ýaly bolsa-da).

Öňki SSSR ýurtlarynda 1942 ýyla çenli topo-geodeziki we kartografiki işler geçirilende Besseliň referens – ellipsoidi ulanylypdyr. Öňki SSSR ýurtlarynda, günbatar ýewropa ýurtlarynda we ABŞ-da ýerine ýetirilen gradus ölçemelerden peýdalanyň, şeýle hem, öňki soýuzyň çäginde geçirilen grawimetriki ölçemeleri hasaba almak bilen professor F.N. Krasowskiý, professor A.A. Izotow bilen bilelikde 1940-ýylda täze, şol döwür üçin has takyk ýer ellipsoidiniň ululyklaryny işläp çykardy $a = 6378245$ m, $\alpha = 1:298,3$, bu bolsa häzirkizaman maglumatlardan az tapawutlanýar .

Surat 6. Eltne üstler:

- 1- geoid;
- 2- umumy ýer ellipsoidi;
- 3- referens-ellipsoid.



Ýer ellipsoidi şu razmerleri bilen, öňki SSSR – de topografo – geodeziki we kartografiki işler geçirilende peýdalanmak üçin 1946-njy ýylda referens–ellipsoid hökmünde kabul edildi we oňa Krasowiskiniň ady dakylady.

Krasowiskiniň ellipsoidi ýer üsti ölçemeleri işläp düzmekden alnan ähli ellipsoidleriň içinde has takygydyr . Onuň razmerleri ýeriň emeli hemralarynyň gözegçiliklerinden alnan umumy ellipsoidiň razmerlerine golaýdyr: polýar gysylmasy birmeňzeş , uly ýarym oky bary – ýogy 108 m tapawutlanýar . Krasowiskiniň ellipsoidi öňki SSSR ýurtlarynda we başgada birnäçe ýurtlarda ulanylýar (4-nji surat).

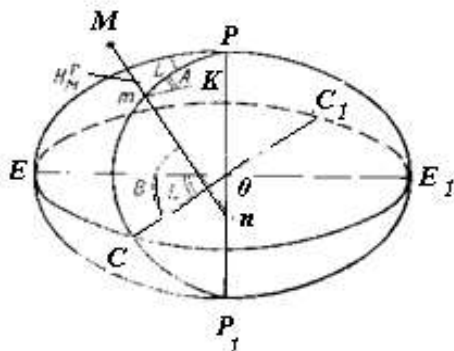
Geodeziýanyň, kartografiýanyň we käbir beýleki ylymlaryň köp tejribelik meselelerini çözmek üçin ýer ellipsoidiniň üsti ýeterlik çylşyrymly bolýar, şonuň üçinem ýer ellipsoidini zolaklara bölýärler we olaryň her birini tekizlikde ol ýa-da beýleki proyeksiýalarda şekillendirýärler hem-de onsoň tekizlikde dürli görnüşli inženerçilik meselelerini çözüýärler. Geodeziki torlarda ölçenen ululyklary ellipsoidden tekizlige redusirleýärler (eltýärler). Türkmenistanda 1932-nji ýyldan başlap Gaussyň-Krýügeriň proyeksiýasy ulanylýar.

Ýokary geodeziýanyň meseleleri çözüleninde ýeriň üstüniň islendik M nokadynyň ýerleşýän ornuny kabul edilen referens-ellipsoidiň B , L , H_m^G geodeziki koordinatalar ulgamynda kesgitleýärler (7-nji surat) , bu ýerde B – geodeziki giňlik; L – geodeziki uzaklyk ; H_m^G – nokadyň geodeziki belentligi.

§ 6. Geodeziki we astronomiki koordinatalar hem – de azimuthlar

ESE_I ekwatoryň tekizligi we ellipsoidiň üstüne geçirilen Mn normalyň arasyndaky B burç $M(m)$ nokadyň

geodeziki giňliugi diýilýär. Geodeziki giňlikleri ekwatoryň tekizliginden demirgazyk polýusa tarap plýus alamaty bilen, günorta polýusa tarap bolsa minus alamaty bilen 0° -dan 90° -çenli hasaplaýarlar.



7- nji surat. Geodeziki kordinatalar

Başlangyç (Grinwiç) meridianyň PEP_1 tekizligi we berlen $M(m)$ nokadyň PmP_1 geodeziki meridianynyň tekizliginiň arasyndaky ikigranly L burça $M(m)$ nokadyň L *geodeziki uzaklygy* diýilýär. Uzaklyklar başlangyç meridiandan hasaplanylýarlar: Türkmenistanda günbatardan gündogara 0 -dan 360° çenli, käbir ýurtlarda bolsa ters ugra hasaplanylýar.

Berlen nokadyň PmP_1 geodeziki meridianynyň tekizliginiň we ellipsoide geçirilen mn normaly özünde saklaýan hem-de k nokatdan geçýän nmk tekizligiň arasyndaky pmk ikigranly burça mk uguryň m nokatdaky A *geodeziki azimuty* diýilýär. Azimutlary sagat diliniň ugruna 0 -dan 360° çenli hasaplaýarlar.

Ellipsoidiň üstiniň we berlen nokadyň arasyndaky $H^G = m \cdot M$ aralyga, oňa normal boýunça hasaplanýan M nokadyň *geodeziki belentligi* diýilýär. Ellipsoidiň üstünden ýokarda ýerleşýän nokatlar položitel belentlige, aşakda ýerleşýänler bolsa otrisatel belentlige eýe bolýarlar.

Ellipsoidiň üstünde ýatan nokatlar nola deň bolan ($H^G = 0$) geodeziki belentliklere eýe bolýarlar. Geodeziki koordinatalar gönüden-göni ölçenen bolup bilmeýärler. Olary B_0 , L_0 , H_0 koordinatalary bolan döwlet geodeziki torunyň başlangyç punkta görä, koordinatalar artdyrmalaryny hasaplamak we jemlemek (goşmak) arkaly alýarlar.

Ýeriň üstünde ýyldyzlara gözegçilik etmek arkaly φ astronomiki giňlikleri, λ astronomiki uzaklyklary we α astronomiki azimutlary kesgileýärler.

Berlen nokatdaky asma çyzygyň we Ýeriň ekwatorynyň tekizliginiň arasyndaky burça M nokadyň φ astronomiki giňligi diýilär.

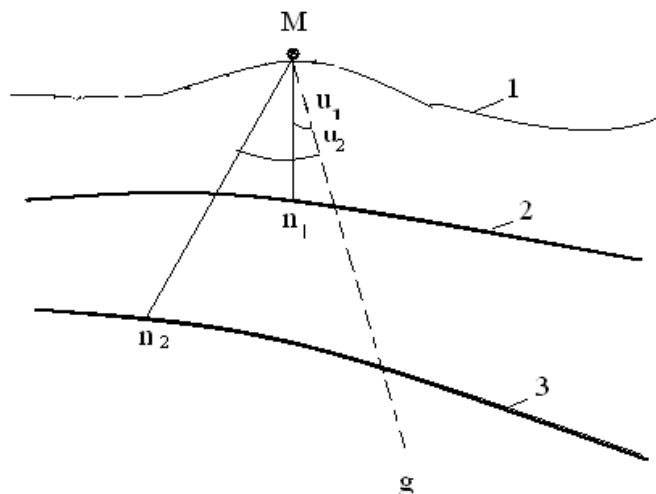
Başlangyç (Grinwiç) meridianyň tekizliginiň we berlen nokadyň astronomiki meridiýanyň tekizliginiň arasyndaky ikigranly burça M nokadyň λ astronomiki uzaklygy diýilýär. Nokadyň astronomiki meridianynyň tekizligi diýlip, berlen nokatda asma çyzykdan geçýän we Ýeriň aýlanma okuna parallel ýerleşýän tekizlige düşünilýär. Umumy ýagdaýda bu tekizlik Ýeriň polýuslaryndan geçmeýär.

Berlen M nokatda astronomiki meridianyň tekizliginiň we k nokatdan geçýän dik tekizligiň arasyndaky α burça Mk uguryň astronomiki azimuty diýilýär.

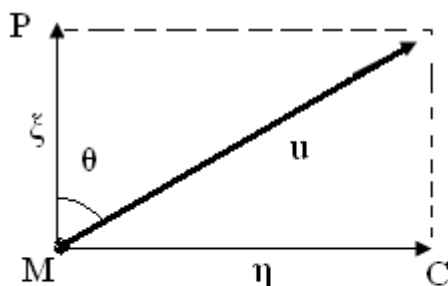
§ 7. Asma çyzyklaryň gyşarmalary. Geodeziki we astronomiki koordinatalaryň aralaryndaky baglanyşyk

Ýeriň her bir nokadynda ellipsoidiň üstüne normalyň ugrunyň we asma çyzygyň ugrunyň gabat gelmeýändigini sebäpli, şol bir nokat üçin B , L geodeziki koordinatalar we φ , λ astronomiki koordinatalar özara deň dälidirler. Ýeriň üstündäki islendik M nokat üçin M_g asma çyzygy we ýer ellipsoidiniň üstüne M_n normaly görkezis (8-nji surat). Ellipsoidiň üstüne normal bilen, berlen nokatdaky asma çyzygyň arasyndaky u

burçy bu nokatdaky *asma çyzygyň astronomo-geodeziki gyşarmasy* atlandyrylar (ellipsoide normaldan). Asma çyzygyň absolýut we otnositel gyşarmalaryny tapawutlandyrylar.

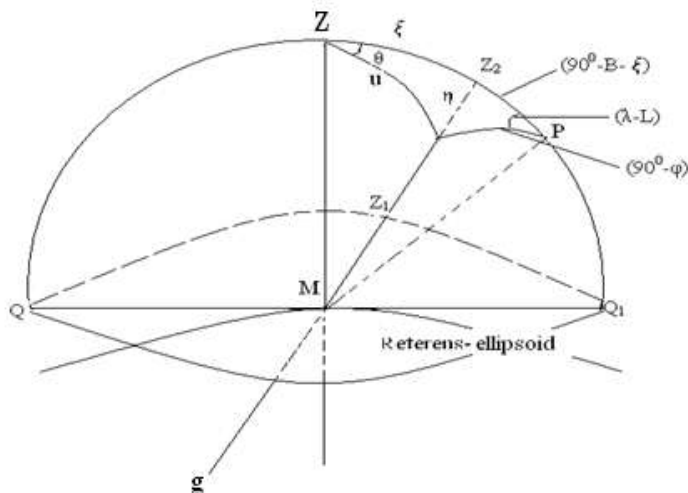


8-nji surat. Asma çyzyklaryň absolýut we otnositel gyşarmalary:
1. ýeriň fiziki üsti; 2- umumy ýer ellipsoidi; 3- referens-ellipsoid



9 -njy surat. Meridianyň we birinji wertikalyň tekizliginde asma çyzygyň doly gyşarmalaryny düzüjiler

Referens-ellipsoide M_{n2} normalyň we berlen M nokatda M_g asma çyzygyň arasyndaky u_2 burça M nokatdaky *asma çyzygyň otnositel gyşarmasy* diýlip düşünilýär. Asma çyzyklaryň otnositel gyşarmalarynyň ululyklary Ýeriň teninde massalaryň paýlanma aýratynlyklaryna, kabul edilen referens-ellipsoidiň razmerleriniň ýalňyşlyklaryna, referens-ellipsoidi Ýeriň teninde ugrukdyrmagyň ýalňyşlyklaryna bagly bolýar. Umumy ýagdaýda asma çyzyklaryň otnositel gyşarmalary ululyklary boýunça absolýutlardan uly bolýarlar.



10-njy surat. Geodeziki we astronomiki koordinatalaryň hem-de azimutlaryň arasyndaky arabaglansyk

Geodeziki meseleler çözülende her bir berlen M nokatdaky asma çyzygyň doly gyşarmasynyň u ululygyny iki sany düzüjiler görnüşinde hödürleýärler: meridiaňa perpendikulýar bolan ξ - berlen nokadyň MP meridian tekizliginde we η - birinji wertikalýň MC tekizliginde (9-njy surat).

ξ we η belli bahalarynda asma çyzygyň doly gyşarmasyny şu formula boýunça hasaplaýarlar:

$$u = \sqrt{\xi^2 + \eta^2} \quad (2.1)$$

Üstünde asma çyzygyň doly gyşarmasy ýatan, tekizligiň θ azimutyny şu ýagdaýda tapýarlar

$$\operatorname{tg} \theta = \eta / \xi. \quad (2.2)$$

Ýeriň ýa-da ýer ellipsoidiniň üstünde ýatan haýsydyr bir nokadyň ξ we η asma çyzygyny düzüjilerini, eger-de bu nokat üçin birwagtda B , L geodeziki koordinatalary we φ , λ astronomiki koordinatalary belli bolsa kesgitlemeklik mümkin. Goý, M nokat referens-ellipsoidiň üstünde ýatsyn (10-njy surat). Ellipsoide normaly M_n , bu nokatdaky asma çyzygy bolsa M_g bilen belläliň. M merkezi nokatda ýerleşen birlik radiusly kömekçi sferany gurarys. M_n normaly Z nokatda- M nokadyň geodeziki zenitinde kömekçi sfera bilen kesişýänçä dowam etdireris. M_g normaly Z_I nokatda- M nokadyň astronomiki zenitinde kömekçi sfera bilen kesişýänçä dowam etdireris. M nokadyň üstünden Ýeriň aýlanma okuna parallel çyzyk geçireliň, onuň sfera bilen kesişýän nokadyny P (Dünýä polýusy) bilen belläris; Z_I nokady Z we P nokatlar bilen uly tegelegiň ýaýlary arkaly birleşdireris. ZPZ_I üçburçlukda PZ_I ýaý M nokadyň astronomiki polýar aralygyna deň, ýagny, $PZ_I = 90^\circ - \varphi$; PZ ýaý M nokadyň geodeziki polýar aralygyna deň,

ýagny, $PZ = 90^\circ - B$; ZZ_1 aralyk- M nokatda asma çyzygyň doly gyşarmasy, ýagny, $ZZ_1 = u$. θ burç, üstünde asma çyzygyň doly gyşarmasy ýatan MZZ_1 tekizligiň geodeziki azimutyna deň. Asma çyzygyň u doly gyşarmasyny M nokadyň geodeziki meridianynyň MZP tekizligine we birinji wertikalyň MZ_1Z_2 tekizligine taslarys. $\xi = ZZ_2$ we $\eta = Z_1Z_2$ M nokadyň geodeziki meridianynda we birinji wertikalynda asma çyzygyň doly gyşarmasyny düzüjiler bolup durýarlar. Ýaý $Z_1P = 90^\circ - \varphi$, bu ýerde φ - M nokadyň astronomiki giňligi, Z_2P ýaý bolsa $90^\circ - B - \xi$ deň. P dünýä polýusyndaky Z_2PZ_1 burç M nokatda astronomiki we geodeziki uzaklyklaryň aratapawudyna deň, ýagny, $\angle Z_2PZ_1 = \lambda - L$.

Z_1Z_2P sferiki üçburçlугy çözüp ýazarys

$$\cos(\lambda - L) = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg}(B + \xi); \quad \sin \eta = \sin(\lambda - L) \cos \varphi.$$

Trigonometriki funksialary η dan $\lambda - L$ çenli hatarlara paýlap we paýlanyşyň birinji agzalary bilen çäklenip, alarys

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}(B + \xi); \quad \eta = (\lambda - L) \cos \varphi. \quad (2.3)$$

Bu ýerden, ýeterlik takyklyk bilen $\cos \varphi$ -ni $\cos B$ bilen çalyşyp, gutarnykly taparys

$$\xi = \varphi - B; \quad \eta = (\lambda - L) \cos B. \quad (2.4)$$

Bu ýagdaýda, haçanda asma çyzyklaryň gyşarmalaryny düzüjileri diňe grawimetriki ölçemeleri işläp düzmekden kesgitleseler, olary grawimetriki atlandyrýarlar we ξ_{gr} , η_{gr} harplar bilen belgileýärler. ξ_{ag} , η_{ag} bilen belgilenýän asma çyzygyň astronomo-geodeziki we grawimetriki

gyşarmalarynyň arasyndaky gatnaşygy şu formulalar boýunça ýüze çykarýarlar:

$$\xi_{ag} = \xi_{ag} + 0.171 H \sin 2B = \varphi - B; \quad (2.5)$$

$$\eta_{ag} = \eta_{gr} = (\lambda - L) \cos B,$$

bu ýerde H - nokadyň ellipsoidden belentligi, km.

Asma çyzygyň astronomo-geodeziki we grawimetriki gyşarmalary kabul edilen referens-ellipsoidiň ulgamynda, grawimetriki gyşarmalar bolsa-derejeli ellipsoidiň ulgamynda hasaplanýarlar. Şonuň üçinem, bu we başga asma çyzyklaryň gyşarmalarynyň bahalary şol bir ýerüsti nokatlar üçin özara deň dälidirler.

Geoidiň (kwazigeoidiň) üstüniň umumy ýer ellipsoidiniň üstünden has uly gyşarmasy 120 m geçmeýär, ýagny olar örän kiçi, şonuň üçinem asma çyzyklaryň absolýut gyşarmalary hem örän kiçidirler. Düzlük ýerlerde asma çyzyklaryň gyşarmalary ortaça 3-5" bolýarlar; käwagtlar olar 10-15" ýetýärler, mysal üçin Moskwanyň grawitasiýa attraksiýasyndaky ýaly; daglyk etraplarda, mysal üçin Kawkazyň daglarynda, Baýkal kölüniň etraplarynda asma çyzyklaryň gyşarmalary has uly we köplenç 30" ýetýärler. Ýer şarynda asma çyzyklaryň has uly gyşarmalary Gawaý adalarynyň etraplarynda ýüze çykaryldy ($\approx 97''$).

Asma çyzyklaryň absolýut gyşarmalaryna referens-ellipsoidiň ululyklaryny kesgitlemegiň ýalňyşlyklarynyň goşmaça täsirleri we ony Ýeriň teninde ugrukdyrmagyň ýalňyşlyklary sebäpli, asma çyzyklaryň otnositel gyşarmalary absolýut gyşarmalardan birazrak uly bolýarlar.

Döwlet geodeziki torlaryň punktlarynda asma çyzyklaryň gyşarmalaryny bilmeklik ýokary geodeziýanyň köp

meselelerini çözmek üçin zerurdyr. Bu meselelere şular girýärler:

triangulýasiýa usuly bilen ýerine ýetirilýän gradus ölçemelerinden ýer ellipsoidiniň formalaryny we razmerlerini kesgitlemek;

kabul edilen referens-ellipsoidiň üstüne görä kwazigeoidiň we ýer üstüniň belentliklerini kesgitlemek;

dürli koordinatalar ulgamlarynyň arasyndaky baglanşygy ýüze çykarmak: astronomiki, geodeziki, göniburçly, geomerkezi we geodeziýada, kartografiýada, astronomiýada, kosmonawtikada we beýleki birnäçe ylymlarda ulanylýan koordinatalar ulgamlary;

ölçenen çyzyklary (bazisleri), azimutlary, kese ugurlary we ş.m. Ýeriň fiziki üstünden referens-ellipsoidiň üstüne matematiki taýdan berk redusirlemek, diýmek, geodeziki torlarda işläp düzmeleri dogry ýerine ýetirmek, şeýle hem, ellipsoidiň üstünde we giňişlikde dürli meseleleri matematiki berk çözmek;

trigonometriki niwelirlemäniň takyklygyny ýokarlandyrmak (aýratynam daglyk etraplarda) we ş.m..

§ 8. Laplasyň azimutlary

Haçanda B we L belli geodeziki koordinatalary bolan triangulýasiýa punktynda ýyldyzlara edilen gözegçiliklerden φ we λ astronomiki koordinatalary, şeýle hem, ýer predmetine bolan ugra α astronomiki azimut kesgitlenen ýagdaýynda, (2.4) formulalar boýunça punktda asma çyzyklaryň ξ we η gyşarmalaryny düzüjilerini hasaplamak mümkin. Berlen ugruň A geodeziki azimutyny

$$A = \alpha - (\eta - L) \sin \varphi + (2 \cos A + \xi \sin A) \operatorname{ctg} z \quad (2.6)$$

formula boýunça kesgitleýärler, bu ýerde z – gozegçilik edilýän nyşanyň (predmetiň) zenit aralygy.

Düz ýerlerde $z = 89^{\circ} 30' 30''$ bolanda (beýle ýagdaý triangulýasiýa taraplarynyň uzynlyklary 10 – 30 km bolanda bolýar) $\text{ctg } z \leq 0.01$ bolar we şonuň üçinem (2.6) formulanyň üçünji agzasynyň ululygy $0.02-0.03''$ geçmeýär. Diýmek, bu ýagdaýda üçünji agzany hasaba almazlyk mümkin. Onda (2.6) formula

$$A = \alpha - (\eta - L) \sin \varphi \quad (2.7)$$

görnüşe girer.

(2.7) formula boýunça hasaplanan geodeziki azimuta *Laplasyň azimuty diýilýär*. Bu formulada ikinji agza berlen punktda astronomiki we geodeziki meridianalaryň gabat gelmeýändiginden ýüze çykýar.

(2.6) formulada üçünji agza teodolitiň oturdylan nokadynda teodolitiň dik okunyň kabul edilen referens-ellipsoidiň normalyndan gysarmasy üçin düzediş hökmünde garamaklyk mümkin. Bu düzedişi geodeziki toruň punktlarynda ölçenýän ähli kese ugurlara girizmek maslahat berilýär.

Triangulýasiýanyň dürli punktlarynda alnan Laplasyň azimutlarynyň biri-birine bagly bolmaýandygyny görkezeris. (2.7) formuladan görnüşi ýaly Laplasyň azimutynyň m_A ýalňyş astronomiki azimutyň m_a ýalňyşyna, punktyň astronomiki uzaklygynyň m_λ ýalňyş geodeziki uzaklygyň m_L ýalňyşlygyna bagly bolýarlar; m_φ ýalňyşlygy hasaba almazlyk mümkin. Laplasyň punktlarynda α azimuty we λ uzaklygy kesgitlemegiň tötänleýin ýalňyşlyklary şular: $m_a \leq 0.5''$, $m_\lambda \leq 0.03'' \leq 0.45''$. Orta giňliklerdäki paralelleriň ugry boýunça geçirilen, 200 km uzynlykly 1 klasly triangulýasiýa zynjyrynyň uzaboýuna süýşmesi ortaça 0.7 m deň. Bu geodeziki uzaklykda $m_L = 0.04''$ ýalňyşlygy berýär. Şeýlelikde, geodeziki uzaklykdaky ýalňyşlyklar astronomiki kesgitlemeleriň m_a we m_λ ýalňyşlyklaryndan on esse azdyr. Şonuň üçinem m_L

ýalňyşlygy hasaba almazlyk we (2.7) aňlatma laýyklykda şunuň ýaly ýazmak mümkin

$$m_A = \sqrt{m_\alpha + m_\lambda^2 \sin^2 \varphi} . \quad (2.8)$$

$m_\alpha = 0.5''$ we $m_\lambda = 0.45''$ tötänleýin ýalňyşlyklarda $\varphi = 45^\circ$ orta giňlikler üçin geodeziki azimutyň $m_A = 0.6''$ tötänleýin ýalňyşlygyny alarys. Ölçeme netijeleri tötänleýin ýalňyşlyklardan başga-da yzygiderli ýalňyşlyklary özlerinde saklaýarlar. Laplasyň azimutlaryny kesgitlemegiň hakyky takyklygy $\approx 1.0''$ orta kwadratiki ýalňyşlyk bilen häsiýetlendirilýär.

§ 9. Reduksion mesele barada düşünje

Ölçenen ululyklary Ýeriň fiziki üstünden kabul edilen referens-ellipsoidiň üstüne redusirlemegiň matematiki taýdan berk usullaryny işläp düzmeklik we onuň üçin zerur bolan asma çyzyklaryň gyşarmalaryny, şeýle hem, punktlaryň ellipsoidden geodeziki belentliklerini kesgitlemeklik bilen baglanşykly meseleler toplumyna, ýokary geodeziýada reduksion mesele diýilip düşünmeklik kabul edilen. Her bir ýurtda kabul edilen referens-ellipsoid Ýeriň aýlanma okuna görä ugrukdyrylmalydyr we *başlangyç geodeziki seneler* atlandyrylýan astronomo-geodeziki toruň başlangyç punktynyň B_0 , L_0 , H_0 geodeziki koordinatalarynyň kömegi bilen Ýeriň teninde “berkidilen” bolmalydyr. Başlangyç geodeziki seneleri, ähli astronomo-geodeziki toruň ölçeme maglumatlaryny peýdalanmak bilen kesgitleýärler. Olar kesgitlemegiň usullaryna ýokary geodeziýanyň nazary geodeziýa bölümünde garalýar [21].

Geodeziki torda ölçenen ähli ululyklary: kese ugurlary, taraplaryň uzynlyklaryny we azimutlaryny we ş.m., 1934-nji ýylda F. N. Krasowskiý tarapyndan hödürlenen

nazary taýdan ygtybarly bolan *taslamalar usulyny* ulanyp referens-ellipsoidiň üstüne redusirleýärler. Ölçenen ululyklary ellipsoide taslamaklygy normallar boýunça ýerine ýetirýärler. Ölçenen ululyklar bolsa (ugurlar, azimutlar we ş.m.) asma çyzyklar bilen baglanşan. Şonuň üçinem ölçenen elementleriň ellipsoide reduksiýasy üçin geodeziki toruň punktlarynda asma çyzyklaryň gyşarmalaryny, şeýle hem punktlaryň ellipsoidden beýikliklerini bilmeklik zerur. Reduksion meseleler çözülide şu aşakdaky esasy talaplary ýerine ýetirmeklik zerur:

reduksion düzedişler, olaryň ýalňyşlyklary, redusirlenýän ululyklaryň ýalňyşlyklary bilen deňeşdirilende has kiçi bolar ýaly takyklyk bilen kesgitlemelidir;

reduksion düzedişleri hasaplamak üçin peýdalanylýan formulalar, olaryň ýalňyşlyklary reduksiýany hasaplamagyň netijelerine täsirini ýetirmez ýaly takyklyk bilen alynmalydyr;

degişli reduksiýalary hasaplamak üçin zerur bolan argumentler: asma çyzyklaryň ξ_{ag} , η_{ag} astronomo-geodeziki gyşarmalary, punktlaryň ellipsoidiň üstünden geodeziki belentlikleri H^G , agyrlyk güýjüniň tizlenmesiniň g - γ anomaliýasy, ýagny, hakyky we normal agyrlyk güýçleriniň arasyndaky aratapawut, ölçemeleriň belli netijeleri boýunça, ýeterlik takyklyk bilen alynmalydyr.

Daglyk etraplarda işler geçirilende asma çyzyklaryň gyşarmalary 1-3 klasly ähli punktlar üçin belli bolmaly. Astronomo-geodeziki torlarda aýry-aýry punktlarda ortaça 70-100 km-den φ astronomiki giňlikleri we λ astronomiki uzaklyklary kesgitleýärler. Bu punktlar üçin B geodeziki giňlikleri we L geodeziki uzaklyklary hasaplap, (2.4) formulalar boýunça asma çyzyklaryň gözlenýän gyşarmalaryny kesgitleýärler. Aralyk punktlar üçin olary gytak interpolirmek arkaly kesgitleýärler. Munuň üçin bellenen maksatnama boýunça ýer üstüniň grawimetriki kartalaşdyrmasy ýerine ýetirýäler we ähli punktlar üçin ilki başda asma çyzyklaryň ξ_{gr} , η_{gr} grawimetriki gyşarmalaryny, soňra bolsa olary hasaba

almak bilen ξ_{ag} , η_{ag} gözlenýän gyşarmalary tapýarlar [18]. Asma çyzyklaryň ξ_{ag} , η_{ag} astronomo–geodeziki gyşarmalaryny we punktlaryň aralaryndaky aralyklary bilip, kwazigeoidiň artdyrmalaryny we onuň ellipsoidden N belentligini kesgitleýärler (ξ belentlikler anomaniýasyny). Niwemerlemegiň netijelerinde punktlaryň H_γ normal belentliklerini kesgitläp, olaryň geodeziki belentliklerini (1.19) formula boýunça hasaplaýarlar.

Grawimetriki kartalaşdyrmanyň maglumatlaryndan peýdalanyň asma çyzyklaryň astronomo–geodeziki gyşarmalaryny gytak interpolirlemek usuly we geoidiň artdyrmalaryny soňraky hasaplamaklyk 1934-nji ýylda belli rus alymy-geodezisti F. N. Krasowskiý tarapyndan hödürlendi. Bu usul *astronomo-grawimetriki niwelirleme usuly* adyny aldy.

Asma çyzyklaryň gyşarmalaryny we kwazigeoidiň artdyrmalaryny kesgitlemegiň astronomo–grawimetriki usuly uly göwrümde geodeziki, astronomiki we grawimetriki ölçemeleri ýerine ýetirmekligi talap edýär. Diýmek, onuň amala aşmagy üçin köp zähmet, serişde we wagt çykadjylary hem zerur bolýar. Bu çykadjylar aýratynam daglarda işlenende uly. Häzirki wagtda ylmyň we tehnikanyň güýçli depginlerde ösmegi bilen bir punktdan beýleki bir punkta geçilendeş şol sanda daglyk şertlerde hem asma çyzyklaryň astronomo-geodeziki gyşarmalarynyň artdyrmalaryny gysga möhletde we ýokary takyklykda (0.1" töweregi) göniden-göni ölçemäge mümkinçilik berýän ýokary takykly geodeziki grawiinersial ulgamlar işlenip düzülýär we ýuwaş-ýuwaşdan ornaşdyrylýar. Asma çyzyklaryň astronomo-geodeziki gyşarmalarynyň artdyrmalaryny ölçäp we punktlaryň aralaryndaky aralyklary bilip, olaryň arasyndaky kwazigeoidiň (geoidiň) artdyrmalaryny ýeterlik ýokary takyklyk bilen hasaplamak mümkin. Kwazigeoidiň (geoidiň) üstini öwrenmegiň bu usulyny *grawiinersial niwelirleme usuly* atlandyrmak maksadalaýykdyr. Bu usul kwazigeoidiň (geoidiň) üstini öwrenmegiň, aýratynam hemra altimetriýasyny ulanmak

mümkünçiligi ýok bolan ýer şarynyň kontinental böleginde, iň amatly we takyk usuly bolmak mümkinçiligi bar.

Geodeziki torlaryň punktlarynda asma çyzyklaryň gyşarmalaryny, şeýle hem, punktlaryň geodeziki belentliklerini kesgitlep, referens-ellipsoidiň üstüne redusirlemek üçin ölçenen aralyklara, kese ugurlara, azimutlara we ş.m. düzedişleri hasaplaýarlar. Soňra ölçenen ululyklary ellipsoidden Gauss-Krýugeriň proyeksiýalar tekizligine, sferoidiki geodeziýanyň formulalary arkaly redusirleýärler.

