

TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRIGI

**MAGTYMGULY ADYNDAKY TÜRKMEN
DÖWLET UNIWERSITETI**

MYRAT ALLAKOW

ÝOKARY GEODEZIÝA

AŞGABAT - 2010

“Ýokary geodeziýa” atly okuw kitaby öz mazmunyna Ýeriň formasy we ölçeglerini kesgitlemegi, Ýeriň formasynyň we ölçeglerini kesgitlemegiň usullaryny, Türkmenistanyň döwlet geodeziki torlary we olarynyň görnüşlerini, torlary döretmegiň usullaryny, duran ýeriňi kesgitlemegiň global sistemalary, olaryň kömegi bilen punktlaryň köördinatlaryny kesgitlemek we ş.m. ýalylary alýar.

Kitap ýokary okuw mekdepleriniň talyplary üçin niýetlenilýär. Emma, ondan geodeziki işler bilen meşgullanýan hünärmenler hem peýdalanyp bilerler.

Biz ylmy ösüşi ýokary derejesine çykaryp, ylmy barlaglaryň, ylmy işleriň netijeliligini ýokarlandyrmaly. Ähli ylmy işleri döwlet durmuşynyň möhüm meselelerini çözmäge, halk hojalygynyň barha ösýän talaplaryny kanagatlandyrmaga gönükdirmeli.

**Gurbanguly Berdimuhamedow,
Türkmenistanyň Prezidenti**

SÖZBAŞY

Merhemetli Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow ýurdumyzda ýokary we ýöriteleşdirlen okuw mekdeplerinde tebigy we tehniki bilimleriň öwredilişini dünýä derejesinde guramaklyga uly üns berýär. Geodeziýa, topografiýa we kartografiýa dersleri-de ýurdumyzda ylmy-tehniki ösüşi üpjün etjek esasy ugurlara degişli.

Bu okuw kitaby Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetiniň geografiýa fakultetiniň kartografiýa, Türkmen politehniki institutynyň amaly geodeziýa we S. A. Nyýazow adyndaky Türkmen oba hojalyk uniwersitetiniň gidromelirasiýa fakultetiniň ýer gurluşyk hünäriň talyplary üçin okuw kitaby, galyberse-de, Türkmenistanyň Goranmak Ministriliginiň **Harby institutynyň, Harby akademiýasynyň** we Türkmenistanyň içeri işler ministriliginiň **Polisiýa akademiýasynyň** talyplary üçin hem okuw gollanma bolup biler.

Golýazmany kämilleşdirmek üçin beren gymmatly maslahatlary üçin Türkmenistanyň S. A. Nyýazow adyndaky oba hojalyk uniwersitetiniň ýer gurluşyk kafedrasynyň müdiri **N. Altyýewe** we şu kafedraň **uly mugallymy Ş. Hallyýewe**, Türkmen politehniki institutynyň inžinerçilik geodeziýasy kafedrasynyň **uly mugallymy P. Bäşimowa**, Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetiniň türkmen dili kafedrasynyň **mugallymy, dosent, f.y.k. B. Weýisowa**, Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetiniň kartografiýa kafedrasynyň müdiri dosent, g.y.k. T. Babaýewa öz minnetdarlygymyzy bildirýäris.

Kitap hakdaky bellikleriňizi şu adrese ibermegiňizi haýys edýäris. *Aşgabat şäheri, Türkmenbaşy Şaýoly 31, Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersiteti, dünýä tejribesini öwreniş kafedrasy.*

GİRİŞ

Geodeziya Ýeriň şekilini we parametrlerini öwrenmekde, onuň üstündäki nokatlaryň bir-birine baglylykda ornuny kesgitlemekde, ýer üstüniň kartasyny, planyny we profilini düzmekde, şeýle hem inženerçilik işlerinde binalary teswirlemekde ýerine ýetirilýän ölçegleri geçirmegiň teoriýasy we amallary hakyndaky ylymdyr.

Ýeriň üstünde geçirilýän geodeziki ölçegler dürli-dürli bolup, olar şu aşakdakylardan ybarat:

- 1) Ýeriň üstünde berlen çyzyklaryň uzynlygy;
- 2) Çyzyklaryň arasyndaky gorizonta we wertikal burçlar;
- 3) Ýeriň üstündäki nokatlaryň başlangyç diýlip kabul edilen

üste görä beýikligi we ş. m.

“*Geodeziya*” grek sözi bolup, *geo-ýer*, *daizo-bölmek* diýmekdir. Geodeziya adalgasy bu ylmyň gadym zamanlarda adamzat jemgyýetiniň talaplary esasynda emele gelendigini görkezýär.

Gural gurluşyk ylmynyň we hasaplaýyş tehnologiýasynyň ýeten sepgitleri geodeziya ylmyny hem ýokary derejä ýetirdi. Optiki gurallaryň ýerine häzirki wagtda elektron, sanly we lazer gurallarynyň döredilmegi möhüm ähmiýete eýedir. Ýeriň şekilini we parametrlerini kesgitlemek, ýeriň üstüni kartada we planlarda teswirlemek, inženerçilik binalary gurmak hem-de dürli amaly we ylmy meseleleri çözmek üçin ölçeg işlerini geçirmegiň täzeden-täze usullary döredilip, geodeziya köp taraply ylma öwrüldi.

Ýeriň şekilini we ölçeglerini kesgitlemegiň birnäçe usullary bar. Olaryň biri-de *geodeziki* usulydyr. Bu usulda takyk geodeziki gurallaryň kömegi bilen örän ýokary takyklykdaky ölçegler geçirilýär. Olar *esasy geodeziki* işler diýlip atlandyrylýar.

Esasy geodeziki işleriň netijesinde koordinatlary we absolýut beýikligi kesgitlenen, şol ýere mahsus geodeziki belgiler bilen berkidilen punktlar ulgamy emele getirilýär. *Geodeziki daýanç torlary* ýeriň şekilini we parametlerini kesgitlemekde, şular ýaly birnäçe geodeziki ölçegleri täze sistema birleşdirmekde hem-de dürli masştabdaky karta we planlary düzmekde esas bolup hyzmat edýär.

Esasy geodeziki işleriň netijesi ýer gabygynyň hereketini öwrenmek, deňiz suwlarynyň derejeleriniň bir-birinden tapawudyny kesgitlemek ýaly meseleleri çözmäge-de ýardam berýär.

Ýeriň şekilini we parametrlerini kesgitlemek geodeziki daýanç torlaryny döretmek *ýokary geodeziýanyň* wezipeleri hasaplanylýar.

Ýokary geodeziýanyň beýleki ylymlar bilen arabaglanyşygy. Ýokary Geodeziýa tebigat, jemgyýetçilik ylymlary bilen arabaglanyşykda ösýär. Ýokary geodeziýa aýratynam kartografiýa ylmy bilen has ýakyn baglanyşyklydyr.

Kartografiýa - tebigy we jemgyýetçilik hadysalarynyň üýtgeýşini kartografiki şekiller arkaly barlamagy öwredýän ylym. Topografiýa kartalary hem şu topara degişli.

Döwlet geodeziki punktlaryny ýeriň üstünde gurmak üçin, olaryň geografiki we gönüburçly koordinatlaryny asman ýagtylgyçlaryna gözegçilik etmek ýoly bilen kesgitlemek gerekdir. Bu ýagdaý geodeziýany *astronomiýa* ylmy bilen baglanyşdyrýar.

Ýokary geodeziýa - *geologiýa, geomorfologiýa, topragy öwreniş, geografiýa* we beýleki ýer baradaky ylymlar bilen hem berk baglanyşyklydyr. Galyberse-de ýeriň parametrlerini we şekilini kesgitlemekde geodeziýada grawimetriýanyň, geofizikanyň maglumatlary-da ulanylýar.

Geodeziki gurallaryň we enjamlaryň ähli görnüşleriniň işleýşi we gurluşy fiziki kanunlar bilen baglanyşyklydyr. Bu bolsa geodeziýanyň *fizika* ylmy bilen baglanyşygyklygyny görkezýär.

Kibernetika we häzirki zaman hasaplaýyş tehnikalarynyň ýeten sepgitleri topografiki kartalary döretmegiň awtomatlaşdyrylan görnüşüni almaga esas dörettdi. Şular ýaly kartalar dünýä tejribesinde **sanly kartalar** ady bilen bellidir.

Ösen döwletlerde sanly kartalar we onuň esasynda döredilýän geoinformasion sistemalary şu günki günde has-da köp ulanylýan serişdeler hasaplanylýar. Olaryň kömegi bilen halk hojalygynyň islendik pudagyny üstünlikli dolandyrmak mümkindir.

Ýokary geodeziýanyň halk hojalygyndaky orny. Geodeziýa ylmy gün-günden ösýär, täze ölçeg usullary oýlanylyp

tapylýar, optiki-awtomatiki, elektron we radiogeodeziki, lazerli gurallary özleşdirilip, olardan peýdalanylýar.

Geodeziki ölçegleriň we gözegçilikleriň ulanyлмаýan ýeri ýok diýen ýalydyr. Ölçegler gämileri we uçarlary gurmakda, şeýle hem ýeriň emeli hemralaryny uçurmakda hem ulanylýar.

Ýurdumyzda esasy geodeziki işler Türkmenistanyň Goranmak ministrliginiň 5-nji kärhanasy ýerine ýetirýär. Bu kärhananyň düzüminde birnäçe topografiki - geodeziki ekspedisiýalar hereket edýär. Ýurdumyzyň çäginde geçirilýän ähli geodeziki işleriň materiallary şu ýerde saklanylýar.

I. GEODEZIÝANYŇ (ÝOKARY) YLYM HÖKMÜNDE EMELE GELIŞ TARYHYNA GYSGAÇA SYN

1.1. Ýokary geodeziýa ylmynyň esaslandyrylmagy

Biruny “**Geodeziýa**” kitabyny 1018-nji ýylyň oktýabr aýynda **Gürgençden** (*Häzirki Köneürgençden*) **Gazna şäherine** (Owganystanyň bir şäheri) gelenden soňra ýazyp başlapdyr. Şol wagtlar onuň elinde astronomiýa gözegçiligini we meýdan barlaglaryny geçirmek üçin hiç hili guraly bolmandyr. Ol ilki başda Gürgençden getiren materiallaryna esaslanmaly bolupdyr.

“Geodeziýa” kitabynyň mazmuny birnäçe bölümleri öz içine alýar. Onuň girişi aşakdaky ýaly mazmuny alýar: Birunynyň Gazna şäherine gelmezinden öňki durmuşy, geodeziýa ylmy we onuň öwreniliş taryhy barada, alymyň “Geodeziýa” kitabyňa bolan dünýägaraýşy, ylmyň seredýän esasy meseleleri, “Geodeziýada” Birunynyň sözleri we adalgaşynaslygy berilýär.

“Geodeziýa” kitabyny ýazmakda esasy çeşmeler bolup amaly astronomiýa boýunça gadymy grekleriň, hindileriň, aýratyn-da Klawdiý Ptolomeýiň “Almagasty” bolupdyr. Bu eserde berilýän käbir maglumatlara, meselem, Eratosfeniň uly bolmadyk gyşarmasy, Rodos adalarynda Gipparhyň asman ýagtyltgyçlaryna gözegçiligi we Ptolomeýiň Aleksandriýada alyp baran gözegçilikleriniň maglumatlary sebäp bolýar.

Bu kitaby ýazmakda Abu Reýhan Biruny musulman alymlarynyň, ilki bilen Mamunyň “Ylymlar Akademiýasynda” işlän alymlaryň birnäçesiniň işlerini peýdalanýar. Ýahýa ibn Abu Mansuryň we Halid ibn Abdylmälik al-Merwerrudyň astronomiýa degişli bolan maglumatlaryny ulanýar. Işde Hindi astronomlarynyň Ýeriň ölçeglerini we şekilini kesgitlemekde alyp baran işleri beýan edilýär, şeýle hem al-Fazarynyň “Ziji” we hindi dilinde ýazylan “Ýeriň we sferanyň araçäklerini kesgitlemek” diýen işleri bellemek mümkin.

Ýokarda belleýşimiz ýaly, “Geodeziýa” – Ilatly punktlaryň arasyndaky aralyklary kesgitlemek üçin ýerleriň serhetlerini anyklamak kitaby (Kitab tahdid nihaýýat al-amakan li-tashih masafat

al-masakin) diýlip atlandyrylýar. Bu kitabyň stambul golýazmasy rus diline görnükli gündogarşynas P. G. Bulgakow tarapyndan terjime edilýär.

Bu kitabyň girişinde geometriýanyň, arifmetikanyň we beýleki ylymlaryň gelip çykyşy, Birunynyň Ýer globusyny ýasamagy we dagyň emele gelmeginiň teoriýasy hakynda giňişleýin maglumatlar berilýär. Bu kitap 38 bölümden ybarat bolup, olar: 1-5) şäherleriň giňliklerini, uzaklyklaryny we asman ekwatoryna ekliptikanyň ýapgytlyk burçuny kesgitlemek, Birunydan öň ýaşap geçen alymlaryň hem-de öz ölçegleri, 6-25) dürli şäherleriň giňliklerini we uzaklyklarynyň tapawutlaryny kesgitlemek, 26-38) Ürgençde we Gaznada Birunynyň özüniň Gipparha çenli dürli alymlaryň deňgünlüligiň wagtyny kesgitlemeklerinden ybarat.

Kitabyň bölümleri aşakdaky ýaly mazmuny öz içine alýar:

- Şäheriň giňligini gönüden göni kesgitlemek barada söz;
- Iň uly gyşarmany gönüden göni kesgitlemek barada söz;
- giňligi kesgitlemek we olaryň haýsy hem bolsa biriniň ululygy boýunça doly ýa-da hususy gyşarmalaryny hasaplamak;
- şäherleriň uzaklyklarynyň tapawudyny hasaplamak;
- iki sany punktyň geografiki koordinatlary (giňlik we uzaklyk) boýunça aralyklary kesgitlemek;
- Bagdat we Reý şäherleriniň uzaklyklarynyň tapawudyny kesgitlemek;
- Jürjanyň uzaklygyny kesgitlemek we onuň giňligini Reý we Jürjanyň geografiki koordinatlary boýunça hasaplamak;
- esasy şäher Horezmiň uzaklygyny, özümiziň tapan Jürjanyň uzaklygynyň dogrulygyny subut etmek üçin ulanmak;
- Jürjanyň we Balhyň uzaklygynyň tapawudyny kesgitlemek;
- Darganyň (Biratanyň) giňligini we uzaklygyny (geografiki koordinatlaryny) Jürjanynyň we Balhyň geografiki koordinatlary boýunça kesgitlemek;
- Amulyň (Türkmenabadyň) geografiki koordinatlaryny Balhyň we Jürjanynyň geografiki koordinatlary boýunça kesgitlemek;
- Buharanyň geografiki koordinatlaryny Dargan we Amulyň koordinatlary boýunça kesgitlemek;

- Buhara we Balhyň arasyndaky aralygy olaryň geografiki koordinatlary boýunça kesgitlemek (ters geodeziki mysaly);
- Bagdadyň we Şirazyň uzaklyklarynyň tapawudyny kesgitlemek;
- Şirazyň we Zerenjiň, şeýle-de esasy şäher Sijistanyň uzaklyklarynyň tapawudyny kesgitlemek;
- Balhyň we Gaznanyň uzaklyklarynyň tapawudyny kesgitlemek;
- Bustyň we Sijistanyň uzaklyklarynyň tapawudyny kesgitlemek;
- Bustyň we Gaznanyň uzaklyklarynyň tapawudyny kesgitlemek;
- Gazna we Sijistanyň uzaklyklarynyň tapawudyny kesgitlemek;
- Bustyň geografiki koordinatlaryny Gaznanyň we Sijistanyň geografiýa koordinatlary boýunça kesgitlemek;
- Kybla tarap ugry kesgitlemek, ony kesgitlemek üçin başga ýol, kesgitlemegiň ýene-de bir üçünji ýoly;
- Bagdadyň we Rakkanyň uzaklyklarynyň tapawudyny kesgitlemek;
- Rakkanyň we Isgendriýanyň (Aleksandriýanyň) uzaklyklarynyň tapawudyny kesgitlemek;
- Gipparhyň Radosdaky gözegçiligi, Ptolomeýiň Isgendriýadaky gözegçiligi;
- Şammasiýada we Bagdatda gözegçilikler;
- Halidiň Damaskdaky gözegçiligi, Näbelli alymyň Bagdatdaky gözegçiligi;
- Muhammet ibn Alynyň Nyşapurdaky gözegçiligi;
- doganlar Musanyň Samarradaky gözegçiligi;
- al-Battanyň Rakkadaky gözegçiligi;
- Süleýman ibn Ysmynyň Balhdaky gözegçiligi;
- Abul Hüseyin as-Sufynyň Sirazdaky gözegçiligi;
- Abul Waffa al-Buzjanynyň Bagdatdaky gözegçiligi;
- Abu Reýhanyň Jürjandaky gözegçiligi;
- Abu Reýhanyň Gaznadaky gözegçiligi.

Abu Reýhan Biruny özüniň kitabynyň ahýrynda ylma degişli bolan birnäçe goşmaça maglumatlary hem getirýär.

Goşmaçalar aşakdaky ýaly:

- bibliografiki gysgaltmalary görkezgiçler;
- atlaryň görkezgiçleri;
- geografiki we etniki atlary görkezgiçler;
- “Geodeziýada” ýatlanylýan eseriň görkezgiçleri;
- astronomiki predmet görkezgiçleri berilýär.

“Masudyň kanuny” we “Ýyldyzlar hakynda ylym” baradaky eserlerinde hem geografiýa degişli bolan bölümler-de giňişleýin maglumatlar getirýär. Ol geodeziýa ylmyna degişli aşakdaky traktatlaryň awtorydyr:

1. “Giňlik we uzaklyk barada sözleri gowulandyrmagyň kitaby (Kitab tahaýb al-akwal fi tashih al-urud wa-l-atwal)” 20 sahypadan ybarat;

2. “Giňlige we uzaklyga girizilýän ýalňyşlyklar boýunça kitap (Kitab tashaf al-mankul min al-ard we-l-tul)” 40 sahypadan ybarat;

3. “Ýeriň ýaşalýan ýerinde giňligi we uzaklygy anyklamak barada kitap (Makala fi tashih at-tul wa-l-ard li-masakin al-mamur min al-ard)” 20 sahypa;

4. “Giňlik we uzaklyk boýunça ýerleri kesgitlemek barada kitap (Makala fi taýyn al-balad min al-ard wa-t-rul)” 20 sahypa;

5. “Aleksandiýa minarasynda (maýagynda) Günüň batmagy barada (Fi gurub aş-şams ind minara al-Iskendiýa)” 40 sahypadan ybarat;

6. “Giňligi we eňnidi kesgitlemekde agdyklyk edýän tapawutlar barada (Fi yhtilaf zawi al-fadl fi istihraj al-ard wa-l-maýl)”;

7. “Kyblanyň azimutyny anyklamak boýunça soraglar we jogaplar kitaby (Kitab al-adjwiba wa-lasila li-tashih samt al-kibla)” 30 sahypadan ybarat;

8. “Kyblanyň azimutyny kesgitlemek barada görkezmeleri düşündirmek (Idah al-adilla ala kaýfíýa samt al-kibla)” 25 sahypadan ybarat;

9. “Kyblanyň azimutyny anyklamak üçin şertli täsirleri gowulandyrmak (Tahaib şurut al-amal li-tashih sumut al-kibal)” 40 sahypa;

10. “Bustda onuň giňligini we uzaklygyny anyklamak bilen Kyblany goýmak barada (Fi takwim al-kybla bu-Bust bi-tashih tuliha wa ardiha)” 15 sahypa;

11. “Kyblanyň täzeden (gaýtadan) anyklanmagy barada (Fi inbias li tashih al-kybla)” 45 sahypadan ybarat;

12. ““Kyblany görkezmek kitabynda” tötänleýin ýalňyşlygy düzetmek (Talafi awarid az-zallat fi kitab dalail al-kybla)”;

13. “Ýeriň ýaşalyan ýeriniň araçägini kesgitlemek we olary şeýlede anyklamak (Tahdid al-mamura wa tashihuha fi-s-sura)”.