IKINJI BÖLÜM

Geodeziki daýanç torlary

Üçinji bap

Türkmenistanyň döwlet geodeziki torlary

§ 10. Geodeziki daýanç torlary. Olaryň niýetlenilişi

Geodeziki tor diýip, ýerleşýän orunlary umumy koordinatalar we belentlikler ulgamynda kesgitlenen, ýeriň üstünde berkidilen ýer üsti nokatlaryň toplumyna aýdylýar.

Geodeziki torlar kiçi, şeýle hem, ägirt uly ýer üsti meýdanlarda döredilip bilner. Çägi boýunça olary bütin ýer şaryny örtýän *global (umumyýer) geodeziki torlara*; belli bir ýurtda kabul edilen ýeke-täk koordinatalar we belentlikler ulgamynda aýry-aýry ýurdyň territoriýasynyň çäginde döredilýän *milli (döwlet) geodeziki torlara*; topografiki kartalaşdyrmalaryň ölçeme esaslaryny döretmek üçin niýetlenen *doldurma torlara*; dürli meseleleri ýerli koordinatalar ulgamynda çözmek üçin peýdalanylýan, ýapyk üleşlerde gurulýan *ýerli geodeziki torlara* bölünýärler.

Geometiriki manysy boýunça planly, belentlikli we giňişlikli geodeziki torlary tapawutlandyryýarlar. Planly torlarda kabul edilen eltme üstde (ellipsoidiň üstünde ýa-da tekizlikde) ölçemeleriň netijelerini işläp düzmek arkaly punktlaryň koordinatalaryny hasaplaýarlar; belentlik (niwelir) torlarynda hasap üstüne görä, mysal üçin, kwazigeoidiň üstüne görä punktlaryň belentliklerini alýarlar. Giňişlikli torlarda ölçemeleriň netijelerini işläp düzmek bilen üçölçegli giňişlikde punktlaryň özara ýerleşiş ýagdaýyny kesgitleýärler.

Global geodeziki tor häzirki wagtda kosmiki geodeziýanyň usullary bilen, ýeriň emeli hemralarynyň gözegçiliklerini peýdalanmak arkaly döredilýär. Şonuň üçinem, bu torlar köplenç hemra ýada kosmiki geodeziýa

torlary diýlip atlandyrylýar. Bu torlarda punktlaryň ýagdaýyny *XVZ* göniburuçly koordinatlaryň geomerkezi ulgamynda hasaplaýarlar. Bu ulgamyň başy ýeriň massasynyň merkezi bilen, *Z* oky- ýeriň aýlanma oky bilen, *ZV* tekizligi bolsa - başlangyç meridianyň tekizligi bilen gabat gelýär. Global geodeziki torlary geodeziýanyň, geodinamikanyň, astronomiýanyň we beýleki ylmlaryň ylmy we ylmy-tehniki soraglaryny hem-de meselelerini çözmek üçin peýdalanýarlar. Şeýle soraglaryň hem-de meseleleriň hataryna şular girýär:

fundamental geodeziki hemişelikleri takykklamak;
ýeriň figurasyny we grawitasion meýdanyny
öwrenmek;

Ýeriň polýuslarynyň hereketini kesgitlemek;
ähli ýer üçin ýeke-täk geomerkezi giňişlikli
göniburuçly ýa-da geodeziki koordinatlar ulgamyny bermek;
dürli ýurtlaryň referens-ellipsoidleriniň
ýagdaýlaryny ýer massasynyň merkezine görä kesgitlemek;
ýer gabygynyň litosfera plitalarynyň süýşmelerini we
deformasiýalaryny öwrenmek;

ýer üstüniň ösüşiniň (dinamikasynyň) täsiri astynda
umumyýer geodeziki torlarynyň punktlarynyň
koordinatalarynyň wagt boýunça üýtgemek
kanunalaýyklygyny öwrenmek we olaryň bir wagtdaky
bahalaryny bellenen döwre eltmek, mysal üçin 2010-njy ýyl
döwrüne.

Global geodeziki torlar geomerkezi koordinatlar ulgamynda onuň punktlarynyň ýagdaýyny “birwagtda” kesgitlemegiň ýokary takyklygyna ýetmek üçin üznüksiz ösmelidirler. Global geodeziki toruň takyklygynyň ýokarlanmagy bilen geodeziýanyň, amaly kosmonawtikanyň, geodinamikanyň, astronomiýanyň we köp dürli ylmlaryň ylmy soraglaryny hem-de meselelerini çözmekligiň täze mümkinçilikleri kem-kemden giňeler.

Milli geodeziki torlar üç görnüşe bölünýärler: döwlet geodeziki tora (planly), döwlet niwelir toryna (belentlik), döwlet grawimetriki toryna.

Döwlet geodeziki tory has ýokary takyklyk bilen, plan gatnaşygynda, geodeziki punktlaryň özara ýerleşiş ýagdaýyny saýlap alnan eltme üstde (referens – ellipsoidde ýada tekizlikde) kesgitlemegi göz önünde tutýar; toryň punktlarynyň belentlikleri aýratynam daglyk etraplarda has pes takyklykda kesgitlenýär.

Döwlet niwelir torlary kwazigeoidiň üstüne görä her bir punktyň belentliklerini has ýokary takyklyk bilen kesgitlemek üçin hyzmat edýärler; bu toryň eltme üstdäki planly ýagdaýy takmyny kesgitlenýär.

Döwlet grawimetriki torlary has ýokary takyklyk bilen punktarda agyrylyk güýjiniň tizlenmesini kesgitlemek üçin niýetlenen. Bu toryň punktlarynyň ýagdaýy plan we belentlik gatnaşygynda talap edilýän takyklyk bilen kesgitlenilmelidirler.

Her bir aýratyn döwletiň çäginde döredilýän döwlet geodeziki torlary şu aşaky maksatlar üçin niýetlenendirler:

Ýeriň figurasyny we grawitasion meýdanyny, olaryň wagt boýunça üýtgemelerini jikme – jik öwrenmek (ýurduň territoriýasynyň çäklerinde) ;

ýurduň ähli çägi üçin ýeke-täk koordinatalar we belentlikler ulgamyny ýaýratmak;

ýurdyň ähli çäginde ýeke-täk koordinatlar ulgamynda dürli masştablarda kartalaşdyrmak;

halk hojalygynyň dürli-dürli ylmy we inženerçilik-tehniki meselelerini geodeziki usullar bilen çözmek.

Geodeziki torlary gurmagyň ýörite serişdeleriniň we usullarynyň kömegi bilen planly geodeziki toruň punktlarynyň dürli görnüşlerini adatça ýeriň üstüniň has ýokary belent üleşlerinde ýerleşdirýärler; niwelir torlarynyň punktlaryny

düzlük we pes ýerlerde, derýalaryň kenarlarynda ýerleşdirýärler.

Döwlet geodeziki torlarynyň ähli görnüşleri aýry-aýrylykda gurulýar, emma olar özara baglanyşykly bolup, biri-birini doldurýarlar. Käbir punktlar torlaryň ähli üç görnüşini üçin umumy bolup bilýärler, bu bolsa geodeziýanyň, geodinamikanyň we şuna meňzeş ylmlaryň köp dürli meselelerini oňyn çözmeklige ýardam edýär.

Şular bilen baglylykda döwlet geodeziki torlary wajyp ylmy we halk hojalyk baha eýe bolýarlar. Olar ýeriň üstünde ygtybarly berkidilen, uzak möhletläp hyzmat etmek üçin niýetlenen bolmalydyrlar, takyklygy boýunça bolsa, ylmyň, halk hojalygynyň talaplaryny uzak wagtlaý kanagatlandyrmalydyrlar.

Wagtyň geçmegi bilen döwlet geodeziki torlaryny gurmagyň takyklygyna bolan talaplaryň yzygiderli ösýändigini geodeziýanyň ösüş taryhy görkezýär. Şonuň bilen birlikde, eger-de döwlet geodeziki torlaryny täzeläp we ösdürip durmasaň, olar ýuwaş-ýuwaşdan könelişýärler (“garraýarlar”), punktlaryň bir bölegi ýitýär, onuň aýry-aýry böleklerinde, aýratynam ýer gabygynyň häzirkizaman hereketleri sebäpli punktlar ýitýärler.

Ýurdyň döwlet geodeziki torlary hemişe häzirkizaman talaplaryna, şeýle hem, ýakyn geljekdäki talaplaryna jogap berer ýaly şulary ýerine ýetirmeklik zerurdyr:

toryň ähli punktlarynda yzygiderli meýdan barlamasyny (seredişini) geçirmek, ýiten punktlary dikeltmek ýa-da täzedan kesgitlemek;

döwürleýin, mysal üçin 25-30 ýyldan gaýtadan ýa-da goşmaça ölçemeleri, toryň uly böleginde ýa-da ýer üstüniň hereketi netijesinde ýa-da başga sebäpler bilen has güýçli deformasiýa sezewar bolan üleşlerinde ýerine ýetirmek;

döwlet deodeziki torlaryň hilini we takyklygyny ýokarlandyrmak üçin gaýtadan ýa-da goşmaça geçirilýän ölçemeleri ýokary takykly ölçeg tehnikasynyň we ölçeme usullarynyň täze gazananlaryndan peýdalanyňp ýerine ýetirmek;

toryň tutýan uly meýdanyna geçirilen gaýtadan ýa-da goşmaça ölçemeleriň netijelerinde ýyganan täze ölçeg maglumatlarynyň toplanmagy bilen, takmyndan her 25-30 ýyldan planly we belentlikli torlary, gözegçilikleriň berlen döwrüne degişli bolan koordinatalaryň we belentlikleriň has takyk we täze bahalaryny almak maksady bilen tory täzeden deňleşdirmegi ýerine ýetirmek.

Häzirki zaman döwlet geodeziki torlar gurlanda, geodeziki torlary taslamagy, punktларыň rekognosirowkasyny, geodeziki nyşanlary gurmaklygy, ýersaty merkezleri we reperleri oturtmaklygy; burç we çyzyk ölçemelerini ýerine ýetirmekligi; astronomiki giňlikleri, uzaklyklary we azimutlary kesgitlemegi; niwelirleme işlerini ýerine ýetirmekligi; agyrylyk güýjini ölçemegi; ýeriň emeli hemralarynyň gözegçiliklerini we ş.m. şeýle hem, ölçemeleriň netijelerini matematiki işläp düzmegi özüne birleşdirýän esasy geodeziki işleriň toplumyny ýerine ýetirýärler.

Soňky ýyllarda punktларыň koordinatalarynyň takyklyklaryny ÝEH gözegçilikleriniň netijesinde ýokarlandyrmak işleri uly üstünliklere ýetildi. Şol sebäpli ÝEH gözegçilikleri ýokary takykly döwlet geodeziki torlary gurlanda has giňden peýdalanylyp başlandy.

Ylmyň, ýurduň halk hojalygynyň bähbitlerine uzak wagtlaryň dowamynda gulluk etmekleri üçin, olary berk ylmy esasyda, iň täze usullar we ýokary takykly ölçeg tehnikalary peýdalanylyp ýerine ýetirilýän köpçülikleýin ölçemeleri geçirmek bilen ýetilýän, has ýokary takyklyk bilen döwlet geodeziki torlary gurmak zerurdyr.

Ýerli geodeziki torlar. Käbir ýagdaýlarda ýeriň ýapyk ülüşlerinde çylşyrymly ylmy we inženerçilik-tehniki meseleleri çözmek zerur bolýar. Ol bolsa nokatlaryň planda we belentligi boýunça özara ýerleşiş ýagdaýyny has ýokary takyklykda wagtyň islendik pursatyna kesgitlemegi talap edýär. Bu ýagdaýlarda has ýokary takyklygy bolan ýörite geodeziki torlary gurýarlar we olarda wagtyň belli bir böleklerinde presession öçmeleri ýerine ýetirýärler. Şeýle torlarda ölçmeleri matematiki işläp düzmekligi ýerli koordinatalar ulgamynda ýerine ýetirýärler. Şunuň ýaly torlary, mysal üçin seýsmoaktiv etraplarda iri ýer titiremeleriň buşlykçylaryny gözlemek we olary soňraky çaklamak üçin kuwwatly radioteleskoplary gurlanda we ulanylanda, elementar bölejikleri tizlendirjiler, gidrostansiýalar gurlanda hem-de ulanylanda we ş.m. peýdalanýarlar.

§ 11. Döwlet geodeziki torlary gurmagyň esasy düzgünleri

Döwlet geodeziki torlar gurlanda üç sany mesele gutulgysyz ýüze çykýar: ýurduň ähli territoriýasynda döwlet geodeziki torlary gurmagyň shemasyny saýlap almak; geodeziki punktlaryň dykyzlygyny anyklamak, şeýle hem tordaky goňşy punktlaryň özara ýerleşişini kesgitlemegiň takyklygyny ýüze çykarmak. Bu meseleleriň her haýsysyna bilelikde garamaklyk zerur bolýar. Şonuň bilen birlikde iki sany nukdaýnazardan: geodeziýanyň esasy ylmy meselelerini, şeýle hem ýurduň territoriýasyny kartalaşdyrmak meselelerini çözmek nukdaýnazaryndan garamaklyk zerur. Bu bolsa ýokarda görkezilen meseleleri çözmek üçin daýanç geodeziki torlara dürli talaplaryň bildirilýändigini bilen baglanşykly. Şonuň üçinem belli bir manyda tory gurmagyň, ýeterlik ylmy derejede we talap edilýän takyklyk bilen iki toparyň hem

meselelerini çözmäge mümkinçilik berýän amatly (optimal) wariantyny tapmaklyk zerur.

Kosmiki geodeziýanyň usullaryndan peýdalanyň ýeterlik umumylaşdyrylan, ýagny figuranyň we ähli Ýeriň tutuşlygyna grawitasiýa meýdanynyň düzedilen häsiýetlerini alýarlar. Bir ýurduň ýa-da ýurtlaryň toparynyň çäklerinde Ýeriň figurasyny has jikme-jik öwrenmegi astronomo-geodeziki torlary gurmak arkaly amala aşyrýarlar. Bu torlarda bolsa geodeziki, astronomiki we grawimetriki ölçemeleriň toplumyny ýerine ýetirýärler. Ýakyn döwre çenli uly çäkleri bolan ýurtlarda astronomo-geodeziki torlar, ýapyk poligonlary emele getirýän we meridianlaryň hem-de parallelleriň ugry boýunça geçirilen triangulýasiýa hatarlary görnüşinde gurlupdyr. Asronomo-geodeziki torlarda ýerine ýetirilýän ölçemeleriň ähli görnüşlerini matematiki işläp düzmegiň netijesinde kwazigeoidiň belentligini we onuň 1 klasly triangulýasiýa hatarlarynyň töweregindäki profilini alýarlar. Şunuň bilen birlikde, her bir poligonyň içinde kwazigeoidiň üstüniň formasy öwrenilmän galýar. Bu ýetmezçiligi aradan aýyrmak üçin ýurduň çäginde poligonal däl-de, tutuş astronomo-geodeziki tor gurmaklyk zerur. Bu torlarda ähli çäk boýunça punktlar deňölçegli paýlanylýar.

Ýurduň ähli çäginde kartalaşdyrmak maksady bilen ýerine ýetirilýän, topografiki ölçemeleri geodeziki üpjün etmek üçin, onuň üstünde tutuş geodeziki daýanç toruny gurmak zerur bolýar. Şunuň bilen birlikde goňşy punktlaryň arasyndaky aralyklar, aýratynam iri masştably kartalaşdyrmalarda, astronomo-geodeziki torlardaka garanda has gysga bolmalydyr.

Şeýlelikde geodeziýanyň we kartografiýanyň ylmy we tejribelik meselelerini çözmeklik üçin ýurduň çäginde tutuş döwlet geodeziki toruna eýe bolmak zerur. Ýokary geodeziýada halk hojalygynyň ylmy we ylmy – tehniki meselelerini çözmek üçin niýetlenen döwlet geodeziki toruny gurmagyň anyk düzgüni ýa – da çyzgysy kesgitlendi.

Umumydan hususy geçmek düzgünini saklamak bilen döwlet geodeziki toruny tapgyrlaýyn gurýarlar. Ilkibaşda baş tory, ýagny, ýapyk poligonlar ýa-da uly üçburçlyklar görnüşindäki iri geodeziki gurluşlardan düzülen astronomo – geodeziki tory gurýarlar. Astronomo–geodeziki torlarda ölçemeleri mümkin boldugyça has ýokary takyklykda ýerine ýetirýärler. Soňra bu tory başlangyç hökmünde kabul edip, onuň esasynda has jikme–jik geometriki gurluşlar we pes otnositel ölçeme takyklyk bilen ikinji derejeli (klasly) geodeziki tory gurýarlar. Ondan soňra ikinji derejeli tory başlangyç hökmünde kabul edýärler we onuň esasynda geometriki gurluşlarynyň has uly jikme–jikligi we pes otnositel ölçeme takyklygy bilen üçünji derejeli tory döredýärler. Punktларыň talap edilýän dykzylygy bilen geodeziki tor gurulýança şeýle çemeleşýärler.

Şeýlelikde, umumydan hususa geçmek düzgünini saklamak bilen döwlet geodezik toruny geodeziki torlaryň dürli klaslaryna 1, 2, 3, ... bölýärler. Pes klasly torlaryň deňleşdirilen elementlerine başlangyç maglumatlaryň ýalňyşlyklarynyň täsirlerini azaltmak üçin klaslaryň sanyna minimuma getirmeklik maslahat berilýär.

§ 12. Döwlet geodeziki torlaryň punktlarynyň dykzylygy

Döwlet geodeziki torlarda punktlaryň zerur bolan dykzylygy baradaky meselä garalanda geodeziýanyň Ýeriň figurasyny jikme-jik öwrenmeklik bilen baglansykly esasy ylmy meselesini göz önünde tutmaklyk maslahat berilýär. Ýokarda görkezilişi ýaly, trangulýasiýa hatarlary görnüşinde gurlan poligonal astronomo-geodeziki torda, her bir aýratyn poligonyň içinde ýerleşen kwazigoidiň üsti öwrenilmän galýar. Bu “ak” tegmiller бүтін ýurdyň çäginde tutuş astronomo-geodeziki tory gurmagyň netijesinde ýok edilip

bilner. Kwazigeoidiň üstüni näçe jikme-jik öwrenmeli bolsa, astronomo-geodeziki toruň punktlarynyň dykyzlygy şonça-da uly bolmalydyr. Daglyk ýerlerde punktlarynyň dykyzlygy düzlük ýer bilen deňeşdirilende has ýokary bolmalydyr, sebäbi daglyk etraplarda kwazigeoidiň üsti düzlük ýer bilen deňeşdirilende has çylşyrymlydyr. Kwazigeoidiň üstüni öwrenmek maksady bilen astronomo-geodeziki toruň köp punktlarynda astronomiki giňlikleri we uzaklyklary kesgitleýärler, şeýle hem, bellenen maksatnama boýunça çägiň grawimetriki kartalaşdyrmasy alyp barýarlar. Düzlük we seýrek depeli ýerlerde astronomiki punktlary ortaça her 70 - 100 km-den ýerleşdirýärler. Bu punktlaryň arasyndaky kwazigeoidiň üstüni astronomo - grawimetrki niwelirleme usulyny ulanmak bilen öwrenýärler.

Daglyk etraplarda Ýeriň grawitasion meýdanynyň çylşyrymly gurluşy sebäpli, diýmek, kwazigeoidiň çylşyrymly formasy sebäpli, astronomo-geodeziki toruň her bir punktynda asma çyzyklaryň astronomo-geodeziki gyşarmalaryny 1" ýalňyşlyk bilen kesgitlemek gerek bolýar.

Ýurduň çäGINE umumy döwlet kartalaşdyrmasy geçirilende geodeziki punktlaryň talap edilýän dykyzlygy topografiki kartalaşdyrmanyň masştabyna, ony ýerine ýetirmegiň usullaryna, şeýle hem, geodeziki kartalaşdyrma esasyň döretmegiň usullaryna baglydyr.

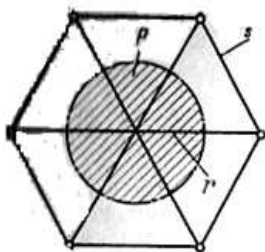
Topografiki kartalaşdyrmalarda, geodeziki toryň punktlarynyň arasyndaky s aralyklar bilen, bir punkt bilen ýapylýan P meýdanyň arasyndaky arabaglanşygy ýüze çykaralyň. Mysal üçin, geodeziki tor s uzynlykly taraplary bolan deňtaraply üçburçlyklardan durýar (surat 11). Her bir punktyň töwereginde $r = s/2$ radiusly tegelegi çyzýarsy we tegelegiň P meýdanyny

$$P = \pi r^2 = \frac{\pi}{4} s^2 \quad (3.1)$$

formula boýunça hasaplarys, bu ýerden

$$S = \sqrt{P} = 1.13 \sqrt{P} \approx \sqrt{P} \quad (3.2)$$

bolar.



Tablisa 2.

Topografiki kartalaşdyrm anyň masştablary	kartalaş. trapes. meýdany , km.kw.	bir punkta P meýdan, km.kw.	punktlar arasynda ky aralyk, km.
1 : 25 000	75	50—60	7—8
1 : 10 000	18	50—60	7—8
1 : 5 000	4,5	20—30	4—5
1 : 2 000	1,1	5—15	2—4

11-nji surat. Bir geodeziki punkt bilen ýapylýan meýdan

(3.2) formula boýunça dürli masştably topografiki kartalaşdyrmalar üçin triangulýasiýanyň üçburçlyklarynyň taraplarynyň uzynlyklaryny hasaplarys (tablisa 2).

Umumydan hususa geçmek düzgünine laýyklykda döwlet geodeziki toryny gurmak bilen triangulýasiýa klaslarynyň birinden beýlekisine geçilende üçburçlyklaryň taraplarynyň uzynlyklarynyň arasyndaky bellenen gatnaşygy ýerine ýetirmek zerurdyr.

Goý, 1 klasly geodeziki tor taraplarynyň s uzynlyklary bolan deňtaraply üçburçlyklardan ybarat bolsun. 2 klasly tory her bir 1 klasly üçburçlygyň merkezine punktlary oturtmak arkaly gurarys. 2 klasly goňşy punktlary, şeýle hem, 2 we 1 klasly punktlary göni çyzyklar arkaly birleşdirip, netijede taraplarynyň uzynlyklary s_2 bolan 2 klasly triangulýasiýa üçburçlyklarynyň toruny alarys. Soňra her bir 2 klasly üçburçlyga şuna meňzeşlikde bir punktdan oturdarys

we şeýlelikde taraplarynyň uzynlyklary s_3 bolan deňtaraply üçburçluklardan ybarat 3 klasly triangulýasiýa toruny alarys. Edil şunuň ýalyç taraplarynyň uzynlyklary s_4 bolan 4 klasly triangulýasiýa toruny gurarys.

Geodeziki tory şeýle tapgyrlaýyn guranymyzda dürli klasly üçburçlyklaryň taraplarynyň uzynlyklarynyň arasyndaky takmyny baglanşygy şeýle görkezmek bolar.

$$\begin{aligned} s_1 &= s_1; \quad s_2 = s_1/\sqrt{3} = 0.58s_1 \\ s_3 &= s_2/\sqrt{3} = 0.33s_3; \quad s_4 = s_3/\sqrt{3} = 0.19s_1. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Eger-de başlangyç hökmünde 1 klasly triangulýasiýanyň tarapynyň uzynlygyny ortaça $s_1 = 23$ km diýip alsak, onda (3.3) formulalar boýunça 2-4 klasly triangulýasiýa torlarynda üçburçlyklaryň taraplarynyň şu uzynlyklaryny alarys (3-nji tablisa).

Tablisa 3

Triangulýasiýa klasly	Üçburçlygyň s tarapynyň uzynlygy, km	Bir punkta P meýdan, km^2	200x200 meýdana punktlaryň n sany
2	13.3	138.9	290
3	7.6	45.4	590
4	4.4	<u>15.2</u>	<u>1750</u>
		Jemi	2630

Trangulýasiýanyň hakyky torlarynda üçburçlyklar deňtaraply formadan az-kem üýtgeýärler. Emma, razmerleri boýunça uly çäkler üçin (3.3) gatnaşyk ýokary ýa-da pes takyklykda ýerine ýetirilmelidir, ýogsa tordaky punktlaryň umumy sanynyň gerekinden artyk artdyrylmagyna getirer.

(3.3) gatnaşyk ýerine ýetirilende kartalaşdyrylýan çägiň islendik P meýdany üçin dürli klasly punktlaryň ortaça sanyny şu formulalar boýunça hasaplamak mümkin:

$$\begin{aligned} n_1 &= P/P_{0(1)}; \quad n_2 = P/P_{0(2)} - n_1; \\ n_3 &= P/P_{0(3)} - n_1 - n_2; \quad n_4 = P/P_{0(4)} - n_1 - n_2 - n_3, \end{aligned} \quad (3.4)$$

bu ýerde $P_{0(i)} = S_i^2 \pi/4$ - i klasly bir punkt bilen ýapylýan meýdan ($i=1,2,3,4$). Hasaplama netijelerini bütin onluga çenli tegelekläp almaklyk maslahat berilýär. Mysal hökmünde bu formulalar boýunça $n_1 = 0$ bolanda $P = 200 \times 200$ meýdana 2-4 klasly punktlaryň sanyny kesgitleýis (3-nji tablisa seret).

§ 13. Döwlet geodeziki torlary gurmagyň zerur takyklygy

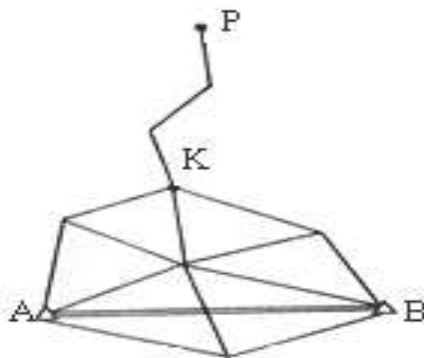
Ýokarda görkezilişi ýaly, Ýeriň figurasyny, onuň grawitasion meýdanyny we olaryň wagt boýunça üýtgemelerini jikme-jik öwrenmek bilen baglanşykly geodeziýanyň ylmy soraglaryny we meselelerini çözmeklik üçin, ýurduň esasy, ýagny, astronomo-geodeziki toruny köpçülikleýin ölçemelerden ýokary takyklykda döretmeklik we yzygiderli ösdürmeklik maslahat berilýär.

Ýurduň çäginu umumydöwlet kartalaşdyrmalarda ähli klasly döwlet geodeziki torlaryny gurmagyň takyklygyna bolan talaplar hem, aýratynam iri masştably topografiki kartalaşdyrmalarda, ýeterlik derejede ýokary bolýar.

Ýurdyň çäginu kartalaşdyrmagy üpjün etmek üçin döwlet geodeziki tory öz takyklygy boýunça ähli çägi

kartalaşdyrmagyň has iri masşabynda, ýagny, 1:2000 masşabda topografiki kartalaşdyrma geçirmeklige niýetlenen bolmalydyr.

Topografiki kartalar döredilende fotoplanlary düzmek üçin göniden-göni geodeziki esas bolup, ýerleşýän orunlary (koordinatalary) golaý punktlara görä kesgitlenen opoznaklar hyzmat edýärler. Mysal üçin döwlet geodeziki toryň goňşy A , B punktlaryndan ýeriň üstünde ABK doldurma toruny gurmak we KP kartalaşdyrma ýörelgesini geçirmek arkaly opoznagynyň ýerleşýän orny kesgitlenen (12-nji surat).



12-nji surat. P opoznagynyň we geodeziki daýanç torunyň A , B punktlarynyň ýerleşiş shemasy

Döwlet geodeziki torunyň goňşy A we B punktlarynyň arasyndaky tarapyň s uzynlygyny kesgitlemegiň zerur takyklygy hasaplananda, P opoznagynyň koordinatalaryny kesgitlemegiň m_p ýalňyşlygynyň we ony fotoplana geçirmegiň m_g ýalňyşlyklarynyň bilelikdäki täsiri, planda $m < 0.2 \text{ mm}$ orta kwadratiki ýalňyşlyk bilen häsiýetlendirilýän fotoplanyň grafiki takyklygynyň çäginde çykamazlygyny gazanmaly. Deň täsirlilik düzgünine daýanyp

$$m_p = m_g \leq \frac{m}{\sqrt{2}} \quad (3.5)$$

diýip ýazarys.

KP kartalaşdyrma ýörelgesi geçirilende başlangyç nokat hökmünde *K* nokadyň koordinatalary $m_p/2$ -den uly bolmadyk, m_k ýalňyşlyk bilen, daýanç toryň *A* punktynyň koordinatalary bolsa $m_k/2$ -den uly bolmadyk m_A ýalňyşlyk bilen kesgitlenilmelidirler. Başga söz bilen aýdylanda, *P* opoznagynyň koordinatalaryny kesgitlemegiň m_p ýalňyşlygy (3.5) formula arkaly hasaplanýan ýalňyşlygyň ululygyndan geçmeli däl. Onuň üçin şu şertleri ýerine ýetirmeli:

$$m_A \leq m_k/2 \text{ we } m_k \leq m_p/2 \quad (3.6)$$

(3.5) we (3.6) aňlatmalary hasaba almak bilen $m_A = m_B$ diýip kabul edip, döwlet geodeziki torunyň goňşy punktlarynyň arasyndaky $s=AB$ tarapyň uzynlygyny kesgitlemegiň m_s orta kwadratiki ýalňyşlygynyň ygtyýar berlen ululygyny taparys:

$$m_s = m_{AB} = \sqrt{2} \leq 0.25 mM, \quad (3.7)$$

bu ýerde *m*- fotoplanyň ýa-da kartanyň grafiki takyklygy; *M* - topografiki kartanyň masştabynyň maýdalawjysy. (3.7) formula takmyny, emma tejribelikden tassyklanýan ýetrlik takyk netijeleri berýär.

Kartada $m = 0.2 \text{ mm}$ diýip kabul edip (3.7) formula boýunça dürli masştably topografiki kartalaşdyrmalarda döwlet geodeziki torunyň goňşy punktlarynyň taraplarynyň *s* uzynlyklaryny kesgitlemegiň m_s ygtyýar berlen ýalňyşlygyny hasaplarys (4-nji tablisa).

Tablisa 4

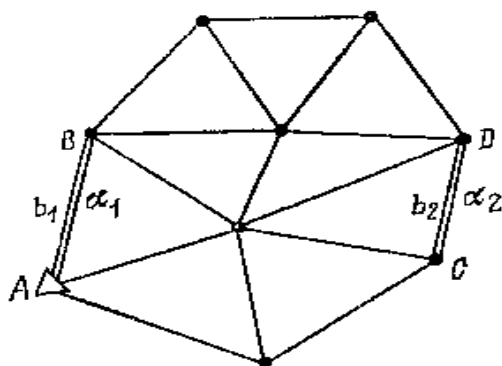
Görkezijiler	1: 25 000	1: 10 000	1: 5 000	1:2 000	1: 1 000
Kartanyň grafiki takyklygy, metrde	5.0	2.0	1.0	0.4	0.2
Goňşy punktlaryň arasyndaky taraplaryň uzynlyklarynyň ýalňyşlygy m _s , metrde	1.25	0.50	0.25	0.10	0.05

§ 14. Geodeziki daýanç torlaryny döretmegiň esasy usullary

[18] gönükdirmä laýyklykda döwlet geodeziki torlary gurmagyň esasy usullary bolup triangulýasiýa, poligonometriýa we trilaterasiýa durýar. Ol ýa-da beýleki usuly saýlap almaklyk her bir belli ýagdaýda torý gurmakda talap edilýän takyklyk we ykdysady bähbitlilik bilen kesgitlenýär.

Triangulýasiýa usuly. Triangulýasiýa usuly ilkinji gezek 1614-nji ýylda golland alymy Snellius tarapyndan hödürlenipdir. Bu usul ähli ýurtlarda giňden ulanylýar. Usulyň manysy şulardan ybarat. Ýer üstüniň belentliklerinde üçburçlyklaryň toryny emele getirýän geodeziki punktlaryň ulgamyny berkidip oturdýarlar (13-nji surat). Bu torda başlangyç A punktyň koordinatalaryny kesgitleýärler, her bir üçburçlykda kese burçlary, şeýle hem, azimut boýunça toruň

masştabyny we ugur almasyny kesgitleýän basis taraplarynyň b uzynlygyny we α azimutyny ölçeyärler.



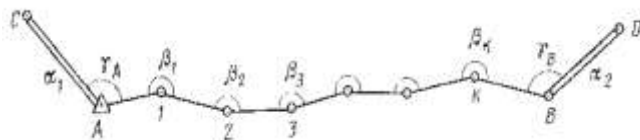
13-nji surat. Triangulýasiýa tory

Triangulýasiýa tory üçburçlyklaryň aýratyn hatary görnüşinde, üçburçlyklar hatarynyň ulgamy görnüşinde, şeýle hem, üçburçlyklaryň tutuş tory görnüşinde gurlyp bilner. Triangulýasiýa torynyň elementleri bolup diňe bir üçburçlyklar däl, eýsem has çylşyrymly figuralar: geodeziki dörtburçlyklar we merkezi ulgamlar hem hyzmat edip bilerler.

Triangulýasiýa usulynyň esasy gowy taraplary onuň tiz wagtda ýerine ýetirilip bilinmegi we dürli fiziko-geografiki şertleri peýdalanmak mümkinçiligi; ähli ölçenen ululyklara göniden-göni meýdanda ygtybarly barlamaga mümkinçilik berýän, tordaky artykmaç ölçemeleriň uly sany; tordaky goňşy punktlaryň, aýratynam tutuş tordaky punktlaryň özara ýerleşiş ýagdaýyny kesgitlemegiň ýokary takyklygy. Döwlet geodeziki torlary gurlanda has ýaýrany triangulýasiýa usulydyr.

Poligonometriýa usuly. B usul hem gadymy wagtlardan bäri bellidir, emma ýakyn wagtlara çenli unwar simleriniň kömegi bilen ýerine ýetirilen çyzyk ölçemeleriniň kyndygy üçin ony ulanmaklygy çäklendirdiler. Takmyndan 1960-njy ýyllardan başlap, takyk ýagtylyk we radio uzaklyk

ölçeýjileriniň önümçilige girizilmegi bilen birwagtda poligonometriýa usuly has giň gerim aldy we geodeziki torlary gurlanda ulanylyp başlandy (14-nji surat).



14-nji surat. Poligonometriýa usuly

Bu usulyň manysy şulardan ybarat. Uzaldylan ýekebara ýörelgäni ýa-da tutuş tory emele getirýän ýörelgeleriň kesişýän geodeziki punktlarynyň ulgamyny ýeriň üstünde berkidýärler. Ýörelgäniň goňşy punktlarynyň arasyndaky taraplaryň s_i uzynlyklaryny, punktlarda bolsa β öwürüm burçlaryny ölçeýärler. Poligonometriki ýörelgäniň azimutal ugrukdyrmasy, kesgitlenýän ýa-da berlen azimutyň kömegi bilen ýerine ýetirýärler we γ sepleşme burçlaryny ölçeýärler. Käwagtlar poligonometriki ýörelgäni has ýokary takyklyk klasly geodeziki toruň berlen koordinataly punktlarynyň aralygynda geçirýärler.

Poligonometriýa usuly käbir ýagdaýlarda, mysal üçin, tokaýly ýerlerde, iri şäherleriň çäklerinde we ş.m. has çalt ýerine ýetirip bolýan we has ykdysady bähbitli bolup, bu ýagdaýlarda triangulýasiýa usulyndan amatlydyr. Şeýle şertlerde triangulýasiýa punktlarynda poligonometriýa punktlaryndaka garanda has beýik geodeziki nyşanlary gurýarlar. Sebäbi poligonometriýa usulyndaka garanda triangulýasiýada gaty köp sanly punktlaryň aralarynda biri-birine göni görüşi üpjün etmeli bolýar. Geodeziki nyşanlary gurmaklyk bolsa, geodeziki tory gurmaklygyň iň gymmatbahaly işi bolup durýar (ortaça tory gurmak üçin çykarylýan ähli çykdajylaryň 50-60%).

Poligonometriýa usulyna mahsus ýetmezçilikler hem bellärliklidir:

poligonometriýa torlary, aýratynam ýekebara torlar ýeterlik berk gurluşda bolmaýarlar, sebäbi poligonometriýada punktларыň aralaryndaky geometriki baglanyşyklaryň sany triangulyýasiýadaka garanda has az (iki ýagdaýda hem punktларыň birmeňzeş sanynda);

poligonometriýada artykmaç ölçemeleriň sany, diýmek şertli deňlemeleriň sany şonça punktly triangulyýasiýanyňkydan has az, bu bolsa beýleki deň şertlerde poligonometriýa torynyň triangulyýasiýa torundan pes takykly bolýandygyny aňladýar;

triangulyýasiýadaka garanda, poligonometriýada meýdan ölçemeleriniň barlagy ýaramaz, sebäbi poligonometriýada şonça punktly triangulyýasiýadaka garanda şertli deňlemeleriň sany gaty az.

Trilaterasiýa usuly. Bu usul hem edil triangulyýasiýa toryndaky ýaly ýeriň üstünde üçburçlyklaryň zynjyry, geodeziki dörtburçlyklar we merkezi ulgamlar, ýa-da üçburçlyklaryň tutuş torlary görnüşinde gurulýar. Olarda burçlar dälde taraplaryň uzynlyklary ölçenilýär. trilaterasiýada edil triangulyýasiýadaky ýaly torlary ýeriň üstünde ugrukdyrmak üçin taraplaryň hatarynyň azimutlary kesgitlenýär.

Ýagtylyk we radio uzaklyk ölçeýji tehnikalaryň ösmegi we takyklygynyň ýokarlanmagy bilen trilaterasiýa usuly, aýratynam inženerçilik-geodeziki işleriň tejribeliginde has giňden ulanylyp başlandy.

1 we 2 klasly döwlet geodeziki torlar gurlanda trilaterasiýa usuly ulanylmaýar. Ol şu aşakdaky sebäpler bilen düşündirilýär:

1. Aralyklary ölçemegiň we trilaterasiýa toruny gurmagyň barlagy gowşak, käwagtlar hiç hili ýok, beýle ýagdaýa bolsa geodeziki gurluşlarda ygtyýar berilmeýär.

2. Tehniki - ykdysady gatnaşyk boýunça trilaterasiýa usuly triangulyýasiýa usulyndan pes gelýär.

3. Burç we çyzyk ölçemeleriniň deň takyklygynda trilaterasiýa torlarynda we hatarlarynda azimutlary geçirilmegiň takyklygy triangulýasiýa torlaryndakydan has pes.

Çyzykly-burçly geodeziki torlar. Çyzykly-burçly geodeziki torlar triangulýasiýanyň ýa-da trilaterasiýanyň görnüşi bolup, olarda üçburçlyklaryň burçlary we taraplary birwagtda ölçenilýär. Bu torlarda üçburçlyklaryň anyk sanynda, tory ugrukdyrmak üçin Laplasyň azimutlary kesgitlenilýär. Çyzykly-burçly geodeziki torlary diňe, haçanda has ýokary takyklykda geodeziki tory gurmak talap edilýän ýagdaýynda gurýarlar. Sebäbi ony gurmak üçin zähmet, serişde we wagt çykadjylary triangulýasiýa ýa-da trilaterasiýa torlary gurandakydan has köp sarp edilýär. Çyzykly-burçly geodeziki torlar gurlanda burç we çyzyk ölçemelerini bilelikde peýdalanmakdan has köp peýda gazanmaklyk üçin, radian ölçeginde aňladylan ugurlary ölçemegiň m_N/ρ orta kwadratiki ýalňyşlygynyň taraplaryň uzynlyklaryny ölçemegiň m_s/s otnositel orta kwadratiki ýalňyşlygyna deň bolmagy zerurdyr, ýagny, ölçemelerde şu aşakdaky deňleme saklanmalydyr.

$$m_N/\rho = m_s/s.$$

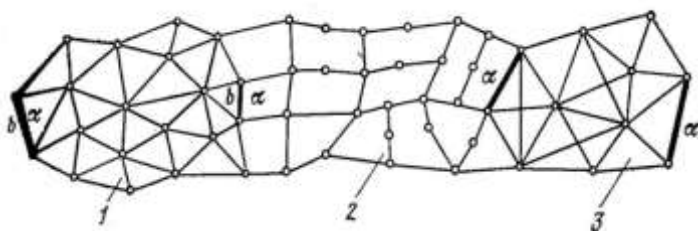
Iki ýagdaýda hem ýalňyşlyklary şertli deňlemeleriniň erkin agzalary boýunça (baglanşyksyzlyklar boýunça) hasaplanmaly bolýar. Bu deňlemäniň ýerine ýetmedik ýagdaýynda çyzykly-burçly tor şuna meňzeş triangulýasiýa ýa-da trilaterasiýa tory bilen deňeşdirilende ýokary takyklykda gurular ýaly utuş bermeýär.

Garjaşyk geodeziki torlar. Geodeziki işler ýerine ýetirilende, ol ýa-da beýleki iş geçirilýän etrabyň meýdanlary relefleriniň dürli-dürli formalary (mysal üçin, bir ülüşi-düzlük, a goňşy üleş bolsa daglyk), ýa-da dürli ösümlük örtügi bilen (mysal üçin, bir üleş otlar we gyrymsy agaçlar bilen örtülen batgalyk, goňşy üleşde bolsa beýik agaçlar ösýän tokaýlyk we ş.m.) häsiýetlendirilýärler. Şeýle ýagdaýlarda tehniki –

ykdysady bähbitlere garap, haýsydyr bir ülüşde geodeziki torý triangulýasiýa usulynda, a beýleki ülüşde poligonometriýa usulynda, üçünji ülüşde trilaterasiýa we ş.m. usulynda döredýärler. Başga söz bilen aýdylanda, dürli şertleri bolan çäklerde garjaşyk geodeziki tor atlandyrylýan daýanç toruny döredýärler (15-nji surat). Garjaşyk geodeziki torlary gurmagyň shemasy we usullary dürli-dürli bolup bilerler hem-de olar tor gurulýan etraplaryň kesgitli şertlerini hasaba almak bilen saýlanyp alynmalydyr.

15-nji surat. Garjaşyk geodeziki tor:

1- triangulýasiýa; 2- poligonometriýa; 3- trilaterasiýa



§ 15. Beýleki ýurtlarda geodeziki torlary gurmak barada umumy düşüňjeler

Ýakyn wagtlara çenli, ýagny, älem giňişliginiň adamlar tarapyndan özleşdirilip başlanmazýndan ozal ýer ellipsoidiniň ululyklaryny gradus ölçemeleri atlandyrylýan ölçemeleri geçirmek bilen alypdyrlar. Şol maksat bilen meridianlaryň we paralelleriň ugurlary boýunça dürli giňliklerde triangulýasiýa hatarlaryny geçiripdirler we şol hatarlaryň soňky punktlarynda taraplaryň astronomiki giňliklerini, uzaklyklaryny şeýle hem, azimutlaryny kesgitläpdirler. Umumyýer ellipsoidiň ululyklarynyň dogry bahalaryny çykarmak üçin ähli ýeriň üstünde, Dünýä

ummanyny goşmak bilen, gradus ölçemelerini ýerine ýetirmek zerur bolupdyr. Ondan başga hem, adatça astronomiki giňlikleri, uzaklyklary we azimutlary näbelli bolan asma çyzyklaryň gyşarmalarynyň täsiri üçin ölçemeleriň netijelerine düzedişler girizmek bilen olary düzetmek gerek bolupdyr.

Öňki wagtlarda gradus ölçemeleri diňe materiklerde, ýagny ýeriň üstüniň uly bolmadyk böleklerinde alynyp barylýpdyr. Beýleki ýurtlaryň gradus ölçemeleriniň arasynda umumy arabaglanyşyk bolmandyr, dürli maksatnamalar boýunça, dürli takyklykda ýerine ýetirilipdir. Bulardan başga hem, dürli koordinatalar ulgamynda işlenip düzülipdir. Şularyň hemmesi olary bilelikde peýdalanmagy kynlaşdyrypdyr we ýer ellipsoidiniň razmerlerini çykarmagyň takyklygyna ters täsir edipdir.

Bir ýarym asyryň dowamynda köp ýurtlaryň alymlary dürli göwürlerde, dürli takyklykdaky we mazmundaky gradus ölçemelerini peýdalanyp, ýer ellipsoidiniň razmerlerini kesgitlemek bilen meşgullanypdyrlar. Şeýle ölçemeleriň käbir netijeleri 1-nji tablisada getirilen.

Delambryň ellipsoidi ölçegiň metriki ulgamyny ýüze çykarmak üçin esas hökmünde taryhy ähmiýeti eýedir. Delambryň ellipsoidiniň üstünde polýusdan ekwatora çenli aralyk takyk 10 000 km, sebäbi şol wagtlar 1m berlen ellipsoidiň ýaýynyň çäýeginiň on milliondan bir bölegine deň diýip kabul edilipdir.

Beýleki ähli ellipsoidler häzirki wagta çenli dürli ýurtlaryň topografo-geodeziki we kartografiki işlerinde peýdalanylýar. Mysal üçin, Besseliň ellipsoidi Germaniýadan, başga hem, birnäçe ýewropa ýurtlarynda ulanylýar. By ellipsoidden 1942-nji ýyla çenli, ýagny, Krasowskiniň ellipsoidine geçmeklik başlanýança öňki SSSR ýurtlarynda hem ulanylýpdyr.

Heýfordyň ellipsoidi 1942-ýylda Madritde geçirilen Halkara geodeziýa assosiasiýasynyň 2-nji baş assambleýasynda halkara ellipsoidi hökmünde hödürlenildi. Bu ellipsoidiň ululyklary diňe ABŞ-nyň çäginde ýerine ýetirilen gradus ölçemelerinden alynypdyr we uly ýalňyşlyklardan durýar. Muny bilmek üçin Heýfordyň ellipsoidiniň ululyklary bilen ýeriň emeli hemralarynyň gözegçiliklerini işläp düzmegiň netijesinde alnan ýer ellipsoidiniň ululyklaryny deňeşdirmek ýeterlikdir: $a = 6\,378\,137\text{ m}$, $\alpha = 1:298.257$.

ABŞ, Argentina, Belgiýa, Portugaliýa, Turkiýe we käbir beýleki döwletler geodeziki işleri geçirmekde Heýfordyň ellipsoidiniň elementlerini esas hökmünde kabul edýärler.

Krasowskiniň ellipsoidi ýer ölçemeleriniň netijelerini işläp düzmekden alynan ähli ellipsoidlerden has takygy bolup durýar. Onuň razmerleri ýeriň emeli hemralarynyň maglumatlary boýunça alnan umumyýer ellipsoidiniň razmerlerine golaýdyr: gysylmasy birmeňzeş diýen ýaly, uly ýarymoky bolsa bary-ýogy 108 m tapawutlanýar. Krasowskiniň ellipsoidi öňki SSSR ýurtlarynda we başga-da birnäçe ýurtlarda ulanylýar.

1-nji tablisadan görnüşi ýaly, wagtyň geçmegi bilen ýeriň ululyklary bolan uly ýarym okuň we otnositel gysylmak koeffisiýentiniň bahalarynyň kesgitleniş takyklygy has-da ýokarlanýar. Häzirki döwürde Ýeriň ululyklaryna has ýakyn maglumatly hökmünde GRS-80 (Geodetic Reference System, 1980) Ýer ellipsoidini alýarlar. Bu ellipsoidiň ölçegleri Awstraliýa, Ýewropa materiklerinde, Demirgazyk we Günorta Amerikanyň ýurtlarynda WGS-84 (World Geodetic System, 1984) bolsa, ABŞ-nyň global hemra pozisionirleme ulgamynyň ýardam etmegi bilen uly meşhurlyga eýe boldy. Edil şunuň ýaly meşhurlyga Orsyýetiň ПЗ-90 (Параметры Земли, 1990) ýer ellipsoidi hem eýe boldy.

Ýer ellipsoidleriniň esasy ululyklary

Tablisa 5

Ululyklar	Ellipsoidler		
	WGS-84	ПЗ-90	Krasowskiniň
a	6 378 137	6 378 136	6 378 245
b	6 356 752,314	6 356 751,362	6 356 863,019
α	1:298,257223563	1:298,257839303	1:298, 3
Meýdany, mln.km²	510.065622	510,065464	510,083059

Häzirki wagtda öňki Sosialistik ýyrtlarda Polşanyň, Çehiýanyň, Slowakiýanyň, Wengriýanyň, Rumyniýanyň, Bolgariýanyň we ýene-de birnäçe ýurtlaryň döwlet geodeziki torlary Krasowskiniň maksatnamasy boýunça, esasanam triangulýasiýa hatarlary görnüşinde gurlandyr we ösdürilýär.

ABŞ-da dinamiki trangulýasiýa we ýokary uzynlykly bazaly radiointerferometriýa usullarynda gurlan “Şoran” atly döwlet geodeziki torlary gurmak arkaly ummanyň kenar ýakalaryndaky, has uzak aralyklarda ýerleşen nokatlary geodeziki baglamak işleri geçirilipdir.

Dinamiki triangulýasiýa tory 1920-ýylda Fin geodezisti Wýasep tarapyndan hödürlenipdir. 1940-njy ýyllarda bu usulyň kömegi bilen afrikanyň we ýewropanyň triangulýasiýalary (Krit adasyndan üstaşyr), Daniýanyň we Norwegiýanyň triangulýasiýalary (Skagerrak bogazyndan üstaşyr) özara birleşdirilipdir.

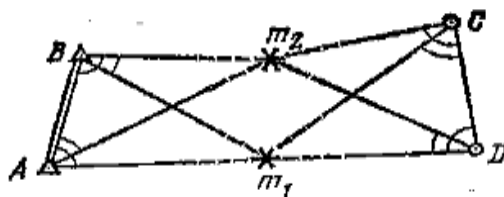
§ 16. Geodeziki daýanç torlaryny gurmagyň başga usullary barada gysgaça maglumatlar. Dinamiki, ýyldyz we kosmiki triangulýasiýalar barada düşünje.

Astronomiki punktlardan düzlen daýanç torlar.

Çäkler 1:100 000 we ondan ownuk masştablarda kartalaşdyrylanda daýanç toruny biri-birinden 80-100 km az bolmadyk aralyklarda ýerleşen astronomiki punktlardan döretmek mümkin. Şunuň bilen birlikde astronomiki giňlikleri we uzaklyklary asma çyzyklaryň gysarmalary üçin düzedişler bilen düzetmeklik gerek. Bu düzedişleri birinji ýakynlaşmada grawimetriki kartalaşdyrmagyň maglumatlaryndan peýdalanyňp hasaplamak mümkin. Geodeziki daýanç toruny döretmegiň şeýle usuly öňki SSSR-de 1:100 000 masştabda ýurduň demirgazyk-gündogaryny we Orta Aziýanyň daglyk etraplaryny kartalaşdyrmakda 70 gowrak ýyl mundan ozal ulanyldy.

Dinamiki triangulýasiýa ýa-da süýşýän görüş nyşanlary bolan triangulýasiýa. Bu usulyň manysy şulardan ybarat. Goý, berlen A we B punktlaryň koordinatalary belli bolsun, A we B nokatlardan has uzak aralyklarda ýerleşýän C we D punktlaryň koordinatalaryny tapmaklyk talap edilýär. C we D punktlar A we B punktlardan görünmeýärler (16-njy surat). Bu meseläni çözmek üçin A we D punktlaryň takmyndan ortasyndan AD çyzyga perpendukulýar ugur boýunça uçup barýan uçardan ýa-da dik uçardan ýagtylanýan m nyşany taşlaýarlar we ähli dört punktlardan (başlangyç we kesgitlenýän) ýagtylanýan nyşanyň her bir $m_1, m_2...$ ýagdaýynda kese burçlary ölçemek bilen, oňa zygyderli gözegçilik edýärler.

16-njy surat. Dinamiki triangulýasiýanyň shemasy.



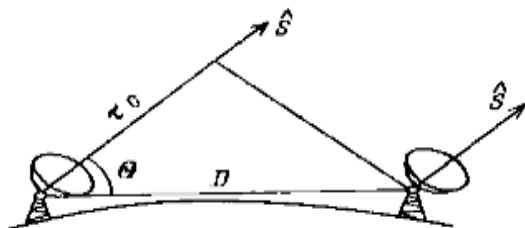
AB belli tarapy we onda ölçenen burçlary peýdalanyň ABm_1, ABm_2, \dots üçburçlykary çözüýärler we soňra m_1, m_2, \dots, m_n nokataryň koordinatalaryny hasaplaýarlar. m_i ($i=1, 2, \dots, n$) nokatlaryň koordinatalary hem-de C we D punktlardaky ölçenen kese burçlar boýunça ahyrsoňunda bu punktlaryň koordinatalaryny kesgitleýärler.

Geodeziki torlary gurmagyň ýeriň emeli hemralar usuly (hemralar usuly). Kosmiki geodeziýa dersinde ýeriň emeli hemralaryndan (ÝEH) edilen gözegçilikleri işläp düzmekden nokatlaryň koordinatalaryny kesgitlemegiň geometriki we dinamiki usullaryna jikme-jik garalýar. Birinji ýagdaýda başlangyç we kesgitlenýän punktlardan ýeriň emeli hemrasyna çenli aralyklar yzygiderli ölçenende ýeriň emeli hemralary passiw görüş nyşanlary hökminde peýdalanylýarlar. Ikinji ýagdaýda ýeriň emeli hemralary koordinatalary özünde saklaýan hökminde işleýärler. Transit amerikan nawigasion (gönükdiriji) ulgam ýer üsti nokatlaryň X, Y, Z geomerkezi göniburçly koordinatalaryny ýeriň emeli hemrasy bir hepdede 40–50 gezek geçende 3–5 m ýalňyşlyk bilen özbaşdak kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Başlangyç we kesgitlenýän punktlaryň aralaryndaky koordinatalaryň artdyrmalaryny has ýokary takyklykda kesgitlemek üçin (başlangyç punktyň ulgamynda) bu punktlardan ÝEH-e yzygiderli gözegçilik etmekligi göz önünde tutýan ”translokasiýa” usulyny ulanýarlar. Şeýle ýagdaýda, aralyklar 100-500 km bolanda koordinatalaryň artdyrmalary 0.3-1.3 m ýalňyşlyk bilen kesgитlenerler.

Häzirki wagtda has täze we has takyk nawigasion (gönükdiriji) ulgamlar döredilýär we giňden ulanylýar: Glonas orsyýetde we Nawstar (GPS) ABŞ-da. Olaryň her haýsýsy 18 sany ýeriň emeli hemrasyndan durýarlar we wagtyň islendik böleginde hem-de ýer şarynyň islendik ýerinde Transit ulgamyndan has ýokary takyklykda ýer üsti nokatlaryň X, Y, Z geomerkezi göniburçly koordinatalaryny kesgitlemeklige mümkinçilik berýärler.

Ýokary uzynlykly bazaly radiointerferometriýa (ÝUBR). Bu usul radiointerferometriň kömegi bilen ýokary takyklykda biri – birinden köp münlerçe kilometre daşlaşan punktlaryň aralaryndaky ýaýyň (hordanyň) uzynlygyny we ugryny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Şunuň bilen birlikde bu usul ýygylýklaryň standartlaryny kadalaşdyrmagy üpjün edýär we şol bir wagtda ýeriň aýlanma ululyklaryny takyklaýar, şeýle hem, galaktikadan daşarky çeşmeleriň radioşöhlelenmeleriniň (kwazarlaryň) koordinatalaryny takyklaýar. Bu usul ilkinji bolyp sowet alymlary N. S. Kardaşew, L. U. Matweýenko, we G. B. Şolomniskiy tarapyndan 1965-nji ýylda hödürlenipdir we radioastronomiýada giň gerimlerde ulanylypdyr. Soňky wagtlarda ol has ýokary takykly global torlary döretmek, şeýle hem, geodinamiki hadysalary öwrenmek we ş.m. maksatlary üçin ulanylýar.

Radiointerferometr biri-birinden interferometriň bazasy atlandyrylýan D uzak aralykda oturdylyan radioteleskoplardan durýar (17-nji surat).



17-nji surat. Uzyn bazaly radiointerferometriýa usuly bilen ölçemegiň shemasy.

Radioteleskoplar şol bir galaktiki nokatly radioçeşmäniň (kwazaryň) şöhlelenmesini santimetrli diapazonda yzygiderli kabul edýärler. Radiosignallary giň zolakly wideomagnitofonlara sanly görnüşde ýazýarlar. 3-10 minutlap dowam edýän her bir jübit ýazgylar üçin korrellasion işläp düzmeleriň netijesinde bir teleskopdan beýleki teleskopa görä radiotolkunlaryň gelşiniň τ pursatynyň saklanmasyny, şeýle hem, interferensiýanyň f ýygylgyny

$$f = \vartheta \frac{d\tau}{dt}$$

gatnaşyk bilen kesgitleýärler, bu ýerde ϑ - radioşöhlelenmäniň ýygylgy; t - wagt. τ we t radiosignallaryň ýazgysynyň ortaça wagtyna kesgitlenýär. τ bahany, radiotolkunuň c ýaýrama tizligine köpeldip gözegçilik edilýän wagtyň dowamynda kwazara çenli radioteleskoparlaryň aralyklarynyň aratapawudyny kesgitlemek mümkin. τ we f ölçenen ululuklaryň köp sanly bahalaryny, şeýle hem, ýokary uzynlykly bazaly radiointerferometriýa usulynyň esasy deňlemelerini peýdalanyňp, ölçemeleri ýakynlaşma usulynda bilelikde işläp düzmegiň netijesinde şulary taparys: radiointerferometriň bazasynyň soňlaryndaky geomerkezi koordinatalaryň ΔX ; ΔY ; ΔZ tapawutlaryny, diýmek, onuň D uzynlygyny we koordinatalar okuna görä ugryny ýa-da θ burçy; radioçeşmäniň takyklanan koordinatalaryny; Ýeriň polýuslarynyň koordinatalaryny; presessiýa we nutasiýa elementlerini; Ýeriň kiçi pursatdaky aýlanma tizligini; gözegçilik edilýän wagtdaky τ we f bahalary kesgitlemegiň

hakyky grinwiç wagtyny, şeýle hem, kesgitlenýän ululyklar hökmünde kabul edilen beýleki ululyklary.

Ýokary uzynlykly bazaly radiointerferometriýa usuly uzynlygy birnäçe mün kilometre ýetýän bazalarda ölçemeleriň ýokary takyklygyny üpjün edýär. Bazalaryň uzynlyklary 3-5 sm, geomerkezi koordinatalar ulgamynda bazalaryň ugurlary 0,001", Ýeriň polýusynyň koordinatalary 0,001", gözegçilik edilýän kwazarlaryň koordinatalary 0,001" ýalňyşlyklar bilen kesgitlenýärler. Şeýle takyklyk bilen Ýeriň gije-gündiziň dowamynda aýlanmagynyň presessiýa, nutasiýa we wariasiýa ululyklaryny alýarlar. ÝUBR usuly beýleki usullar peýdalanylanda ýetip bolmaýan takyklygy üpjün edýär.

YUBR usulyny amala aşyrmak üçin şular talap edilýär: 20-60 m diametrli doly aýlanýan antennaly, santimetrlik diapazonda işleýän radioteleskoplar, 10^{-13} - 10^{-14} durnuklylygy bolan ýygýlyklaryň atom generatorlary, gözegçilikleriň netijelerini ýazmak üçin giň zolakly kuwwatly wideomagnitofonlar (maglumatyň göwrümi 10^9 birlige ýetýär), degişli maşyn we matematiki üpjünçiligi, galaktikadan daşky radioşöhlelenme çeşmeleriniň 0,001" uly bolmadyk burç razmerleri bolan kataloglary.

ÝUBR usulynda oturtma radioteleskoplaryndan başga-da 3-3-5 m antennalary bolan, uly 60 metrlik radioteleskoplar bilen jübitlikde işleýän göçme radioteleskoplaryny hem peýdalanmaklyk göz önünde tutulan. Bu ýagdaýda interferometriň bazalarynyň uzynlyklary birnäçe ýüz kilometre çenli kiçelýär.

§ 17. F. N. Krasowskiý tarapyndan işlenip düzlen döwlet triangulýasasyny gurmagyň maksatnamasy we shemasy. Türkmenistanda esasy geodeziki işleriň ösüşi, häzirkizaman maksatnamasy we shemasy.