“**Geodeziýany**” ýazmak işleri örän haýal gidipdir, kähalatlarda arakesme hem ara düşüpdür. Birunynyň bu arakesmeleri özüniň boş wagtlaryny islegine görä peýdalanyp bilmändigi bilen baglanyşyklydyr. Şeýle bolsada, kynçylyklara döz gelip, köp güýjüni harç etmek bilen ukusyz gijeleriň netijesinde *1018-nji ýylyň* güýzünde işiň üçden bir bölegini ýazyp gutarypdyr. Birunynyň özüniň aýdyşyna görä “**Geodeziýany**” ol 1025-nji ýylyň Oktýabr aýynyň 20-sine doly ýazyp gutarypdyr.

Biz Abu Reýhan Birunynyň dünýägaraýşy we eserleri bilen tanşanda onuň giň düşünjeli çuňňur bilimli bir danalygyny gördük. Biruny özüniň ylmy durmuşynda ylmyň köp meseleri bilen meşgullanýar we juda uly işleri bitirýär.

Al-Biruny “**Geodeziýa**” eserinde ylmyň halk hojalygyndaky ornuny, wezipelerini esaslandyrypdyr. Ol bu barada “Umuman alnanda - geodeziýa ýeriň üstünde erkin alnan nokadyň koordinatlaryny kesgitlemegiň usullary, şu nokadyň uzaklyk boýunça günbatar we gündogar meridianlaryň hem-de giňlik boýunça Demirgazyk we Günorta polýuslaryň arasynda ýerleşişini, nokatlaryň arasyndaky aralyklaryň we olaryň azimutlarynyň bir-birine otnositellikde kesgitlenişi, başlangyç nokadyň koordinatasy, punktlaryň arasyndaky aralygy we azimuty belli bolsa göni, ilatly punktlaryň koordinatlary belli bolanda ters geodeziki mysallary çözmek” we ş.m. baradaky eserdir diýip ýatlapdyr.

Ýeriň üstündäki obýektleriň oňara arabaglanyşyklaryny görkezmek bilen grafiki şekillendirmek meselesi gadym wagtlarda ýüze çykydyr. Gadymy wagtlarda adamlar eýýäm öz ýaşan, gezen ýerleriniň meňzeş planlaryny agaçlaryň gabygyna, daşlara, mamontlaryň gyýaklaryna(dişlerine) kesip çyzmagy başarypdylar. Kartografiki işler bilen **Gadymy Müsürde, Merkezi Aziýada, Hytaýda, Hindistanda** meşgullanypdylar.

Komus yl-ylm adyny alan Abu Reýhan Biruny beýleki ylmylar hatarynda geodeziýa ylmyna degişli köp ylmy işleri amala aşyrýar we täzelikler getiren alymdyr. Onuň “*Ilatly punktlaryň arasyndaky aralyklary kesgitlemek maksady bilen ýerleriň araçäginini aýdyňlaşdyrmak*” atly gysgaça “Geodeziýa” diýlip atlandyrylýan eserine tankytçylar astronomiýa ylmyna degişli hasaplap ýa-da matematiki geografiýa ady bilen ýüzleý seredip gelýärler.

Birunyň geodeziýa, ýokary geodeziýa we inžinerçilik geodeziýasyna degişli birnäçe ylmy meseleleri çözmek bilen meşgullanyp, saldamly netijeleri alýar. Onuň takyk işleriniň we alan netijeleriniň ylmy gymmaty uludyr.

Alymyň alyp baran takyk işleri “Geodeziýa” kitabyndaky däl, belki-de “Masudyň kanuny”, “At-Tahsym”, “Ýadygärlikler”, “Hindistan” we beýleki eserlerinde hem berlen bolmagy ähtimal.

Abu Reýhan al-Birunyň geodeziýa ylmy baradaky alyp baran takyk ylmy işlerini manylary boýunça aşakdaky bölümlere bölmek mümkin:

1. Ýer şarynyň ölçeglerini anyklamak;
2. Geografiki koordinatlar boýunça dogry we ters geodeziki mysallary çözmek;
3. Astronomo – geodezik esbaplary döretmek we düzetmek;
4. Inženerçilik geodeziýasyna degişli mysallary çözmek;
5. Kartografiki proyeksiýalar hakynda.

Bulardan başga-da refraksiýa, görmekde (obýektlere seretmekde) gorizontynyň uzaklygyny kesgitlemek, ýer şekiline täsir edýän ýer gatlaklarynyň ýerleşmegine geofiziki ýagdaýlary ýaly meseleler hakda hem akyldar öz garaýyşlaryny bildirýär. Beýik alym bu temalaryň üstünde takyk işleri alyp baryp, her bir hakykata

bagyşlap düşündiriş traktatlaryny ýazýar. Emma bu traktatlarynyň köp sanlysy häzirki döwre gelip ýetmändir ýa-da tapylmandyr.

1.2. Ýer şarynyň ölçeglerini kesgitlemegiň gysgaça taryhy

Adamlaryň ýaşap ýören ýeriniň şekilini we ululygyny bilmäge ymtylypdyrlar we Ýeriň şekilini dürliçe hasaplapdyrlar. Bu hemmelere hem mälimdir.



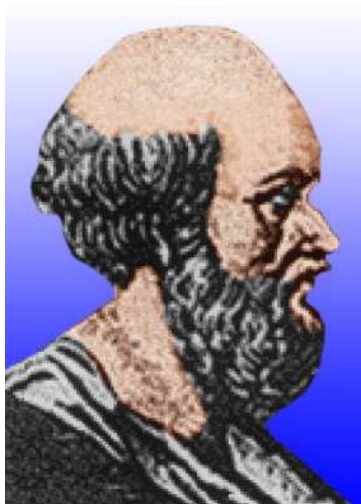
Görnükli grek alymy Pifagor (b.e.öňki VI asyr)

Miladydan 6 asyr öň grek alymy Pifagor ilkinji bolup Ýer togalak we şar şeklinde diýen pikiri aýdýar. Hatda şol döwürde Eýran we Yrak döwletleriniň goňşy ýerlerinde ýaşan holdeýleriň Ýer şar şekilde diýip, onuň radiusyny kesgitländikleri hakynda hem maglumatlar bar.

Miladydan dört asyr öň ýaşan grek alymy Arastu bolsa okean suwlarynyň bitewiligine, Ýeriň şar şekillidigine esaslanýan we bu şaryň aýlanmasynyň uzynlygyny 400 müň stadiýa ýa-da 60 müň kilometre deň çykarýar, emma onuň bu aralygy nähili tapandygy barada maglumat belli däldir.

Miladydan üç asyr öň ýaşan ýunan alymy Arhimet Ýer hakyky şar şeklinde däl-de, eýsem sferoid (sünmek gawuna meňzeýän) şeklinde diýen pikiri aýdýar. Mahlasy (Hullasy),

miladydan öň ýaşan alymlaryň arasynda Ýer şar şekilli (togalak) diýen pikir bolupdyr.



Görnükli grek alymy Eratosfen (b.e.öňki III-II asyrlar).

Şol döwürde ýaşan **Parmenid, Sokrat, Eflatun, Arhit, Ewdoks, Dikearh, Aristah** ýaly alymlar hem Ýeriň şeklini we ululygyny bilmäge gyzyklanypdyrlar. Hatda **Ewdoks** we **Dikearh** (miladydan takmynan 370 ýyl öň ýaşan) Ýer şarynyň ölçeglerini kesgitlemek üçin **Aswan** (Asuan) we **Lisimahiya** (Dardanilda) şäherleriň bir meridianda ýerleşýär diýip (bularyň uzaklyklarynyň tapawudy 6° -a deňdir) hasaplap, şu iki şäherden belli ýyldyzyň (Kanopus) beýgelmesini (beýikligini) ölçeyär. Soňra bu şäherleriň zenit aralygynyň tapawudyny meridianyň uzynlygynyň on başdan birine (1:15) deň edip alýar. Iki şäheriň arasyndaky aralyk 20000 stadiýa (eger-de bir stadiýanyň uzynlygy 172 metr diýip alsak onda alnan netije 3440000 metre ýagny 3440 km-e deňdir) deň diýip alyp, meridianyň uzynlygy 300000 stadiýa (metre ýa-da 51600 km-e deň bolar) deň çykarýar (stadiýanyň dünýä boýunça ýedi görnüşi bardyr).

Geografiki koordinatlaryň atlary bolan “*giňlik*” we “*uzaklyk*” adalgalarynyň düşünişmezligiň netijesinde emele gelipdir. Bu düşünjäni ilkinji bolup b.e. öňki II asyrdaky ýaşan grek alymy **Gipparh**

girizýär. Ol “Ýer üstüniň gury böleginiň günbatardan gündogar tarapy günorta we demirgazyk ugur bilen deňeşdirende, takmynan iki esse uzyn” diýip hasaplapdyr. Biraz soňrak **Gipparhyň** bu pikiriniň ýalňyşdygy we Ýer şarynda geografiki “*giňligiň*” we “*uzaklygyň*” yokdugy anyklanyldy, emma adalgalar has çuňlaşyp, şu gün hem ulanylýarlar.



Görnükli grek alymy Gipparh (b.e.öňki II asyr).

Taryhy maglumatlara görä **Dikearh Ýunanystanda** (Gresiýada) alnyp baran geodeziki ölçeg işleriniň netijesine esaslanyp, Ýeriň töwreginiň uzynlygynyň altmyşdan birini (1:60) 5000 stadiýa deň diýip alýar.

Ýeriň şekilini we onuň ölçeglerini kesgitlemek bilen dünýäniň görnükli alymlar meşgullanypdyrlar. Olar Ewdoksyň ölçeglerinden nähili peýdalanandyklary barada hiç hili maglumat ýok.

Miladydan 250 ýyl öň ýaşam müsürli alym Eratosfen (276-196) özüniň üç tomruk “Geografiýa” eseriniň II tomunda ýazmagyna görä ol Ýer şarynyň ölçeglerini kesgitlemek maksady bilen Alaksandriýa (giňligi 31°) bilen Siýena (häzirki Assuan, giňligi 24°) şäherleriň bir meridianda ýatýar diýip hasap edýär, şu şäherleriň arasyndaky aralygy kerweniň geçişi boýunça 5000 stadiýa deň diýip

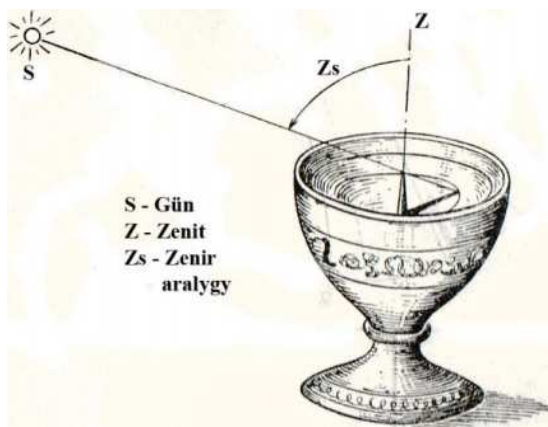
alýar. Alym Asuanda Günün ýazky günlerinde Gün şöhlesiniň çuňňur guýynyň düýbüne düşýändigini we dik ornaşdyrylan taýagyň (gnomonyň) kölögesi bolýandygyny kesgitleýär. Bu ýagdaý-da Günün zenitde (dik depede) we zenit aralaygy 0° -a deň bolýandygyny bilýär. Edil şu wagt Alaksandriýa şäherinde “gnomonyň” kömegi bilen Günün şöhlesiniň düşýän wagtynda zenitden aýlanmagynyň 50-den bir böleginiň ($7^{\circ}12'$) uzaklaşýandygy kesgitleýär (muny Gün sagat käsesi boýunça anyklaýar). Müňkürlige ýol goýmazlyk maksady bilen şu gözegçiligi gyşky Gün durşunda hem ýerine ýetirýär. Netijeler bir meňzeş alynýar. Soňra 5000-i 50-ä köpeltmek bilen Ýer togalagynyň uzynlygyny 250000 stadiýa, radiusynyň uzynlygynyň bolsa 39789 stadiýa deňdigini hasaplap çykarýar. Eger-de bir stadiýany ortaça 172 metre (*148.5 metre*) deň diýip alsak, Ýeriň radiusynyň uzynlygy 6844 km-e, töwreginiň uzynlygy 430000 km, bir gradus meridianyň dugasynyň uzynlygy 119.4 km-e deň bolar. Eratosfeniň ulanan bu usuly “Gradus ölçeg usuly” diýlip atlandyrylýar. Bu usul häzirki döwürde hem ulanylýar.



Görnükli grek alymy Ptolomeý (b.e. II asyry).

Ýer şarynyň ululygyny kesgitlemegiň geometriki (geodeziki) usuly gradus ölçegleri diýlip atlandyrylýar. Ýer togalak şekilli diýip alnanda, bir gradus meridianda ýerleşen iki sany nokadyň

arasyndaky(D) aralygy geodeziki usulda we bu nokatlaryň arasyndaky merkezi burçyny (φ) astronomik usulda ölçäp, meridianyň 1° -lyk dugasynyň uzynlygyny kesgitlemekden ybaratdyr. Ýer ellipsoidiniň meridianynyň 1° -lyk dugasynyň uzynlygy aşakdaky formulanyň kömegi bilen kesgitlenilýär:



Eratosfeniň ulanan skafis guraly.

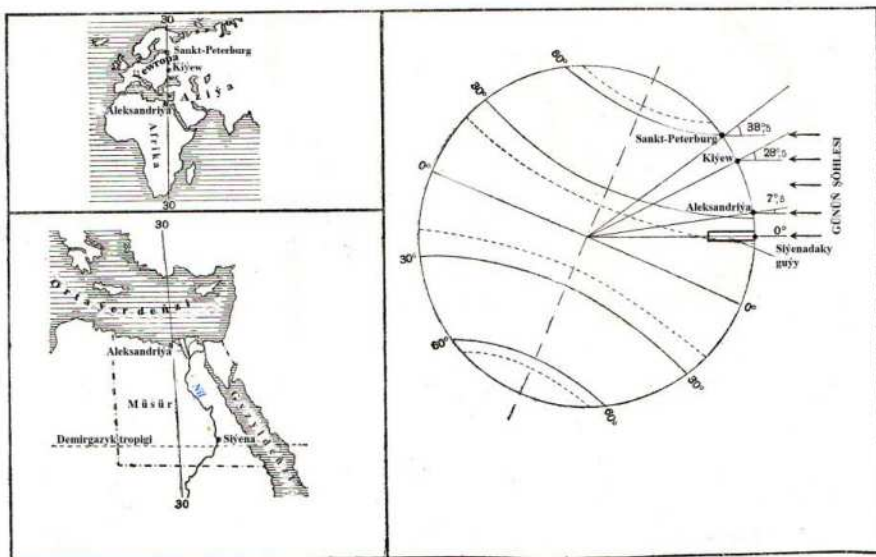
$$S = \frac{D}{\Delta \cdot \varphi_2},$$

Meridianyň 1° -lyk dugasynyň uzynlygy(S) belli bolsa, ýer şarynyň radiusynyň uzynlygy aşakdaky formulanyň üsti bilen kesgitlenilýär:

$$R = \frac{360^\circ \cdot S}{2 \cdot \pi};$$

Geodeziýa ylmy gadymy zamanda Arabystanda, Hytaýda, Hindistanda, Merkezi Aziýada, Gresiýada matematika, astronomiýa ylmylary bilen bir hatarda ösüpdir. Bu ýurtlaryň alymlary Ýeriň ululygyny kesgitlemekde köp işler alyp barypdylar.

Musür astronomy we filosofy Posidoniý (b.e. öňki 135 - 50 ýý.) Alaksandriýa şäheri bilen Orta Ýer deňziniň Rodos adasynyň arasyndaky meridianyň dugasynyň uzynlygyny gämileriň geçiş wagty bilen ölçeyär. 5000 stadiýa we astronomik gözegçiligi geçirmek arkaly bolsa duganyň burç bahasynyň 7.5° deňdigini, Ýer töwereginiň uzynlygy 240000 stadiýa ýa-da 41280 km, radiusy 6570 kilometrdigini hasaplaýar.

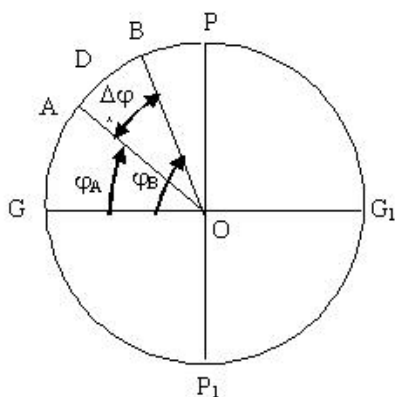


Görnükli grek alymy Eratosfeniň Müsürde geçiren ölçegleri.

Aleksandriýaly alym Klawdiý Ptolomeýiň (b.e. 87 – 165 ýý. Käbir maglumatlarda b.e. 100 – 178 ýý. Diýlip berilýär) Ýeriň ölçeglerini kesgitleýşi hakynda maglumat bolmasa hem, onuň “Geografiýa” atly kitabynda Ýeriň şar şekillidigi barada maglumat berilýär we bir gradus meridianyň dugasynyň uzynlygy 500 stadiýa (86000 metre ýa-da 86 km-e), Ýer töwereginiň uzynlygynyň 180000 stadiýa (30960 km-e) deňligi hakynda maglumatlar bar.