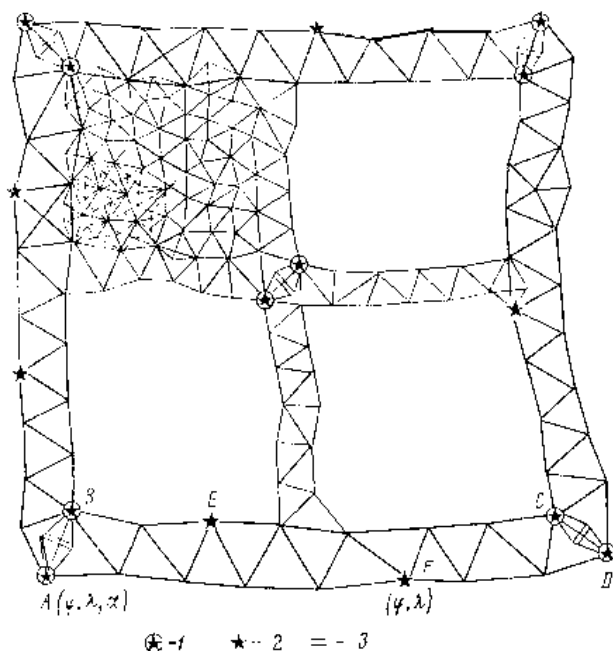
F. N. Krasowskiniň maksatnamasyna görä döwlet triangulýasiýasy “umumydan hususa” geçmek düzgüni

boýunça gurlypdyr. Ol geodeziki bellemelerden kesgitlenýän 1 klasly triangulýasiýa hatarlaryna, 2 klasly esasy triangulýasiýa hatarlaryna, 2 klasly dolduryjy torlara, 3 klasly torlara we 4 klasly punktlara bolunipdir. Ýurdy kartalaşdyrmak üçin, şeýle hem geodeziýanyň ylmy meselelerini çözmek üçin niýetlenen, astronomo-geodeziki torlar görnüşinde gurulýan 1 klasly triangulýasiýa tory baş tor bolupdyr.

F. N. Krasowskiniň maksatnamasyna laýyklykda öňki SSSR-de astronomo-geodeziki tor meridiýanlaryň we paralelleriniň ugurlary boýunça takmyndan biri-birinden 200-250 km daşlykda durýan we 800-1000 km perimetrli ýapyk poligonlary emele getirýän 1 klasly triangulýasiýa hatarlary görnüşinde gurlypdyr (18-nji surat).

Hatarlar esasanam, formalary boýunça deňtaraplylara golaý, burçlary 40° kiçi bolmadyk üçburçlyklardan düzülipdir. Üçburçlyklaryň uzynlyklary ortaça 25-30 km töweregi bolupdyr. Kese burçlar 0.7-0.9" orta kwadratiki ýalňyşlyk bilen (üçburçlyklaryň baglanşyksyzlyklary boýunça) ölçenipdir.

Meridianlar we paraleller boýunça gidýän 1 klasly hatarlaryň her bir çatrygynda triangulýasiýanyň *çykalga taraplarynyň*, mysal üçin, AB we CD taraplarynyň uzynlyklary we azimutlary kesgitlenipdirler. Şol ýyllar AB çykalga taraplaryň yzynlyklaryny bazis torlaryny gurmak arkaly alypdyrlar (19-njy surat). Bu torlarda 6-8 km uzynlykly mn bazisi inwar simleri bilen we ölçäpdirler we toruň punktlarynyň ähli burçlaryny ölçäpdirler; bazisiň garşysyndaky burçlar 36° kiçi bolmandyr. Bazisleri 1/500 000 uly bolmadyk ýalňyşlyk bilen, çykalga taraplaryň uzynlyklaryny bolsa 1/300 000 uly bolmadyk ýalňyşlyk bilen ölçemeklik gerek bolupdyr.



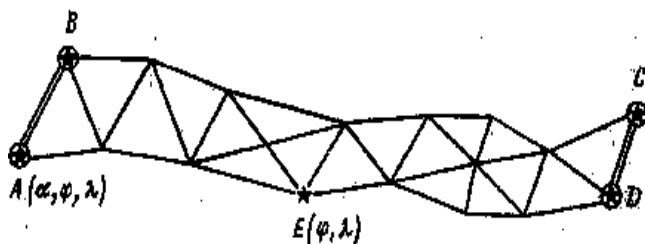
18-nji surat. F. N. Krasowskiý tarapyndan işlenip düzlen döwlet triangulýasiýasyny gurmagyň shemasy:
1- Laplasyň punkty; 2- aralyk astropunkt; 3-bazis.

Häzirki wagtlarda triangulýasiýa hatarlarynyň başlangyç taraplary ýokary takykly ýagtylyk uzaklyk ölçeýjileriniň kömegi bilen göniden-göni ölçenýär we şonuň üçinem bazis torlaryny gurmak zerurlygy aradan aýryldy. Göniden-göni ölçemeleriň netijesinde alynan başlangyç taraplara, *bazis taraplary* diýip atlandyrmaklyk kabul edilen. Bazis torlary adatca dartylan romb gornusinde gurlyp, onun *mn* gysga diagonaly bazis bolupdyr we inwar simleri bilen olcenipdir (20-nji surat).

Poligonlaryň depelerinde tranguýasiýanyň cykalga taraplarynyň, yagny, *AB, CD, ...* uzynlyklary we azimutlary (göni we ters ugurlara) kesgitlenipdir. Her bir çykalga tarapyň

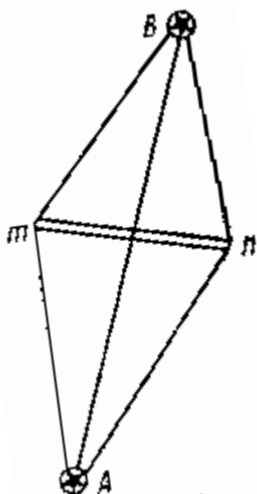
iki ujunda astronomiki giňlikler, uzynlyklar we azimutlar kesgitlenipdir. Üstünde astronomiki gözegçiliklerden giňlik, uzynlyk we azimut kesgitlenen geodeziki punkta *Laplasyň punkty* diýilýär. Soňunda Laplasyň punktlary kesgitlenen goňşy cykalga taraplaryn aralarynda ýerleşen hataryn bölegine *1 klasly triangulýasiýa zynjyry (halkasy)* diýilýär (19-njy surat). Zynjyryň uzynlygyny 200-250 km diýip kabul edipdirler, zynjyrlaryň özleri bolsa üçburçlyklardan, geodeziki dörtburçlyklardan we merkezi ulgamlardan düzülipdirler.

1 klasly triangulýasiýanyň her bir halkasynda (zynjyrynda) Laplasyň punktlaryndan başga-da 70-100 kilometrden aralyk *astronomiki punktlar* atlandyrylyan E, F punktlar kesgitlenipdir (18-nji surata seret). Bu punktlarda astronomiki giňlikleri we uzaklyklary ölçäpdirler. Astropunktlaryň we hatarlaryň töwereginde grawimetriki ölçemeler geçirilipdir.



19-njy surat. 1 klasly triangulýasiýa zynjyry

Laplasyň punktlarynda giňlikleri, uzaklyklary we azimutlary astronomiki kesgitlemegiň orta kwadratiki ýalňyşlyklary deňişlilikde $m_\varphi = 0.4''$; $m_\lambda = 0.45''$; $m_\alpha = 0.5''$ geçmeli däl edilipdir. Bu ýalňyşlyklar emellerdäki ölçemeleriň ortaça netijelerinden gyşarmalary boýunça, ýagny, ölçemeleriň yzygiderli ýalňyşlyklarynyň täsirlerini hasaba almazdan hasaplanýarlar.



20-nji surat. Bazis tory

1932-nji ýylda öňki SSSR-iň çäklerini umumy grawimetriki (maýatnikli) kartalaşdyrmak başlandy. F. N. Krasowskiniň hödürlemesine laýyklykda ýörite meýilnama boýunça ýerine ýetirilýän grawimetriki ölçemeler, astronomo-geodeziki torlar gurlanda giňden ulanylyp başlandy we şol wagtlardan bäri esasy geodeziki işleriň aýrylmaz bölegi bolup durýarlar. Geodeziki, astronomiki we grawimetriki ölçemeler bilelikde peýdalanyp başlanda, Ýeriň figurasyny jikme-jik öwrenmek we geodeziki ölçemeleriň netijelerini Ýeriň fiziki üstünden, üstünde matematiki işläp düzmeler amala aşyrylýan referens-ellipsoidiň üstüne matematiki taýdan berk redusirlemek mümkinçiligi döreýär. Bu meseleleri üstünlikli çözmek üçin ölçenen ululyklary ellipsoidiň üstüne, oňa normallar boýunça taslamagyň nazary taýdan berk usulyny işläp düzdi we 1934-nji ýylda geoidiň belentligini kesgitlemek üçin astronomo-grawimetriki usuly hödürledi. Astronomo-grawimetriki usul soňra M. S. Molodenskiý tarapyndan

ösdürildi we häzirki wagtda kwazigeoidiň üstüni öwrenmekde giňden ulanylýar.

Astronomo-geodeziki torlarda ýerine ýetirilýän astronomiki we grawimetriki ölçemeleriň aýratyn uly ornunyň bardygyny bellemek gerek. Astronomo-geodeziki torlarda ýerine ýetirilen astronomiki we grawimetriki ölçemelerden toruň her bir punktynda asma çyzyklarynyň astronomo-geodeziki gyşarmalaryny kesgitlemek mümkin. Grawimetriki ölçemeler bolsa şu iki sany has wajyp meseläni çözmeklik üçin zerurdyr: ölçenen ululyklary ellipsoidiň üstüne redusirlemegi we kwazigeoidiň belentligini kesgitlemegi, diýmek, astronomo-geodeziki toruň çäginde Ýeriň figurasyny öwrenmek üçin hem çözmeklik zerurdyr.

F. N. Krasowski astronomo-geodeziki poligonlaryň içinde 2-4 klasly torlary osdürmegiň şu aşakdaky shemasyny we maksatnamasyny hödürledi.

Her bir 1 klasly triangulýasiýa poligony adatça 2 klasly esasy triangulýasiýa hatarlaryny geçirmek arkaly dört ya-da alty bölege bölünipdir. 2 klasly esasy triangulýasiýa hatarlarynyň çatryklarynda bazis torlary gurlupdyr, olar boýunça bolsa çykalga tarapyň uzynlygy kesgitlenipdir. Çykalga tarapyň iki ujunda hem Laplasyň punktlary kesgitlenipdir (φ , λ , α). 2 klasly esasy triangulýasiýa torlarda üçburçlyklaryň ortaça uzynlygy 18 km töweregi bolupdyr; üçburçlyklardaky burclary 30° az bolmadyk ululykda ölçemeklige ygtyýar berlipdir; burclary ölçemegiň orta kwadratiki ýalňyşlygy 1.2-1.5" uly bolmazlygyna ygtyýar berlipdir (üçburçlyklaryň baglanşyksyzlygy boýunça). Bazis ölçemeleriniň we astronomiki kesgitlemeleriň takyklyklary astronomo-geodeziki toruň takyklygyndan biraz pes edilip bellenipdir.

2 klasly esasy triangulýasiýa torlary gurmagyň netijesinde emele gelen, poligonyň her bir çärýeginiň içinde üçburçlyklarynyň taraplarynyň uzynlyklary ortaça 12-13 km

deň bolan 2 klasly dolduryjy triangulýasiýa torlary gurlupdyr. Üçburçlyklardaky iň kiçi burçlaryň ululygynyň 20° az bolmazlygyna ygtyýar berlipdir; burçlary ölçemeginiň orta kwadratiki ýalňyşlygy $2-2.5''$ deň edilip bellenipdir (üçburçlyklaryň baglanşyksyzlyklary boýunça).

3 klasly triangulýasiýa torlary 2 klasly triangulýasiýa torlaryna we punktlaryna daýanýan, üçburçlyklaryň uly bolmadyk toplumy görnüşinde ýa-da aýry-aýry punktlary oturtmak görnüşinde gurlupdyr. Üçburçlyklarynyň taraplarynyň uzynlyklary 5-8 km bolupdyr; üçburçlyklardaky burçlaryň iň kiçi ululygy 15° az bolmazlygyna ygtyýar berlipdir; ölçenen burçuň orta kwadratiki ýalňyşlygy $5''$ deň edilip bellenipdir (üçburçlyklaryň baglanşyksyzlyklary boýunça).

4 klasly punktlar bellemeler arkaly 1 metrden uly bolmadyk orta kwadratik ýalňyşlyklar bilen ýokary klasly triangulýasiýa punktlaryndan kesgitlenipdir.

F.N. Krasowskiniň maksatnamasyna laýyklykda gurulýan döwlet triangulýasiýasy şu umumylaşdyrylan tehniki görkezjiler bilen häsýetlendirilýär (5-nji tablisa).

Triangulýasiýanyň taraplarynyň uzynlyklaryndaky ygtyýar berlen ýalňyşlyklary goňşy punktlaryň özara ýerleşişini kesgitlemegiň orta kwadratiki ýalňyşlygy bilen deňeşdirip (4-nji we 6-njy tablisalar), 1-3 klasly döwlet triangulýasiýasyny gurmaklyk takyklygy boýunça diňe bir 1:10 000 masştably topografiki kartalaşdyrmalary däl, eýsem geodeziýanyň we halk hojalygynyň beýleki pudaklarynyň hem köp sanly tejribeçilik meselelerini çözmekligi üpjün edýändigine göz ýetirmek kyn däl.

Oňki SSSR ýurtlary bilen birlikde Türkmenistanda hem döwlet triangulýasiýasy F.N. Krasowskiý tarapyndan işlenip düzlen maksatnama esasynda guruldy. Bu maksatnama biziň ýurdumyzda esasy geodeziki işleri geçirmäge we ösdürmäge uly itergi hem-de goldaw berdi. Bu maksatnamany ornaşdyrmagyň netijesinde şu iň wajyp meseleler çözüldi:

gysga wagtyň içinde 1 klasly triangulýasiýa hatarlaryny geçirmek bilen ýurduň ähli çäğine ýeke-täk koordinatalar sistemasy ýaýradyldy;

ýokary geodeziýanyň ýer ellipsoidiniň razmerlerini kesgitlemek we Ýeriň figurasyny öwrenmek boýunça esasy ylmy meselelerini çözmek üçin ýokary takykly synag maglumatlary alyndy;

çäklendirilen tehniki mümkinçiliklerde 2 we 3 klasly triangulýasiýa torlaryny ösdürmeklige amatlylyk döredildi, şeýle hem ähli klasly triangulýasiýa torlaryny böläkleýin deňleşdirmeklige amatlylyk döredildi;

1:10 000 çenli masştablarda topografiki kartalaşdyrmalar geçirmek üçin ýeterlik bolan, goňşy triangulýasiýa punktlarynyň özara ýerleşişini kesgitlemegiň ýokary takyklygy üpjün edildi.

Tablisa 6

Triangulýasiýanyň klasy	Taraplaryň ortaça uzynlygy, km	Burçlary ölçemegiň orta- kwadratiki ýalňyşlygy, sekuntda	Toruň gowşak ýerinde taraplaryň ýalňyşlygy	Goňşy punktlaryň özara ýerleşişini kesgitlemegiň ýalňyşy
1 klasly hatarlar	25-30	0.7-0.9"	1:100 000	~0.3
2 klasly hatarlar	18	1.2-1.5"	1:60 000	~0.3
2 klasly torlar	11-13	2.0-2.5"	1:35 000	~0.3
3 klasly torlar	5-8	5"	1:15 000	~0.3
4 klasly punktlar 1 metrden uly bolmadyk ýalňyşlyk bilen bellemelerden kesgitlendi.				

§ 18. Türkmenistanyň döwlet geodeziki torlaryny 1954 - 1961-nji ýyllaryň esasy düzgünnamalaryna laýyklykda gurmak

Döwlet geodeziki torlary gurmaklyk umumydan hususa geçmek düzgünine laýyklykda amala aşyrylýar. Döwlet geodeziki torlary öz aralarynda burçlary we aralyklary ölçemegiň takyklyklary boýunça, toruň taraplarynyň uzynlyklary we yzygiderli ösdürmegiň nobaty boýunça tapawutlanýan 1, 2, 3, 4 klaslara bölünýärler. Poligonal astronomo-geodeziki tor görnüşinde döredilýän 1 klasly geodeziki tor esasy tor bolup durýar; ol Ýeriň formasyny we razmerlerini, onuň gravitasion meýdanyny öwrenmek bilen bagly ylmy barlamalar üçin, şeýle hem, ýeke-täk koordinatalar ulgamyny Türkmenistanyň ähli çäklerine ýaýratmak üçin niýetlenendir. 1 klasly poligonlaryň içinde 2 klasly tutuş tory gurulýar. 2 klasly geodeziki torlar 3 we 4 klasly torlary ösdürmeklik üçin esas bolup durýarlar.

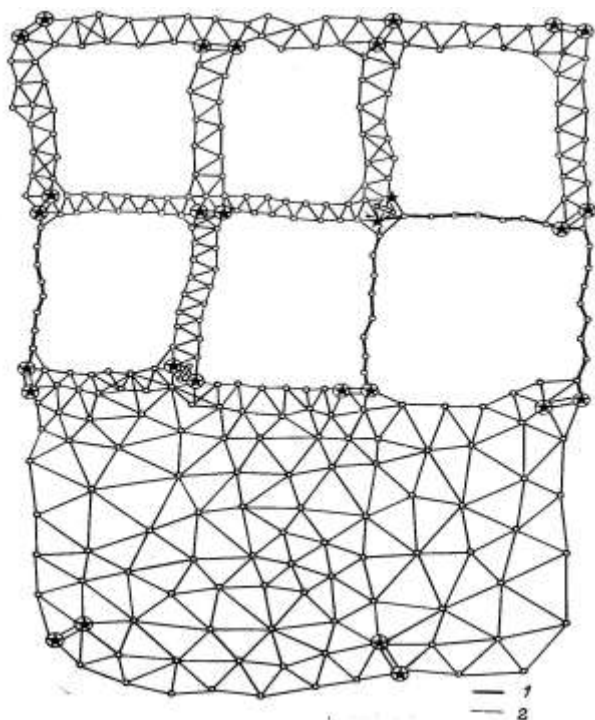
Astronomo-geodeziki torlar. 1954-1961-nji ýyllaryň esasy düzgünnamalaryna laýyklykda döredilýän astronomo-geodeziki torlary gurmagyň esasynda F. N. Krasowskiniň birneme takyklanan we doldyrylan maksatnamasy ýatyr. Astronomo-geodeziki torlar, meridianlaryň we parallelleriniň ugurlary boýunça ýerleşen, hersiniň uzynlygy 200 kilometrden geçmeýän triangulýasiýa ýa-da poligonometriýa halkalaryndan emele gelen 800 km perimetrli poligonlar görnüşinde gurulýarlar (21-nji surat).

1 klasly triangulýasiýa halkasy esasanam formasy boýunça deňtarapla ýakyn bolan, 40° kiçi bolmadyk burçly üçburçlyklardan durýar. Haçanda çyşyrymly relýefi sebäpli 40° burçly üçburçlyklary gurmaklyk başartmaýan ýagdaýlarda, 30° kiçi bolmadyk burçly geodeziki dörtburçlyklary we merkezi ulgamlary gurmaklyga ygtyýar berilýär. Üçburçlygyň taraplarynyň uzynlyklary ortaça 20-25 km deň. Her bir

halkanyň başynda we ahyrynda ýokary takykly ýagtylyk uzaklyk ölçýjileriniň kömegi bilen bazis taraplaryny ölçýärler. Her bir bazis tarapyň iki ujunda (poligonlaryň depelerinde) astronomiki giňlikleri, uzaklyklary we azimutlary ýagny, Laplasyň punktlaryny kesgitleýärler.

1 klasly poligonometriýa halkalaryny uzalan, her haýsy 20 km töweregi uzynlykly ondan köp bolmadyk taraplardan durýan ýörelgeler görnüşinde geçirýärler. Poligonometriki halkanyň ýekeje punktam, ýörelgäniň soňky punktlaryny birleşdirýän aralyk punktdan 20 km köp gyşarmaly däl; islendik tarapyň ugurlarynyň we halkany birleşdirýän uguryň arasyndaky in uly burç 20° geçmeli däl. Poligonometriýanyň her bir halkasynyň başynda we soňunda bazis taraplarynyň özara ters azimutlaryny, şeýle hem giňlikleri we uzaklyklary kesgitleýärler, ýagny, ähli işleri edil triangulýasiýa halkalaryndaky ýaly edýärler.

1 klasly triangulýasiýanyň we poligonometriýanyň Laplasyň punktlaryndan başga her bir halkasynda, aralyk astronomiki punktlary oturtýarlar (20-nji surat), olarda ýyldyzlara gözegçilik etmek arkaly astronomiki giňlikleri we uzaklyklary kesgitleýärler. Aralyk astronomiki punktlary Laplasyň punktlarynyň aralarynda her 65-120 km-den ýerleşdirýärler. Astropunktlaryň arasyndaky aralyk birinji klasly hatarlaryň töwereginde ýerine ýetirilýän grawimetriki kartalaşdyrmanyň dykzlygyna bagly bolýar: grawimetriki kartalaşdyrmanyň dykzlygy näçe ýokary bolsa, aralyk punktlary şonçada seýrek kesgitleýärler. Ähli astronomiki punktlaryň (Laplasyň we aralyk) töwereginde ýörite maksatnama boýunça grawimetriki doldurma kartalaşdyrmasy alyp barýarlar.



21-nji surat. 1954-1961-nji ýyllaryň esasy
düzgünnamalary boýunça astronomo-
geodeziki torlary gurmagyň shemasy:
1- klasly poligonometriýanyň tarapy; 2- 1
klasly triangulýasiýanyň tarapy

Ýurdumyzyň aýry- aýry etraplarynda 1 klasly triangulýasiýa ýa- da poligonometriýa halkalaryndan emele gelen poligonlara derek üçburçlykdaky burçlary 30° kiçi bolmadyk burçly we taraplary 20 km az bolmadyk uzynlykly 1 klasly tutuş triangulýasiýa torlaryny gurmaga rugsat berilýär. Aralyklar fiziko-geografiki şertlere we punktlaryň berlen dykzlygyna baglylykda bellenýär. 1 klasly tutuş torlarda bazis

taraplaryny we Laplasyň punktlaryny 10 sany tarapdan seýrek bolmadyk ýagdaýda ýerleşdirýärler.

Astronomo–geodeziki torlar döredilende iň täze tehnikalary peýdalanmak bilen, geodeziki, astronomiki we grawimetriki ölçemeler toplumyny köpçülikleýin ýerine ýetirýärler. Triangulýasiýa we poligonometriýa punktlarynda kese burçlary 0.7" geçmeýän ýalňyşlyklar bilen ölçeyärler (üçburçlygyň ýa- da ýapyk poligonlaryň baglanşyklary boýunça). Bazisleri 1/400 000 geçmeýän, 1 klasly poligonometriýa halkalarynda bolsa, taraplaryň uzynlyklaryny 1/300 000 geçmeýän otnositel orta kwadratiki ýalňyşlyklar bilen ölçeyärler. Emellerdäki ölçeme netijeleri boýunça hasaplanýan, ýagny, yzygiderli ýalňyşlyklaryň täsirlerini hasaba almazdan hasaplanýan astronomiki kesgitlemeleriň orta kwadratiki ýalňyşlyklarynyň giňlikde - 0.3", uzaklykda - 0.45" we azimutda - 0.5" çenli bolmagyna ygtyýar berilýär.

2 klasly geodeziki torlar. Bu klas takyklygyndaky torlary köplenç triangulýasiýa usulynda 1 klasly astronomo-geodeziki poligonlary doldurýan, üçburçlyklaryň tutuş torlary görnüşinde gurýarlar (22-nji surat). Üçburçlyklardaky iň kiçi burçlaryň 30° çenli ululygyna rugsat berilýär. Taraplaryň uzynlyklary, birnäçe şertlere baglylykda we aýratynam birinji nobatda relefiň aýratynlyklaryna baglylykda 7-den 20 km çenli üýtgäp biler; olar ortaça 12-13 km bolýarlar. Düzlük etraplarda torlary uly bolmadyk üçburçlyklar görnüşinde gurýarlar, 1 klasly hatarlaryň uzyn taraplaryna golaýlaşanda olaryň razmerlerini ulaltmak bilen ösdürmeklik has amatly bolýar. Relefiň formalary çylşyrymly etraplarda 2 klasly triangulýasiýany, olara 3 klasly punktlary oturtmak bilen, iri üçburçlykly ösdürmeklik maksadalaýykdyr. Şeýle gurlanda geodeziki nyşanlaryň minimal belentlikleri üpjün edilýär. Bu bolsa ykdysady nukdaýnazardan wajypdyr, sebäbi geodeziki nyşanlary gurmaklyga geodeziki torlary döretmeklik üçin çykarylýan çykdajylaryň ortaça 50-60 % sarp edilýär.

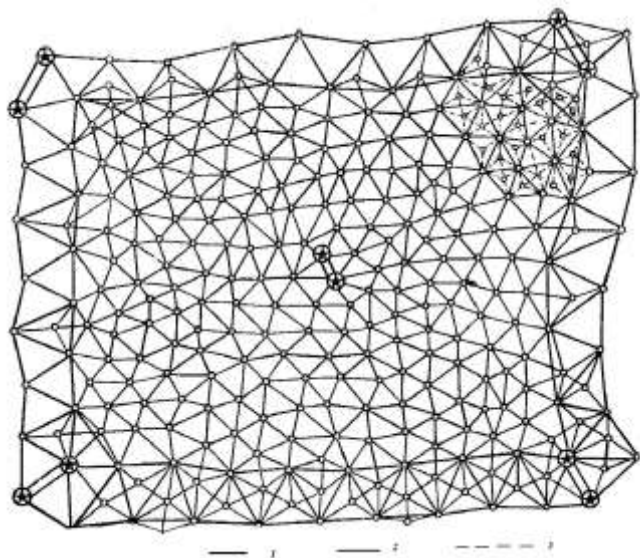
2 klasly triýangulýasiýada bazis taraplaryny deňölçeqli we her 25 üçburçlykdan köp bolmadyk ýygýlykda ýerleşdirýärler. Bazis taraplarynyň haýsam bolsa biri 1 klasly poligonyň takmyndan ortasynda ýerleşmelidir; bu tarapyň uçlarynda Laplasyň punktlaryny, 1 klasly triangulýasiýalardaky astronomiki kesgitlemeler ýaly takyklykda kesgitleýärler. Bazis taraplarynyň uzynlyklaryny 1/400 000 geçmeýän orta kwadratiki ýalňyşlyk bilen, kese burçlary bolsa 1.0" geçmeýän orta kwadratiki ýalňyşlyk bilen (üçburçlyklaryň baglanşyksyzlyklary boýunça) ölçeýärler.

Ykdysady taýdan amatly bolan ýagdaýlarynda 2 klasly torlar poligonometriýa usuly bilen, 2 klasly triangulýasiýadaky ýaly taraplaryň uzynlyklarynda döredilip bilnerler. Poligonometriýa ýörelgeleri, biri-biri bilen kesişip 1 klasly poligonlaryň içinde punktlaryň deňölçeqli paýlanmagy bilen ýapyk poligonlaryň tutuş toruny emele getirýärler. Triýangulýasiýa we poligonometriýa gurluşlarynyň garjaşmagyna hem ygtyýar berilýär.

Yetmezçilikleriniň bardygy üçin 1 we 2 klasly geodeziki torlar döredilende trilaterasiýa usuly ulanylmaýar.

22-nji surat. 1 klasly triýangulýasiýa poligonlarynyň içinde 2-4 klasly triýangulýasiýany gurmagyň shemasy:

1- 1 klasly triýangulýasiýa tarapy; 2- 2 klasly triýangulýasiýa tarapy; 3- 3 klasly triýangulýasiýa tarapy



3 we 4 klasly geodeziki torlar. 2 klasly torlarda talap edilýän takyklyga çenli geodeziki punktlar bilen soňraky doldurmaklyk, olarda 3 we 4 klasly torlary ösdürmeklik arkaly amala aşyrylýar. 3 we 4 klasly torlar triangulýasiýa, poligonometriýa we trilaterasiýa usullary bilen döredilip bilner. Her bir etrap üçin, beýleki deň şertlerde serişdeleri we wagty has köp tygşytlamaga mümkinçilik berýän, şunuň bilen birlikde hem, toruň talap edilýän takyklygyny üpjün edýän usulyny we shemasyny saýlap alýarlar.

3 klasly triangulýasiýa torlaryny, 2 klasly geodeziki torlara oturdylyan tutuş üçburçlyklaryň berk ulgamy görnüşinde gurýarlar. 3 klasly üçburçlyklarda şol bir klasly taraplaryň arasyndaky burçlar $20''$ kiçi bolmaly dälidirler. 3 klasly torlarda taraplaryň uzynlyklary 5-8 km, 4 klasly torlarda 2-5 km deň. Punktlaryň arasyndaky aralyklaryň 3 klasly torlarda 4 km az bolmadyk ululygyna we 4 klasly torlarda 3 km az bolmadyk ululygyna ygtyýar berilýär. 3 we 4 klasly torlarda kese burçlary degişlilikde 1.5 we 2.0" geçmeýän orta

kwadratiki ýalňyşlyklar bilen ölçeýärler (üçburçlyklaryň baglanşyksyzlyklary boýunça).

3 we 4 klasly torlar poligonometriýa usulynda döredilende degişli punktlaryny kesgitlemeklik, ýokary klasly punktlara daýanýan ýörelgeleriň ulgamlaryny ýa-da ýekebara ýörelgeleri geçirmeklik arkaly amala aşyrylýar. Halka punktlaryň arasyndaky, şeýle hem, halka we başlangyç punktlaryň arasyndaky ikiden köp bolmadyk öwrüm nokadyny gurmaklyga ygtyýar berilýär. Ýörelgäniň iň kiçi tarapy 3 klasly torlarda 3 km, 4 klasly torlarda 2 km deň bolýar. Eger-de ýörelgelere degişli bolan punktlaryň arasyndaky aralyklar 3 klasly torlarda 4 km, 4 klasly torlarda 3 km kiçi bolsa, onda şeýle ýörelgeleriň özara gatnaşygy göz önünde tutulmalydyr. 3 we 4 klasly poligonometriýa punktlarynda kese burçlary degişlilikde 1.5 we 2.0" uly bolmadyk orta kwadratiki ýalňyşlyklar bilen ölçeýärler (üçburçlyklaryň baglanşyksyzlyklary boýunça). 3 we 4 klasly poligonometriýa ýörelgelerinde taraplaryň uzynlyklaryny degişlilikde 1/200 000 we 1/150 000 orta kwadratiki ýalňyşlyklar bilen ölçeýärler.

Ähli klaslardaky döwlet geodeziki torunyň her bir punktynda ondan 0.5-1 km aralyklarda (tokaýlykda 250 m geçmeýän), ýerasty merkezler bilen berkidilýän ugur alma punktlary atlandyrylýan punktlary iki sanydan oturtýarlar. Ugur alma punktlary kartalaşdyрма torlary azimuthal baglamak üçin niýetlenýär; olar başga maksatlar üçinem peýdalanalylyp bilner.

Döwlet geodeziki toryň ähli punktlarynyň belentliklerini esasanam trigonometriki niwelirleme usulynda kesgitleýärler; diňe düzlük we gowşak depelikli ýerlerde 4 klasly geometriki niwelirleme ulanýarlar.

1954-1961-nji ýyllaryň Esasy düzgünnamalaryna laýyklykda döredilýän Türkmenistanyň döwlet geodeziki torlary şu umumylaşdyrylan tehniki görkezijiler bilen häsiýetlendirilýärler (7-nji tablisa).

Burç ölçemeleriniň hakyky takyklygy 1954-1961-nji ýyllaryň Esasy düzgünnamalarynda bellenenlerden biraz ýokary bolýarlar we ortaça şulardan ybaratdyrlar: 1 klasly torlarda- 0.65"; 2 klasly torlarda- 0.75"; 3 klasly torlarda- 1.1" we 4 klasly torlarda-1.5". Laplasyň azimutlaryny kesgitlemegiň, astronomo-geodeziki toruň giň gerimlerini deňleşdirmegiň netijesinde alynan, hakyky takyklygy 1.1" töweregi orta kwadratiki ýalňyşlyk bilen häsiýetlendirilýär.

Tablisa 7

Toruň klaslary	Tarapyň uzynlygy, km	Burçy ölçemegiň orta kwadratiki ýalňyşlygy,	Toruň gowşak ýerinde tarapyň ýalňyşlygy	Goňşy punktlaryň özara ýerleşişini
1	20-25	0.7	1/150 000	~0.15
2	7-20	1.0	1/200 000	~0.06
3	5-8	1.5	1/120 000	~0.06
4	2-5	2.0	1/70 000	~0.06

Türkmenistanyň döwlet geodeziki tory onuň elementlerini kesgitlemegiň ýokary takyklygy bilen häsiýetlendirilýär. 2-4 klasly torlarda goňşy punktlaryň özara ýerleşişini 5-7 sm töweregi ýalňyşlyklar bilen kesgitlenýärler. Bu bolsa 1954-1961-nji ýyllaryň Esasy düzgünnamalaryna

laýyklykda döredilýän Türkmenistanyň döwlet geodeziki torlarynyň, öz takyklygy boýunça, diňe bir ýurduň ägirt uly çäklerini 1:2000 masştaba çenli iri masştablarda kartalaşdyrmaga mümkinçilik bermän, eýsem ylmyň we halk hojalygynyň inženerçilik-tehniki meselelerini hem ýokary ylmy derejede çözmekligi üpjün edýär.

§ 19. Esasy geodeziki işleri ýerine ýetirmegiň yzygiderliligi

Döwlet geodeziki tory, ýurduň ähli territoriýasynda, ylmyň we tehnikanyň ýeten in täze sepgitlerini peýdalanmak bilen berk ylmy başlangyçlarda gurulýan, ýeriň üstündäki özboluşly inženerçilik-tehniki desgany emele getirýär. Ol uzak möhletlere gulluk etmäge niýetlenýär we şonuň üçinem ýokary takyklykda, wagtyň geçmegi bilen ösýän talaplary hasaba almak bilen gurulmalydyr. Tor ýeriň üstünde, onuň punktlarynyň saklanmagyny we olaryň planda hem-de beýikligi boýunça orunlarynyň üýtgeşsizligini uzak wagtyň dowamynda üpjün edýän, ýörite ýerasty merkezler bilen ygtybarly berkidilmelidir.

Häzirkizaman döwlet geodeziki toryny gurmakda kesgitli tehnologiiki shema boýunça dürli görnüşli işleriň uly göwrümini ýerine ýetirýärler.

Edil islendik senagat obýekti ýaly, döwlet geodeziki toryny gurmaklygy, toruň taslamasynyň ylmy-tehniki esasyňy işläp düzmekden başlaýarlar. Soňra kameral şertlerde düzülen geodeziki toruň taslamasyny ýeriň üstünde takyklaýarlar. Bu maksat bilen meýdan şertlerinde, taslanan toruň punktlarynyň rekognossirowkasyny geçirýärler. Onuň netijesinde her bir punktyň ýeriň üstündäki ornuny belleýärler, tory gurmagyň shemasyny takyklaýarlar, zerurlyk ýüze çykanda, ýeriň üstüniň reliefiniň şertlerine oňaýly ýerleşdirip, ony birazrak üýtgetýärler; punktlaryň aralarynda göni görüşüüpjün etmek üçin, geodeziki nyşanlaryň belenlikleriniň gutarnykly hasaplamasyny ýerine ýetirýärler; ýeriň berlen şertleri üçin has

amatly bolan geodeziki nyşanlaryň we ýerasty merkezleriň görnüşlerini kesgitleýärler; ýerasty merkezleri topraga oturtmagyň zerur çuňlugyny kesgitleýärler we ş. m.; ahyrynda, geodeziki tory gurnagynyň çykadjylarynyň smetasyny takyklaýarlar.

Toruň punktlarynyň rekognossirowkasy geçirilenden soňra geodeziki nyşanlaryň gurluşygyna we ýerasty merkezleri oturtmaklyga girişýärler. Bu işleriň netijesinde geodeziki tor ýeriň üstünde ygtybarly berkidilmelidir.

Soňra bazis we toruň taslamasynda göz önünde tutulan beýleki taraplary ölçeýärler, giňlikleriň, uzaklyklaryň we azimutlaryň astronomiki kesgitlemelerini ýerine ýetirýärler, toruň punktlarynda kese burçlary ölçeýärler, şeýle hemgeometriki we trigonometriki niwelirlemeleriň kömegi bilen punktlaryň deňiz derejesinden (kwazigeoidiň üstünden) belentliklerini kesgitleýärler, bellenen meýilnama boýunça astronomiki punktlaryň töwereginde jikme-jik grawimetriki ölçemeleri geçirýärler we ş.m. Bu işleri ýerine ýetirmekligi gurnamaklyk we nobatyny bellemeklik Türkmenistanyň Goranmak ministrliginiň 5- nji kärhanasy tarapyndan amala aşyrylýar.

Meýdan işlari tamamlananyndan soňra ölçeme netijelerini matematiki işläp düzmeklige girişýärler, ol bolsa üç sany tapgyrdan durýar: 1) kwazigeoidiň belentligini, astronomo- geodeziki toruň punktlarynyň normal we geodeziki belentliklerini hem-de olarda asma çyzyklaryň gyşarmalaryny kesgitlemek; 2) başlangyç hasaplamalary ýerine ýetirmek, olaryň netijesinde punktlaryň merkezlerine eltilen we referens-ellipsoidiň, şeýle hem kabul edilen proyeksiýada (Türkmenistanda Gauss-Krýugeriniň proyeksiýasy) tekizlige redusirlenen, ölçenen ululyklaryň tablisasyny alýarlar; 3) geodeziki tory deňleşdirmek, toruň deňleşdirilen elementleriniň takyklygyna baha bermek, punktlaryň koordinatalarynyň we belentlikleriniň kataloglaryny düzmek.

Dördünji bap

**Geodeziki torlary taslamak, geodeziki barlamak
we rekognossirowka geçirmek. Geodeziki nyşanlar we
merkezler**

**§ 20. Geodeziki torlary taslamak barada umumy
maglumatlar**

Özüniň takyklygy we punktlarynyň dykzlygy boýunça bildirilýän talaplara laýyk geler ýaly we ony ýerine ýetirmeklik üçin az zähmet, serişde we wagt çykdajylaryny talap eder ýaly geodeziki tory gurmagyň wariantyny işläp düzmeklik taslamaklygyň esasy meselesi bolup durýar. Türkmenistanyň Goranmak ministrliginiň 5-nji kärhanasynyň döwlet geodeziki torlaryny gurmak baradaky görkezmeleri we ugrukdyrmalary, taslamakda esasy ýolbaşçy resminamalar bolup durýarlar. Ýüzünde öňde duran işleriň ýerine ýetirilmeli etraby, toruň niýetlenişi, ony gurmak boýunça aýratyn görkezmeler, işleri ýerine ýetirmegiň möhletleri görkezilen, ýolbaşçy edaranyň ýazmaça tabşyrygy taslamak üçin esas bolup hyzmat edýär.

Esasy geodeziki torlary gurmaklyk öňden işlenilip düzülen we bellenen tertipde tassyklanan tehniki taslamalar (proýektler) boýunça amala aşyrylýar. Tehniki taslama - bu taslanýlan işleriň guramaçylyk we tehniki ugurlaryny belleýan, olaryň mazmunyny, göwrümini, usulyýetini, ýerleşdirmegi we möhletlerini, şeýle hem, smeta bahasyny kesgitleýan resminamalardyr.

Geodeziki torlary taslamaklyk 3 sany yzygiderli tapgyry özüne birleşdirýar: 1) taslamany düzmeklik üçin zerur bolan materiallary we maglumatlary jemlemek; 2) kartalarda we planlarda geodeziki toruň grafiki shemasyny işläp düzmeklik; 3) tory döretmeklik üçin umumy çykdajylaryň smetasyny düzmekligi goşup, taslamanyň tehniki we ykdysady esasyň döretmeklik.

Üstünlikli taslamaklyk üçin iş geçiriljek etrap barada şu materiallar we maglumatlar zerurdyr: 100 000- lik we ondan iriräk masştably topografiki kartalar; berlen etrapda ön gurlan planly we beýiklikli geodeziki torlar barada materiallar, (torlaryň shemalary, koordinatalaryň maglumatlary (kataloglar), hasabatlar), fiziko-geografiki we geomorfologiki şertleriň ýazgysy, gidrologiki barlama maglumatlary, aragatnaşyk serişdeleri barada maglumatlar we ş.m. Eger-de jemlenen materiallar iş geçiriljek etrabyň doly häsiýetini bermese, onda aýratyn işlenip düzülen maksatnama boýunça geodeziki meýdan barlamasyny geçirýärler.

Taslamaklyk üçin jemlenen materiallar jikme-jik öwrenilmelidirler we ulgamlaşdyrylmalydyrlar. Bu tapgyrda, soňra bolsa taslamaklykda üns berilmeli zat, bu hem geodeziki toruň hili, ony döretmekligiň takyklygy we bahasy tehniki taslamanyň hili bilen göniden-göni baglansykda bolýanlygydyr. Kanagatlanarsyz ýagdaýda işlenip düzülen taslama meýdan işleri ýerine ýetirilende artykmaç çykdajylara, şeýle hem, ýumşy ýerine ýetirmegiň möhletleriniň uzalmagyna we bozulmagyna getirýär. Taslamaklyk ähli guramaçylyk, tehniki we ykdysady meseleleri dogry çözmekligi talap edýän, jogapkärli meseledir. Şonuň üçinem tehniki taslamany düzmekligi esasy geodeziki işleri, şol sanda taslamaklyk işlerini ýerine ýetirmekde ýeterlik tejribesi bolan hünärmenlere ynanylýar.

1-2 klasly geodeziki tory taslamaklygy adatça 100 000 masştably topografiki kartalarda ýerine ýetirýärler; 3-4 klasly geodeziki torlar taslananda ondan iri masştably topokartalary (1:50 000 – 1:10 000) peýdalanýarlar. Taslamaklyga başlamazdan ön, kartany taýýarlamaklyk zerur bolýar, ýagny, onda, mysal üçin gidrografiýa ulgamyny gök reňk bilen, başga reňk bilen bolsa (goňur) suwaýryt çyzyklary görkezmek we olarda has beýik depeleri görkezmek zerurdyr; etraby geodeziki barlamalaryň maglumatlaryndan ýa-da tokaý hojalygynyň materiallaryndan we ş.m. peýdalanyp, tokaýyň

hakyky beýiklikleri barada takyklama girizmeklik zerur bolýar. Kartany şunuň ýaly taýýarlamaklyk punktларыň ýerleşýän orunларыny dogry saýlap almaklygy has ýeňilleşdirýär.

Geodeziki toruň taslamasy işlenip düzülende ilki başda onuň niýetlenişine we gurmaklykda talap edilýän takyklygyna üns berilýär. Bu mesele çözülenenden soňra iş geçiriljek etrabyň fiziko-geografiki we klimatiki aýratynlyklaryny hasaba almak bilen tory gurmaklygyň usulyny saýlamaklyga we esaslandyrmaklyga girişýärler (triangulýasiýa, trilaterasiýa, poligonometriýa, Ýeriň emeli hemrasy peýdalanylýan usullara we ş.m.). Berlen etrapda geodeziki tory gurmaklygyň optimal usulyny saýlap almaklyk üçin, ony dürli usullar bilen gurmaklygyň birnäçe wariantларыny işläp düzýärler, gutarnykly çözgüdi tehniki-ykdysady hasaplamalaryň esasynda kabul edýärler.

Tory gurmaklygyň talap edilýän takyklygyny üpjün etmek üçin geometriki nukdaýnazardan toruň shemasynyň oňa bildirilýän talaby ödemegini gazanmalydyr: triangulýasiýa we torларыndaky üçburçlyklar formalary boýunça deňtarapla ýakyn bolup, burçlary 40° -dan kiçi bolmaly däl; merkezi sistemalarda we geodeziki dörtburçlyklarda käbir ýagdaýlarda burçlaryň 20° bolmagyna ygtyýar berilýär; poligonometriýada ýorelgeler mümkin boldugyça uzalan bolmalydyr.

Döwlet geodeziki torларыnda her bir bazis tarapyň soňunda kesgitlenýän bazis taraplar we Laplasyň punktлары her 100-150 km-den bütün tor boýunça deň paýlanan bolmalydyr. Kwazigeoidiň beýikligini kesgitlemek üçin bellenen maksatnama boýunça ýerine ýetirilen, meýdançanyň grawimetriki kartalaşdyrmasy ýa-da häzirkizaman ölçemeleriň başga görnüşleri göz önünde tutulmalydyr.

Geodeziki daýanç torларыnyň dürli klasларыny gurmaklygy kesgitlenen yzygiderlilikde ýerine ýetirýärler: ilki bilen has ýokary klasly tory taslaýarlar, meselem 1, soňra 2, 3 we ş.m. Grafiki taslama işlenip düzülende her bir aýratyn punktyň ýerleşjek ornuny saýlap almaklyga aýratyn üns

berilmelidir. Döwlet geodeziki torunyň ähli punktlary ýer üstüniň belent depelerinde ýerleşdirilmelidir. Bu, birinjiden geodeziki nyşanlaryň minimal beýikliklerinde goňşy punktlaryň aralarynda özara görüşi üpjün etmek üçin, ikinjiden, tory dürli ugurlara soňraky ösdürmeklige mümkinçiligiň bolmagy üçin zerurdyr.

Daşky gurşawlaryň ýokary takykly burç ölçemeleriniň we azimutal kesgitlemeleriň netijelerine edýän täsirlerini 1 klasly triangulýasiýada we poligonometriýada gowşatmak üçin, görüş şöhlesi päsgelçiligiň üstünden günorta we düzlük ýerlerde 4 m-den pes bolmadyk belentlikde, galan ýerlerde 2 m-den pes bolmadyk belentlikde geçmelidir. Laplasyň azimutlary kesgitlenende uly suw howdanlarynyň, derýalaryň kenarlarynyň gyrasyndan, dag gerişleriniň golaýyndan we ş.m., parallel gidýän usullardan gaça durulmalydyr.

Daýanç geodeziki torlar gurlanda geodeziki nyşanlary gurmaklyk geodeziki işleriň iň gymmatbahaly görnüşi bolup durýar 76- nji tablisa). 2-3 klasly triangulýasiýa torlarynda işleriň esasy görnüşleriniň ortaça bahalaryny kesgitlemek dürli fiziko-geografiki şertleri bolan öňki SSSR-iň sebitlerinde geçirilipdir: 1— öňki SSSR-iň Ýewropa böleginiň demirgazygyndaky taýga etraplary; 2- Ýeniseý derýasynyň töweregindäki taýga; 3- Saýananyň dag etekleri; 4- Ýakutiýanyň demirgazyk-gündogary; 5- Demirgazyk Gazagystanyň sähralyk ýerleri; 6- Orta Aziýanyň gumly çöllükleri.

Geodeziki nyşanlaryň gurulmagyna tutuş tory gurmaklygyň çykdajylaryndan 50-60% sarp edilyşligi üçin, olaryň beýikligini peseltmek maksady bilen, nyşanlaryň gurulmaly ýerini saýlamaklyga uly üns berilmelidir. Umumy ýagdaýda tokaýlyk we şäher ýerlerinde triangulýasiýa usulyny poligonometriýa usuly bilen çalyşmaklyk nyşanlaryň beýiklikleriniň biraz peselmegine getirýär.

Triangulýasiýa we trilaterasiýa torlary taslananda kiçi klasly torlar uly klasly torlara berk baglanmalydyr.

Baglanmany torlaryň aýry-aýry punktlaryna däl-de taraplaryna etmeklik maslahat berilýär (23-nji surat). 3-4 klasly triangulýasiýa torlaryny gurmagyň şu shemalary göz önünde tutulýar (24-nji surat).

Tablisa 8

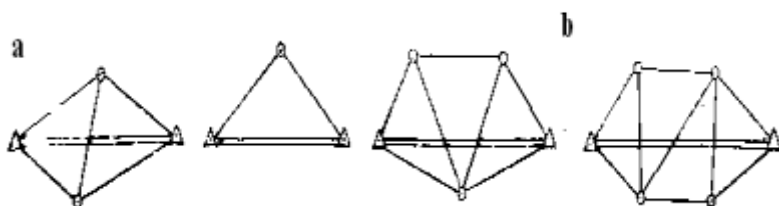
Görkezijiler	Etrap					
	1	2	3	4	5	6
Signallaryň ortaça beýikligi, m	26	22	14	11	10	Ýönekeý piramida
Işleriň ortaça bahasy, rublda: signaly gurmak	1 540	1 608	1000	1370	484	190
2 klasly torýň punktynda burç ölçmeleri	467	561	585	857	238	309
3 klasly torýň punktynda burç ölçmeleri	149	149	155	286	70	92

Grafiki taslamany işläp düzmegiň netijesinde kartada ýa-da masştabda daýanç geodeziki torý gurmagyň shemasy düzülmelidir. Bu shemada bazis taraplarynyň we Laplasyň punktlarynyň (φ , λ , α), aralyk astronomiki punktlaryň (φ , λ) ýerleşşi, şeýle hem, grawimetriki ölçmeleri bilen örtülen meýdanlar görkezilmelidir. Bu shemanyň goşulmasynda torda ölçenýän ululyklary (burçlar, bazis taraplary, astronomiki giňlikler, uzaklyklar, azimutlar we ş.m.), şeýle hem bu ululyklary ölçemegiň orta kwadratiki ýalňyşlyklaryny görkezýärler.

Taslamany işläp düzmegiň we tehiki-ykdysady taýdan esaslandyrmanyň indiki tapgyry bolup, taslanan torý gurmagyň takyklygyna baha bermeklik durýar. Takyklyga baha bermekligi EHM-lerde, deňleşdirmegiň parametriki usulyň algoritmini peýdalanyň ýerine ýetirýärler. Takyklyga baha

bermegiň netijesinde kesgitlenýän punktlaryň koordinatalarynyň, goňşy punktlaryň arasyndaky taraplaryň uzynlyklarynyň we gönükdiriji burçlarynyň, şeýle hem, eger-de bu zerur bolanda, goňşy däl punktlaryň arasyndaky orta kwadratiki ýalňyşlyklary hasaplaýarlar. Alynan ýalňyşlyklary tory taslamagyň ýumşunda bellenen ygtyýar berlen ýalňyşlyklar bilen deňeşdirýärler. Eger-de olar bellenen talaplara laýyk gelmeseler, onda tory gurmagyň taslamasyny düzedýärler we takyklyga baha bermegi gaýtalaýarlar.

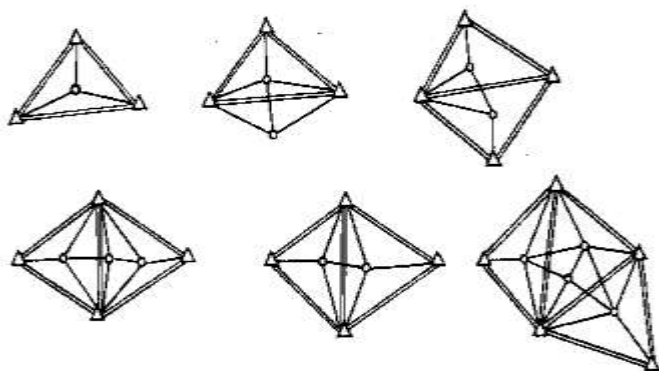
23-nji surat. Geodeziki torlary ýokary klasly triangulýasiýanyň (a) taraplaryna we (b) burçlaryna baglamagyň shemasy



Taslamaklygyň soňky tapgyrynda tory gurmagyň taslamasynyň ykdysady esasyňy işläp düzýärler, zähmeti goramagyň, tehniki howpsuzlygyň meselelerine garaýarlar, işleri ýerine ýetirmegiň möhletlerini belleýärler.

Öňde duran işleriň geçiriljek çäklerini has jikme-jik öwrenmek üçin (aýratynam uzakda ýerleşen we az ilatly etraplarda) *geodeziki barlamalar* atlandyrylýan işleri geçirýarlar, ýagny, hünärmenleriň gerekli maglumatlary ýygnamak we obýekti ýerinde öwrenmek üçin ýerlere gitmegini gurnaýarlar. Bu barlamalaryň esasynda ekspedisiýalary we partiýalary ýerleşdirmek, transport

aragatnaşygyny gurmak, azyk we ýanyjy önümler bilen üpjün etmek boýunça hödürlemeleri işläp düzýärler.



24-nji surat. 3, 4 klasly triangulýasiýa torlaryny gurmagyň shemalary

§ 21. Geodeziki punktlarda rekognossirowka geçirmek

Otag şertlerinde düzülen geodeziki torlaryň taslamasy ony ýerlerde barlamaga we takyklamaga mätäçdirler. Bu mesele geodeziki punktlara rekognossirowka geçirmegiň barşynda çözülýär.

Rekognossirowkanyň esasy meseleleri şulardan ybarat:

1. her bir punktuň ýerleşjek ýerini gutarnykly saýlap almak, başgaça aýdylanda taslanylýan toruň shemasynyň takyklamak;
2. punktlarda oturdyljak geodeziki nyşanlaryň beýikliklerini gutarnykly hasaplamak;

3. nyşanalaryň, ýerasty merkezleriň görnüşlerini saýlap almak we olaryň oturdyljak çuňlugyny kesgitlemek;
4. işleri gurnamagyň we taslamagyň smeta bölegini düzmegini meseleleriniň çözülen, bar bolan maglumatlaryny takykklamak.

Eger-de ol geodeziki nyşanlaryň belentliklerini has peseldýan bolsa, onda rekognossirowka geçmegiň netijesinde toruň taslamsyna käbir üýtgeşmeler girizilip bilner. Emma, rekognossirowkanyň netijesinde toruň taslamasyna uly üýtgeşmeler girizmeklige rugsat berilmeýär. Sebäbi ol toruň hiliniň peselmegine getirer. Rekognossirowkanyň netijesinde takyklanan taslama, tehniki, guramaçylyk-ykdysady nukdaýnazardan geodeziki tory gurmaklygyň iň oňat warianty bolmalydyr.

Geodeziki toruň punktlary ýeriň has beýik depelerinde ýerleşdirilmedirler. Punktyň ýerleşdiriljek ornuny saýlap almak üçin şu talaplar ýerine ýetirilmelidir: inženerçilik desgalarynyň we ýaşaýyş jaýlarynyň, demir we awtomobil ýollarynyň, ýokary naprýaženiýaly liniýalaryň, telegraf we telefon liniýalarynyň, turbageçirijileriň we ş. m. golaýlarynda punktlary ýerleşdirmek gadagandyr; punktlary gymmatlyklary bolan oba hojalyk ýerlerinde, batgalyklarda, süýşginlerde, suw kenarlarynda hem-de suwuň basýan ýerlerinde we ýerasty merkezleriň hem-de daşky nyşanlaryň uzak wagtlap saklanmagyna kepillik ýok beýleki ýerlerde punktlary oturtmaklyk maslahat berilmeýär. Geodeziki punktlary oturtmaga ýerleri saýlap almak bilen birwagtda, uguralma punktlary oturtmak üçin, Laplasyň punktlarynda bolsa astronomiki sütünler üçin ýerleri belleýärler.

Geodeziki punktlaryň (şeýle hem ugur alma punktlarynyň, astrosütünleriň) saýlanyp alnan orunlaryny ýeriň üstünde elýeterli serişdeler bilen belleýärler, mysal üçin, daşdan galdyrylan depeler, syryklar, agaç sütünler we ş. m.

Belli bir ýagdaýlara baglylykda (işleri ýerine ýetirmeginiň möhletleri, ýeriň relýefi we ş. m.) geodeziki

nyşanlar gurulmazdan öň ýa-da onuň bilen birlikde punktlaryň rekognosirowkalary ýerine ýetirilip bilner. Rekognosirowkanyň birinji görnüşi (nyşanlar gurulmazdan öň) diňe açyk ýerlerde (tokaýlyk däl), şol sanda düzlük, depelik we daglyk etraplarda, haçanda goňşy punktlaryň aralarynda göni görüş bolanda ulanylýar we uly bolmadyk sütünler, ýerden, basgançaklar we ş. m. görnüşde nyşanlaryň beýiklikleri bellenýär. Rekognosirowkanyň ikinji görnüşi (gurluşyk bilen birwagtda ýerine ýetirilýäni) has köp ulanylýanydyr, sebäbi birinji görnüş bilen deňeşdirilende birnäçe artykmaçlyga eýe bolýar. Ol ýapyk ýa-da ýarym ýapyk ýerlerde ulanylýar. Rekognosirowka geçirýän işgär gurlan nyşanlary peýdalanyp, her bir ugur boýunça punktlaryň aralarynda päsgelçilikleriň bardygyny ýa-da ýokdugyny kesgitleýär we teodolitiň kömegi bilen olaryň beýikligini kesgitlemek üçin ölçemeleri ýerine ýetirip bilýär. Rekognosirowka nyşanlary gurmak bilen ýerine ýetirilende gowy netijeleri berýändigini tejribelik görkezdi: punktlaryň aralarynda göni görüşiň bolmazlygyna getirýän, nyşanlaryň belentliklerini nätakyk kesgitlemeklik aradan aýrylýar.

Emma, rekognosirowka bilen nyşanlaryň gurluşygyny bilelikde ýerine ýetirmeklige diňe has iri topografiki kartada jikme-jik işlenip düzülen tehniki taslama bolan ýagdaýynda ygtyýar berilýär.

Meýdan işlerine başlamazdan (gitmezden) öň rekognosirowkaçy geodeziki toruň düzülen taslamasyny, şeýle hem berlen materiallary, aýratynam topografiki kartalary üns bilen öwrenmelidir.

Rekognosirowkanyň iki sany usulyny tapawutlandyryýarlar: göz çaky bilen we abzallar ulanmak bilen. Ýer üsti ugur almalaryň ýeterlik sany bolan açyk ýerlerde (düzlük, depelik, daglyk) geodeiki nyşanlaryň beýikligini ýeriň üstünden ýa-da beýik bolmadyk sütünden göz çaky bilen kesgitleýärler. Rekognosirowkanyň şeýle usulyna göz çakly usul diýilýär.

Tokaýlaşan düzlük we depelik ýerlerde, şeýle hem ýeterlik ugur alma predmetleri bolmadyk açyk ýerlerde şol sanda, çöllük we ýarym çöllük we ş. m. ýerlerde punktlaryň ýerleşmeli orunlaryny göz çaky bilen kesgitlemek mümkin däl ýa-da has çylşyrymly. Şeýle ýagdaýlarda taslanan punktlaryň ýerleşýän orunlaryny kesgitlemek üçin abzally usullary peýdalanýarlar. İşleri ýerleşen orny kartada we ýeriň üstünde gutarnykly kesgitlenen başlangyç punktdan başlaýaralar. Karta boýunça kesgitlenýän punkty başlangyç punkt bilen birleşdirýän tarapyň uzynlygyny we azimuthyny kesgitleýärler. Bu maglumatlardan peýdalanyp teodolit, menzula ýörelgelerini geçirýäler ýa- da başga görnüşli geodeziki gurluşlary ýerine ýetirýäler, olaryň kömegi bilen bolsa ýeriň üstünde kesgitlenýän punkty oturtmak üçin ülüşi tapýarlar. Berlen üleş we onuň töweregindäki ýeriň üsti jikme-jik barlanandan soňra geodeziki punkty gurmak üçin belent ýeri saýlap alýarlar. Tokaýlyk ýerlerde belentlikleri saýlap almak üçin köplenç barometriki niwelirleme geçirýärler.

Punktlaryň arasynda göni görüş ýok bolanda (aralygynda päsgelçilik ýerleşen bolsa) nyşanlaryň beýikliklerini kesgitlemek üçin, päsgelçilikleriň we punktlaryň aralaryndaky aralyklary we artdyrmalary (beýgelmeleri) bilmek zerur bolýar. Rekognosirowkaçynyň önünde ýeriň üstünde päsgelçilikleri tapmak, şeýle hem, päsgelçiligiň we punktlaryň aralygyndaky aralyklary we artdyrmalary kesgitlemek meseleleri döreýär. Bu mesele punktlaryň arasyndaky göni çyzyk boýunça ýeriň üstüniň profilini öwrenmek arkaly çözüýärler. Onda abzally usullary ulanýarlar: menzulanyň we kipregeliň kömegi bilen (açyk meýdanlarda) ýönekeýje geometriki torlary gurýarlar; belentlikli teodolit ýörelgelerini geçirýärler; trigonometriki ýa-da barometriki niwelirleme geçirýärler. Ol ýa-da beýleki usuly saýlap almaklyk işler geçirilýän etrabyň aýratynlyklaryna bagly bolýar. Ähli ýagdaýlarda hem ölçemeleriň takyklyklary

geodeziki nyşanlaryň beýikliklerini 2-3 m ýalňyşlyk bilen kesgitlemegi üpjün etmelidir.

Rekognosirowka geçirmegiň hiline köp ýagdaýda tory gurmagyň takyklygy, şeýle hem, meýdan işleriniň göwrümi we bahasy bagly bolýar. Şonuň üçinem rekognosirowkany, geodeziki torlary taslamakda we esasy geodeziki işleri geçirmekde tejribesi bolan ýokary hünärli hünärmenlere tabşyryýarlar.