Abu Reýhan Biruny “Masudyň kanuny” atly eserinde ýokardaky alymlaryň: “Dürli halklar aralyklary ölçemekde ölçeg

birliklere daýanyp Ýeriň töwereginiň uzynlygyny dürli – dürli beýan edýärler. Rumlylarda “stadiýa” ulanylýar. Žolinusyň (Golen) aýtmagyna görä, Eratosfen Asuan bilen Aleksandriýanyň aralygyny stadiýa bilen ölçeyär. Žolinus we Batlimus (Ptolomeý) eserleriniň her birindäki mukdarlar bir – birinden tapawutlydyr” – diýip belleýär. Biruny hindi alymlarynyň Ýeriň şekilini we ölçeglerini kesgitlemeýişleri hakynda durup geçip, “Hindistan” eserinde aşakdakylary belleýär: “Olaryň (hindileriň) pikirine görä, asman we älem sfera (şarsuman), Ýer bolsa şar şeklindedir: Ýeriň demirgazyk tarapynyň ýarymy guraklyk, günorta tarapynyň ýarysy bolsa suwa çümen. Olaryň pikirçe, Ýeriň ululygy grekleriň pikirlerine hem, soňraky we häzirki garaýyşlara meňzeş hem-de ulurakdyr”. Hindileriň Meru dagynyň beýgelmesini (beýikligini) kesgitlemekde öz hasabyny ýöredip, onuň beýikligini 1184 km-e deň diýip çykarýarlar we “Bu dagyň buzlukda görünmesi uzak, sowuk ýerde bolanlygynda däl-de, eýsem gözüňimden peslidir: muňa bolsa Ýeriň togalaklygy we agyrlyklaryň Ýeriň merkezine tarap dartylmagy sebäp bolýar” – diýip belleýär. Hindileriň hasaby boýunça Ýer radiusyň 63636 mile ýa-da 2121.2 farsaga deň bolýar. Muny metr hasabynda görkezsek, onda Ýeriň radiusy 12556.6 km-e deň çykýar. Bu bolsa Ýeriň radiusy bolman, eýsem diametriniň uzynlygynyň bolmagy mümkindir



Muhammet Musa al-Horezminiň ýolbaşçylygynda Ýeriň ölçeglerini kesgitlemek bilen baglanyşykly ölçeginiň shemasy

827-831-nji ýylda Ýeriň ölçeglerini kesgitlemek bilen baglanyşykly V – VI asyrlarda ýaşan **Brahmagupta** Ýeriň töwreginiň uzynlygyny 5000 ýa-da 4800, diametrini bolsa 790.5 žujana deň diýip görkezýär. Eger-de žujanyň uzynlygy Birunynyň bellemegine görä 8 mile ýa-da 32000 gez, gezi bolsa 0.4933 metr biýip alsak onda Ýeriň töwreginiň uzynlygyny 39202.5 km-e, radiusynyň uzynlygynyň bolsa 6239.2 km çykýandygy, Ýeriň hakyky uzynlygyna örän ýakyndygyny bellemek bolar.



Muhammet Musa Horezmi (783-850 ýý.)

VIII – IX asyrlarda Arabystanda hem Ýeriň ölçeglerini kesgitlemäge deňişli geodeziki ölçeg işlerini alyp barypdyrlar. Bu döwürde Halyf Haryn ar-Reşidiň we onuň ogly Mamunyň halyflyk döwrüdi. Bagdat şäheri Gündogaryň syýasy we medeni merkezi hasaplanyp, bu ýerde “Hikmet öýi (şol döwrüň Ylymlar akademiýasy)” gaýtadan dikeldilýär we ol ýerde Ahmet ibn Abdallah al-Merwezi, Muhammet ibn Musa al-Horezmi, Ahmet ibn Muhammet ibn Kosir al-Fergany, Halid ibn Abdulmälük al-Merwerudy ýaly Gündogaryň meşhur alymlary ýygnanýar. Olar ylymlaryň dürli şahalary, şonuň ýaly-da Ýeriň şar şekillidigini subut etmek we onuň ölçeglerini kesgitlemegiň üstünde hem takyk ylmy işlerini alyp barypdyrlar. Grek alymlarynyň alyp baran ylmy işleriniň netijeleriniň dürli bolanlygy hakynda Biruny aşakdakylary aýdýar:

“Grek alymlarynyň eserlerinde bir gradus duganyň uzynlygy şol döwrüň uzynlyk birligi boýunça, 500 stadiýa deň diýip görkezilmegi al-Mamunyň ölçeg işlerini geçirmelerine sebäp bolýar. Ol tejribelerden bu uzynlyk mukdary hakynda kanagatlanarly maglumat alyp bilmeýär. Şundan soňra Ahmet Habaşyň, Halid al-Merwerudiniň we başga alymlaryň sözlerine esaslanyp aýtmaklaryna görä, al-Mamun meridianyň dugasynyň uzynlygyny kesgitlemek maksada laýyk diýip, Ýer ölçeg (geodeziki) işlerini alyp barmak üçin gerekli esbaplary taýýarlamaga we ölçeg ýeri bilen tanyşmaga perman berýär”. Birunynyň bellemegine görä bu perman 827-nji ýylda “Hikmetler öýüniň” alymlary Yragyň Masul şäheriniň ýakynyndaky 35°-lyk giňlikde ýerleşen Sanjar sähraýyndaky mynasyp ýer taýýarlanýar we bu ýerde “gradus ölçeg” usuly bilen meridianyň uzynlygy kesgitlenilýär. Taýýarlykly alymlar gerekli esbaplar bilen baş (esasy) nokatda (belgilenen nokatda) ýygnaýarlar, ilki bilen Günüň düşýän beýgelmesi (beýikligi) ölçenilýär. Soňra iki topara bölünip, bir topar Halid al-Merwerudy we Said ibn Alynyň ýolbaşçylygynda demirgazyk tarapa, ikinji topar bolsa Aly ibn Isa al-Asturlabiniň ýolbaşçylygynda günorta tarap meridianyň ugry boýunça ýöreyärler. Olar öz ýollaryny Günüň düşýän beýgelmesi başlangyç nokada görä bir graduslyk özgerýänçä dowam etdirýärler. Ýörän ýollaryny ölçäp, belli ýerlerde belgi goýup gidipdirler: soňra yzyna gaýdyşda hem barlamak üçin ýörän ýollaryny gaýtadan ölçäpdirler. Şu tertipde ölçäp, iki toparda esasy, başlangyç nokada gelýärler we bir-birleri bilen duşuşýarlar. Soňra her bir topar özlerriniň ölçäp tapan netijeleri boýunça bir gradus meridianyň dugasynyň uzynlygyny hasaplaýarlar. Bir toparyň hasaby boýunça bir graduslyk meridianyň dugasynyň uzynlygy 56 mile deň çykan bolsa, ikinji toparyň alan netijesi $56 \frac{2}{3}$ mile deň bolupdyr. Bu gabat gelmezlikleriň üstünde dürli pikirler bolupdyr. Meselem, Biruny bu ölçeg dogrusyndaky hemme maglumatlar 56-a üçden iki mili goşmagyň dogrylygyny we muny Ahmet al-Ferganynyň tassyklandygyny belleýär (Emma häzirki döwürde ýeriň sferik şekliniň bardygy doly subut edildi we ekwatorдан polýuslara tarap ugurda bir graduslyk duganyň uzynlygynyň kiçelýändigigi bellidir, emma bu hadysany şol döwrüň alymlary bilmändirler). Ol ölçeg

netijesiniň iki ýagdaýda çykyş sebäbini alymlaryň iki topara bölünip işlemeginden görýär. Munuň bilen Abu Reýhan al-Biruny ölçeg ýalňyşlyklarynyň teoriýasynda esasan bu ýalňyşlyk ölçeglerdäki şahsy ýalňyşlygyň täsiri diýmekçi bolýar. Bir mil 1973.2 metre deň bolup, bir topar alymlaryň hasaplaryna görä duganyň uzynlygy 56.66 mile ýa-da 111.815 km-e deň çykýar; ikinji toparyň hasabyna görä duganyň uzynlygy mundan kem çykýar.



Abu Reýhan Biruny.

Abu Reýhan al-Biruny muny barlamakçy bolýar. Bu hakda özüniň aşakdaky pikirlerini aýdýar: “Bu tapawut mende Ýer ölçeg işlerini gaýtadan alyp barmak we barlap görmek gerek diýen pikiri dörettdi. Emma bu işde kim maňa kömekleşer. Çünki bu işi ýerine ýetirmek üçin köp aralygy basyp ötmek gerek bolanlygyndan köp güýç we dürli usullardan, howp – hatardan hem saklanmak zerur.

Meniň bu maksadyma ýetmegim üçin Jurjana ýanaşýan Dehistan bilen Türk – Oguz welaýatlarynyň ortasyndan ýer hem taýýarladym. Emma bu işi amal etmäge maňa bagt bermedi, ymtylmagym peýdasyz boldy, hiç kim maňa kömek bermedi”.

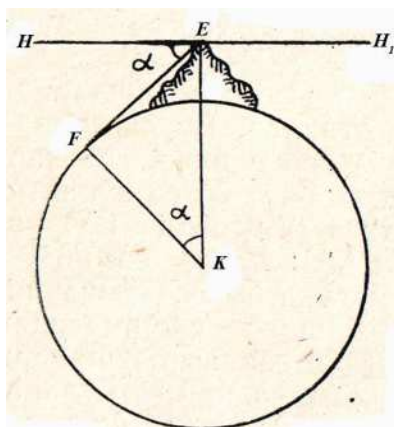
Biruny ilkinji bolup Eratosfeniň amala aşyran “Gradus ölçeg usulynyň” ähmiýetini aşakdaky ýaly aýdyňlaşdyrýar: “Eger-de bir gradus duganyň uzynlygy belli bolsa, Ýeriň töwreginiň uzynlygy we muňa degişli bolan mukdarlar hem belli bolýar. Eger-de iki nokadyň

aralygyny duga boýunça ölçesek, Ýer töwereginiň ölçeglere täsir edýän ululyklar belli bolanda, olar arkaly bir gradus duga we bütün töweregiň uzynlygy hem belli bolýar”.

Soňra Klawdiý Ptolomeý Ýeriň töwereginiň uzynlygyny kesgitlemegiň üstünde özüniň “Geografiýa” atly kitabynda getiren usulyny hem düşündirip geçýär. Ýeriň ölçeglerini “gradus ölçeg usuly” bilen kesgitlemek üçin giňlikdäki tekiz, on kilometer barabar bolan aralygy takyk ölçemek gerek. Bu usul köp wagty, uly islegi, uly zähmeti, ünsiligi, erjelligi talap edýär. Ol öz maksadyny amala aşyrmak üçin sabyrly bolýar: “Gorizontyň peselmesini ölçemek” usulyny oýlap tapýar. Ol: “Ýeriň töwereginiň uzynlygyny sähralardan kesip geçmezden hem kesgitlemek bolar. Munuň üçin deňziň üstünde ýa-da tekiz ýerde beýik dag depesinde durup, Günüň dogmagyny ýa-da batmagyny önünden ýarymy görünýän wagtda alidadaly armilýaryň tegelek esbap bilen onuň peseliş burçy ölçenilýär” – diýip belleýär we bu usulyň üç wariantyny çyzyp formulalar bilen görkezýär. Birunynyň bellemegine görä bu usulyň özüne çenli belli bolandygyny onuň öz sözünden bilýäris: “Bu usul bilen al-Mamun Ýeriň töwereginiň uzynlygyny hasaplaýar, Abu Taýyp Sind ibn Alynyň bellemegine görä al-Mamun Ruma (Wizantiýada) amala aşyran saparynda ol hem bilelikde bolýar. Olaryň ýoly deňziň ýakasyndaky beýik dagyň ýanyndan düşýär. Al-Mamun Abu Taýyba dagyň depesine çykyp Gün batmazynyň ön ýanynda peselmegiň ýapgytlyk burçuny ölçemegi buýurýar. Abu Taýyp bu işi ýerine ýetirip, soňra ýer aýlanmak töwereginiň uzynlygyny aşakdaky usul bilen hasaplaýar”, diýip Abu Taýybyň ulanan “Gorizontyň peselmek burçuny ölçemek” usulynyň üçünji wariantyny düşündirýär. Emma bu ölçegiň netijesi hakynda hiç hili maglumat saklanyp galmandyr. Birunynyň pikirine üçünji wariant Abu Taýybyň ulanan usuly bolup, iki warianty Biruna makul bolýar. Bu usulda peselmegiň ýapgytlyk burçunyň bahasyny bilmekden daşary beýikligi hem bilmek gerekdir. Bu dogrusynda akyldar dagyň beýgelmelerini kesgitlemekde aralygy ölçemek dogry diýip hasap edýär we muny sada, her kimiň ýasamagy mümkin bolan esbap arkaly ölçemek bolýandygyny düşündirýär. Soňra bu geodeziki

esbabyň ýasalyş shemasyny, işleýiş ýollaryny çyzgy we formulalar bilen beýan edýär.

Alymyň köp ýyllaryň dowamynda arzuw edip gelen Ýeriň şekilini we ölçeglerini kesgitlemek bagty Mahmyt Gaznalynyň Hindistana eden ýörişleriniň birinde, ýagny 1022-nji ýylda hasyl bolýar.



1-nji surat

Abu Reýhan al-Biruny Gazna şäherine gelenden soňra soltan Mahmyt Gaznalynyň Hindistana eden saparynyň birinde akyldary hem özi bilen alyp gidýär. Ýolda Multan şäherinde bolan wagtlaýynça dynç almagy dogry bilýär. Goly galamdan, gözi gözegçilikden, pikiri oýlanmakdan durmaýan, hyýaly hemişe ylym bilen meşgul bolan akyldar wagtyny boş geçirmegi onyn (amatly) görmeýärdi, ylym hazynasyna dürli göwherler goşup, ony baýlaşdyrmagyň üstünde zähmet çekýärdi. Öz göwnüne çyg mesele bolan – Ýer şarynyň ölçeglerini kesgitlemek maksady bilen, özge ýurtda bolmagyna seretmezden, Multondan 400 kilometr günbatarynda Nandna düzlüginde (sährasynda) geodeziki işlerini geçirmegi maksat edinýär. Şu ýeriň geodeziki giňligini kesgitlep, ony $32^{\circ}00'$ -a deň çykarýar. Soňra tekizligiň (düzlügiň) beýik ýerinde durup gorizontyň peselme burçuny ölçeyär. Bu hakda alymyň özi

aşkdaky ýaly belleýär: “Hindistanyň ýerindäki düzlüginin günbatar tarapynda beýik dag görterlip, onuň günorta tarapy giň sähradan ybarat bolandygyny gördüm we alan usulymy barlap görmek gerek diýen pikir hyýalyma geldi.

Dagyň depesinde durup Ýer gorizontynyň ugry bilen bir derejede asman bilen çaknyşandygyny gördüm (1-nji surat). Wizirlemeginiň çyzygy wertikala perpendikulýar (gorizontal) çyzykdan $0^{\circ}34'$ peselýändigini anykladym. Perpendikulýar bolan dag beýgelmesini ölçedim, ol şu ýerde goldanylýan ölçeg bilen $652^{\circ}03'18''$ (652.055) geze deň boldy”.

Ýer şarynyň radiusy aşkdaky formulanyň kömegi bilen hasaplanylýar:

$$R = \frac{\cos \nu}{1 - \cos \nu} \cdot h.$$

Bu ýerde h - dagyň beýgelmesi.

Birunyň Ýeriň radiusyny hasaplamak usuly 1-nji suratda berilýär. Onda K – Ýeriň merkezi, E – dagyň depesi (çünki) $KF - KC = R$ – Ýeriň radiusy, $E - h$ – dagyň beýgelmesi (652.055 geze deň), HH_1 – dagyň çüňkünden geçýän gorizont çyzyk, EF – gözegçilik çyzygy, α - gorizontyň ýapgytlyk burçy, ($0^{\circ}34'$ -a deň). Eger-de α - ni 90° -a doldurgyç burç, FEK – ni β diýip alsak, bu $89^{\circ}26'$ -a deň bolar. Üçburçlyk FEK – niň gipitenuzasy bolan $KE = R + h$ – ni Biruny doly sinus diýip 60 -a deň edip alýar. KF radiusy β burçuň garşysynda ýatýar. Bu burçuň sinusy 0.99995 -e deň bolup, muny altmyşlar sistemasynda $59^{\circ}59'49''$ deň alýar. Şol wagt dagyň beýgelmesi h hasaby $60^{\circ} = 59^{\circ}59'49'' = 0^{\circ}00'11''$ galýar. Soňra FK radiusynyň dagyň beýgelmesine baglylygy $59^{\circ}59'49''$ -niň $0^{\circ}00'11''$ -a bahasyna deň diýip alyp, şu proporsiýadan radiusy tapýar we ony 12803337.036 ($1280337^{\circ}02'09''$) geze deň çykarýar. Arap geziniň (луктя) XX asyryň başlarynda Nil derýasyndaky **Kohiraga** ýakyn **Rodas** adasyndan tapylan ýonulan daşyň (**Ahmet al-Ferganynyň** ornadan gidrometrik gurluşynyň galyndysy) ýüzüne çyzyklar arkaly kesgitlenişçe 0.4933 metre deň. Şoňa görä Birunyň tapan Ýer radiusynyň uzynlygy 6315.9 km-e deň bolýar. Bu ululyk öňki SSSR-de kabul edilen referens – ellipsoidine has ýakyndyr. Ýer şarynyň

uzynlygy 6371.116 km -den 55.2 km tapawut edýär. Birunynyň goýberen uzynlyk ýalňyşlygy 0.9% -e deň bolýar. Bu işler mundan 1000 ýyl öň Biruny sada esbaplary ulanmak bilen dogry, hakykata ýakyn netijelere ýe bolmagyny, bu bolsa akyldaryň şular ýaly uly göwrümlü işleri dogry çözmegi, gözegçilik işlerini gynçylyk bilen alyp baranyny we hasaplamak işlerine wagtyny aýaman takyklyga uly ygtybarly berenini görkezýär. Ýokardaky köp belgili sanlar bilen hiç hili hasaplama maşynsyz alyp barlan hasaplamak işleriniň dory ýerine ýetirilişi işleýäniň çuňňur bilimli, ötgür akyly, zähmete çydamly alym bolandygyny tassyklaýar.

Beýik akyldar Ýer ölçeglerini kesgitlemegiň üstünde özüniň alyp baran geodeziki ölçeg işleriniň netijeleri boýunça Ýer şarynyň radiusy we beýleki elementlerini hasaplamak işleri **“Geodeziýa”** kitabyňy ýazyp bolandan soňra hem dowam etdirýär. Ol **Nandna** düzlüginde ýerine ýetiren işiniň üstünde ýene-de **1037-nji ýylda** ýazan **“Kanun Masudy”** kitabynda: “Hindistanyň ýerinde tekiz üstli sährada beýik daga düş geldim. Ol hakda alym başga bir ýoldan geçdim; sähranyň düzlügi deňiz üstüniň ornuna tekizlik hökmünde geçýärdi, ýeriň asman bilen birleşýän ýerinde, ýagny ýapgyt tegelegi peselýän görnüşde ýerleşdirdim. Şu ýagdaýda ony gural bilen ölçäp gündogar we günbatar çyzygyndan bir böleginiň üçden birini we dörtde görä azrak kem tapdym we ony $0^{\circ}34'$ hasap aldym (bu ýerde Biruny gündogar we günbatar bilen serhetleşen ýarym şaryň 180° -den birini alyp, onuň üçden biri $20'-a$, dörtde biriniň ornuna $14'$ alyp goşýar we $34'$ çykarýar). Dagyň beýikligini iki ýerde kesgitledim we ony 652 gez we geziň ondan ýarysyny deň edip çykardym (652.05 gez)” diýip belleýär. Soňra β burçuň sinusyny $59^{\circ}59'49''02''29^{IV}$, bu bahanyň 60 -dan tapawudyny $0^{\circ}00'10''57''32^{IV}$ - a deň edip, ýeriň radiusyny gaýtadan aşakdaky ýaly kesgitleýär:

$$R = \frac{652.055 \cdot 59.9969558641975}{0.0030441358024} = 12851369.845 \text{ gez.}$$

Bu bahany metre öwürsek, $p=6339580.745 \text{ metr} = 6339.6 \text{ kilometr}$ bolýar. Bir gradus duganyň uzynlygy 110650 m-e (häzirki takyk bahasy bilen deňeşdirende $32^{\circ}00'$ parallelde 1° -lyk duganyň uzynlygy 110684 m-e deň), ölçegleriň tapawudy $110684 - 110650 = 34 \text{ metre}$

deň bolar. Birunyň alan netijelerine görä şu paralleliň uzynlygy 39834.0 km-e , emma häzirki ölçegler boýunça $110.684 * 360 = 39846,24 \text{ km-e}$ deň bolar. Ululyklaryň arasyndaky tapawut $39846.24 - 39834.00 = 12.24 \text{ metre}$ deňdir. Biruny öz hasaplaýyş işlerini şolar ýaly takyklyk bilen alyp barýar, munuň üçin näçe wagt we zähmet sarp edýär. Birunynyň tapan bahalary häzirki kabul edilen Ýeriň ölçeglerine şeýle bir ýakyn bolup, Ýeriň radiusynyň uzynlygyndaky tapawudy 31.5 km , bir gradus meridianyň dugasynyň uzynlygyndaky tapawut bolsa bary ýogy 252 metre deňdir. Beýik akyldaryň ýaşan döwüründe Ýeriň sferik şekliň bardygyny bilmändirler. Görşüňiz ýaly, Biruny dagyň beýikligi we onuň gorizontdan ýapgytlyk burçunyň bahalaryny şol döwürde ýasama esbaplaryň kömegi bilen, takmynan tapan, emma şuna seretmezden ençeme dogry netijeleri almagy başarýar. Esasy gürrüň akyldaryň Ýeriň ölçegleri üçin ýyganan bahalarynyň takyklygy hakda bolman, eýsem mundan takmynan 1000 ýyl öň ýokary geodeziýanyň esasy meseleri bilen gyzyklanmagy, bu dogrusynda özünden öň bar bolan edebiýatlary okap, ulanylan usullar bilen tanşyp, netijelerdäki tapawutlara bir taraply baha bermek üçin, ýagny usullary oýlap tapyşy we soňkylara galdyrmak maksady bilen, şol döwürde takyk ylmy işlerini amala aşyrylmagyndadyr. Birunynyň özüniň ulanyp ynamly netijeleri alan “gorizontyň ýapgytlygyny ölçemek” usuly hakynda “Dagyň depesinden gorizontyň peselşini ölçemek ýoly bilen Ýeriň ölçeglerini kesgitlemek” atly traktat ýazýar. Emma bu eser biziň döwrümize gelip ýetmändir.

1682-nji ýylda meşhur iňlis alymy Isaak Nýuton (1642-1727) bütindünýä dartyлма kanuny dogrusyndaky teoriýany ygylan edýär. Bu teoriýa görä Ýer öz okynyň töwereginde aýlanýandygyndan merkezden daşlaşdygyň saýyn güýçleriň täsiri polýuslara oklary boýunça çekilýär we ekwatoryň boýuna giňelýär. Hakykatdan hem Fransiýanyň Ylymlar akademiýasynyň (1735-1742-nji ýyllar) Peru we Laplandiýada (Finlýandiýadan demirgazykda) alyp baran ölçeg işleri I. Nýutonyň bu pikiriniň dogrudygyny tassyklaýar. Şondan soňra Ýeriň şar şeklinde bolman, eýsem polýuslary boýunça çekilýän ellipsoid şeklinde diýip, onuň ýarym oklarynyň uzynlygy kesgitlenip başlanýar.

1.1-nji tablisa

**Gadymky we orta asyr alymlary tarapyndan kesgitlenen
Ýer şarynyň ölçegleri**

Kesgitlenen wagty	Alymlaryň ady	Radiusynyň uzynlygy, km	1°-lyk meridianyň dugasynyň uzynlygy, km	Töwereginiň uzynlygy, km	Näçe gradusda, giňlikda
Miladydan 6.5 asyr öň	Holdeýler	6310.5	110.2	39650.1	-
4 asyr	Arastu	9549.3	166.7	60000	-
2.5 asyr	Eratosfen	6943.6	119.4	43000	30
1.0 asyr	Posidoniý	6569.9	114.7	41280	35
B.e. öňki II asyry	Ptolemeý	6059.0	105.8	38070	40
827 ý.	Arabystan	6406.5	111.8	40253.3	-
1037 ý.	Biruny	6339.6	110.6	39832.8	35
1528 ý.	Fernel	6337.0	110.6	39816.7	32
1616 ý.	Snellius	6153.1	107.4	38661.3	49
1636 ý.	Norwud	6412.6	111.9	40292.0	52
1670 ý.	Pikar	6372.0	111.2	40036.6	49

I. Nýutonyň teoriýasyna görä, ýer şar şekilde diýip, onuň radiusyny kesgitlemek mümkindir. Aşakdaky getirilen 1.1-nji tablisada alymlar tarapyndan kesgitlenen Ýer şarynyň ölçegleri berlen.

Diýmek, Ýer şarynyň radiusy we bir graduslyk meridianyň dugasynyň uzynlygynyň Birunyň kesgitlän bahasy gymmatly bolup, ol häzirki kabul edilen radiusy 6371.116 km, bir graduslyk dugasynyň uzynlygy 110.9 km-den bir az tapawut edýär eken. Rus alymlaryndan professor W. Witkowskiý 1911-nji ýylda neşir edilen “Ýokary geodeziýa” kitaby şular bir görnidir. Emma öňki SSSR-iň Ylymlar akademiýasynyň agzasy prof. F. N. Krasowskiýniň “Ýokary geodeziýa gollanma” atly eserlerinde Gündogar alymlaryna mundan 1000 ýyl öň belli bolan, Ýeriň ölçeglerini kesgitlemekde ulanylyp gelnen “gorizontyň peselişini ölçemek” usulyňy näme üçindir XVIII

asyrda ýaşan iňlis alymy Raýta (1560-1615) mynasyp diýip nädogry görkezipdir. Bu bolsa olaryň Abu Reýhan Birunynyň geodeziki işlerinden habarsyzdygyny görkezýär.

Ýer ellipsoidiniň häzirki zaman takyk ölçegleriniň berlişini 1.3-nji tablisadan görmek bolar.

1.2-nji tablisa

Ýer ellipsoidiniň häzirki zaman ölçegleri

Kesgitleme- leriň awtory	Kesgitleme- leriň çap edilen ýurtlary	Kesgitlenen Ýyly	Uly ýrym oky, a	Gysylma, α
1	2	3	4	5
Delambr	Fransiýa	1800	6 375653	1/334.00
Bessel	Grmaniýa	1841	6 377397	1/299.15
Klark	Angliýa	1880	6 377397	1/293.52
Heýford	ABŞ	1910	6 378388	1/297.00
Krasowskiý	Rossiýa	1940	6 378245	1/298.32

Indi bolsa Abu Reýhan Birunynyň geodeziýa ylmyna goşandy we geodeziýanyň taryhynda tutýan orny hakynda gysgaça belläp geçmekçi. Geodeziýanyň taryhy bilen tanşan adam şu aşakdakylary okap biler. II asyrdan Klawdiý Ptolomeýiň kesgitlän Ýer ölçeglerinden soňra 827-nji ýylda Arabystanda ýerine ýetirilen gradus ölçeg işlerine çenli hiç kim (6 asyryň dowamynda) tarapyndan hiç hili geodeziýa degişli ölçeg işleri alyp barmaýar. 827-nji ýyldan 1528-nji ýylda fransuz alymy Fernel tarapyndan geçirilen Pariž meridianynyň uzynlygyny kesgitlemek işine çenli (7 asyryň dowamynda) hem Birunydan başga hiç kim geodeziýa degişli işleri bilen maşgullanmandyr. Emma Birunynyň geodeziýa degişli dünýä ähmiýetine eýe bolan uly işleri taryhyň sahypasynda näme üçindir öz ornuny almaýar. Abu Reýhan al-Biruna çenli bolan alymlar geograf, astronom bolup, olar geodeziýanyň hakyky bir meselesiniň, ýagny Ýer şarynyň ölçeglerini kesgitlemegiň üstünde iş alyp barmandyrlar, geodeziýanyň başga meseleleri bilen gyzyklanypdyrlar. Şeýle bolsa-da olar geodeziýanyň taryhynda mynasyp orun alýarlara, hakyky

geodeziýa alymy bolan Biruny bolsa özüniň hakly ornuny eýeläp almandyr. Muňa sebäp onuň eserleriniň öz wagtynda belli bolmazlygy ýa-da Ýewropaly alymlaryň işleriniň arapçadan latyn diline terjime edilen görnüşini näme üçindir gizläp gelipdirler. Bu kitabyň birnäçe golýazmasynyň dünýäniň iň meşhur belli kitaphanalarynda iň gymmatly kitaplaryň hökmünde saklanýandygy mälimdir. Özüniň geodeziýa degişli eserleri bilen tanalýan professor W. Witkowskiý Eratosfeniň hyzmatlaryny öwüp: “Geodeziýany ylym hataryna goýan alym Eratosfen hasaplanýar” – diýip belleýär. Emma Eratosfen Kirenalynyň geodeziýa degişli Ýeriň häzirki ölçeglerinden has daşda bolan, nädogry hasaplan ölçegleri bolaýmasa, onuň bu ugurda fundamental işi ýokdur. Emma onuň ilkinji gezek kartalary düzmekde meridianlary we parallelleri ulanmagy ylmy aýandyr. Eger-de W. Witkowskiý Birunynyň Ýer ölçeglerini kesgitlemekdäki ylmy işleri, özüne ýakyn hasaplamak usullary hem-de ýokarda biziň sanap geçen we aşakdaky doly maglumat berlen birnäçe geodeziki işleri bilen tanyş bolan bolsady, ol Birunyny hem Eratosfen hatary “Birunynyň geodeziýa ylmyna esasly girizen we bu ylmyň döremeginde öz döwründe mynasyp alymlaryň biridir” diýen bolardy.

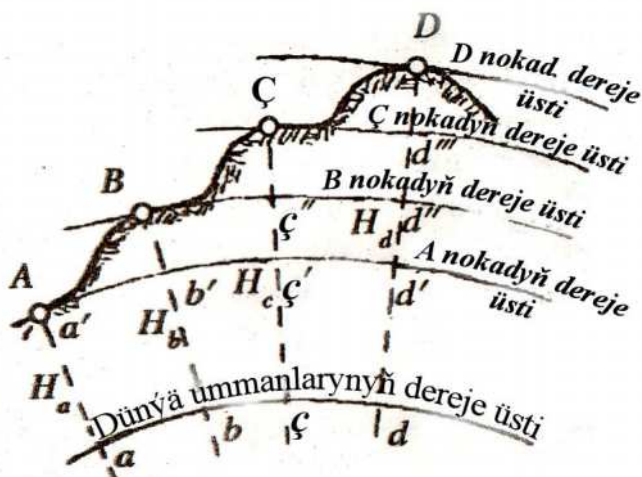
Biruny beýleki alymlar ýaly, Ýeriň ölçeglerini kesgitläp bilendigini çaklama hasaplaman, eýsem geodeziýanyň başga-da köp mysallarynyň üstünde hem uly ylmy işler amala aşyrýar. Olar bilen bolsa biz aşakdakylardan tanyş bolarys.

Alymyň “**Geodeziýa**” eserinde özüne belli bolan ýerleriň, ýagny **Ýewropa, Afrikanyň** demirgazyk bölegine, **Aziýanyň** günorta bölegine, **Ispaniýadan Türküstana** çenli, **Hind derýasynyň** kenaryna çenli aralykdaky ýaşaýan halklara, ilatly punktlary sanamak arkaly, medeni ösümlüklerini, ýerleriň topragyny, gazylyp alynýan peýdaly baýlyklaryny, şol ýerleriň fiziki-geografiki häsiýetnamasyny we klimatiki şertlerini ýazmakdan daşary, senagatyny, medeniýetini, ulanýan dillerini hem beýan edipdir. Birnäçe asyrdan soňra Ýewropalylara Birunynyň şu eserindäki maglumatlary diňe anyklaşdyrmak galypdyr.

II. ÝERINŇ FORMASY WE ÖLÇEGLERI

2.1. Ýeriň ölçegleriniň kesgitlenilşi

Ylymda ýeriň üsti fiziki ýa-da topografiki üst hökmünde kabul edilendir. Bu üst ummanlaryň we materikleriň bilelikdäki çylşyrymly geometriki şekilidir. Orta mekdeplerde geçilýän geografiýa dersinden bilişimiz ýaly bütewi ýer üstüniň 1/3 bölegini suwuň(29 %), galan bir böleginiň bolsa gury ýer (71 %) tutýar. Şulardan ugur alsak, onda Ýeriň şeklini kesgitlemekde dünýä ummanlarynyň suwunyň üst derejesinden ugur almak amatlydyr.



2.1-nji surat.

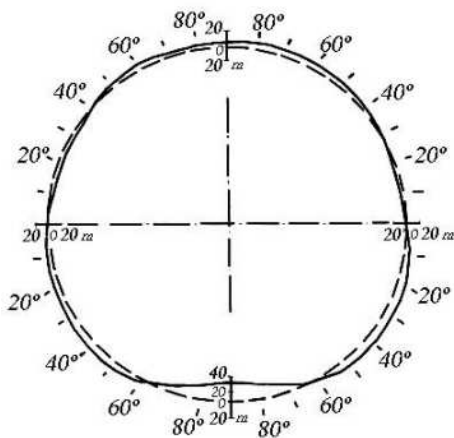
Okeanlaryň suwunuň üst derejesiniň dynçlykdaky we deňagramlylykdaky duran ýagdaýynyň gury ýer böleginiň ähli ýerinde, asma çyzygy göni burç bilen kesip geçýän ýagdaýyna **esasy urowen üsti** diýilýär. Ýeriň esasy dereje üsti bilen çäklenen togalak geometriki şekili **geoid** diýlip atlandyrylýar. *Geoid* grek sözi bolup, türkmen dilinde “*Ýere meňzeş*” diýmekdir. Geoid düşüňjesinde gury ýer böleginiň beýikli - pesli bölekleri hasaba alynmaýar. Ýer üstüniň köpräk bölegini ummanlar we deňizler, azrak bölegini bolsa gury ýer tutýandygy möhüm baha eýedir. Gury ýeriň ummanlaryň üstünden

ortaça beýikliginiň tapawudy 875 metre deňdir, bu bolsa Ýeriň ululygyna baglylykda kiçi sandyr.

Üst derejesini islendik nokadyň üstünden geçirmek bolar (2.1-nji surat). Bu üst derejäniň aşagyndan, ýokarsyndan geçip, onuň üsti bilen gabat gelip hem biler. Suratda A we B nokatlaryň beýikligi H_a we H_b aralyklar bolar. Olaryň ählisi üst derejesinden ýokarda ýerleşýärler.

Geodeziki işleriň tejribesinde Ýeriň aýlanma üsti, ellipsoidiň aýlanma üsti(sferoid) hökmünde alynýar we ol öz gezeginde Ýeriň hakyky şekiline geoid e has ýakyndyr.

Geoid - umman suwlarynyň üst derejesiniň dynçlykdaky we deňagramlylykdaky ýagdaýynyň materikleriň aşagyndan dowam etdirilende alnan ýeriň şekilidir.



2.2-nji surat.

Ýeriň tebigy üsti beýikliklerden we pesliklerden, daglyklardan we tekizliklerden, tekiz daglardan we ummanlardan, şeýle hem deňizlerden ybarat. Geçirilen geodezik ölçeglerden peýdalanyňp, ýeriň üstündäki nokatlaryň beýiklikleri kesgitlenende, ýeriň keşbine meňzeş hem-de ony hasaba alýan, belli bir üsti başlangyç üsti, ýagny ýeriň esasy *üst derejesini* alýarys.

Ýeriň geoid şekili agyrylyk güýjüniň täsirine, agyrylyk güýji bolsa ýeriň aşagyndaky jynslaryň ýerleşmegine we onuň dykyzlygyna baglydyr. Jynslaryň ýerleşşi we dykyzlygy ýeriň ähli böleginde bir görnüşli bolmanlygyndan, geoidiň üstüne baglylykda “*tolkun görnüşli*” bolýar(1.2-nji surat).

Ýer gabygyny emele getirýän jynslaryň dykyzlygy we ýerleşmegi häzire çenli doly öwrenilmändigi sebäpli, geoidiň takyk şekilini bilmek kyn meseleleriň biri hasaplanylýar. Soňky ýyllarda *ýokary geodeziýanyň* esasy wezipesi, geoidiň şekilini kesgitlemek bolup durýar. Görnükli rus alymy **K. S. Molodenskiý** özüniň birnäçe ýyllaryň dowamynda alyp baran ylmy işleriniň netijesinde ýokary geodeziýanyň esasy wezipesi geoidiň keşpini kesgitlemek däl-de, eýsem Ýeriň gravitasion meýdanyny we tebigy üstüni öwrenmekligini kesgitledi. Ýeriň tebigy üstüni öwrenmek üçin geoidiň keşbine ýakyn gelýän *kwazigeoid* diýip atlandyrylýan kömekçi üsti teklipl etdi. Okeanlaryň üstünde geoid bilen kwazigeoidiň üstleri bir-birine laýyk, emma gury ýerde olar tapawutlanýar. Tekizlik ýerlerde olaryň arasyndaky tapawut birnäçe santimetr, pes daglyk sebitlerde iň köpi 1 metre çenli, beýik daglyk sebitlerde 2 metre çenli bahalary alýar. Şonuň üçin geodeziýada köpçülikleýin meseleleri çözmekde geoidiň we kwazigeoidiň üsti bir-birine gabat gelýär diýip kabul edilendir.

Geodeziki ölçegler geoidiň ellipsoid aýlanmasy, ýagny ellipsiň kiçi okunyň *b-niň* (polýar pkunyň **PP₁**) daşyndan aýlanmagynda emele gelen geometriki şekiline ýakyndygyny görkezdi. Bu şekilde ellipsoid bütewi çyzyk, geoid bolsa üzňe çyzyk bilen berlendir. Ýer üstüniň islendik nokadyndan geoid bilen ellipsoidiň arasyndaky tapawut *150 metre* çenli aralykda bolýar (1.2-nji surat). Şonuň üçin geodeziýada ýer ellipsoidiniň aýlanma şekili kabul edilýar.

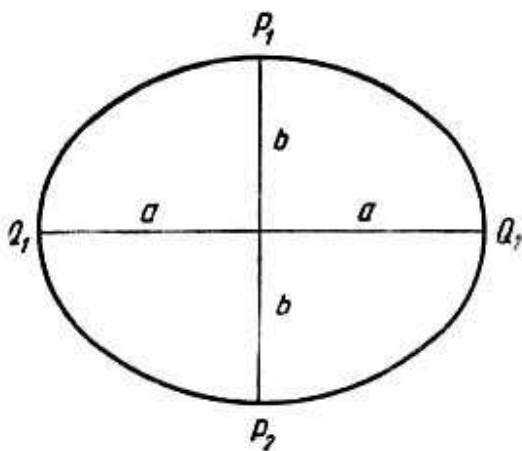
“Kwazigeoid” gelip çykyşy boýunça grek sözi bolup, türkmen dilene “*geoide ýakyn*” diýen ýaly manyda terjime edilýar.