§ 22. Geodeziki nyşanlaryň beýikliklerini hasaplamak

Geodeziki toruň punktlarynda geodeziki nyşanlary, burç we çyzyk ölçemelerinde görüş şöhleleri her bir ugur boýunça päsgelçiliklerden berlen minimal beýiklikde geçeri ýaly edip gurýarlar. Nyşanlaryň beýikliklerini hasaplamagy köplenç has ýönekeý bolan W. N. Şişkiniň formulalary boýunça ýerine ýetirýärler. Meseläni iki ýakynlaşmada ýerine ýetirýärler. Ilkibaşda goňşy punktlaryň her bir jübüti üçin nyşanlaryň ℓ'_1 we ℓ'_2 takmyny belentliklerini kesgitleýärler, soňra bolsa olary anyklaýarlar we belentlikleriň ℓ_1 we ℓ_2 beýikliklerini gutarnykly tapýarlar.

Nyşanlaryň ℓ'_1 we ℓ'_2 takmyny belentliklerini şu formulalar boýunça kesgitleýärler (25-nji surata seret)

$$\ell'_1 = h_1 + a + \vartheta_1; \quad \ell'_2 = h_2 + a + \vartheta_2, \quad (4.1)$$

bu ýerde h_1 we h_2 – päsgelçilikleriň C nokatdaky deňşililikde birinji we ikinji nyşanlaryň depeleriniň artdyrmalary (maçtalaryň beýikliklerini hasaba almak bilen); a – hereket edýän düzgünnamada bellenen görüş şöhlesiniň päsgelçiligiň üstünden geçmeginiň ygtyýar berlen beýikligi; ϑ_1 we ϑ_2 – Ýeriň egriligi we refraksiýa üçin düzedişler. h_1 we h_2 bolanda nyşanlary alamatlary boýunça aratapawutlardan kesgitleýärler

$$h_1 = H_C - H_1; \quad h_2 = H_C - H_2, \quad (4.2)$$

bu ýerde H_C – päsgeçilikleriň depeleriniň C nokatdaky beýikligi; H_1 we H_2 - birinji we ikinji nyşanlar oturdylan ýerlerde ýeriň üstüniň belentligi. H_i artdyrmalary iri masştably karta boýunça ýa-da punktlaryň rekognossirowkasy wagtynda ýerine ýetirilen ölçemeleri işläp düzmekden kesgitleýärler. Ýeriň egriligi we refraksiýa üçin düzedişleri

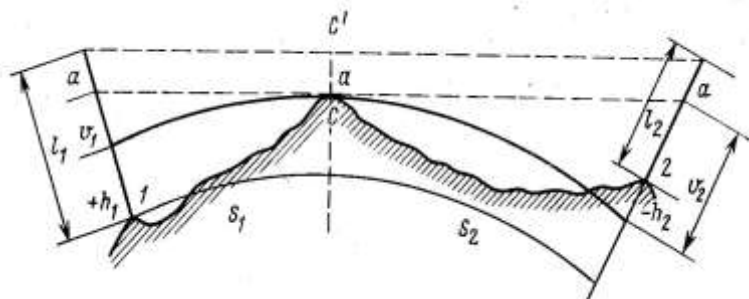
$$\vartheta = s^2 \quad (4.3)$$

formula boýunça hasaplaýarlar, bu ýerde k - ýer refraksiýasynyň koeffisiýenti; R - ýeriň radiusy; s - päsgeçilikden deňişli punktlara çenli aralyk. $K= 0.13$ we $R= 6\,371$ bolanda (4.3) formula

$$\vartheta = 0.068s^2 \quad (4.4)$$

görnüşe girer, bu ýerde ϑ - ululygy metrlerde alýarlar, s bolsa kilometrlerde aňladylýar.

Eger-de h_1 we h_2 şol bir alamatly, s_1 we s_2 aralyklar bolsa dürli alamatly bolanda, (4.1) formulalar boýunça hasaplanýan nyşanlaryň ℓ'_1 we ℓ'_2 beýiklikleri biri-birinden has tapawutlanarlar: bir nyşan pes beýleki bolsa beýik. Beýik nyşanlary gurmaklyk ykdysady taýdan bähbitli däl. Şonuň üçinem, (4.1) formulalar boýunça hasaplanan nyşanlaryň ℓ'_1 we ℓ'_2 beýikliklerini, nyşanlaryň ℓ_1 we ℓ_2 gutarnykly beýiklikleriniň kwadratlarynyň jemi has az bolar ýaly, ýagny, $\sum \ell^2 = \min$ edip anyklamak zerurdyr. Bu talap berjaý edilende nyşanlaryň berlen jübütini gurmaga çykarylan çykadjylar, adatyça has az bolar, sebäbi, her bir nyşany gurmagyň bahasy, beýleki deň şertlerde, onuň beýikliginiň kwadratyna proporsional diýen ýaly (8- nji tablisa seret).



25-nji surat. Geodeziki nyşanlaryň beýikliklerini kesgitlemegiň shemasy

Tablisa 9

Nokatlar	Aralyk S_1 (S_2) km	Nokatlar yň belentlikleri H, m	h_i artdyrmalar	a, m	v, m	Takmyry beýiklik ℓ^1 (ℓ^2), m	Anyklan (düzedilen) beýiklik ℓ^1 (ℓ^2), m
1	8	309	+ 6	+ 4	+4.3	14.3	16.2
C		315				12.2	8.6
2	15	322	-7	+ 4	+15.2		
					$\sum \ell^2$	353.3	336.4

Tarapyň uçlaryndaky her bir jübüt nyşanlaryň anyklanan beýiklikleri $\sum \ell^2$ min şerti berjaý edilende we görüş şöhlesiniň päsgelçiligiň üstünden a berlen beýiklik boýunca geçmegi baradaky talaplar ýerine ýetirende

$$\ell_1 = S_2 D; \quad \ell_2 = S_1 D; \quad D = \frac{S_2 \ell^1 + S_1 \ell^2}{S_1^2 + S_2^2} \quad (4.5)$$

formulalar boýunça hasaplanýar (9-njy tablisa).

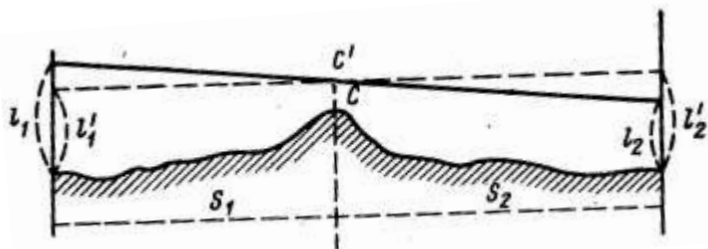
Eger-de, birinji we ikinji punktlara gurluşyk mateiallaryny eltmegiň bahasy dürli - dürli bolsa, onda (4.5) formulalar boýunça alnan beýiklikleri bu ýagdaýy hasaba almak bilen anyklamak gerek bolýar. n ugurlary bolan punktda nyşanyň beýiklikleriniň n bahalary alnar, sebäbi her bir aýratyn tarap (ugur) boýunça hasaplamalar berlen punktda nyşanyň beýikliginiň dürli bahalaryny bererler. Gutarnykly beýiklik hökmünde, ähli ugurlar boýunça görüş şöhlesiniň päsgelçilikleriň üstünden geçmeginiň minimal (ygtyýar berlen) beýikliginde görüşi üpjün edýän beýikligi kabul edýärler.

Rekognossirowka işleriniň tejribeliginde, haçanda bir punktda, mysal üçin ikinjide nyşanyň beýikligi berlen (ýa-da nyşan eýýäm gurlan) we ℓ_2 deň bolan ýagdaýlaryna gabat gelinýär. Şol ýagdaýda birinji punktdaky nyşanyň ℓ_1 beýikligini kesgitlemek talap edilýär; (4.1) formulalar boýunça nyşanlaryň ℓ'_1 we ℓ'_2 takmyny belentliklerini hasaplarys. 26-njy suratdaky üçburçlyklary meňzeş figuralardan alarys

$$\frac{\ell'_1 - \ell_1}{\ell'_2 - \ell_2} = \frac{s_1}{s_2} \quad (4.6)$$

Bu ýerden nyşanyň gözlenýän beýikligini taparys:

$$\ell_1 = \ell'_1 + (\ell'_2 - \ell_2) \cdot \frac{s_1}{s_2} \quad (4.7)$$



26-njy surat. Geodeziki nyşanyň beýikligini anyklamagyň shemasy

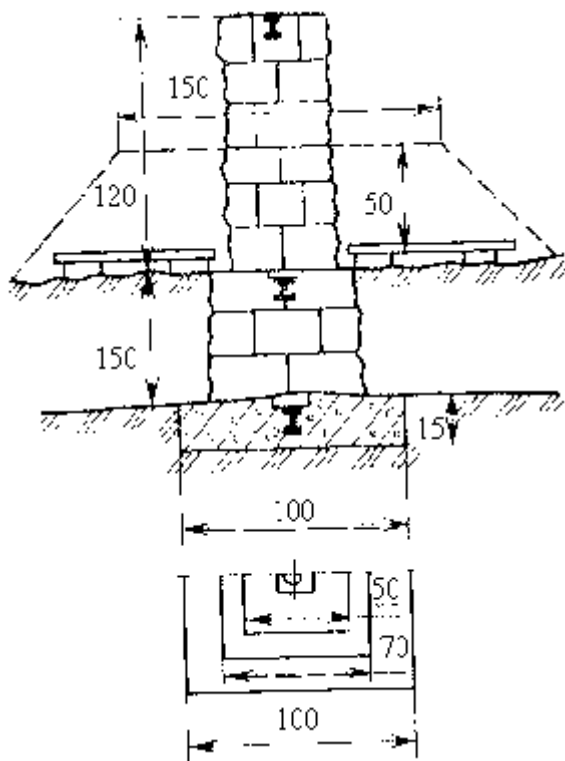
Nyşanlaryň beýiklikleriniň has pes bolmagy we olary gurmaga çykarylan pul çykadjylarynyň az bolmagy barada bildirilýän talaplarda, nyşanlaryň beýiklikleriniň birmeňzeş bahalaryny toruň ähli punktларыnda kesgitlemegiň usullary entek täzelenmäge we ösdürilmäge mätäçdirler.

§ 23. Geodeziki nyşanlar

Geodeziki toryň her bir punkty iki bölekden (ýer asty we ýer üsti) ybarat bolan ýörite desgalaryň kömegi bilen ýeriň üstünde berkidilýär. Ýerasty bölek geodeziki punktyň merkezi bolup durýar. Her bir merkezde üsti belgilenen marka bolup, oňa bolsa punktyň koordinatlary eltilýär. Talap edilýän beýiklikde gurlan, geodeziki nyşan atlandyrylýan daşky bölegi göreş silindrinden, ölçeg abzallaryny otyrtmak üçin niýetlenen stoljykdan we ýeriň üstünden talap edilýän beýiklige ölçeg abzallaryny galdyrmak üçin niýetlenen enjamdan ybarat bolýar.

Nyşanlaryň görnüşleri. Geodeziki torlarda nyşanlaryň dürli gurluşlary ulanylýar: *tur*, *ýönekeý piramida*, *şatiwli piramida*, *ýönekeý signal* we *çylşyrymly signal*. Nyşanyň görnüşini saýlap almaklyk ölçeýji abzaly ýeriň üstünden galdyrylma beýikligine bagly bolýar.

Turlary haçanda ýeriň üstinden ähli ugurlar boýunça görnişler bar wagtynda, üstinde tur gurulýan dag topragy bolsa 1,5 m uly bolmadyk çuňlukda ýatan ýagdaýynda gurulýar. Şu şertlere daglyk we belent daglyk etraplarda gabat gelinýär (27-nji surat). Turuň üstünde görüş silindri bolan ýönekeý piramida oturdylýar. Eger-de piramida gurmak mümkin däl bolsa, onda görüş silindrini göniden-göni turuň üstüne oturdýarlar.

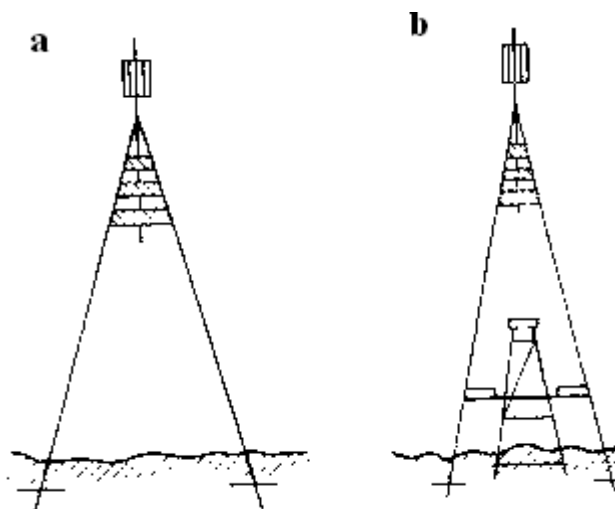


27-nji surat. Geodeziki punktda oturdylan tur

Ýönekeý piramidalary haçanda ýeriň üstinden goňşy punktlara görüş bolanda we gözegçiligi turdan ýa-da

göçme ştatiwden ýerine ýetirip bolýan ýagdaýynda gurýarlar (28-nji *a* surat). Abzaly ýeriň üstinden 2-3 m belenitlige götermeli bolanda piramidadan aýry ýerleşen hemişelik ştatiwli we göriş slindrlri piramidany gurýarlar (28-nji *b* surat). Ştatiwi topraga ornaşdyrýarlar, gözegçi üçin meýdançany ştatiwden aýyrmak bilen piramidanyň sütünine berkidýärler. Döwlet geodeziki torlarynda 5-8 m belenitlikli, agaçdan ýa-da metaldan ýasalan dörttaraply piramidalary gurýarlar.

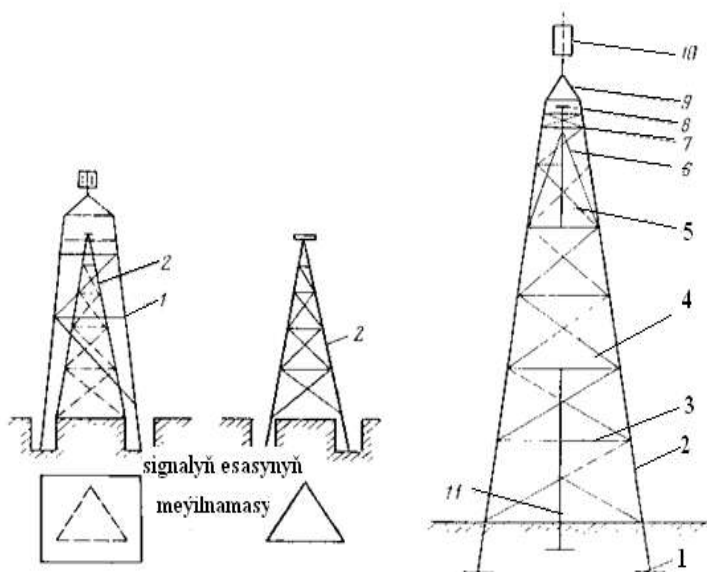
Ýönekeý signallary (29-njy surat), haçanda ölçemeler geçirmek üçin abzaly ýerden 4 -10 m çenli beýiklige galdyrmak zerurlygy ýüze çykanda gurýarlar. Ol biri-birinden aýrylan iki sany bölekden durýar: daşky, göriş slindirden we gözegçi üçin meýdançadan we içki abzaly oturtmak üçin stoljygy bolan bölekden. Ýönekeý signalyň içki piramidasy üçtaraply, daşkysy bolsa adatça dört taraply formada bolýarlar. Piramidanyň daşky esasyndaky esasy sütünleriň arasyndaky aralygy gözegçiniň meýdançasyna çenli $1/5$ beýikliginden 2 m uly diýip kabul edýärler.



28-nji surat. Ýönekeý piramida (a) we ştatiwli piramida (b)

Ýönekeý signallar agaçdan we demirden ýasalyp, olar hemişelik ýa-da sökülýän görnüşlerde bolup bilerler. Gözegçilik edilende sökülýän nyşanlary bir punktdan beýlekä äkidýärler. Olary amatly transport şertleri bolan etraplarda ulanýarlar. Köplenç içki piramida punktda hemişelik, daşkysy bolsa, punktdan punkta äkidip bolýan sökülýän görnüşde bolýar.

Çylşyrymly signallary. haçanda geodeziki abzaly ýerden 11-40 m çenli beýiklige galdyrmak gerek bolanda gurýarlar. Häzirki wagtda çylşyrymly signallary diňe üçtaraply gurluşda gurýarlar, bu bolsa olary ýerde düzmäge we doly taýýar görnüşde oturtmaga mümkinçilik berýär.



29-njy surat. Ýönekeý signal

30-njy surat. Çylşyrymly signal:

1- signalyň sütüniniň esasyňň ýakory; 2- signalyň esasy sütünleri; 3- kese goýlan berkidişi; 4- atanak şekilli berkidişi; 5- stoljygyň diregi; 6- içki piramidanyň diregi; 7- gözegçi üçin meýdança; 8- stoljyk; 9- üçek; 10- görüş silindri; 11- aralyk sütün

Çylşyrymly signalyň daşky piramidanyň üçburçly esasyňň giňligi gözegçiniň meýdançasyna çenli onuň beikliginiň 1/4 böleginiň üstüne 2m goşulmagyna deň.

Geodeziki signallara bildirilýän esasy talaplar.

Çylşyrymly we ýönekeý nyşanlar inženerçilik desgalary hökmünde birnäçe talaplary kanagatlandyrmalydyrlar. Bu talaplar ýerine ýetirilende bolsa geodeziki ölçemeleriň ýokary takyklykda, howpsuzlykda ýerine ýetirilmegi üpjün edilýär. Geodeziki signallar berk, gaty we durnukly bolmalydyrlar.

Geodeziki signallaryň gurluşlarynyň berkliginiň, durnuklylygynyň we gatylygynyň hasaplamalaryny gurluşyk mehanikasy we materiallaryň garşylygy nazaryýetiniň esasynda ýerine ýetirýärler.

Signalyň berkligi diýlip, oňa täsir edýän hemişelik (signalyň detallarynyň agramy) we waglaýyn (şemalyň basyşy, signalyň üstünde ýerleşýän abzallaryň we adamlaryň agramlary we ş.m.) agramlaryna garşy durmak ukybyna düşünilýär. Olaryň täsirleri astynda signalyň aýry-aýry şaýlary we bölekleri deformirlenip biler. Eger-de signal pytramasa we onda galyndy deformasiýa ýüze çykmaýan bolsa, onda signal berk hasap edilýär.

Signalyň durnuklylygy- bu signala şemalyň basyşlary täsir edende, onuň öz ýagdaýyny üýtgeşsiz saklamak ukybydyr. Eger-de signalyň gurluşy nädogry saýlanyp alnan, onuň düýbi bolsa toprakda ýaramaz berkidilen bolsa, onda şemal signaly ýykyp biler. Topragyň döwürleýin doňýan etraplarynda signallaryň esasy sütünlerini oturtmak üçin niýetlenen çukurlaryň çuňluklary şulardan ybarat (metrlerde):

Ýönekeý piramidalar	1
Ýönekeý signallar	1.5
25 m çenli beýiklikli çylşymly signallar:	
esasy sütünler	2
aralyk sütünler	2.5
25 m ýokary beýiklikli çylşymly signallar:	
esasy sütünler	2.5
aralyk sütünler	2

Esasy sütünleriň aşaky böleklerini ýakorlar bilen üpjün edýärler we çukurlaryň düýplerine ýerleşdirilýän berk şitlere oturtýarlar; çukurlary toprak bilen gömýärler we dykyzlaýarlar.

§ 24. Geodeziki punktlaryň merkezleri

Geodeziki punktlaryň merkezleri koordinatlary özünde saklaýarlar, şonuň üçinem merkezler ýeriň üstünde berk berkidilen bolmalydyrlar. Olaryň planda we beýikligi boýunça ýagdaýlary durnukly saklanmalydyrlar. Eger-de ol ýa-da beýleki sebäpden merkez pytrasa ýa-da öz ýagdaýyny üýtgetse, mysal üçin toprakdan çykyp dursa, onda şeýle merkezli punkt öz manysyny ýitirer.

Merkezleri uzak wagtlyk we ynamly berkitmek maksady bilen olary taýýarlamak üçin ýokary berklikli gurluşyk materiýalaryny ulanýarlar: demirbeton pilonlaryny we sütünlerini, asbosement we metalliki turbalary (poslamakdan goraýan serişdeleri ulanyp); merkeziň düýbini topragyň eremek (doňmak) araçäginden 0,5-1 m aşakda ýerleşdirýärler; birmeňzeş fiziko-geografiki şertleri we topragy bolan her bir etrap üçin, uzak möhletleýin hyzmat etjek ýörite gurluşly merkezleri işläp düzýärler.

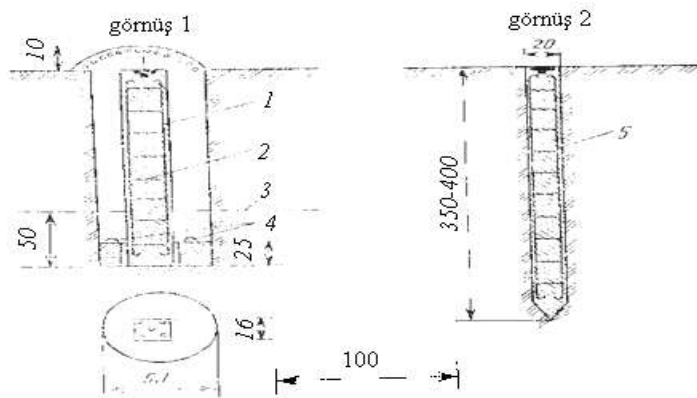
Merkeziň toprakdaky berkligi köp ýagdaýlara baglydyr: topragyň düzümine we häsiýetine (gaýa, toýunsow,

hek çökündileri we ş.m.), topragyň doňmak we eremek çuňlugyna, topragyň çyglylygynyň üýtgemegine, ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgemegine we başgalar. Hemişe merkeziň düýbini topragyň eremek ýa-da doňmak araçäginden aşakda ýerleşdirýmeklik maslahat berilýär.

Topragy döwürleýin doňýan zolaklarda dört görnüşli merkezleri ulanýarlar: 1, 2, 3 we 4 (31-nji surat); Topragy köpýyllyk doňýan zolaklarda 7 we 8 görnüşli merkezleri ulanýarlar (32-nji surat); hereket edýän (göçýän) gumly zolaklarda 9 görnüşli (33-nji surat), gaýaly (daglyk) ýerlerde 10 we 11 görnüşli merkezleri ulanýarlar (34-nji surat).

Islendik görnüşli merkeziň ýokarky böleginde sement garyndysynda çoyun markany oturdýarlar. Bu markanyň sferiki üstünde 2 mm diametrli deşik görnişinde bellik ýazylýar. Bu belligiň üstüne punktyň koordinatalaryny we onda geçirilen ölçemeleriň netijelerini eltýärler.

1 görnüşli merkezler (33-nji surat) topragyň döwürleýin doňýan günorta zolagynyň çäklerinde ulanýarlar. Merkez 16 x 16 sm kesimli demirbeton pilondan (ýa-da 14-16 sm diametrli, içi betondan doldurylan asbosement turbalardan) we 50 sm diametrli we 20 sm beýiklikli beton ýakoryndan durýar. Merkeziň düýbi topragyň iň uly doňmak çäğinden 0.5 m az bolmadyk we hemme ýagdaýlarda ýeriň üstünden 1.5 m az bolmadyk çuňlukda ýerleşdirilmelidir.



31-nji surat. Döwürleýin doňýan toprakdy etraplar üçin niýetlenen geodeziki punktlyrny merkezleri

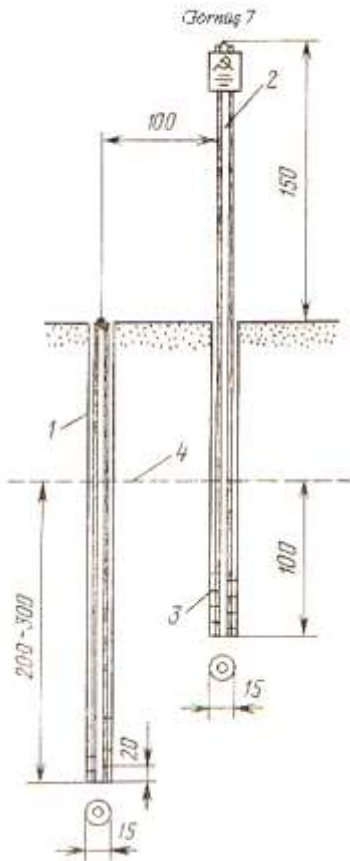
1- 10-12 mm dimetrli armatura; 2- 5-6 mm dimetrli armaturanyň gysyjy örtgileri; 3- topragyň doňýan araçägi; 4- demir skobalar; 5- demirbeton swaýa.

1 görnüşli merkezler topragyň döwürleýin doňýan ähli sebitleri üçin niýetlenendirler. Merkezler 20x20 sm kesimli we 3-4 m uzynlykly demirbeton turbadan durýarlar.

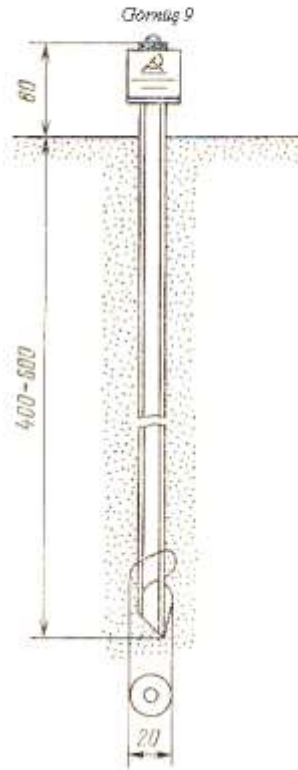
7 görnüşli merkezler (34-nji surat) ömürlük buzlukly zolaklaryň demirgazyk we orta böleklerinde ulanylýar. Merkez diwarlarynyň galyňlyklary 3 mm az bolmadyk 60 mm diametrli metalliki turbadan durýar.

9 görnüşli merkezler (35-nji surat) hereket edýän (göçýän) gumly etraplarda ulanylýar. Merkez 60 mm diametrli diwarlarynyň galyňlyklary 3 mm az bolmadyk sinklenen turbadan ybarat. Ýeriň üstünden 80 sm çykyp duran, turbanyň ýokarky bölegine markany kebşirläp berkidýärler. Turba beton guýulmaýar. Merkeziň düýbini 6 metrden az bolmadyk çuňluga burawlap oturdýarlar.

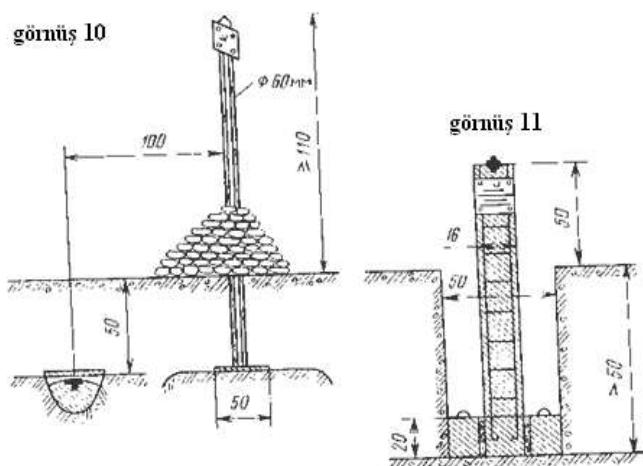
32-nji surat. köpyýlyk döňýän etraplar üçin geodezki punktyň merkezi
1- metaliki turba; 2- 3- ýakorly görnüş nyşany; 4- ereme çägi.



33-nji surat. Göçýän çägeli etraplar üçin geodezki punktyň merkezi



10 görnüşli gaýa merkezlerini (33surat) daglyk etraplarda dag jynslary 0.5 m çenli çuňlukda ýatanda ulanýarlar. Merkez dag jynsyna sementläp berkidilen markadan durýar. Dag jynslarynyň 0.5 metrden geçýän çuňlukda ýerleýän etraplarynda 11 görnüşli merkezleri ulanýarlar.



34-nji surat. Daglyk etraplarda gurulýan merkezler

§ 25. Ykdysadyýet we esasy geodeziki işleriň gurnamasy, tehniki howpsuzlygy boýunça esasy maglumatlar

Häzirki zaman döwlet geodeziki torlary döredilende belli bir tehnologiki shema boýunça dürli işleriň uly göwrümini ýerine ýetirýärler. Bu ýerden olaryň düzüminiň we tehnologiki yzygiderliliginiň tapgyrlar we esasy önümçiligiň tehnologiýasy bilen kesgitlenmelidir.

Geodeziki işler brigadalar düzgüni boýunça gurnalýar. İş üleşiniň göwrümi meýdan möwsüminiň dowamlylygy boýunça kesgitleýärler. Uly bolmadyk üleşlerde rekognossirowka işlerini adatça bir sany ýöriteleşdirilen brigada ýerine ýetirýär. Brigadanyň düzümini işleriň görnüşleri we çylşyrymlylyk kategoriýasy boýunça, ýerine ýetirijileriň hünär derejeleri we ş.m. boýunça kesgitleýärler. kabir

ülüşlerde şol bir brigada birnäçe işiň görnüşlerini ýerine ýetirýärler.

Döwlet geodeziki toruny döretmekligi, edil islendik senagat obýekti gurlandaky ýaly, toruň taslamasyny işläp düzmekden we ylmy-tehniki esaslandyrmakdan başlaýarlar. Soňra otag şertlerinde düzülen geodeziki toryň taslamasyny hakykatda (ýeriň üstünde) takyklaýarlar. Bu maksat bilen meýdan şertlerinde taslanan geodeziki toruň punktlarynda rekognossirowka atlandyrylýan işleri ýerine ýetirýärler. Onuň netijesinde ýer üstündäki her bir punktyň ýerleşýän ýerini kesgitli ýüze çykarýarlar; tory gurmagyň shemasyny takyklaýarlar we zerur bolanda ony azrak üýtgetýärler. Şeýle etmek bilen tory ýer relefiniň şertlerine has gowy ýerleşdirýärler. Geodeziki nyşanlaryň beýikliginiň gutarnykly hasaplamalaryny (punktlar arasyndaky göni görüşi üpjün etmek üçin) ýerine ýetirýärler; ýeriň berlen şertlerine has ýaramly geodeziki nyşanlary we ýerasty merkezleri kesgitleýärler; ýerasty merkezleri oturtmagyň zerur toprak çuňlugyny ýüze çykarýarlar we ş. m., ahyrsoňunda geodeziki tory döretmek üçin çykaryljak çykdajylaryň smetasyny takyklaýarlar.