Asma çyzyk - geoidiň üstündäki islendik nokatdan onuň üstüne perpendikulýar kesip geçmek bilen alynýar(başgaça aýdanda asma çyzyk - ýeriň agyrylyk güýjüniň ugry bilen gabat gelýän

çyzykdyr). Asma çyzygyň alnyşyny suratda A nokadyň ýagdaýynda görýärsiňiz.

Normal çyzyk-Ýer ellipsoidiniň üstindäki islendik nokatdan onuň üstüni perpendikulýar kesip geçmek bilen emele gelyär. Normal çyzygyň alnyşyna mysal hökmünde suratdaky B nokadyň ýerleşişini görkezmek bolar.

Geodeziki ölçegleri geçirmek üçin kesgitlenen koordinatlar sistemasy bolan ýer ellipsoidine **referens-ellipsoid** diýilýär. Her bir döwletde topografo-geodeziki işleri geçirmek üçin belli ululykdaky Ýer ellipsoidi kabul edilendir. Garaşsyz, baky Bitarap Türkmenistan diýarymyzyň territoriýasy üçin görnükli rus alymy **F. N. Krasowski**niň referens-ellipsoidi alnandyr.



2.3-nji surat.

Ýer ellipsoidiniň ululygy onun elementleri bilen kesgitlenilýär. Bu elementler ellipsoidiň uly(a) we kiçi ýarym(b) oklary bolup durýar. Şu ululyklara baglylykda ýer ellipsoidiniň otnositel gysylma koefisiýenti (α) hasaplanylýar (2.3-nji surat). Ol aşakdaky ýaly berilýär:

$$\alpha = \frac{a-b}{a}.$$

Ýer ellipsoidiniň elementleri gradus ölçeg netijelerine esaslanýar we hasaplanyp çykarylýar. Birnäçe ýurtlarda alymlar Ýer ellipsoidiniň elementlerini hasaplap çykarypdyrlar.

Fransuz alymy **Delambryň** hasaplap çykaran Ýer ellipsoidiniň bahalary häzirki wagtda taryhy ähmiýete eýedir. Delambr Ýer ellipsoidiniň elementlerini kesgitlemek bilen uzynlyk ölçeg *birligi bolan - metriň* bahasyny hasaplap çykarýar. Delambryň ellipsoidinde ekwatoran polýuslara çenli aralyk *10000 kilometre* deňdir. Çünki munda çärýek meridianyň *10000000* bir bölegi (*1/10000000*) **1 metre** deň diýlip kabul edilýar.

1946-njy ýyla çenli **Garaşsyz Döwletleriň Arkalaşygy (DGA)** ýurtlarynyň territoriýasynda topografo-geodeziki işlerini geçirende nemes astronomy **F. W. Besseliň** (1794-1846-njy ýý.) hasaplap çykaran Ýer ellipsoidiniň ululyklaryndan peýdalanyppdyrlar. Öňki sowet alymlary, nemes astronomy **F. W. Besseliň** ellipsoidiniň geoidiň ölçeglerinden biraz tapawut edýändigini kesgitleýärler.

2.2-nji tablisa

**Biziň eramyzdan öň we orta asyrlarda kesgitlenen
Ýer ellipsoidiniň ölçegleri**

Kesgitleme- leriň awtory	Kesgitleme- leriň geçirilen ýerleri, ýurtl.	Kesgitlenen ýyly	Töwreginiň radiusy, km	Goşmaca
1	2	3	4	5
Eratosfen	Müsür, Asuan we Aleksan- driýa şäherleri	Takmynan 250 ýyl b.e.öň	$R = 5908.8 \text{ km}$ ($R = 6371.12$)	Ekwatora ýakyn ýerde
Arap alym- lary Musa al- Horezminiň ýolbaşçy- lygynda	Tigr we Ýefrat derýalarynyň aralygy, Sinjar düzlügi	Takmynan 830-njy ýyllarda	$R=6393.6 \text{ km}$	36° - lyk parallelda
Abu Reýhan Biruni	Nandna tekizligi	Takmynan 1022 ýylda	$R=6345.1 \text{ km}$	32° – lyk parallelda

Amerikaly alym **Heýford** Ýer ellipsoidiniň elementlerini hasaplap çykarmakda, ABŞ-da geçirilen gradus ölçegleriniň netijelerine esaslanýar we bu ululyklar 1924-nji ýylda Halkara

Geodeziýa hem-de Geofizika jemgyýeti tarapyndan **Halkara ellipsoidi** diýlip kabul edilýär.

2.1-nji tablisa

Ýer ellipsoidiniň takyk ölçegleri

Kesgitleme- leriň awtory	Kesgitleme- leriň çap edilen ýurtlary	Kesgitle- nen ýyly	Uly ýrym oky (a), metrde	Gysylma, α
Delambr	Fransiýa	1800	6 375653	1/334.00
Bessel	Grmaniýa	1841	6 377397	1/299.15
Klark	Angliýa	1880	6 377397	1/293.52
Heýford	ABŞ	1910	6 378388	1/297.00
Krasowskiý	Rossiýa	1940	6 378245	1/298.32

ABŞ, Argentina, Belgiýa, Portugaliýa, Türkiýe we beýleki döwletler geodeziki işleri geçirmekde **Heýfordyň** ellipsoidiniň elementlerini esas hökmünde kabul edýärler. Soňky ýyllarda, sowet alymlary **Heýfordyň** ellipsoidiniň Ýeriň hakyky ölçeglerinden biraz tapawut edýändigini kesgitlediler.

Ýer ellipsoidiniň elementlerini köp ýurtlaryň alymlary, dürli ölçeg usullaryň kömegi bilen hasaplapdyrlar. Maglumatlar, alnan netijeleri boýunça hem bir-birinden tapawutlanypdyr. **GDA** we beýleki ýurtlarda geodeziki, topografiki we kartografiki işleri geçirmek üçin görnükli rus alymy **F. N. Krasowskiniň** ellipsoidiniň ölçegleri alnandyr. **F.N.Krasowskiniň** ellipsoidiniň elementleri demirgazyk ýarym şaryň çäginde Ýeriň üstine has ýakyndyr. Onuň ellipsoidiniň geoidiň üstünden gyşarmasy *40 metrden* geçmeýär.

Ýeriň şekilini we ölçeglerini kesgitlemekde Merkezi Aziýanyň alymlary: **Muhammet Musa al-Horezminiň, Abu Nasr Ibn Iragyň, Abu Reýhan al-Birunynyň** we beýlekileriň bitiren ylmy işleri diýseň guwandyrýjydyr. **Muhammet al-Horezmi** algebrany esaslandyran bolsa, **Abu Reýhan al - Biruny** geodeziýany we astronomiýany esaslandyryjy alym hasaplanylýar. Ol geodeziýany geometriýanyň düzüminden bölüp aýyrýar. Merkezi Aziýanyň alymlarynyň baryp IX-XI asyrlarda hasaplap çykaran Ýer

ellipsoidiniň ölçegleri, häzirki wagtyň takyk ölçeglerinden birazrak tapawutlanýar.



Görnükli rus alymy F. N. Krasowskiý

Dürli ýurtlaryň alymlarynyň kesgitlän Ýer ellipsoidiniň ölçegleri 1.1, 1.2 - nji tablisalarda berlendir. **F. N. Krasowskiiniň** Ýer ellipsoidiniň ölçegleri aşakdakylar ýalydyr, ýagny $a=6378245$ m, $b=6356863$ m bolsa, onda ýer ellipsoidiniň otnositel gysylmagy:

$$\alpha = \frac{6378245 - 6356863}{6378245} = \frac{21372}{6378245} = \frac{1}{298.3}.$$

Bu ýerde $\alpha=1/298.3$ -Ýer ellipsoidiniň ortaça polýar gysylmasy.

Ýer ellipsoidiniň töwereginiň uzynlygy $l=40030.9$ km, bir graduslyk dugasynyň çyzyk uzynlygy 111.196 km, bir minutlyk dugasynyň çyzyk uzynlygy 1853.282 m, bir sekuntlyk dugasynyň çyzyk uzynlygy 30.888 m, Ýer üstüniň meýdany, takmynan 510 mln km^2 , ýeriň göwrümi bolsa, takmynan 1.083 mlrd km^3 bahalary alýar.

Ellipsoidiň üstüni geoidiň üstüne gabat getirmek üçin, ellipsoidi geoidiň üstüne görä oriýentirlemeli(ugrukdyrmaly) bolýarys. Oriýentirlenmek işi saýlanyp alnan nokada baglylykda

geçirilýär, ýagny asma çyzyk bilen agyrylyk güýjüniň ugurlaryny gabat geler ýaly ýerleşdirmek zerurdyr.

Garaşsyz Bitarap Türkmenistanyň territoriýasy üçin ugur kesgitleýji nokat hökmünde(referens-ellipsoidiň üstünde) *Rossiýanyň Pulkow observatoriýasynyň tegelek zalyynyň merkezi* nokady alynýar.

Praktiki işler geçirilende Ýeriň şekilini şar hökmünde alýarlar. Üstüniň meýdany ellipsoidiň meýdanyna, takmynan deňdir. Ýer şar şekilli diýip hasaplanda *F. N. Krasowskiniň* we *A. A. Izotowyň* maglumatlaryna laýyklykda Ýeriň radiusy $R = 6371.116$ km-e deň.

2.2. Ýeriň ölçeglerini kesgitlemegiň usullary

Ýeriň şekilini we ölçeglerini kesgitlemegiň aşakdaky usullary bardyr:

1. Astronomo-geodeziki usul. Bu usul gradus ölçeglerine esaslanýar. Onuň esasy mazmuny meridianlaryň we parallelleriň bir graduslyk dugasyna düşýän uzynlyk bahasyny kesgitlemekden ybarat. Kesgitlemek dürli giňliklerde geçirilýär. Bir graduslyk duganyň çyzyk uzynlygyny, ýeriň üstünde ölçemek örän kyndyr (1° -lyk duganyň uzynlygy 111.2 km-e deňdir) Bu aralyga daglaryň, derýalaryň, kölleriň, peslikleriň we ş. m. düşýänligi sebäpli uzynlygy ölçemegiň takyklygy örän pesdir. Ölçegi meridianlaryň ýa-da parallelleriň ugry boýunça geçirýärler.

2. Triangulýasiýa usuly. Triangulýasiýa usuly uzak aralyklary ýokary takyklyk bilen ölçemäge mümkinçilik berýär. Bu usuly *XVII asyrd*a golland alymy **W. Snellius** ilkinji bolup ulanýar. **W. Snelliusyň** esaslandyran bu usuly, dürli ýurtlaryň alymlary tarapyndan has-da köp ulanyp başlapdyr. *XVIII asyrd*a 1° -lyk duganyň uzynlygynyň meridianlar we paralleller boýunça deň dældigi subut edilýar. Polýuslarda duganyň 1° -lyk dugasyna düşýän uzynlyk birliginiň(meridian boýunça), ekwator dakydandan tapawutlanýandygy anyklanylýar. Bu bolsa ellipsoidiň häsiýetine mahsusdyr we **I. Nýutonyň** gipotezasyna dogry(laýyk) gelýär. Gidrodinamikanyň kanunlary Ýer ellipsoidiniň süýnmek şekliniň bardygyny we onuň polýuslarda gysylýandygyny görkezýär.

Triangulýasiýa usuly meridianlaryň we parallelleriň ugry boýunça üçburçlyklar zynjyryny gurmak bilen, ýeriň üstündäki nokatlaryň arasyndaky has uzyn aralyklary(münlerçe kilometre barabar bolan) kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Ž. Delambryň ýolbaşçylygyndaky geçirilen gradus ölçegi örän uly ähmiýete eýedir. Olar meridianlaryň we parallelleriň ugry boýunça ölçeg geçiripdiler

1848-1852-nji ýyllarda rus geodezistleri **K. I. Tenner** we **W. Ýa. Struwe** *Fulane* (Norwegiýa) şäheri bilen **Dunaý derýasynyň** aýagyna çenli uzynlygy ölçäpdiler. Bu aralyk gradus ölçegi boýunça $25^{\circ}20'$ -a deň bolupdyr. Bu bolsa şol döwrüň iň uly geodeziki işleriniň biridir.

3. Geofiziki usul. Geofiziki usuly ýeriň üstünde agyrlýk güýjüniň meýdan boýunça ýaýramak ýagdaýyna esaslanandyr. Bu usulyň artykmaçlygy, ony okeanlaryň we deňizleriň üstünde, düýbünde, ýeriň aşagynda we ş. m. ýerlerde ulanmaga mümkinçiliginiň bolmagydyr.

Fransuz alymy **A. Klero** (1713-1765-nji ýyllarda ýaşan) ýokary geodeziýa üçin fundemental bolan teoremany subut edýär. Ol **Laplandiýada** (1736-1787) geçirilen gradus ölçegine özi gönüden – göni gatnaşýar. A. Klero agyrlýk güýji bilen Ýeriň gysylmagynyň arasyndaky gatnaşygy kesgitleýär. Bu bolsa, ylymda “*Kleronyň teoremany*” ady bilen bellidir. Ol bu ululygy Ýeriň üstünde gradus ölçeglerini geçirmezden kesgitlemegi başaýar. Bu bolsa Ýeriň üstündäki dürli nokatlarda maýatnigiň yrgyldysyna gözegçilik etmek ýoly bilen kesgitlenilýär. Bu usul ylymda täze ugruň, ýagny grawimetriýanyň emele gelmegine-de sebäp bolýar.

Ilkinji grawometriki gözegçilik *1743-nji ýylda* fransuz alymy **A. Klero** tarapyndan geçirilipdir. **A. Klero** ýer üstüniň sferiki şekiliniň bardygyny, ol gidrostatik deňagramlylyk ýagdaýynda bolanda, diňe özara dartýşma güýçleriniň we olaryň bölekleriniň merkeze ymtylýan güýçler bilen öz okunyň daşyndan aýlanýandygyny ylmy taýdan subut edýar.

A. Klero “*Planetamyz, umumy merkezli, sferoid gatnaşyklardan durýar, şeýle hem dykzlyk merkeze ymtyldygyça artýar*” diýen pikiri aýdypdyr. Ol özüniň geçiren işiniň netijesinde

ýeriň islendik nokadynda agyrylyk güýjiniň tizlenmesini hasaplamagyň formulasyny hem çykarypdyr. Formula aşakdaky ýaly berilýär:

$$g_{\varphi} = g_e \left(1 - \frac{g_p - g_e}{g_e} \cdot \sin \varphi\right)$$

Bu ýerde g_{φ} , g_e we g_p - giňlik boýunça ekwatorda we polýusda kesgitlenýän agyrylyk güýjüniň tizlenmesi.

Eger-de formula özüniň san bahalaryny bersek, onda g_e we g_p aşakdaky ýaly bolar:

$$g_p = 978.030(1 - 0.005302 \cdot \sin^2 \varphi).$$

4. Kosmos usul. Bu usul kosmos giňişligini adamzadyň özleşdirip başlan gününden, ýagny 1957-nji ýylyň oktyabr aýyndan başlap, ylma aralaşýar. Kosmos giňişligini öwrenmek bilen ýeriň şekili we ölçegleri has takyk kesgitlenilip başlanyldy. Bu usul, öňki SSSR-de emeli hemralaryň uçurylmagy bilen baglanyşyklydyr. Kosmonawtikanyň ösmegi geodezistleriň önünde Ýeriň emeli hemralarynyň hereketine gözegçilik etmek we giňişlikdäki ýagdaýyny berlen wagtda kesgitlemek ýalylyr degişlidir.

Ýeriň emeli hemralarynyň hakyky hasaplanan traýektorýasyndan gyşarmagy köp derejede Ýeri düzýän dag we beýleki jynslaryň, massalarynyň bir meňzeş ýerleşmänliginden, uçurylan emeli hemralaryny hasaplanan traektorýasyndan biraz gyşardýar we ýeriň grawitasion meýdanyny, ahyrky netijede bolsa, onuň şekilini kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Ýeriň emeli hemralary (ÝEH) boýunça dürli matariklerde ýerleşen geodeziki torlaryň punktlaryna gözegçilik etmegiň birnäçe usullary bardyr.

Birinji usul - sunhron usuly *ÝEH-na* dürli materiklerde ýerleşen geodeziki punktlaryndan, bir wagtyň ozünde gözegçilik etmeklige we maglumatlary almaklyga esaslanýar.

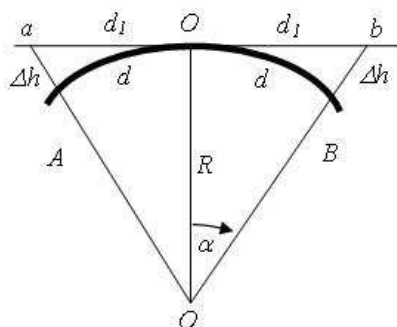
Sinhron usulyny materikleriň arasyndaky aralygyň uly bolmadyk ýagdaýynda ulanmak (punktlardan bir wagtyň ozünde ÝEH-nyň görünmegi zerurdyr) mümkin.

Ikinji usul - orbitaly usuldyr. Bu usul sinhron usulyndan, ÝEH-ryna dürli wagtlarda gözegçilik edilmegi bilen tapawutlanýar.

Emma orbitaly usuly ÝEH-nyň hakyky orbitasynyň, hasaplanylandan gyşarmasyny göz önünde tutmaga mümkinçilik bermeyär.

2.3. Ýer üstüniň bölekleriniň tekizlik hökmünde kabul edilen ölçegleri

Tekizlik hökmünde kabul edilen ýer bölekleriniň (uçastoklaryny) ölçeglerini kesgitlemek zerur we möhüm meseleleriň biri bolup durýar. Islendik karta ýa-da plan düzülende, haýsy ölçegli ýer bölegini tekizlik hökmünde kabul edip boljak, kartada ýer üstüniň egriligini hasaba almalymy ýa-da ýok? Haýsy ýer bölegini ortogonal proyeksiýada şekillendirmek mümkin? Şu soraglara jogap bermek üçin aşakdaky maglumatlary bilmek hökmanydyr.



2.4-nji surat.

Haçan-da tegelegiň radiusy **10** kilometrden kiçi bolsa, onda güberçek ellipsoidiň üstüni tekizligiň bir bölegi hökmünde kabul bolar. Şeýlelik-de, ortogonal proyeksiýany haýsy ýer üstüniň bölegi üçin ulanyp boljakdygyny subut etmek kyn düşmez(2.4-nji surat). Onuň üçin R radiusly sferik görnüşli ýer üstüniň bölegine seredip geçeliň. OB - AB duganyň bir bölegi diýip alalyň($OB=d$, $Od=d_1$) d_1 göni çyzygy ýer şaryna galtaşýan göni çyzyk diýip göz önüne getireliň.