Punktlaryň rekognossirowkasýndan soňra geodeziki nyşanlary gurmaklyga we ýerasty merkezleri oturtmaklyga girişýärler. Bu işleriň netijesinde geodeziki tor ýeriň üstünde ynamly berkidilmelidir.

Soňra toruň taslamasynda göz önünde tutulan bazis we beýleki taraplary ölçeýärler, giňlikleriň, uzaklyklaryň we azimutlaryň astronomiki kesgitlemelerini ýerine ýetirýärler, toruň punktlarynda kese burçlary ölçeýärler, şeýle hem, geometriki we trigonometriki niwelirlämäniň kömegi bilen geodeziki punktlaryň deňiz derejesinden (kwazigeoidiň üstünden) belentliklerini kesgitleýärler, bellenen meýilnama boýunça astronomo- geodeziki işleri ýerine ýetirýärler.

Punktlaryň töwereginde jikme-jik grawimetriki ölçemeleri geçirýärler we ş.m. Bu işleriň guramaçylygy we

nobaty Türkmenistanyň Goranmak Ministriliginiň 5-nji kärhanasy tarapyndan kesgitlenýär we dolandyrylýar.

Meýdan işleri gutarandan soňra ölçemeleriň netijelerini 3 tapgyrda matematiki işläp düzmeklige girişýärler: 1). Kwazigeoidiň belentliklerini, astronomogeodeziki toruň punktlarynyň geodeziki belentliklerini we olaryň asma çyzyklarynyň gyşarmalaryny kesgitlemek; 2). Başlangyç hasaplamalary ýerine ýetirmek. Netijede punktlaryň merkezlerine eltilen we kabul edilen proyeksiýada (Gayss-Krýugeriň proyeksiýasy) referens-ellipsoide we tekizlige redursirlenen ölçeme ululyklarynyň tablisasyny alýarlar. 3). Geodeziki tory deňleşdirmek, toruň deňleşdirilen elementleriniň takyklygyna baha bermek punktlaryň koordinatalarynyň we belentlikleriniň katalogyny düzmek.

Esasy geodeziki işler dürli şertlerde ýerine ýetirilýär: şäherleriň we senagat obýektleriniň, tokaýlyk we barmasy kyn bolan ýerlerde, demir we gara ýollaryň üleşlerinde we ş.m. Bu şertlerde betbagtlyk ýagdaýlary, trawmalary duýdurmaklyk üçin ähli işler tehnik howpsuzlyk boýunça ýörite düzgünleri we gönükdirmeleri ýerine ýetirmek bilen ýerine ýetirilýär. Bu düzgünler bilen ähli işgärleri tanyşdyrmak maksady bilen ýörite instruktaž geçirilýär. Giriş we işçi ýerlerdäki instruktažlary tapawutlandyryýarlar. Her bir bellenen wagtdan we täze tehnologiýa, enjam girizilende we tehnik howpsuzlyk boýunça täze düzgünler girizilende gaýtdan instruktaž geçirilýär.

Bäşinji bap

Geodeziki torlaryň takyklygyna baha bermek

§ 26. Geodeziki daýanç torlarynyň elementleriniň takyklyk bahasy boýunça esasy maglumatlar

Geodeziki daýanç torlarynyň elementleriniň takyklygyna baha bermek taslama tapgyrynda, haçanda tory

gurmaklygyň amatly (optimal) wariantlaryny kesgitlemeklik işlenip düzlende, şeýle hem, tor gurlandan we deňleşdirilenden soňra ýerine ýetirilýär.

Deňleşdirme hasaplamalarynyň soňky tapgyrlarynda ýerine ýetirilýän takyklyk bahalandyrmasy ýeriň üstünde gurlan geodeziki toruň elementleriniň hakyky takyklygy barada has ynamly maglumatlary berýär. Takyklyk bahalandyrmalar degişli ylmy we halk hojalyk meseleleri geodeziki usullar bilen çözülide geodeziki torlary dogry peýdalanmak üçin zerur bolup durýarlar. Geodeziki usullar bolsa, taraplaryň uzynlyklaryny we azimutlaryny, şeýle hem, geodeziki punktlaryň koordinatalaryny we belentliklerini berlen takyklykda kesgitlemegi talap edýär.

Taslama tapgyrlarynda geodeziki toruň takyklygyny bahalandyrmak tehniki we ykdysady bahalary bolan şu meseleleri çözmeklige mümkinçilikler berýär:

dürli görnüşli geodeziki torlarda taraplaryň uzynlyklary we azimutlary, punktlarynyň koordinatalary geçirilende ölçemeleriň ýalňyşlyklarynyň täsirleriniň kanunalaýyklygyny öwrenmek;

triangulýasiýanyň we trilaterasiýanyň üçburçlyklarynyň amatly formalaryny ýüze çykarmak;

torda bazis taraplaryny we Laplasyň punktlaryny ýerleşdirmegiň zerur ýygylgyny hasaplamak;

taslanýan torda kese burçlary, taraplaryň uzynlyklaryny we Laplasyň azimutlaryny ölçemegiň talap edilýän takyklygyny kesgitlemek, soňra bolsa, bu maglumatlar esasynda abzallary we ölçeme usullaryny saýlap almak;

EHM-lerde modulirlemek arkaly takyklygy bahalandyrmagyň esasynda dürli ölçeme düzüminde we ýeriň emeli hemrasynyň gözegçiliklerinden kesgitlenilýän punktlaryň bazis taraplarynyň, azimutlarynyň dürli ýerleşdirmelerinde tory gurmagyň has oňaýly, tygşytly wariýantyny kesgitlemek.

Häzirki wagtda tory gurmagyň aprior takyklyk bahalandyrmasyňy EHM-lerde iň kiçi kwadratlar usuly arkaly deňleşdirilen elementleriň arasyndaky geometriki we korreliýasion arbaglanşyklary hasaba almak bilen ýerine ýetirýärler. Umumy ýagdaýda islendik deňleşdirilen elementiň m orta kwadratiki ýalňyşlygy iki goşulma görnüşinde ýazylyp bilner:

$$m^2 = m_{ber}^2 + m_F^2,$$

bu ýerde m_{ber}^2 - berlen maglumatlaryň ýalňyşlyklarynyň söhlelendiriýän orta kwadratiki ýalňyşlyk ; m_F –

$$m_F = \mu \sqrt{1/P_F} \quad (5.1)$$

formula arkaly hasaplanýan, deňleşdirilen ululyklary bahalandyryýan F funksiýanyň orta kwadratiki ýalňyşlygy; μ -saldam birliginiň orta kwadratiki ýalňyşlygy; $1/P_F$ - F funksiýanyň ters saldamy. Tor deňleşdirilende saldam birliginiň ýalňyşlygyny

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum P_{82}}{r}} \quad (5.2)$$

formula arkaly tapýarlar, bu ýerde v - tory deňleşdirmekden gelip çykan, P saldam bilen göniden-göni ölçenen ululyga girizilýän düzedişler (ugurlar, aralyklar, azimutlar we ş.m.); r -tordaky artykmaç ölçemeleriň sany.

Geodeziki tory taslama tapgyrynda saldam birliginiň μ ýalňyşlygyny, bar bolan meňzeş torlary gurmak tejribesinden belli diýip hasaplap, berýärler.

Saldam birliginiň berlen μ ýalňyşlygynda taslanýan geodeziki toryň islendik elementleriniň takyklyklaryny bahalandyrmak meselesi bu elementleriň $1/P_F$ ters saldamyňy hasaplamakdan durýar. F funksiýasy hökmünde toruň islendik elementiniň ters saldamyňy hasaplamak üçin şular zerur: ölçemä degişli ähli ululyklar üçin düzedişler deňlemesini

düzmek; karta boýunça kesgitlenen punktlaryň ýakynlaşan koordinatalaryna girizilýän düzedişler deňlemesiniň koeffisiýentlerini hasaplamak; her bir ölçenýän ululygyň saldamyny kesgitlemek; ölçenen ululyklaryň saldamlaryny hasaba almak bilen düzedişler deňlemesiniň koeffisiýentleriniň A matrisasyny düzmek, soňra bolsa bellenen tertipler boýunça normal deňlemeleriň koeffisiýentleriniň N matrisasyna geçmek; $Q = N^{-1}$ ters matrisany tapmak, ýagny, saldam koeffisiýentleriniň matrisasyny tapmak, we ondan peýdalanyň, tordaky her bir punktlaryň karta boýunça kesgitlenen ýakynlaşan koordinatalaryna girizilýän düzedişler deňlemesini hasaplamak; her bir bahalandyrylýan elementiň $1/P_F$ ters saldamyny (5.20) ýa-da (5.21) formula boýunça hasaplamak, soňra bolsa bahalandyrylýan elementiň orta kwadratiki ýalňyşlygyny (5.1) formula boýunça hasaplamak.

§ 27. Ölçenýän ululyklaryň saldamlaryny kesgitlemek

Geodeziki toruň deňleşdirilýän elementleriniň dogrulygy we takyklygy köplenç her bir ölçenýän ululygyň hakyky saldamy dogry anyklamaga bagly bolýar. Umumy ýagdaýda göniden-göni ölçenen her bir ululygyň saldamy

$$P = \frac{c}{\sigma^2} \quad (5.3)$$

formula boýunça hasaplanylmaladyr, bu ýerde c – käbir derejesine çenli özbaşdak bellenýän, tor üçin razmersiz hemişelik ululyk ($c = const$); σ^2 - ölçenýän ululygyň dispersiýasy. Emma, σ^2 dispersiýa näbelli bolup galýar, mysal üçin, ölçeme netijelerinde yzygiderli ýalňyşlyklaryň bardygy sebäpli. Şonuň üçinem σ^2 derek ölçeme netijeleriniň m^2 empiriki dispersiýasyny peýdalanýarlar.

Taslamaklygynyň tapgyrynda ölçenýän ululyklaryň m orta kwadratiki ýalňyşlyklaryny, ozalky gurlan torlarda ýerine ýetirilen şeýle ululyklaryň tejribesini hasaba almak bilen berýärler. Şeýle ýagdaýlarda taslanýan torlarda ölçemegi meýilleşdirilýän N kese ugurlaryň, α azimutlaryň, s aralyklaryň saldamlaryny we

$$P_N = \frac{c}{m_N^2}, \quad P_\alpha = \frac{c}{m_\alpha^2}, \quad P_s = \frac{c}{m_s^2} \quad (5.4)$$

formulalar boýunça hasaplaýarlar. geodeziki torlaryň punktlarynda her bir klasyň kese ugurlary deňtakykly ölçenýärler. Şonuň üçinem $c = m_n^2$ diýip kabul etmeklik maksadalaýykdyr. Bu ýagdaýda (5.4) formulalar şeýle görnüşde ýazylar:

$$P_N = 1, \quad P_\alpha = \frac{m_N^2}{m_\alpha^2}, \quad P_s = \frac{m_N^2}{m_s^2}. \quad (5.5)$$

Ölçen ugurlaryň, azimutlaryň, taraplaryň uzynlyklarynyň orta kwadratiki ýalňyşlyklaryny dürli usullar bilen tapmak we degişlilikde şol bir ululyk üçin ýalňyşlyklaryň dürli bahalaryny almak mümkin. Mysal üçin, triangulýasiýada ölçenen burçuň ýalňyşlygyny burç ölçemelerini duralgada deňleşdirmekden tapmak mümkin (m_1) we olary üçburçluklaryň baglanşyksyzlyklary boýunça hasaplamak mümkin (m_2). 2 klasly triangulýasiýada $m_1 = 0.3''$ we $m_2 = 0.8''$; bu ýerden saldamlaryň iki sany biri-birinden 7 esseden hem köp tapawutlanýan, $p_1 = c/0.09$ we $p_2 = c/0.64$ bahalaryny alarys. Ölçenen azimutlaryň, taraplaryň uzynlyklarynyň we ş.m. orta kwadratiki ýalňyşlyklary kesgitlenede hem şuna meňzeş ýagdaý ýüze çykyar. (5.4) we (5.5) formulalarda burçlary, azimutlary, aralyklary we ş.m. ölçemegiň hakyky takyklygyny häsiýetlendirýän orta kwadratiki ýalňyşlyklaryň bahalaryny peýdalanmaklyk maslahat berilýär.

Tötänleýin we yzygiderli ýalňyşlyklaryň birmeňzeş ululyklary ölçemegiň netijelerine bilelikdäki täsiriniň şertli deňlemeleriň erkin agzalarynyň ululyklaryna has uly bildirýändigini bize öňden bellidir. Şol sebäpli hem, ölçemeleriň hakyky takyklygyny häsiýetlendirýän orta kwadratiki ýalňyşlyklary almak üçin şertli deňlemeleriň baglanşyksyzlyklaryny peýdalanmaklyk maslahat berilýär.

Triangulýasiýada ölçenen burçuň orta kwadratiki ýalňyşlyklaryny üçburçluklaryň baglanşyksyzlyklary boýunça, Ferreronyň formulasyny peýdalanyp hasaplaýarlar

$$m = \sqrt{\frac{\Sigma \omega^2}{3n}}, \quad (5.6)$$

bu ýerde n - üçburçluklaryň baglanşyksyzlyklarynyň sany ω ; ölçenen ugurlaryň orta kwadratiki ýalňyşlygy

$$m_N = \frac{m}{\sqrt{2}} \quad (5.7)$$

deň.

10% sanly ýalňyşlyk bilen m_N kesgitlemek üçin 2-30-dan az bolmadyk üçburçluklaryň baglanşyksyzlyklaryny peýdalanmaklyk zerur bolýar, ol bolsa ýalňyşlygyň özüni kesgitlemegiň m_m ýalňyşyny kesgitlemek üçin ýakynlaşma formulalardan geip çykýar

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2(n-1)}}, \quad (5.8)$$

bu ýerde n - ölçemäniň sany, ýagny bu ýagdaýda üçburçluklaryň baglanşyksyzlyklary.

Aralyklar ýagtylyk we radiouzaklyk ölçejjiler bilen ölçenende ölçenen aralyklaryň orta kwadratiki ýalňyşlygyny adatça

$$m_s = (\alpha_0 + \alpha_I^S) \quad (5.9)$$

formula boýunça hasaplaýarlar, bu ýerde α_0 we α_I - empiriki koeffisiýentler. Olar abzalyň pasportynda görkezilýärler.

Trilaterasiýada we çyzykly-burçly torlarda aralyklary ölçemegiň has ygtybarly orta kwadratiki ýalňyşlygynyň bahasyny merkezi ulgamlaryň we geodeziki dörtburçlyklaryň (olarda ölçenen taraplaryň uzynlyklary bilen) şertli deňlemeleriniň ω erkin agzalary boýunça hasaplamak mümkin:

$$m_{\bar{s}} = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^n \frac{\omega_i^2}{(\sum \lambda_i^2)}} \quad , \quad (5.10)$$

bu ýerde $m_{\bar{s}} - \bar{S} = (\sum s_i)/n$ orta uzynlykly tarapy ölçemegiň orta kwadratiki ýalňyşlygy; k - ω_i erkin agzalaryň sany; $(\sum \lambda_i^2)$ - i-nji geodeziki dörtburçlugyň ýa-da merkezi ulgamyň şertli deňlemeleriniň koeffisiýentleriniň kwadratlarynyň jemi. $m_{\bar{s}}$ bahany 10% ýalňyşlyk bilen almak üçin 2-30-dan az bolmadyk ω_i baglansyzlyklary talap edilýär.

Eger-de $m_{\bar{s}}$ orta uzynlykly taraplar üçin belli bolsa, onda başga uzynlykly taraplar üçin $m_{s(i)}$ öalňyşlyklary

$$m_{s(i)} = \frac{s_i}{\bar{S}} m_{\bar{s}}. \quad (5.11)$$

formula boýunça kesgitlemek mümkin.

(5.10) we (5.11) formulalar (5.9) formula garanda deňeşdirip bolmajak takyk netijeleri berýär, şonuň üçinem (5.4) ýa-da (5.5) formulalar boýunça ölçenen taraplaryň saldamlary hasaplananda olary ulanmaklyk mümkin.

Laplasyň punktlarynda astronomiki azimutlary kesgitlemegiň orta kwadratiki ýalňyşlyklaryny adatça azimutyň bahasynyň, emeller arasynda onuň ortaça bahalaryndan

gyşarmalary boýunça hasaplaýarlar. Şeýlelikde alynan ýalňyşlygyň $m \leq 0.5''$ ululygy onuň hakyky bahalaryndan köp esse tapawutlanýar. Laplasyň punktlaryndaky azimutal kesgitlemeleriň has takyk bahasyny özara ters azimutlaryň d aratapawutlary boýunça hasaplap, ýagny, Laplasyň şertleriniň erkin agzalary boýunça almak mümkin

$$m_{\alpha} = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}, \quad (5.12)$$

bu ýerde n - d aratapawutlaryň sany; adatyça $m_{\alpha} = 1.0''$ bolýar.

§ 28. Geodeziki toruň deňleşdirilen elementleriniň ters saldamlaryny we orta kwadratiki ýalňyşlyklaryny hasaplamak

Deňleşdirilen elementleriniň ters saldamyny hasaplamak

Geodeziki tory taslamagyň tapgyrynda, entek ölçemeler geçirilmänkä, emma, ölçenen ululyklaryň saldamlary eýýäm belli bolanda, baha berilýän elementleriň ters saldamyny kesgitlemek meselesini şeýle çözüýärler. Geodeziki toruň grafiki taslamasyny ýeterlik iri masştably topografiki kartanyň ýüzüne geçirýärler, onda başlangyç we kesgitlenýän punktlary, şeýle hem, ähli ölçenen ululyklary: N kese ugurlary, taraplaryň α azimutlaryny we taraplaryň s uzynlyklaryny (bазis we beýleki) görkezýärler. Karta boýunça toruň ähli punktlarynyň (başlangyç we kesgitlenýän) x , y koordinatalaryny metrlerde kesgitleýärler hem-de punktlaryň takmyny koordinatalarynyň katalogyny düzýärler.

Toruň deňleşdirilen elementleriniň ters saldamyny, geodeziki tory giňişlikde deňleşdirmegiň parametriki usulynyň algoritiminden peýdalanyп hasaplaýarlar. Munuň üçin

ilkibaşda ähli ölçenýän ululyklar üçin degişli düzedişler deňlemesini düzýärler, olar şeýle görnüşe eýe bolýarlar:

ölçenýän ugurlar üçin

$$\vartheta_{ik(N)} = -\delta z_i - a_{ik} \zeta_i - b_{ik} \eta_i + a_{ik} \zeta_k + b_{ik} \eta_k + l_{ik(N)}; \quad (5.13)$$

ölçenýän azimutlar üçin

$$\vartheta_{k(\alpha)} = -a_{ik} \zeta_i - b_{ik} \eta_i + a_{ik} \zeta_k + b_{ik} \eta_i + l_{ik(\alpha)} \quad (5.14)$$

ölçenýän aralyklar üçin

$$\vartheta_{ik(s)} = -c_{ik} \zeta_i - d_{ik} \eta_i + c_{ik} \zeta_k + d_{ik} \eta_k + l_{ik(s)}, \quad (5.15)$$

bu ýerde i, k - punktlaryň tertip sanlary; δz_i - i -nji punktda ugur alma burçyna düzediş; ζ, η - kesgitlenýän punktlaryň ýakynlaşma absissalaryna we ordinatalaryna düzedişler, dm; a, b, c, d - punktlaryň ýakynlaşma koordinatalary boýunça hasaplanýan koeffisiýentler; l_{ik} - düzedişler deňlemesiniň erkin agzalary.

Toruň deňleşdirilen elementleriniň ters saldamlaryny kesgitlemek üçin düzedişler deňlemesiniň erkin agzalary talap edilmeýärler.

δz_i düzedişlerde koeffisiýentler (-1) deň; EHM-lerde hasaplamak üçin şu görnüşde üýtgedilýän a, b, c, d koeffisiýentler

$$a_{ik} = -\frac{p \sin \alpha_{ik}}{10 s_{ik}} = -20\,625.5 \frac{\Delta y_{ik}}{\Delta x_{ik}^2 + \Delta y_{ik}^2};$$

$$b_{ik} = -\frac{p \cos \alpha_{ik}}{10 s_{ik}} = +20\,625.5 \frac{\Delta y_{ik}}{\Delta x_{ik}^2 + \Delta y_{ik}^2}. \quad (5.16)$$

$$c_{ik} = \cos \alpha_{ik} = \frac{\Delta x_{ik}}{\sqrt{\Delta x_{ik}^2 + \Delta y_{ik}^2}};$$

$$d_{ik} = \sin \alpha_{ik} = \frac{\Delta y_{ik}}{\sqrt{\Delta x_{ik}^2 + \Delta y_{ik}^2}}, \quad (5.17)$$

formulalar boýunça hasaplanýarlar, bu ýerde $\Delta x_{ik} = x_k - x_i$ we $\Delta y_{ik} = y_k - y_i$ koordinatalar artdyrmalary we taraplaryň s_{ik} uzynlyklary metrlerde berlen; $\rho = 206\,265''$.

Hasaplama işleriniň göwrümini azaltmak üçin, *reduksirlenen normal deňlemeler atlandyrylýan* deňlemeleri düzýärler. Olarda duralgalardaky ugur alma burçlara δz_i düzedişler aýrylan. Bu maksat bilen her bir punktda (5.13) deňlemelerde deňlemeleri δz_i düzedişsiz, $p = 1$ kabul edip ýazýarlar, soňra $p = 1/n$

saldamly punktda şeýle deňlemeleriň jemine deň bolan, jem deňlemäni düzýärler, bu ýerde n - punktaky ugurlaryň sany.

Ugurlara girizilýän düzedişlere, üstünde burç ölçmeleri geçiriljek, ähli punktlarda düzülen, jem deňlemäni hem goşmak bilen, ölçenýän azimutlar üçin (5.14) düzedişler deňlemesini we ölçenýän aralyklar üçin (5.15) düzedişler deňlemesini birleşdirýärler. Ähli bu deňlemeleri peýdalanyp, tor üçin umumy düzedişler deňlemesiniň koeffisiýentleriniň A matrisasyny düzýärler. Soňra bu deňlemelere laýyk gelýän düzedişler deňlemesiniň P saldamynyň diagonal matrisasyny düzýärler we normal deňlemeleriň koeffisiýentleriniň N matrisasyna geçýärler

$$N = A^T P A, \quad (5.18)$$

Bu ýerde A^T - transponirlenen matrisa.

Eger-de, saldam koeffisiýentleriniň Q matrisasy kesgitlenen bolsa, onda geodeziki toruň islendik deňleşdirilen elementiniň ters saldamyny hasaplamak kyn däl. i tertip sanly kesgitlenýän punktlaryň x_i absissasynyň we y_i ordinatasynyň

ters saldamlary ξ_i we η_i degişli koordinatalar düzedişinde Q matrisanyň diagonal elementlerine deňdirler, ýagny,

$$\frac{1}{P_{x_i}} = Q_{ii} \text{ we } \frac{1}{P_{y_i}} = Q_{i+1, i+1}. \quad (5.19)$$

Geodeziki toruň islendik i we k punktyny (goňşy we biri-birinden daşlaşan) birleşdirýän, α gönükdiriji burçyň we tarapyň s uzynlygynyň ters saldamyny köp sanly üçburçlyklar üçin şu formula arkaly hasaplaýarlar

$$\frac{1}{P_F} = f^T Q_{i-k} f, \quad (5.20)$$

bu ýerde f - F saldam funksiýalarynyň koeffisiýentleriniň wektor-sütüni, f^T bolsa transponirlenen wektor-hatar; Q_{i-k} -berlen i we k punktlaryň koordinatalarynyň düzedişlerine degişli, Q matrisanyň saldam elementleri.

i we k punktlary birleşdirýän gönükdiriji burçyň F_α we tarapyň uzynlygynyň F_s funksiýalarynyň saldamlaryny, degişlilikde (5.14) we (5.15) düzedişler deňlemesi görnüşinde, emma, erkin agzasyz ýazýarlar

$$F_\alpha = - a_{ik}\xi_i - b_{ik}\eta_i + a_{ik}\xi_k + b_{ik}\eta_k; \quad (5.21)$$

$$F_s = - c_{ik}\xi_i - d_{ik}\eta_i + c_{ik}\xi_k + d_{ik}\eta_k, \quad (5.22)$$

bu ýerde a , b , c , d koeffisiýentleri, punktlaryň ýakynlaşma koordinatalaryny peýdalanyň, (5.16) we (5.17) formulalar boýunça hasaplaýarlar.

Deňleşdirilen elementleriň orta kwadratiki ýalňyşlyklaryny hasaplamak

Saldam birliginiň μ berlen bahasyndan peýdalanyň we deňleşdirilen elementleriň $1/R_F$ ters saldamlaryny hasaplap, (5.1) formula boýunça, taslanylýan geodeziki toruň elementleriniň orta kwadratiki ýalňyşlyklarynyň hasaplama bahalaryny taparys:

punktларыň x_i absissalarynyň we y_i ordinatalarynyň

$$m_{xi} = \mu \sqrt{Q_{ii}}; \quad m_{yi} = \sqrt{Q_{i+1,i+1}}; \quad (5.23)$$

taraplaryň we diagonallaryň gönükdiriji burçlarynyň

$$m_{\alpha(ik)} = \mu \sqrt{1/p_{\alpha(ik)}}; \quad (5.24)$$

taraplaryň we diagonallaryň uzynlyklarynyň

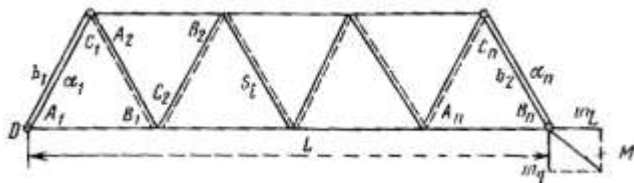
$$m_{s(ik)} = \mu \sqrt{1/p_{s(ik)}}. \quad (5.25)$$

Eger-de berlen maglumatlaryň belli bolan ýagdaýynda, olaryň täsirlerini goşmaça hasaba almak zerur bolýar.

§ 29. Triangulýasiýanyň takyklygyna ýakynlaşma formulalary arkaly baha baha bermek. Triangulýasiýa hatarlarynda azimutlary we taraplaryň uzynlyklaryny geçirmegiň orta kwadratiki ýalňyşlygy

1 klasly triangulýasiýa hatarlary. Şeýle hatarlar her haýsynyň uzynlygy 200 km bolan zynjyrlardan emele gelýärler. Her bir zynjyryň iki ujunda b_1, b_2 bazis taraplary ölçenýär we bu taraplaryň α_1 we α_2 azimutlary kesgitlenýärler (35-nji surat). Soňra ulanmak üçin käbir belgiler girizeliň: s_i – baglaýjy taraplar (goňşy üçburçlyklar üçin umumy); c_i –

üçburçlyklaryň aralyk taraplary; A_i we B_i – baglaýjy taraplaryň garşysynda ýatan, baglaýjy burçlar; C – aralyk burçlar; L - soňky punktlarynyň arasyndaky zynjyryň diagonalynyň uzynlygy.



35-nji surat. Triangulýasiýa zynjyrynyň uzaboýuna we keseligine süýşmegi.

Goý, M - deňleşdirilen zynjyryň soňky punktyny, onuň başlangyç punktyna görä kesgitlemegiň orta kwadratiki ýalňyşlygy bolsun. M ýalňyşlygy iki sany düzüjiniň: m_L - zynjyryň golaýyndaky we m_q – zynjyra perpendikulýar, jemi hökmünde göz önüne getireliň. Bu ýagdaýda

$$M = \sqrt{m_L^2 + m_q^2}; \quad (5.26)$$

m_L - triangulýasiýa zynjyrynyň *uzaboýuna*, m_q - *keseligine süýşmegi* diýip atlandyrmak kabul edilen.

Goý, triangulýasiýa zynjyry onyň uçlaryndaky bazisleri we azimuthlary bilen deňtaraply üçburçlyklardan durýan we ugry boýunça figuralar, bazisler we azimuthlar şertlerinde deňleşdirilen bolsun. Şeýle zynjyrdaky baglaýjy tarapyň logarifiminiň orta kwadratiki ýalňyşlygy (logarifiminiň 6-njy nyşany birliginde

$$m_{lgs(k)} = \sqrt{m_{lgb}^2 / 2 + 3,15 m^2 \frac{(N-k)k}{N}} \quad (5.27)$$

deň.

Otnositel ýalňyşlygy

$$m_s/s = m_{lgs}/M 10^6 = 1/434300/m_{lgs} \quad (5.28)$$

formula arkaly taparys.

Ýörelge çyzygy boýunça geçirilýän (35-nji suratda punktir bilen görkezilen) baglaýjy tarapyň azimutynyň orta kwadratiki ýalňyşlygy

$$m_{A(k)} = \sqrt{m_A^2/2 + m^2/25 [(5k+12) - (5k+6)^2/5N + 22]} \quad (5.29)$$

deň.

Şeýle zynjyryň uzaboýuna we dikligine süýşmegini

$$m_L = L/\sqrt{2\sqrt{m_b^2/b^2 + 2n^2 - 3n + 10/9n} m^2/\rho^2} \quad (5.30)$$

$$m_g = L/\rho \sqrt{2\sqrt{m_A^2 + n^2 + 2n + 12/15n} m^2} \quad (5.31)$$

formulalar arkaly hasaplaýarlar.

(5.27) - (5.31) formularda: N - zynjyrdaky üçburçlyklaryň sany; k - üstüne bahalandyrylýan tarap eltilýän üçburçlygyň tertip sany; n - zynjyryň dioganalynda aralyk taraplaryň sany $L = ns$; m , m_A , m_b/b - degişlilikde burçlary, Laplasyň azimutlaryny we bazis tarplaryny ölçemegiň orta kwadratiki ýalňyşlylyklary. m_{lgb} bazis taraplarynyň we m_{lgs} baglaýjy taraplaryň logarifmleriniň ýalňyşlyklary, logarifmiň 6-njy nyşanynyň birliginde aňladylan.

Şu formulalar arkaly deňtaraply üçburçlyklardan düzülen zynjyryň (35-nji surata seret) elementleriniň orta kwadratiki ýalňyşlyklaryny hasaplaýs: bu zynjyrda $L=176 \text{ km}$, $s = 22 \text{ km}$, $N=16$, $n = 8$, $k = 8$, $m = 0,7''$, $m_{b/b} = 1/400 \text{ 000}$ ýa-da $m_{lgb} = 1,1$ logarifimiň 6 njy nyşanynyň birligi; $m_A = 1,1''$ deň.