Işı ýerine ýetirmek üçin d we d_1 çyzyklaryň tapawudyny tapalyň, d -niň uzynlygyny **100** kilometrdan kiçi diýip şertleşsek, onda:

$$d=R \times \alpha; d_1=R \times \operatorname{tg} \alpha.$$

α -merkezi burç, gradusda; R -ýeriň radiusy, km.

Aňlatmalary bir-birinden aýyrmak bilen aşakdakyny alarys:

$$d - d_1 = R \times \alpha - R \times \operatorname{tg} \alpha = R \times (\alpha - \operatorname{tg} \alpha)$$

Bu ýerde $d - d_1 = DS$.

Merkezi α burçuň örän kiçi bolanlygy sebäpli, $\operatorname{tg} \alpha$ -ny dargadanda birinji sany hasab alman, ikinji sandan başlamak hem bolar. Şunlukda kemelýän hatar boýunça aşakdakylary alarys:

$$\operatorname{tg} \alpha = \alpha + \alpha^3/3 + \dots$$

DS - göni çyzygyň uzynlygy, Ýeriň radiusy bilen deňeşdirende örän kiçi sandyr. Şonuň üçin:

$$\operatorname{tg} \alpha - \alpha = \alpha^3/3 \text{ we } DS = R \times \alpha^3/3;$$

formulany goýup aşakdakyny formulany alsak,

$$\Delta S = R \times S^3 / (3 \times R^3) = S^3 / (3 \times R^2)$$

onda, netije

$$\Delta S = S^3 / (3 \times R^2) \text{ bolar.}$$

Eger-de duganyň uzynlygy *10 kilometre* deň bolsa, onda DS diňe duganyň uzynlygynyň *1/1000000* (1000000-dan) bir bölegini tutýar, aralyk *50 km* bolsa tapawut *1/5000* bahany alýar.

Häzirki zaman ýokary takyklykdaky geodeziki gurallary aralygy *1/1000000* takykly otnositel ýalňyşlyk bilen ölçemäge ukyplydyr. Şonuň üçin radiusy **R=10 km-e** deň bolan tegelegi ýa-da **20 x 20 km²** ýer uçastogyny(bölegini) tekizlik hökmünde kabul etmek bolar.

Ýeriň egriliginiň täsirini kesgitlemek üçin aşakdaky formulany ulanmak bolar:

$$\Delta h = \frac{S^2}{2 \cdot R}.$$

Ýeriň üstünde S we h -yň kilometrdäki tapawudy 1.4-nji tablisadaky ýalydyr.

I.4-nji tablisa

Çyzyklaryň km uzynlygy	ΔS -yň tapawudy, m	Δh -yň tapawudy, m
1	0.00	0.08
5	0.00	1.96
10	0.01	7.85
20	0.07	31.39
50	1.02	196.20
100	8.21	784.81

Burçlaryň bahalary taraplaryň uzynlygyna baglylykda üýtgeýär. Ol üýtgemeleri bolsa aşakdaky ýaly görkezmek mümkin:

$$\xi = \rho \cdot \frac{P}{R^2}$$

Bu ýerde P - şekiliň meýdany; ρ - radianyň ululygy.

I.5-nji tablica

Ýer bölekleriniň meýdany, km ²	Burçlaryň bahalarynyň tapawudy, sek
10	0.05
100	0.51
400	2.03
900	4.57
1600	8.13
2500	21.71
5000	25.40
10000	50.80

Sferiki eksessiň bahalary bolsa 1.5-nji tablisadaky ýalydyr. Şu ululyklardan görnüşi ýaly, sferik eksessiň bahasy, haçan-da kwadratyň tarapy 10 km-e deň bolanda Ýeriň sferik şekilliliginiň täsiri 0.5"-a deň bolar. Diýmek, ölçegleri 20 x 20 km²-dan kiçi bolan ýer üstüniň böleklerini tekizlik hökmünde almak bolar.

III. TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET GEODEZIKI TORLARY

3.1. Umumy düşünje

Ýeriň üstünde köp wagtlap saklanýan, mahsus gurluşly gazyklar bilen belgilenen, planly koordinatasy (planly-beýiklik) ýa-da şertli üstden **absolýut** beýikligi belli bolan nokada **geodeziki daýanç punkty** diýilýär. Şular ýaly nokatlaryň *ýygyny* *geodeziki daýanç torlaryny* düzýär.

Punktyň planly (absissa **X** we ordinata **Y**) ýagdaýy belli bolsa, onda oňa *planly* daýanç punkty diýilýär. Eger-de punktyň absolýut ýa-da otnositel beýikligi belli bolsa, onda *beýiklige daýanç punkty* diýilýär. Şoňa görä-de geodeziki torlar *planly*, *planly-beýiklik* we *beýiklik* ýaly görnüşlere bölünýär.

Türkmenistanyň geodeziki torlary: *döwlet geodeziki daýanç, köpeldilen* (gürlendirlen) we *surata almak esasly* torlaryna bölünýär.

Döwlet geodeziki daýanç torlary - ýeriň üstünde mahsus maksatnamalaryň esasynda döredilýär. Olar dürli masştabdaky topografiki planlary we kartalary almakda daýanç nokatlary bolup hyzmat edýär. Bu torlar ýurdumyzyň halk hojalygynda dürli ylmy-praktiki meseleleri çözmekde hem ulanylýar. Muňa mysal edip ýeriň şekiliniň, ölçegleriniň we ýer gabygynyň hereketleriniň öwrenilişini, okenalaryň we deňizleriň suwlarynyň üst derejeleriniň bir - birinden tapawudynyň kesgitlenilişini, şeýle-de dürli görnüşli takyk binalaryň deformesiýalarynyň kesgitlenilişini we ş.m. görkezmek mümkin. Uly inženerli binalarynyň taslamalary ýere geodeziki daýanç punktlaryna esaslanyp geçirilýär.

Döwlet geodeziki daýanç torlary ýurdumyzyň islendik ýerinde bir-birine bagly bolmazdan, şol bir wagtyň özünde ýa-da dürli wagtlarda planlary almaga we geodeziki ölçeg işlerini geçirmäge hem-de şu işlerde emele gelýän ýalňyşlyklaryň täsirini azaltmaga, belli işleriň nähili derejede takyk ýerine ýetirilýändigini barlamaga, geodeziki ölçeg işlerini täze koordinatlar ulagamyna birleşdirmäge kömek berýär.

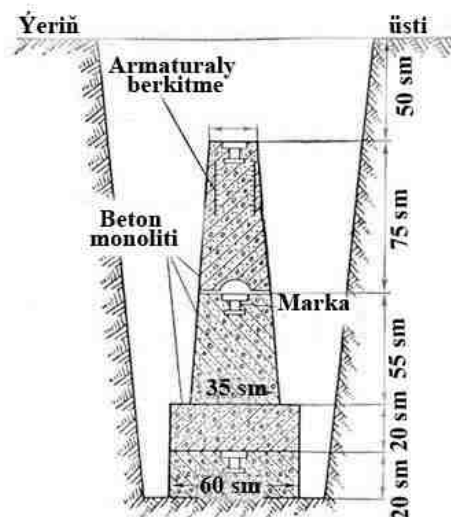
Köpeldilen geodeziki torlar. 1:500-1:5000 masştably topografiki planlary hem-de gurluşyk geçirilýän meýdançalarda

ýerine ýetirilýän geodeziki işleri amala aşyrmaga we netijeleri barlamak üçin esas bolup hyzmat edýär.

Surata almak esasly torlar dürli masştabdaky topografiki planlary almak üçin esas bolup hyzmat edýär. Surata almak esasly torlary döretmekde *teodolit*, *menzula*, *niwelir*, *taheometr* we ş.m. ýörelgeleri geçirmek bilen döretmek bolar. Teodolit surata almagynyň kömegi bilen menzula surata almagy üçin analitiki esasy geçirilýär. Goemetriki toryň punktlarynyň ýagdaýlary göni we ters geodeziki tapmak(kesişdirmek) usullaryndan peýdalanyň tapylýar.

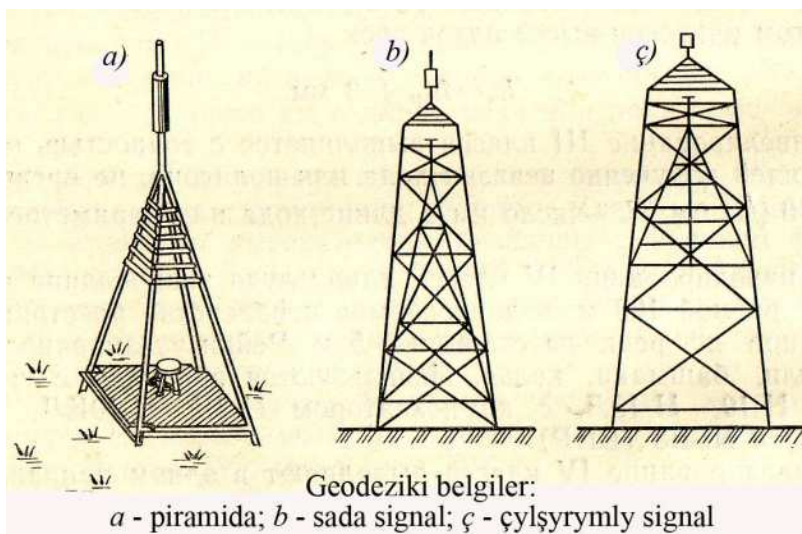
3.2. Ýerde geodeziki torlaryň punktlarynyň ýagdaýyny belgilemek

Geodeziki daýanç torlar punktlarynyň ähmiýetine, olardan peýdalanylyşyna seredilip bellenilýär. Döwlet geodeziki beýiklik torlarynyň punktlary köp wagtlap peýdalanylmak maksady bilen, ýerde berk saklanylýan mahsus belgiler bilen berkidilýär. Bu belgileri *marka* diýip atlandyrmak kabul edilendir.



3.1-nji surat.

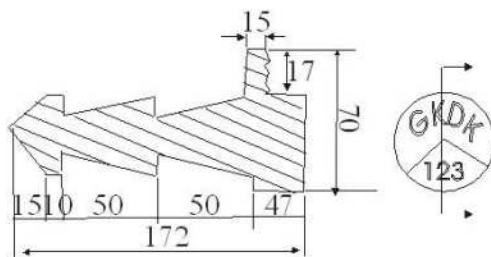
Ýeriň tebigy geografiki şertlerine we geodeziki punktuň ähmiýetine baglylykda dürli görnüşli merkezler ulanylýar. Merkezleriň düzülişi we ýere ornaşdyrylyşy mahsus görkezmelerde berilýär. Ýer gabygynda merkezleriň alnyş çuňluklary **0.5-4.0 merte** çenli aralyklarda, çuň we ýüzleý ýagdaýda ornaşdyrylan bolýar. Geodeziki merkezleri ýeriň üstüne ornaşdyrmak üçin, ýeriň gabygynda **2 metr** çemesi çukur gazylyp, onda üç sany beton monolidi ýerleşdirilýär. Beton monolitlere çöýundan ýasalan markalar bir wertikal çyzykda ýerleşdirilýär (3.1-nji surat). Markalar gurluşlary boýunça dürli-dürli bolýarlar. Markalaryň ölçegleri ýasalan(gurlan) wagtynda mm hasabynda alynýar.



3.2-nji surat.

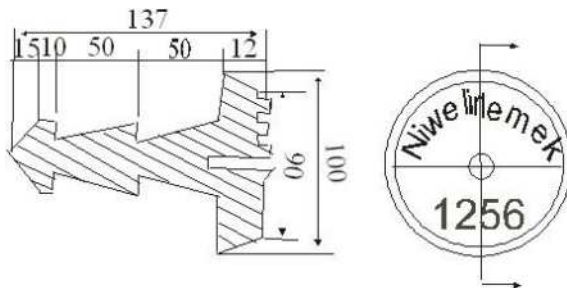
Çöýun markanyň **2 mm-li** deşijegi, punktuň merkezi hasaplanylýar. Geodeziki daýanç punktlaryny geçirmekde şol deşijegiň koordinatlary hasaplanylýar. Üsti monolit markanyň, ýeriň üstinde **50 sm** çuňlukda gömülmegi hökmany hasaplanylýar. Ýerdäki merkezi aňsatlyk bilen tapmak üçin, monolidiň üstüne sütün goýýarlar. Bir punktdan ikinji punkty görmek maksady bilen, olaryň merkezleriniň üstüne mahsus geodeziki *belgi* - *piramida*

ornaşdyrylýär (3.1.2-nji surat). Piramidalaryň beýikligiň **10-12 metr**, daglyk we tokaý ýerlerinde **40-50 metre** çenli bolup biler. Ýakyn ýerleşen punktlary ýerden görkezip bolmaýan ýagdaýlarynda, daýanç punktlara gurallary çykarmak we bu punktdan beýleki punkty görkezmek üçin signallar gurulýar. Signallaryň beýikligi *12-15 metrden 40 metre* çenli bolýar. Piramida we signallar agaçdan ýa-da metaldan ýasalyp, gurluşy ýönekeý we çylşyrymly signallar görnüşinde ýeriň üstüne berkidilýär.



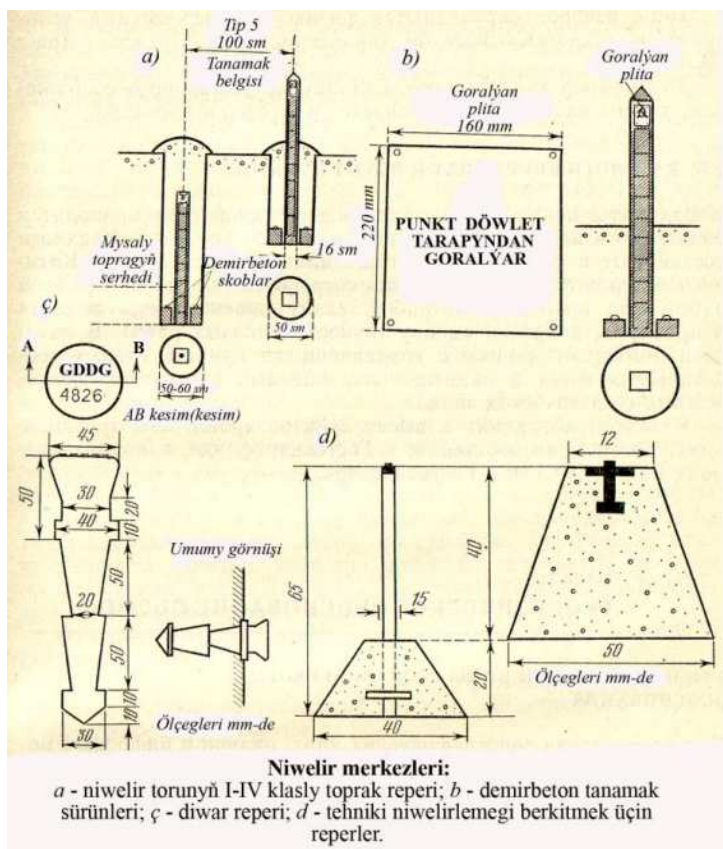
3.3-nji surat.

Döwlet geodeziki **beýiklik torlarynyň** ýagdaýy, hemişelik bellik hasaplanýan *markalar* we *reperler* bilen belgilenilýär. Hemişelik reperler we markalar beýiklik torlaryň punktlarynyň absolýut bahalaryny kesgitlemekde, ýagny niwirlirmegiň kyn bolan ýerlerinde, reperiň (markanyň) arasyndaky aralygyň *10-15 km* bolmagy hem mümkindir. Ýokary takykdaky beýiklik torlarynyň (*I* we *II klasly* niwirlirleme torlary) her *50-80 km-den* birleşýän (düwünli) nokatlary hemişelik saklanýan signallar bilen belgilemek bilen saklaýarlar.



3.4-nji surat.

Marka çöýün diskinden (3.4-nji surat) ybarat bolup, beýik göterilen ymaratlaryň diwaryna, gaýa, köprü, gidrotehniki gurluşa we beýleki binalar daýanjyna *1.5 metr* beýiklikden berkidilýär. Markany ornaşdyrmak üçin ymarat ýa-da gurluşyň diwary oýulyp deşilýär, deşik ýuwulyp arassalanylýar, soňra onuň içine marka gorizontaly ýagdaýynda ýerleşdirip, ýörite markaly sement bilen berkidilýär. Markanyň diwardan çykyp duran kesiminiň ortasynda *4 mm* kesilen deşik bolýar (3.5-nji surat). Niwelirlemek wagtynda şu deşiğiň merkeziniň absolýut beýikligi kesgitlenilýär.



3.5-nji surat.

Reperleriň binalaryň diwarlaryna we topraga ornaşdyrylýanlary bolup, olara **diwar** ýa-da **toprak** reperleri diýlip atlandyrylmak bilen bir-birinden tapawutlandyrylýar. Reperler binalaryň diwaryna ýa-da gaýalara 0,5-0,6 m beýiklikde ornaşdyrylýar. Reperiň markadan tapawudy, onuň diwardan kesilip çykyp durmagydyr. Marka we repere, olary ornaşdyrýan kärhanasynyň ady we tertipleri ýazylyp goýulýar (3.4-nji surat).

Reperi ornaşdyrmak üçin mynasyp ymaratyň (binanyň) bolmadyk ýerlerinde, ýerde gurýarlar. Şular ýaly gurluşa **toprak reperleri** diýip atlandyrmak kabul edilendir.

Gysga möhletli (1-2 ýyla çenli) ulanylýan beýiklik torlarynyň punktlaryna *wagtlayyn reperler* ornaşdyrylýar. Ýere gömülen agaç sütüni, relsiň bölegi, agajyň töňňesi we başgalar wagtlayyn reper bolup biler.

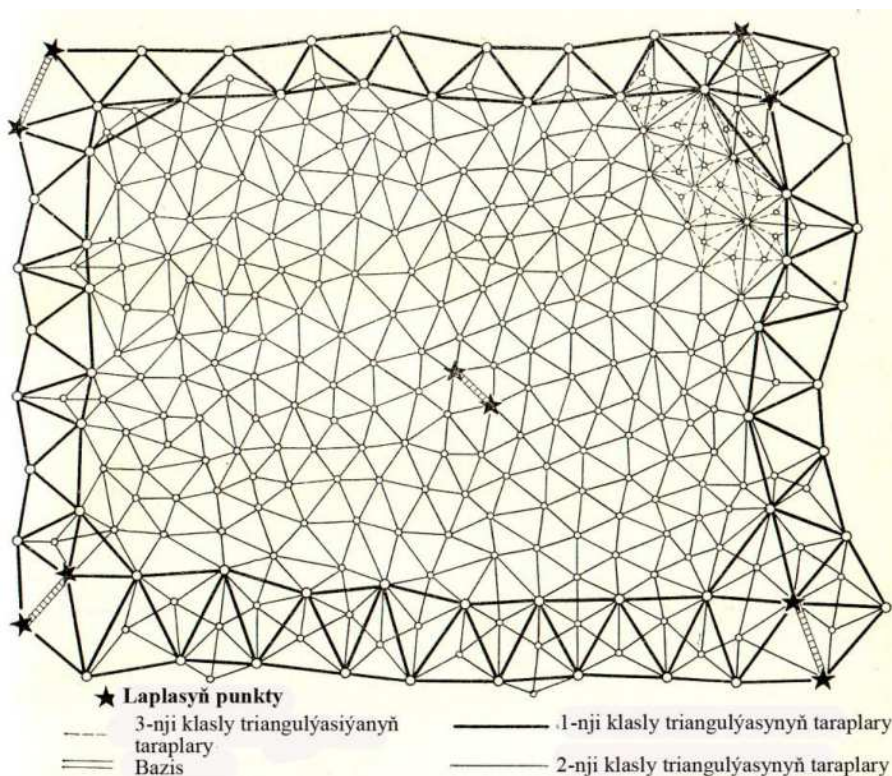
Ornaşdyrylan geodeziki belgiler (merkez, piramida, signal, marka we reper) ýerli *häkimliklere akt esasynda tabşyrylýar* we döwlet tarapyndan goralýar.

3..3. Geodeziki daýanç torlary döretmegiň usullary

Geodeziki daýanç torlaryny döretmegiň birnäçe usullary bar. Olardan: *astronomiki, geodeziki, radiogeodeziki, kosmos* we ş.m. Häzirki wagtda aýratyn hem geodeziki usuly giňden ulanylýar. Geodeziki usulynyň özi *triangulýasiýa, poligonometriýa* we *trilaterasiýa* diýen ýaly toparlara bölünýär. Triangulýasiýa “*triangulum*” diýen latyn sözi bolup, türkmen diline “*üçburçlyk*” diýlip terjime edilýär. Poligonometriýa sözi hem latyn sözleri *poln-köp, gwia-burç, metrew-ölçeýärin bolup*, türkmen dilinde “*köp burç ölçeýärin*” diýmekdir. Trilaterasiýa sözi hem gelip çykyşy boýunça latyn sözi bolup, türkmen diline “*üç tarap ölçeýärin*” diýen manyda terjime edilýär.

Punktlaryň geografiki koordinatlary (geografiki giňlik we uzaklyk) aýry-áýrylykda kesgitlenilýär. Emma astronomiki usul geodeziki daýanç torlaryna bolan talaby kanagatlandyрмаýar. Şonuň üçin hem astronomiki usuly ýokary takykylyk talap edilmeýän ýerlerde (meselem, 1:10000 we ondan uly kiçi masştably kartalary

almakda) ýa-da geodeziki daýanç torlaryny döretmegiň beýleki usullaryndan peýdalanyň bolmaýan ýagdaýynda, meselem Arktikada, Antarktidada we başga ýerlerde ulanylýar.



3.6-njy surat.

Astronomiki usuly geodeziki usuly bilen bilelikde hem ulanylýar. Geodeziki usulda daýanç torlaryny döretmek üçin ilki bilen birnäçe başlangyç punktlar we olaryň koordinatlary astronomiki usuly bilen kesgitlenilýär. Daýanç torýň beýleki punktlarynyň koordinatlary, geodeziki ölçeg geçirmegiň netijesinde hasaplanyp çykarylýar. Başlangyç punktdan soňra, yzygiderlikde gelýän punktlar çyzyk bilen birleşdirilse tor emele gelýär. Hatar ýanaşyk üçburçluklardan ybarat bolan tora triangulyasiýa (3.6-njy surat), eger-

de ýapyk döwuk çyzyklardan, yagny köpburçlyklardan ybarat bolsa, onda *poligonometriýa* tory diýlip aýdylýar.

Triangulýasiýa usuly ýeriň üstünde (köplenç açyk ýeriň üstünde) ýanaşyk üçburçlyklaryň zynjyryny meridianlaryň we parallelleriniň ugrunda ýatyrmak bilen geçirilýär. Olarda burçlar we in azyndan iki tarapyň uzynlygy (her **zonanyň** başlangyjyndan hem-de ahyryndan) ýokary takyklyk bilen ölçenilýär. Üçburçlyklardaky içki burçlaryň ululygy 30° - 150° aralygynda bolmagy zerurdyr.

Gurmagyň trilaterasiýa usuly hem edil triangulýasiýa usulyňa meňzeş ýeriň üstünde ýatyrylyp, diňe ölçenilýän ululyklary bilen bir-birinden tapawutlanýar. Trilaterasiýa usulynda diňe üçburçluklaryň tarapyň uzynlyklary ýokary takyklyk bilen ölçenilip, galan elementleri hasaplamak ýoly bilen kesgitlenilýär.

Poligonometriýa usulynda ähli gorizonta burçlar we taraplaryň uzynlyklary ölçenilýär. Olar köplenç, ýapyk ýerlerde (şäherleriň, tokaýlaryň, dagyň we ş.m.) geçirilýär. Bu usulyň teodolit ýörelgesinden tapawutlylykda, geçirilýän ölçegleriniň ýokary takyklyk bilen geçirilýär.

Soňky ýyllarda *1:50000* we *1:100000*, aýratyn hem *1:25000* masştably aerofototopografiki planlary düzmek üçin geodeziki daýanç torlary döretmekde *radiogeodeziki* usuly ulanylýar. Radiogeodeziki usuly ýer üstüniň çägi uçardan surata alnan halatynda uçaryň koordinatasyny kesgitlemäge esaslanýar. Bu usul köp sanly bir-birinden uzakda ýerleşen hem-de özara görünmeýän punktlaryň koordinatlaryny kesgitlemekde ulanylýar.

Uly aralykdaky (materikdäki ýa-da adalardaky) geodeziki daýanç torlaryny bir-birine baglanyşdyrmakda *kosmos geodeziki* usulyndan peýdalanylýar. Ýeriň emeli hemralary bir-birinden uzakda ýerleşen punktlary görkezmekde, punktlary bir ýerden beýleki ýere geçirmekde, okeanlar we deňizler bilen aýrylýan materiklerde, zonalarda geçirilen geodeziki daýanç torlaryny özara baglanyşdyrmakda bu usul möhüm ähmiýete eýedir.

3.4. Döwlet geodeziki beýiklik daýanç torlary

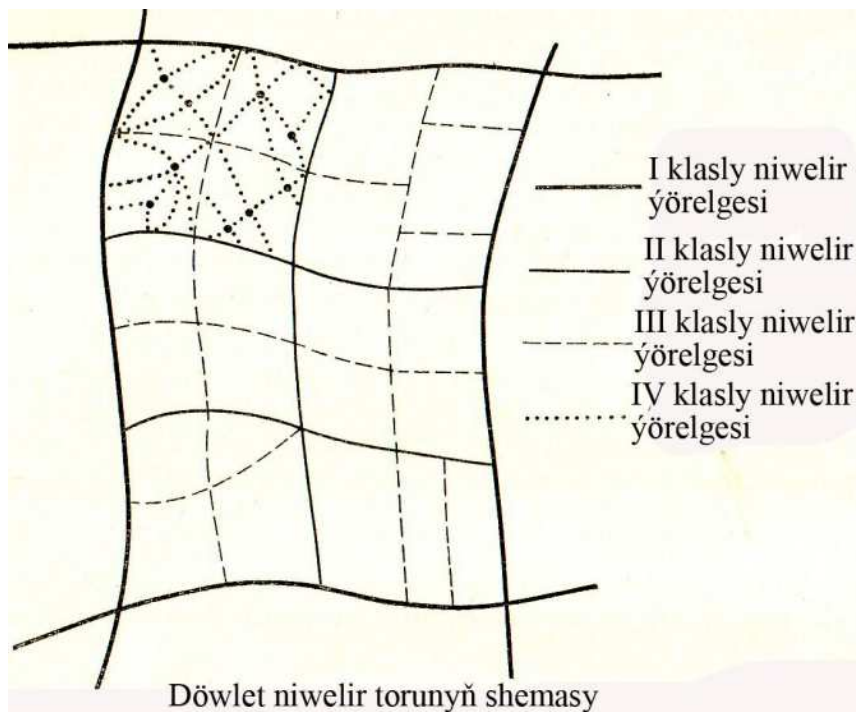
Ýerde ýagdaýy mahsus belgi(marka ýa-da reper) bilen belgilenen we absolýut ýa-da otnositel beýikligi belli bolan nokada *beýiklik daýanç punkty* diýilýär. Şular ýaly punktlar beýiklik daýanç torlaryny emele getirýär. Beýiklik daýanç torlarynyň punktlarynyň absolýut beýikligi gidrostatiki, geometriki niwleirmek we menzula toplumynyň üsti bilen kesgitlenilýär. Şonuň üçin hem *niwelirleme torlary* diýlip aýdylýar.

Türkmenistanyň territoriýasynda beýikligiň *Baltika sistemasy* kabul edilendir. Beýikligiň hasaby *Baltika deňziniň* suwunyň üst derejesiniň dynçlykdaky we deňagramlykdaky, asuda duran ýagdaýyndan (Kronşadt futştogynyň nylyndan) alynýar. **Futştok** - bu okean, deňiz, köl, derýa, suw howdanlarynyň we ş.m. kenar ýakalarynda, desgalaryň suwunyň derejesiniň üýtgeýşine gözegçilik etmek maksady bilen goýlan mis ýa-da gaty agaçdan (az deformirlenýän) ýasalan reýkadyr.

Kronşadt futştogynyň nuly birnäçe gezek buzuň üstünde niwelirmek arkaly materik bilen birleşdirlendir. Şonuň üçin hem häzirki Rossiýanyň **Lomonosow** şäherinde, hemişelik markaly nokatlar berkidilendir. 1930-nji ýylda meňzeş niwleirmegiň iň takygy geçirilýär we 173-nji markanyň beýikligi Kronşadt futştogynyň nulyndan hasaplanylýar. Bu marka Lomonosow şäherinde ýerleşýär we onuň beýikligi $H_{173}=+5,4608$ metre deňdir. Marka öňki SSSR-de ýokary takykly niwelirmegi geçirmegiň esasy hasaplanylýar. Şu marka baglylykda 1871-1932-nji ýyllar aralygynda, öňki SSSR-iň Ýewropa böleginde 8000-den gowrak *nokat - markalaryň* beýikligi kesgitlenilýar.

Şonuň bilen birlikde, öňki SSSR-iň kenar ýakasyny ýuwýan deňizleriň nul futştoklarynyň beýikligi kesgitlenilýar. Öňki SSSR-iň kenar ýakasyny ýuwýan deňizleriň ählisiniň beýikligi, Kronşadt futştogyna baglylykda alynýar.

Öňki SSSR-iň ähli deňizleriniň suwlarynyň üst derejeleri, Fin aýlagyndaky suwuň üstünden (Kronşadt futştogynyň nulyndan) aşakda ýerleşýärler. Bu ýagdaýy 3.1.1-nji tablisanyň esasynda görmek bolar.



3.7-nji surat.

GDA-nyň ýurtlarynyň territoriýasynda döwlet niwelirlemegi ýeterlik takyklyk derejesinde **I, II, III , IV** we **tehniki** klasly torlara bölünýär (3.6-njy surat).

I klasly niwelir ýörelgesi (geçelgesi, ýoly) deňizleriň we derýalaryň üst derejesini birleşdirýän çyzyklaryň ugruna, meselem, GDA ýurtlarynyň ýeriniň çäginde Baltika deňziniň suwunyň üstüniň Hazar deňzine tarap, Demirgazyk buzly okeanyň suwunyň üst derejesinden Aral deňzine tarap geçirilmegi, Kronşadt futştoýundan başlap Possiýanyň *Sankt-Pýotrburg-Moskwa-Wolgograd* arkaly *Türkmenbaşy şäherine* çenli aralykda alnyşyny bellemek bolar. Bu ýörelgeleriň uzynlygy *10 müň kilometr* çenli aralyklarda alnyp, I klasly niwelir ýörelgesiniň mysallarydyr.

Deňizleriň suwunyň üst derejeleriniň beýikligi
(Kronştdat futştogynyň nulyna baglylykda alynan)

Ummanlaryň we deňizleriň atlary	Portlaryň ady	Kronştdat futştogynyň nulundan, metrde
Gara deňzi	Odessa	-0,529
	Sewastopol	-0,329
	Noworossiýsk	-0,392
	Batumi	-0,340
Azow deňzi	Osipenko	-0,389
Hazar deňzi	Türkmenbaşy	-26,095
	Baky	-25,897
Ýuwaş ummany	Wladiwostok	-0,723

I klasly niwelir ýörelgeleri bir-biri bilen kesişip ýapyk polgonlary emele getirýär. Poligonyň perimetri 3000-4000 km aralygynda bolýar. I klasly niwelirmekde takyk geodeziki gurallary we takyk niwelirmegiň usullary ulanylyp, alnan netijeler ýokary derejedäki takyklygy üpjün etmelidir. Ýörelgä goýlan absolýut ýalňyşlyk aşakdaky formulanyň üsti bilen kesgitlenilýär:

$$f_{goyber} = \pm 3mm \cdot \sqrt{L}$$

Bu ýerde L-ýörelgäniň kilometrdäki uzynlygy. I klasly niwelir ýörelgesi köplenç önünden belli ugurlar boýunça, meselem, uly derýalaryň, magistral gara ýollaryň, demir ýollaryň, dürli görnüşli magistral turbaly geçirijileriň (nebit, gaz, suw we ş.m.) ýakasy bilen geçirilip, ol esasy deňiz we derýa suw ölçeg postlary bilen birleşdirilýär.

II klasly geçelge I klasly niwelir ýörelgeleriniň punktlarynyň içinden, perimetri 500 - 600 km ýapyk poligon görnüşli emele getirilýär. Olar adaty demir we gara ýollaryň, turbaly geçirijileriň, derýalaryň we ş.m. ýakasyndan geçirilýär. Niwelirmekde goýberilýän absolýut çakli ýalňyşlygy aşakdaky formulanyň üsti bilen kesgitlemek bolar:

$$f_{goyber} = \pm 5mm \cdot \sqrt{L}.$$

Bu geçelge hem deňiz we suw ölçeg postlary bilen birleşdirilýär. *I* we **II** klasly niwelirlemegiň netijesinde ýurdumyzyň territoriýasynda beýiklik sistemasy döredildi.

III klasly niwelirleme **II** klas niwelirleme torlaryny goýulandyrmak (doldurmak) maksady bilen ýokary klasly niwelir punktlarynyň aralygynda belli ýörelgeler ýa-da bir-birini kesip geçýän, poligon görnüşinde geçirilýär. **II** klas niwelir ýörelgesiniň uzynlygy *150-200 km* çäklerinde alynýar. Olar öz gezeginde *6-9 sany* kiçi poligona bölünýär. *1:500* we ondan uly masştably topografiki planlary almak üçin beýiklik daýanç torlaryň ulgamyny gurmakda **III** klasly niwelir poligonyň perimetri *60 km-e* çenli bolmagy mümkin. Bu niwelirlemekde goýberilýän(ýol berilýän) çäkli ýalňyşlyk aşakdaky formulanyň üsti bilen hasaplanylýar:

$$f_{goyber} = \pm 10mm \cdot \sqrt{L}.$$

Her bir kilometr ýörelgäni niwelirlemek wagtynda nokadyň beýikligini kesgitlemekde goýberilýän orta kwadrat ýalňyşlyk $\pm 5 mm$ -e deňdir.

IV klas niwelirleme ýokary klasly niwelir torlarynyň punktlarynyň aralygyndan geçirilýär. Bu niwelirlemegiň punktlary topografiki plany almakda daýanç nokady bolup hyzmat edýär. **IV** klas niwelirlemegiň takyklygyny aşakdaky formulanyň kömegi bilen hasaplamak bolar:

$$f_{goyber} = \pm 20mm \cdot \sqrt{L}.$$

Orta kwadrat çäkli ýalňyşlygy her bir kilometr ýörelge üçin $\pm 10 mm$ -e deňdir.

Tehniki takyklykly niwelir ýörelgesi inženerli desgalary teswirlemekde geçirilip, olar ýokary klasly niwelir geçelgesine daýanýar. Tehniki takyklykly niwelir geçelgesinde goýberilýän ýalňyşlygy aşakdaky formulanyň üsti bilen hasaplamak mümkin:

$$f_{goyber} = \pm 50mm \cdot \sqrt{L}.$$

Döwlet geodeziki beýiklik daýanç torlaryny gurmak, ilki bilen niwelirlemegiň katalogyny düzmek bilen başlanýar. Niwelirlemegiň katalogynda punktyň klasy, ýerine ýetirilen ýyly, niwelirlemegi geçiren kärhanasynyň ady, markanyň we reperiň tertibi, tipi, ýerleşen ýeriniň abrisi, başlangyç repere ýa-da marka çenli bolan aralyk we Kronştadt futştogyndan beýikligi görkezilýär. Beýiklik daýanç torlary dogrusyndaky maglumatlar *Türkmenistanyň Goranmak ministrliginiň №5* kärhanasynda saklanylýar.

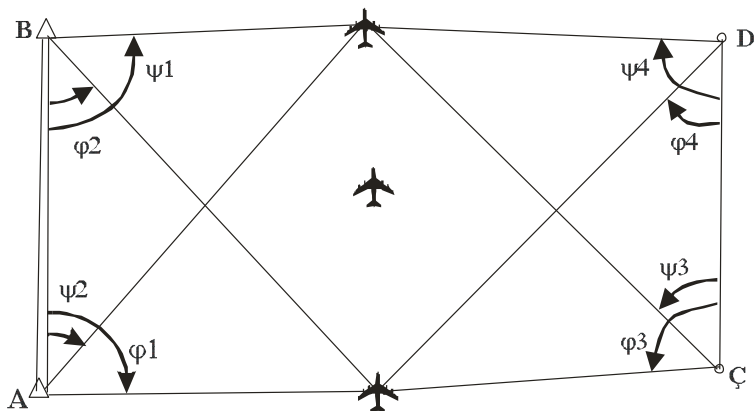
3.5. Dinamiki we kosmos triangulýasiýasy

Dinamiki we kosmos triangulýasiýasy geodeziki daýanç torlaryny döretmegiň täze usullarynyň biridir.

Dinamiki triangulýasiýa düşünmek has aýdyň bolar ýaly 3.8-nji suratdan peýdalanalyň. AB we CD çyzyklaryň arasyndaky aralyk juda uzak, çyzyklaryň depesine beýik signallar ornaşdyrylanda hem bir-birinden görünmeýär diýeliň. Eger-de çyzyklaryň A we B nokatlarynyň koordinatlary belli, C we D nokatlaryň koordinatlaryny kesgitlemek gerek bolsa, onda A , B , C we D nokatlara teodeolitler ornaşdyrylýar. Teodolitlerde sanlar, mahsus fotometeriallara ýazylýar. Örän ýokardan uçup barýan uçardaky gözegçi gapdal punktlardaky gözegçiler bilen radiolokasiýa bilen baglanyşýar. Belli wagtdan soňra, uçar K nokada gelende, ondaky gözegçi ýörite ýönelen signallary berýär ýa-da uçardan paraşýut bilen raketa taşlaýar. Uçardaky radiolokasiýanyň görkezmesine esalanyp, dört sany nokatdaky gözegçiler teodolodiň görüş turbasynyň bissektoryna baglylykda signala tarap nyşanalayar.