Zynjyryň ortasynda baglaýjy tarapyň orta kwadratiki

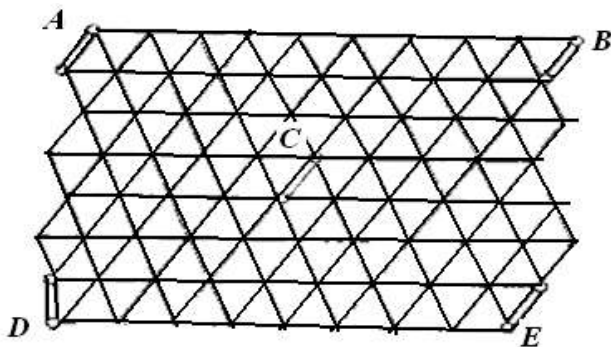
ýalňyşlygy m_s , metrde	0,13
Otnositel ýalňyşlyk m_s/S	1/167 000
Zynjyryň ortaky tarapynda azimutyň orta kwadratik ýalňyşlygy $m_{A(k)}$	1,1"
Zynjyryň uzaboýuna süşmegi m_L , metrde	0,62
Zynjyryň dikligine süşmegi m_q , metrde	0,76
Zynjyryň umumy süýşmesi M , metrde	0,98

bolar.

§ 30. Tutuş triangulýasiýa torlarynyň takyklyk bahasy

200 x 200 km razmerli 1 klasly triangulýasiýa poligonlaryny doldurýan, 2 klasly triangulýasiýanyň tutuş torlarynyň takyklygyna baha bermeklige professorlar A.I. Durnewiň, K.L. Proworowyň, geodeziki önümçiliginiň görnükli işgärleri S.G. Sudakowyň, D. A. Lariniň we başgalaryň giňişleýin barlamalary bagyşlanypdyr. K.L. Proworowyň formulalary has köp ulanylýar, bizem şolardan peýdalanarys.

Aşakda görkezilen (5.32)-(5.36) formulalar her biri 100-300 punktdan ybarat bolan 2 klasly tutuş triangulýasiýa torlary üçin alnan (36-njy surata seret). Bu torlar burçlary boýunça erkin hökmünde figuralar, gözýetimler, polýuslar, gönükdiriji burçlar we bazisler şertleri üçin, başlangyç azimutlaryň we bazisleriň ýalňyşlyklaryny hasaba almazdan, deňleşdirilen.



36-njy surat. Ölçenen azimutlary we bazis taraplary bolan deňtaraply üçburçlyklardan düzülen 2 klasly tutuş triangulýasiýa torý

K. L. Proworowyň barlamalary 2 klasly tutuş triangulýasiýa torunyň deňleşdirilen elementleriniň arasynda şu ýönekeý gatnaşygyň bardygyny görkezdi.

$$m_s/s = m_\alpha/\rho: \quad m_L/L = m_T/\rho, \quad (5.32)$$

Bu gatnaşyklardan, üçburçlyklaryň taraplarynyň m_s/s otnositel ýalňyşlyklary bu taraplaryň gönükdiriji burçlarynyň radian ölçegde aňladylan m_α/ρ ýalňyşlyklaryna deňdigi barada netije çykarmak bolar. Bu goňşy däl punktlary birleşdirýän L diagonalalaryň ýalňyşlyklaryna hem degişlidir.

Islendik L - diagonalynyň, onuň başyna görä uzaboýuna m_L süýşmegi, onyň dik süýşmegine deň we

$$m_L = m_q = \frac{m_T}{\rho} L \quad (5.33)$$

formula arkaly hasaplanýar, bu ýerde L - diagonalynyň ugrunyň m_T ýalňyşlygy

$$m_T = m\sqrt{n^2 - 3n + 50/45} n - n^2 - 5n + 80/70N \quad (5.34)$$

deň.

Bu ýerde m - burçlary ölçemegiň orta kwadratiki ýalňyşlygy; n - L diagonalynyň soňky nokatlarynyň arasyndaky zynjyryň üçburçlyklarynyň sany; N - tordaky bazis taraplarynyň arasyndaky üçburçlyklaryň sany. $N = N = 24$ we $m = 1.0''$ bolanda alarys: $m_L = m_q = 0.44 m$.

Özbaşdak formaly üçburçlyklary bolan tutuş triangulýasiýa torunda (30^0 - dan 110^0 -a çenli burçlary bolan) burçlary boýunça deňlenende şu geometriki şertler ýüze çykýar:

tarapyň gönükdiriji burçynyň orta-kwadratiki ýalňyşlygy ortaça

$$m_{\alpha} = 0,16m\sqrt{N - 6,5 + 48t} \quad (5.35)$$

deň;

tarapyň logarifiminiň (6-njy nyşanynda) orta kwadratiki ýalňyşlygy

$$m_{lgs} = 0,35m\sqrt{N - 6,5 + 48t}, \quad (5.36)$$

bu ýerde m - ölçenen burçyň orta kwadratiki ýalňyşlygy; N - bazis taraplarynyň arasyndaky üçburçlyklaryň ortaça sany; t – ululyk

$$t = (1/2)^{N/4} - (1/2)^{(N/4)+1} \quad (5.37)$$

formula boýunça hasaplanýar ýa-da N ululyk boýunça tapylýar (10-njy tablisa).

(5.33) - (5.36) formulalar orta kwadratiki ýalňyşlyklaryň azaldylan bahalaryny berýär, sebäbi azimuthlary ölçemegiň m_A ýalňyşlygyny, bazis taraplaryny ölçemegiň m_{lgb}

ýalňyşlygyny hasaba almaýar. Bu täsirleri hasaba almak bilen m_α we m_{lgs} ýalňyşlyklaryň takyk bahalaryny alarys:

$$M_\alpha = \sqrt{m_A^2/2 + m_\alpha^2}; \quad (5.38)$$

$$M_{lgs} = \sqrt{m_{lgb}^2/2 + m_{lgs}^2}, \quad (5.39)$$

bu ýerdäki m_α we m_{lgs} (5.35) we (5.36) formulalar boýunça hasaplanýar.

Tablisa 10

N	t	N	t
11	0.138	18	0.043
12	0.117	19	0.036
13	0.100	20	0.031
14	0.084	21	0.026
15	0.072	22	0.022
16	0.060	23	0.018
17	0.051	24	0.016

Goý, tutuş triangulýasiýa torunyň uçlarynda 24 üçburçlykdan Laplasyň azimutlary kesgitlenen bolsun ($N=24$). Kese burçlar we azimutlar $m = m_A = 1,0''$ orta kwadratiki ýalňyşlyk bilen, bazis taraplary $m_b/b = 1/300\,000$ ýa-da $m_{lgb} = 1,45$ ýalňyşlyk bilen ölçenen bolsun. $N = 24$ bolanda $t = 0,016$ bolar. Bu maglumatlardan peýdalanyňp (5.38) we (5.39) formulalar boýunça alarys: $M_\alpha = 1,0''$ we $M_{lgs} = 2,1$ logarifimiň 6-nyşanynyň birligi ýa-da $m_{s/s} = 1/200000$, bu bolsa üçburçlyklaryň taraplarynyň uzynlyklary $s = 7 \div 20$ km bolanda, $m_s = 4 \div 10$ sm ýalňyşlyga getirjekdigini aňladýar, ýagny, ortaça 6 sm. Geodeziki daýanç toryny gurmagyň şu takyklygy topografiki kartalaşdyrmalary 1:2000 masştaba

çenli, hatda ondan hem iri masştablarda geçirmek üçin ýeterlik bolup durýar 4-nji tablisa seret).

§ 31. Azimutlary bazis taraplaryny ýerleşdirmegiň ýygylgy. Üçburçlyklaryň amatly formalary

Azimutlary ýerleşdirmegiň ýygylgy Laplasyň azimutlary geodeziki daýanç torlary gurmakda wajyp orny eýeleýär: geodeziki toruň ähli böleklerinde, onuň taraplaryny garaşsyz azimutal ugrukdyrmagy, birmeňzeş ýokary takyklykda üpjün edýär; ölçemeleriň yzygiderli ýalňyşlyklarynyň täsirini gowşadyp, azimutal şertleriň baglansyksyzlyklary boýunça burç ölçemeleriniň netijelerini barlamaklyga mümkinçilik berýär; azimutal şertli deňlemeleriň döremegine getirýär, bu bolsa torlar deňlenende olaryň takyklygynyň ýokarlanmagyna getirýär.

Triangulýasiýada olaryň üsti bilen Laplasyň azimutlaryny ýerleşdirmeklik zerur bolan, üçburçlyklaryň aňrybaş ygtyýar berlen sanyny n_{max} hasaplarys.

Goý, üçburçlyklar zynjyrynyň uçlarynda α_1 we α_2 azimutlar ölçenen bolsun (35-nji surata seret). Üçburçlyklaryň C_i aralyk burçlaryny peýdalanyp, umumy ýagdaýda ýazarys.

$$\alpha_2 = \alpha_1 - C_1 + C_2 - C_3 + \dots + C_n \pm (n-1) 180^\circ.$$

Orta kwadratiki ýalňyşlyklara geçip alarys

$$2m_\alpha^2 = n m^2,$$

bu ýerde m_α we m - degişlilikde azimutlary we burçlary ölçemegiň orta kwadratiki ýalňyşlyklary; n - azimutlaryň arasyndaky üçburçlyklaryň sanyna deň bolan, aralyk burçlaryň sany.

Goý, ýalňyşlyklaryň aňrybaş bahalary berlen bolsun: $m_\alpha \text{ aňrybaş} = t m_\alpha$ we $n \text{ aňrybaş} = n_{max}$. Onda burçlary ölçemegiň

m'' orta kwadratiki ýalňyşlygynyň berlen bahasynda we $t = 2,5$ bolanda, alarys

$$n_{\max} \leq 12.5 m_{\alpha}^2 / m^2. \quad (5.40)$$

$m_{\alpha} = m$ bolanda, $n_{\max} = 12$; $m = 1.0''$ we $m = 0,7''$ bolanda, $n_{\max} = 25$ bolar.

1 klasly triangulýasiýa zynjyrlary 12-16 sany üçburçlyklardan durýar. 2 klasly triangulýasiýa torlarynda esaslanmanyň talaplaryna laýyklykda azimutlar 25 üçburçlykdan geçmän kesgitlenmelidir.

Bazis taraplaryny ýerleşdirmegiň ýygylgy. Edil Laplasyň azimutlary ýaly triangulýasiýada bazis taraplary wajyp orny eýeleýärler. Olar ýeriň üstünde geodeziki torlary gurmagyň ýeke-täk masşabyny belleýärler; ölçemeleriň yzygiderli ýalňyşlyklaryny gowşadyp, taraplaryň uzynlyklaryny geçirmegiň takyklygyna gözegçilik etmäge mümkinçilik berýärler; geodeziki torlar deňleşdirilende bazis şertli deňlemeleriniň döremegine we onuň takyklygynyň ýokarlanmagyna getirýarlar.

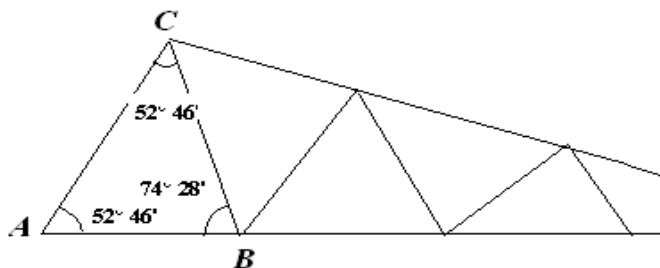
Döwlet geodeziki torlarynyň gelşikli ulgamyny gurmaklygy üpjün etmek maksady bilen Laplasyň azimutlaryny bazis taraplarynyň iki ujynda hem kesgitlemek kabul edilen. Şonuň üçinem, triangulýasiýada bazis taraplaryny ýerleşdirmegiň ýygylgy Laplasyň azimutynyňky ýalydyr.

Üçburçlyklaryň amatly formalary. Triangulýasiýada üçburçlyguň islendik tarapy birmeňzeş wajyp baha eýedir, şonuň üçinem üçburçlyklaryň baglaýjy s we aralyk c taraplary, beýleki deň şertlerde, birmeňzeş ýokary takyklykda kesgitlenmelidirler. Bu talap şunuň ýaly deňleme görnüşinde ýazarylyp biliner

$$m_s/s = m_c/c = \min.$$

Şu talaby ýerine ýetirmekde triangulýasiýa hatarlaryndaky üçburçlyklar $C = A = 52^{\circ} 46'$ we $B = 47^{\circ} 28'$ deňtaraply burçlary bilen alynýar.

Emma, tejribelikde formasy boýunça iň amatly üçburçlyk, deňtaraply üçburçlykdyr, emma ýerüsti reliefiň aýratynlyklary sebäpli, olary gurmaklyk hemişe başartmaýar. 1 klasly triangulýasiýada üçburçlyklardaky burçlaryň ululygy 40° -dan, 2 klasly tutuş triangulýasiýa torlarynda bolsa, 30° -dan kiçi bolmaly däldir.



37-nji surat. “amatly” burçlary bolan üçburçlyklar zynjyrynyň shemasy

§ 32. Trilaterasiýa torlarynyň hatarlarynyň takyklygyna ýakynlaşma formulalar boýunça baha bermek

Goý, A , B we C burçlarynyň garşysynda ýatan a , b , c ölçenen taraplary bolan ABC üçburçlyk berlen bolsun (37-nji surat). Islendik tarap üçin, meselem, a tarap üçin kosinuslar teoremasyna laýyklykda ýazarys

$$a^2 = b^2 + c^2 \cos A. \quad (5.41)$$

Bu aňlatmanyň çep we sag taraplaryny ähli üýtgeýän ululyklar boýunça differensirläp we çylşyrymly bolmadyk üýtgetmeleri ýerine ýetirip, alarys

$$dA = \frac{\rho}{h_A} (da - db \cos C - dc \cos B) \quad (5.42)$$

bu ýerde h_A - A burcuň depesinden a garşydaş tarapa düşürilen üçburçlygyň beýikligi. Ol şu formulalaryň islendik biri boýunça hasaplanýar

$$h_A = c \sin B = b \sin C = \frac{bc}{a} \sin A. \quad (5.43)$$

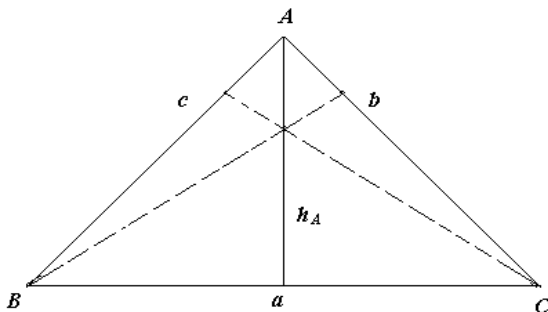
(5.42) aňlatmada differensiallardan orta kwadratiki ýalňyşlyklara geçip, alarys

$$m_A^2 = \frac{\rho^2}{h_A^2} (m_a^2 + m_b^2 \cos^2 C + m_c^2 \cos^2 B) \quad (5.44)$$

(5.44) formula hasaplanan burcyň m_A ýalňyşlygynyň ýüze çykarýar üçburçlygyň taraplaryny ölçemegiň m_a , m_b , m_c ýalňyşlyklaryna we üçburçlygyň B we C burçlarynyň depelerinden garşydaş ýatan b we c taraplara h_B we h_C beýiklikleri düşürip, soňra bolsa (5.44) alynandaky ýaly üýtgemeleri ýerine ýetirip, B we C burçlaryň orta kwadratiki ýalňyşlyklary üçin meňzeş formulalary alarys

$$m_B^2 = \frac{\rho^2}{h_B^2} (m_b^2 + m_a^2 \cos^2 C + m_c^2 \cos^2 A) \quad (5.45)$$

$$m_C^2 = \frac{\rho^2}{h_C^2} (m_c^2 + m_a^2 \cos^2 B + m_b^2 \cos^2 A).$$



38-nji surat. Ölçenen taraplary bolan üçburçlyk

Deňtaraply üçburçlykda $a = b = c = s$, $\cos A = \cos B = \cos C = 0.50$; $h_A = h_B = h_C = s \sin 60^\circ = s\sqrt{3}$. Şonuň üçinem, taraplary ölçemegiň birmeňzeş takyklygynda, ýagny, $m_a = m_b = m_c = m_s$, üçburçlykdaky ölçenen islendik burçyň orta kwadratiki ýalňyşlygy m_β ($\beta = A; B; C$) şuna deň bolar

$$\frac{m_\beta}{\rho} = \frac{m_s}{s} \sqrt{2} \quad (5.46)$$

Trilaterasiýanyň deňtaraply üçburçlykda hasaplanan β burçlaryň talap edilýän m_β ýalňyşlyk bilen kesgitlenmegi üçin, taraplar şu aşakdakylardan uly bolmadyk ýalňyşlyklar bilen ölçenmegi zerurdyr

$$\frac{m_s}{s} = \frac{m_\beta}{\rho\sqrt{2}} = \frac{m_N}{\rho} \quad (5.47)$$

bu ýerde $m_N = \frac{m_\beta}{\sqrt{2}}$ ugury ölçemegiň orta kwadratiki ýalňyşlygy.

Trilaterasiýa zynjyrynyň uzaboýuna we dikligine süýşmegi

Goý, deňtaraply üçburçlyklardan durýan uçlarynda ölçenen A_1 we A_2 azimutlary bolan trilaterasiýa zynjyry berlen bolsun. Azimutlar şerti üçin zynjyry deňleşdirip, S. A. Butleriň formulalary boýunça taparys:

zynjyryň uzaboýuna süýşmegi

$$m_L = \frac{m_s}{2} \sqrt{\frac{N^2 - 1}{N}} \quad (5.48)$$

zynjyryň dikligine süýşmegi

$$m_q = \sqrt{\frac{L^2}{2\rho^2} m_A^2 \frac{N-1}{36} (N^2 + N + 48) m_s^2} \quad (5.49)$$

bu ýerde L- zynjyryň diagonalynyň uzynlygy; N- zynjyrdaky üçburçlyklaryň sany; m_A , m_s – azimutlary we taraplaryň uzynlyklaryny ölçemegiň orta kwadratiki ýalňyşlygy.

L = 200 km, N = 16, s = 25 km, $m_A = 1.0''$ we $m_s/s = 1/300\,000$ ýa-da $m_s = 0.083$ m bolanda alarys $m_L = 0.17$ m, we $m_q = 1.18$ m. Onda $M = \sqrt{m_L^2 + m_q^2} = 1.19$ deň bolar.

Deňtaraply üçburçlyklardan düzülen trilaterasiýa tutuş torlary

200 x 200 km razmerli 2 klasly trilaterasiýanyň tutuş tory erkin hökmünde azimutlar we merkezi ulgamlar şertleri üçin deňleşdirilen diýip hasaplalyň. Deňleşdirilen elementleriň orta kwadratiki ýalňyşlyklaryny (azimutlaryň ýalňyşlyklaryny hasaba almazdan) hasaplamak üçin K.L. Proworowyň formulalaryndan peýdalanarys.

Goňşy punktlaryň otnositellik ýagdaýlarynyň orta kwadratiki ýalňyşlyklary:

tarapyň soňunyň uzaboýuna süýşmegi

$$m_t = 0.83m_s \quad (5.50)$$

tarapyň soňunyň dikligine süýşmegi

$$m_r = 1.20m_s \quad (5.51)$$

tarapyň soňunyň doly süýşmegi

$$U = \sqrt{m_t^2 + m_r^2} \quad (5.52)$$

Goňşy däl punktlaryň otnositellik ýagdaýlarynyň orta kwadratiki ýalňyşlyklary:

diagonalynyň soňunyň uzaboýuna süýşmegi

$$m_L = m_s \sqrt{\frac{(N+15)(k-11)}{10(N+25)}} \quad (5.53)$$

diagonalynyň soňunyň dikligine süýşmegi

$$m_q = m_s \sqrt{\frac{(N+15)(5k^2 + 12k + 8)}{30(N+25)}} \quad (5.54)$$

diagonalynyň soňunyň doly süýşmegi

$$M = \sqrt{m_L^2 + m_q^2} \quad (5.55)$$

bu ýerde L - biri-birinden k üçburçlyklardan duran, zynjyryň goňşy däl punktlary birleşdirýän diagonalynyň uzynlygy; N - azimutlaryň arasyndaky üçburçlyklaryň ortaça sany ($k \leq N$); m_s – taraplary ölçemeginiň orta kwadratiki ýalňyşlygy.

Trilaterasiýanyň tutuş torynda $L = 180$ km, $N = k = 24$, $s = 15$ km, $m_s/s = 1/300\,000$ ýa-da $m_s = 0.05$ m bolanda alarys $m_L = 0.08$ m, we $m_q = 0.46$ m, $M = 0.47$.

Bu hasaplama, tutuş trilaterasiýa torlarynda islendik diagonalynyň soňunyň onuň başyna görä dikligine süýşmeginiň, uzaboýuna süýşmeginden alty esse uludygyny görkezýär. Tutuş triangulýasiýa torlarynda bu süýşmeler özara deňdirler.

§ 33. Poligonometriýa zynjyrlarynyň takyklygyna baha bermek

1 klasly poligonometriýa zynjyrlary göniçyzykly we birmeňzeş uzynlykly taraplardan durýarlar hem-de uçlarynda

kesgitlenen, azimutlar şerti üçin deňleşdirilen diýip hasap edeliň. Professor W.W Danilowyň formulalaryna laýyklykda, şeýle zynjyryň uzaboýuna we dikligine süýşmeleri üçin ýazarys

$$m_L = m_s \sqrt{nm_s^2 + n^2 m_\sigma^2} \quad (5.56)$$

diagonalynyň soňunyň dikligine süýşmegi

$$m_q = \frac{L}{\rho} \sqrt{\frac{m_A^2}{2} + \frac{n+3}{12} m''^2} \quad (5.57)$$

bu ýerde n - zynjyrynda taraplaryň sany; m_s we m_σ - aralyklary tötänleýin we zygyderli ýalňyşlygy; m_A we m - deňşlilikde azimutlary we burçlary ölçemeginiň orta kwadratiki ýalňyşlyklary.

$L = 200$ km, $n = 10$, $s = 20$ km, $m = 0.7''$, $m_A = 1.0''$, $m_s/s = 1/300\,000$ ýa-da $m_s = 0.067$ m, $m_\sigma = s \cdot 10^{-6}$ bolanda alarys $m_L = 0.29$ m, $m_q = 0.98$ m. Onda zynjyryň doly süýşmegi $M = \sqrt{m_L^2 + m_q^2} = 1.02$ m deň bolar.

§ 34. Geodeziki torlarda ugurlaryň, taraplaryň, azimutlaryň we uzynlyklaryň özara ylalaşyklary

Geodeziki daýanç torlar gurlanda burç, çyzyk ölçemeleriniň, azimutal kesgitlemeleriniň we ş.m. toplumyny ýerine ýetirýärler. Dürli görnüşli ululyklary ölçemeginiň takyklygy öz aralarynda ylalaşmalydyrlar. Şeýle bolmadyk ýagdaýynda, haçanda bir görnüşli ölçemeler örän ýokary takyklyk bilen, beýleki bir görnüşi ýeterlik bolmadyk takyklyk bilen ýerine ýetirilen bolsa, toruň deňleşdirilen elementleriniň takyklygy pes bolýar. Bu ýagdaýda ýokary takyklykda ölçemeklige goşmaça çykarylan zähmet, serişde we wagt çykdajylary ödelmeýär.

Tejribelik nukdaýnazaryndan toruň her bir punktynda ýalňyşlyklaryň ellipsi, mümkin boldugyça kiçi radiusly tegelege ýakyn bolmaly. Bu, geodeziki torda islendik tarapyň we islendik diagonalýň birmeňzeş bolmalydygyna deňgüýçlidir, ýagny, $|m_L| = |m_q|$ we nola ymtylýarlar (noluň çäklerinde).

(5.32), (5.33), (5.47) we beýleki formulalardan gelip çykyşy ýaly $|m_L| = |m_q|$, birinji talaby ýerine ýetirmeklik, diňe, radian birliginde aňladylan kese ugurlary $m_N = m_\beta / \sqrt{2}$, ugurlaryň azimutlaryny m_A , ölçemegiň orta kwadratiki ýalňyşlyklary, şeýle hem, aralyklary ölçemegiň otnositel ýalňyşlyklary m_s/s öz aralarynda deň bolanlarynda mümkin bolýar:

$$\frac{m_N}{\rho} = \frac{m_A}{\rho} = \frac{m_s}{\rho} \quad (5.58)$$

(5.58) deňlemelere laýyklykda torda kese N ugurlary ýa-da β burçlary, A azimutlary we taraplaryň s uzynlyklaryny ölçemegiň orta kwadratiki ýalňyşlyklaryň ylalaşan bahalarynyň tablisasyny düzeris (11-nji tablisa).

Ähli ýalňyşlyklar şertli deňlemeleriň erkin agzalary boýunça hasaplanmalydyrlar.

Tablisa 11

$m_N = m_A$	m_s/s	$m_\beta = m_N / \sqrt{2}$
0.2"	1/1000 000	0.3"
0.3	1/700 000	0.4
0.5	1/400 000	0.7
0.7	1/300 000	1.0
1.0	1/200 000	1.4

Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetini, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. D. Nurmämmedow, M. Handöwletow, G. Ö. Meredow. „Geodeziki maglumatlary täzeden işlemek” Aşgabat, 2001.
11. Под редакцией Н. В. Яковлева. „Практикум по высшей геодезии “. М., Недра, 1982.
12. Н. В. Яковлев. “Высшая геодезия”. М., Недра, 1989.
13. П. С. Закатов. “Курс высшей геодезий ”. М. Недра, 1976.
14. Ф. Ф. Павлов, В. Ж. Беляев и другие. “Практикум по высшей геодезий”. М., Недра, 1966.

15. Я. Ж. Маркузе. “Алгоритими уравнильных вычислений геодезических сетей”. М., Недра 1989.
16. «Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР». М., Недра, 1966.
17. В. Д. Большаков, Г.А. Гайдаев. “Теория математической обработки геодезических измерений “. М., Недра, 2002.
18. Н. П. Пелленин. “ Высшая геодезия “. М., Недра, 2003.
19. В. Д. Болшаков, Г. П. Левчук. „Справочник геодезиста“. М., Недра, 2004.
20. В.Н. Баранов, Е. Г. Бойко, И. И. Краснокрылов и др. «Космическая геодезия». М., Недра, 2003 .
21. «Инструкция по полигонометрии и трилатерации». М., Недра, 1976.

Mazmuny

№	Mowzuk	Sahypa
	Sözbaşy	7
	Giriş	9
Birinji bölüm. Ýeriň figurasy we eltme üstler		
Birinji bap. Ýeriň figurasy we grawitasion meýdany barada esasy düşüňjeler		13
§ 1.	Agyrlyk güýji we ýeriň derejeli üstleri	13
§ 2.	Kwazigeoid we geoid	18
§ 3.	Umumy ýer ellipsoidi	20
§ 4.	Normal ýer we hakyky ýeriň figurasy	24
Ikinji bap. Eltme üstleri. Reduksion mesele		31
§ 5	Eltme üstler. Krasowskiniň referens-ellipsoidi	32
§ 6	Geodeziki we astronomiki koordinatalar hem – de azimutlar.	35
§ 7	Asma çyzyklaryň gyşarmalary.	37
§ 8	Laplasyň azimutlary	43
§ 9	Reduksion mesele barada düşüňje	45
Ikinji bölüm. Geodeziki daýanç torlary		
Üçinji bap. Türkmenistanyň döwlet geodeziki torlary		48

§ 10.	Geodeziki daýanç torlary. Olaryň niýetlenilişi	49
§ 11.	Döwlet geodeziki torlary gurmagyň esasy düzgünleri	54
§ 12.	Döwlet geodeziki torlaryň punktlarynyň dykzlygy	56
§ 13.	Döwlet geodeziki torlary gurmagyň zerur takyklygy	60
§ 14.	Geodeziki daýanç torlaryny döretmegiň esasy usullary	63
§ 15.	Beýleki ýurtlarda geodeziki torlary gurmak barada umumy düşüňjeler	68
§ 16.	Geodeziki daýanç torlaryny gurmagyň başga usullary barada gysgaça maglumatlar. Dinamiki, ýyldyz we kosmiki triangulýasiýalar barada düşüňje	72
§ 17.	F. N. Krasowskiý tarapyndan işlenip düzlen döwlet triangulýasasyny gurmagyň maksatnamasy we shemasy	76
§ 18.	Türkmenistanyň döwlet geodeziki torlaryny 1954 -1961-nji ýyllaryň esasy düzgünnamalaryna laýyklykda gurmak	84
§ 19.	Esasy geodeziki işleri ýerine ýetirmegiň yzygiderliligi	92

Dördünji bap. Geodeziki torlary taslamak, geodeziki barlamak we rekognossirowka geçirmek. Geodeziki nyşanlar we merkezler		94
§ 20.	Geodeziki torlary taslamak barada umumy maglumatlar	94
§ 21.	Geodeziki punktlarda rekognossirowka geçirmek	100
§ 22.	Geodeziki nyşanlaryň beýikliklerini hasaplamak	104
§ 23.	Geodeziki nyşanlar	108
§ 24.	Geodeziki punktlaryň merkezleri	113
§ 25.	Ykdysadyýet we esasy geodeziki işleriň gurnamasy, tehniki howpsuzlygy boýunça esasy maglumatlar	117
Bäşinji bap. Geodeziki torlaryň takyklygyna baha bermek		119
§ 26.	Geodeziki daýanç torlarynyň elementleriniň takyklyk bahasy boýunça esasy maglumatlar	119
§ 27.	Ölçenýän ululyklaryň saldamlaryny kesgitlemek	122

§ 28.	Geodeziki toruň deňleşdirilen elementleriniň ters saldamlaryny we orta kwadratiki ýalňyşlyklaryny hasaplamak	126
§ 29.	Triangulýasiýanyň takyklygyna ýakynlaşma formulalary arkaly baha baha bermek. Triangulýasiýa hatarlarynda azimutlary we taraplaryň uzynlyklaryny geçirmegiň orta kwadratiki ýalňyşlygy	130
§ 30.	Tutuş triangulýasiýa torlarynyň takyklyk bahasy	133
§ 31.	Azimutlary bazis taraplaryny ýerleşdirmegiň ýygylgy.Üçburçlyklaryň amatly formalary	137
§ 32.	Trilaterasiýa torlarynyň hatarlarynyň takyklygyna ýakynlaşma formulalar boýunça baha bermek	139
§ 33.	Poligonometriýa zynjyrlarynyň takyklygyna baha bermek	143
§ 34.	Geodeziki torlarda ugurlaryň, taraplaryň, azimutlaryň we uzynlyklaryň özara ylalaşyklary	144
	Edebiýatlar	146