Bu ýagdaýda teodeolidiň limbindäki san, ýagny φ_1 , φ_2 , φ_3 we φ_4 burçlaryň bahalary fotohasaba alyjyda(fotoregistratorda) ýazylýar. Şular ýaly uçar L nokada gelende hem berlen signala seretdirip nyşanlar boýunça ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 we ϕ_4 burçlar ölçenilýär. ABK we ABL uçburçlyklaryň AB tarapyynyň uzynlygyndan hem-de ýagdaýy kesgitlenen burçlardan peýdalanyp, üçburçluklaryň galan taraplary sinuslar teoremasynyň kömegi bilen hasaplanylýar. Soňra K

we **L** nokatlaryň koordinatlary hasaplanyp çykarylýar. Ondan soňra, **Ç** we **D** nokatlaryň koordinatlary tapylýar.



3.8-nji surat.

Dinamiki trangulýasiýada ölçeg geçirmek uly kynçylyklary döredýär. Şonuň üçin hem häzirikçe geodeziki daýanç torlaryny döretmekde uly gollanma tapmady.

Dinamiki trangulýasiýa köpeldilen geodeziki daýanç torlaryny bir-birine baglanyşdyrmakda, biraz uzakrakda ýerleşen ýa-da aralykdan ikinji bir aralyga punktlaryň koordinatlaryny geçirmekde ulanylmagy mümkin.

Kosmos triangulýasiýa usuly bir-birinden ýüz ýa-da hatda mün kilometr daşlykda ýerleşen nokatlaryň koordinatlaryny ýeke-täk sistemada kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Kosmos trangulýasiýa birnäçe: *optiki*, *radiouzakölçeýji*, *Dopleriň effýektli usullary* ýaly bolýar. Häzirki wagtda praktiki işler geçirende optiki usulyndan peýdalanylýar. Onda, Ýeriň emeli hemrasyndan bir wagtyň özünde, ýerdäki birnäçe punktdan mahsus gural *BC-4 Wilda* balleistik kameranyň kömegi bilen, örän çatlyk bilen(müňden bir sekunt takyklykda) ýeriň üsti surata alynýar. Bu maksat üçin ýerden, takmynan *1000 km* beýiklikde uçup ýörän “*ýeriň emeli hemrasyndan*” peýdalanylýar. Ýeriň emeli hemrasy belli wagt aralygynda signal berýär. Ine şu wagtda hem surata alynýar. Alnan

fotosuratlardan peýdalanyň emeli hemranyň öňki fotosuratdaky ýyldyzlara baglylykda ýerleşen ýeri hasaplanyp çykarylýar. Emeli hemranyň asmandaky ýagdaýy hem-de onuň surata alnan punktynyň geosentriki gönüburçly koordinatasy belli bolanlygyndan, bu punkt bilen emeli hemranyň ortasyndaky fazaly ýönelişi kesgitlemek bolar. Geodeziýada bu usuldan bir materiğiň triangulýasiýa torlarynyň punktlaryny beýleki meterige baglanyşdyrmak maksady bilen peýdalanmak bolar.

Häzirki wagtda bir-birinden *3000 km* aralykdaky punktlaryň koordinatlaryny kosmos triangulýasiýa usuly bilen $\pm 15\text{ m}$ takyklykda baglanyşdyrmak bolar. Şu usul bilen sferiki koordinatlar sistemasyna geçirilen dünýäniň geodeziki daýanç torlaryny ýeke-täk bir ulgama getirmek mümkindir.

IV. DEŇEŞDIRME HASAPLAMALARY

4.1. Plan almagyň ýoluny gurmak

Planly geodeziki surata almagyň torlary, dürli masştabdaky plany almagyň önümçiligini geçirmekde, zerur bolan geodeziki zynjyryň punktlarynyň köplügini ýeterlik derejede üpjün etmek maksady bilen ulanýarlar. Şonuň ýaly-da, olar gurulýan islendik taslamany kartografiki önümleriň esasynda gurmak we ony ýere geçirmekde gerek bolan takyklygy almaga esas döredýär.

Ýeriň üstünde plany almak esasly geodeziki torlar, döwlet geodeziki daýanç ýa-da köpeldilen torlarynyň pynktlaryna, mikrotriangulýasiýa, diagonalsyz dörtburçluklaryň zynjyry, teodolit we menzula ýörelgelerini ýatyrmak hem-de dürli görnüşli kesişmeleriň üsti bilen gurulýar.

Planly almak esasly toruň punktlary ýeriň üstünde, adatça wagtlaýyn belgiler bilen: demir ýol düşeginiň metal bölegi, agaç sütün görnüşli metalyň bölekleri ýa-da dürli görnüşli standart gazyklar bilen berkidilýär.

Eger-de ýeriň üstünde plany almagyň tory özbaşdak geçirilen bolsa, onda onuň punktlarynyň başdan bir bölegi toprak ýa-da diwar poligonometriki reperleri görnüşinde hemişelik belgiler bilen berkidilýär. Hökmany berkidilmeli punktlar bolup: koordinatlary ýokary derejeli geodeziki torlaryň punktlary hökmünde ýeriň üstüne geçirilýän bolsa alynýar. Şonuň ýaly-da, direksion burçy geçirilýän çyzyklaryň ahyrky we başlangyç punktlary boýunça alynýan bolsa ulanylýar.

Planly almak esasly geodeziki toruň punktlaryna beýiklik esasy tehniki ýa-da trigonometriki niwelirmek ýörelgesini geçirmek bilen berilýär.

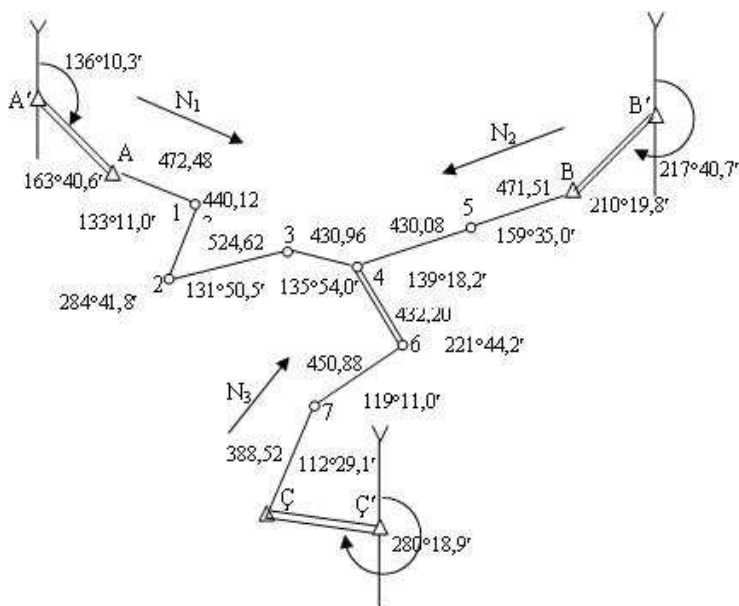
Plan almagyň torunuň punktlarynyň gürlügi, geçirilýän işiň maksadyna we surata almagyň masştabyna, ilat ýaşayşynyň gürlüğine, şol ýeriň özleşdirilişine, sudurlaryň gürlüğine we ş.m. baglydyr. Surata almagyň masştabyna baglylykda berkidilen punktlaryň sany 1 km² ýerde: 1:25000 masştably plany almakda 1;

1:10000 - 3; 1:5000 -10 we 1:1000 masştably plany almakda 15 punktdan az bolmaly dälđir.

Her bir obyekt üçin, surata almagyň masştabyna baglylykda üç punktdan az bolmadyk planly geodeziki toruň punktlary alynýar.

4.2. Bir düwünli nokatdan surata almagyň toruny deňagramlaşdyrmak

Surata almagyň toruny guranda, adatça, birnäçe berlen punktlaryň arasyndaky ýörelgeler(ýollar), bir nokatda kesişer ýaly görnüşinde alynýar. Bu nokady *düwünli* nokat diýip atlandyrmak kabul edilendir.



4.1-nji surat.

Şular ýaly ýörelgeleriň ulgamyny deňagramlaşdyrmakda (4.1-nji surat) 4-6 baglaýjy çyzygy alyarys. Bu çyzygyň bir tarapky nokady(4) düwünli nokatdyr. Surata almagyň ýörelgesini(ýoly) deňagramlaşdyrmagy aşakdaky tertipde geçirýäris:

A'A, B'B, Ç'Ç berlen çyzyklaryň direksion burçlary we N_1 , N_2 we N_3 ýörelgeleriň taraplarynyň arasyndaky ölçenen gorizont al burçlar boýunça 4-6-njy çyzygyň direksion burçuny üç tarapdan, direksion burçlary hasaplamagyň formulasyndan peýdalanmak bilen N_1 ýörelge üçin aşakdakyny alarys:

$$\alpha_{4-6} = \alpha_{n-1} + 180 \cdot n - \sum \beta = 136^{\circ}10,3' + 900^{\circ} - 849^{\circ}17,9' = 186^{\circ}52,4'$$

N_2 ýörelge üçin:

$$\alpha_{4-6} = \alpha_{n-1} + \sum \beta - 180 \cdot n = 217^{\circ}40,7' + 509^{\circ}13,0' - 540^{\circ} = 186^{\circ}53,7'$$

N_3 ýörelge üçin:

$$\alpha_{6-4} = \alpha_{n-1} + 180 \cdot n - \sum \beta = 280^{\circ}18,9' + 540^{\circ} - 453^{\circ}24,3' = 6^{\circ}54,6'$$

ýa-da $\alpha_{4-6} = 6^{\circ}54,6' + 180^{\circ} = 186^{\circ}54,6'$

Düwünli çyzygyň üç tarapyndan hasaplamak ýoly bilen alnan direksion burçunyň bahasy bir-birine deň bolmaýar. Bu bolsa ýörelgede gorizont al burçlary ölçemegiň we berlen direksion burçlaryň nädogrylygyndan gelip çykýar. Şonuň üçin üç bahadan ýalňyşlyklar teoriýasynda görkezilen agram bahadan peýdalanmak bilen berlen direksion burçy kesgitlemek bolar. Ölçeğiň agramy hökmünde ýörelgelerdäki burçlaryň sanyna ters bolan: $p_1=1/5$; $p_2=1/3$ we $p_3=1/3$ ululyklary alýarys. Kesgitlenen direksion burçlaryň *agramly orta bahalarynyň* (α_{Baglan}) tapylyşyny 4.1-nji tablisadan görýärsiňiz.

Baglanyşdyrýan çyzygyň direksion burçuny hasaplardan soňra, onuň bahasy boýunça her bir ýörelge boýunça goýberlen burç ýalňyşlygynyň ululygyny hasaplaýrys. Burç ýalňyşlygyny aşakdaky formulanyň kömegi bilen kesgitlemek bolar:

$$f_{\beta-i} = a_i - a_{\text{baglan}}$$

Eger-de alnan burç ýalňyşlyklary goýberilýän bolsa ýa-da belli bir çäkden geçmese, onda olary her bir ýörelgede burçlary deňagramlaşdyrmak düzgünü boýunça paýlaşdyrýarys.

Edil şular ýaly koordinatlar artmasyny hem ýokardaky tertipde deňagramlaşdyrýarys. Bu işi ýerine ýetirmek üçin, her bir

ýörelgede düzedilen direksion burçlar boýunça koordinatlar artmasyny, soňra her bir ýörelge boýunça düwündäki 4-nji nokadyň koordinatasyny tapýarys. Bu işi ýerine ýetirmek maksady bilen aşakdaky formulalardan peýdalanmak bolar:

$$X_{i \text{ baglan}} = X_{i \text{ berlen}} + \sum \Delta x_i; \quad Y_{i \text{ baglan}} = Y_{i \text{ berlen}} + \sum \Delta y_i.$$

4.1-nji tablica

Direksion burçyň agramly orta bahasyny kesgitlemegiň tablisasy

№	Direksion burçuň bahasyny kesgitlemek, α_0	Agram, v_i	ε	$\varepsilon \cdot p$	v	$p \cdot v$	$p \cdot v^2$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	186°52,4'	0,20	0	0	+1,3	+0,26	0,34
2	53,7'	0,33	+1,3	0,43	0	0	0
3	54,6'	0,33	+2,2	0,73	-0,9	-0,30	0,27
	186°52,4'	0,86		+1,16	-0,4	-0,04	0,61

$$\alpha_{\text{baglan}} = 186^\circ 52,4' + \frac{1,16}{0,86} = 186^\circ 53,7'.$$

$$\mu = \sqrt{\frac{p \cdot v^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,61}{2}} = 0,56'; \quad M = \frac{\mu}{\sqrt{p}} = \frac{0,56'}{0,86} = 0,6'$$

Alynýan koordinatlaryň mukdary $X_{\text{düwün}}$ we $Y_{\text{düwün}}$ nokada gelip birleşýän ýörelgeleriň sanyna bagly bolýar. Biziň mysalymyzda olaryň sany üç. Nokadyň her bir hasaplanan koordinatasy boýunça **agramly orta bahany** hasaplaýarys. Agramyň hili görnüşinde, ýörelgäniň uzynlygyna ters bolan bahany alýarys. Ol şu aşakdaky ýaly berilýär:

$$P_i = \frac{n}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

ýaly aňladýarys.

Düwünli nokadyň we berlen punktlaryň koordinatlarynyň arasyndaky koordinatlar artmasyny deňagramlaşdyrmaklyk edil ýeke-täk ýörelgedäki ýaly geçirilýär.

Bir düwünli niwelir ýörelgesini deňagramlaşdyrmak, ýokarda görkezilen tertip boýunça geçirilýär. Ilki bilen her bir ýörelge boýunça baglanyşdyryjy nokadyň beýikligi hasaplanylýar. Ol aşakdaky formulanyň kömegi bilen geçirilýär:

$$H_{i \text{ baglan}} = H_{i \text{ berlen}} + \sum h_i$$

Soňra, ähli ýörelge boýunça beýikligiň agramly bahasyny tapýarys. Agram görnüşinde ýörelgäniň uzynlygyna ters proporsional bahany alýarys. Ýörelgäniň uzynlygyny kilometrde ýa-da kilometriň onluk ülsünde alýarys we aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$p_i = \frac{1}{L_i}$$

Ondan soňra, ýörelgedäki berlen we düwünli punktlaryň arasynda ýerleşen nokatlaryň beýikliklerini hasaplaýarys.

4.3. Analitiki torlar

Çylşyrymly relýefli we ölçemek üçin kyn bolan ýerlerde teodolit ýörelgesinic ýagdaýyny analitiki torlary geçirmek bilen kesgitlemek bolar. Analitiki torlar adaty, ýanaşyk üçburçluklar görnüşünde bolýar. Olar ýokary derejeli torlaryc iki tarapyň ýa-da mahsus ölçenen bazisleric arasyndan geçirilýär. Toruc taraplarync uzynlygy 150 m-den gysga, üçburçluklaryc içki burçy 30°-dan kiçi we 150°-dan uly bolmazlyk şerti bilen alynýar.

Iki bazisli çyzyklaryň arasyndan geçiren analitiki toruň üçburçluklarynyň sany, plan almagyň masştabyna baglydyr. Meselem, 1:5000 masştabda plan almakda üçburçluklaryň 20, 1:2000

masştabda 17, 1:500 masştably plan almakda bolsa 10 sanysyndan köp bolmazlygy zerurdyr. Üçburçluklaryň sany ýediden köp bolmasa, bazisiň uzynlygy 1:5000 takyklykda, ýediden köp bolsa, onda 1:10000 takyklykda ölçenilýär.

Teodolit ýörelgäni geçirmek wagtynda nähili işler, haýsy tertipde geçirilse, analitiki torlary geçirmekde teodolit ýörelgesiniň taraplary, bazisli çyzyklaryň uzynlyklary bilen bilelikde ölçenilýär.

Analitiki torlaryň taslamasyny düzmekde we rekognessirovka geçirilýän wagtynda, işlere teodolit ýörelgesini geçirmekdäki ýaly talaplar goýulýar. Şonuň bilen birlikde, üçburçluklaryň depelerinden bir-biriniň görünmegi hem talap edilýär. Şonuň üçin analitiki toruň punkty bolup, nokatda ornaşdyrylan çelginiň düýbi görünýän açyk we beýik ýerler alynýar. Analitiki toruň punktlary geçirlende, ýerde teodolit ýörelgesiniň nokatlaryndaky ýaly işler geçirilýär.

Analitiki toruň gorizental burçlary 30"-1' takyklykda, tehniki teodolitler bilen doly usulda(priýomda) ölçenilýär. Üçburçluklaryň içki burçlary hem ölçenilýär we şol wagtda, duran ýerinde olaryň dogry ölçenenligi barlanylyp görülýär. Bu ýagdaýda, burç ýalňyşlygy aşakdaky formulanyň kömeginde barlanylýar:

$$\Delta\beta = \pm 1' \cdot \sqrt{3} = \pm 1,7'$$

Düzgün boýunça goýberýän ýalňyşlygyň mukdary tapylan ululykdan kiçi ($\Delta\beta \geq f_{\beta}$) bolmalydyr.

Analitiki tor geçirilen wagtynda, bazisiň uzynlygy 1:5000 takyklykda ölçenilmegi zerurdyr. Bu işi amala aşyrmakda komponirlenen polat lentasy, eger-de 1:10000 takyklyk gerek bolsa, onda topografiki ýagtylyk uzakölçejjisi, aralyk ölçejjisi(dlinomer) ýa-da polat simleri ulanylýar.

Ýerde ölçeğiň netijeleri barlanylyp görülden soňra, analitiki toruň punktlarynyň koordinatlaryny hasaplamagyň shematiki çyzgysy düzülýär. Çyzgyda daýanç punktlaryň gönüburçly koordinatlary, oriýentirleniş burçlary(direksion burçy) hem-de ýerdäki ölçeğiň netijeleri görkezilýär.

1-nji we 2-nji derejeli analitik torlary triangulýasiýa usulynda açyk we ýapyk ýerlerde triangulýasiýa we poligonometriýa punktlary-

nyň aralygyndan geçirilýär. Olar aýry we hatar üçburçluklar ýaly birnäçe üçburçluklardan ybarat bolýar. Köplenç ýagdaýda iki bazisiň aralygyndan geçirilen hatar üçburçluklar ulanylýar. Hatar üçburçluklar ýokary klasly daýanç torlaryna geçirilýän wagtynda takyk ölçenen bazisden başlanyp ýene-de bazise baglanylýar. Iki bazisiň arasyndaky analitik torlarda üçburçluklaryň sany 10-dan köp bolmazlygy zerur.

Üçburçluklaryň depeleri gelip, guraly ornaşdyrmak üçin mümkin bolmagy we bir-birinden görünýän nokatlaryň alynmagy hökmanydyr.

4.4. Geodeziki kesişdirmek usullary

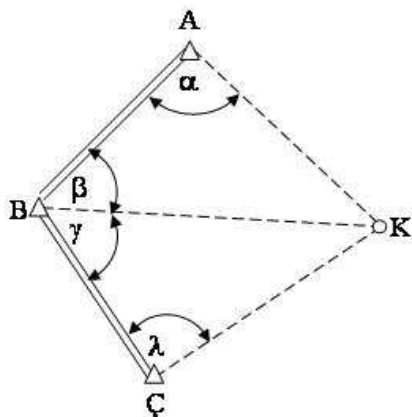
Planly geodeziki daýanç torlarynyň usullaryndan başga göni we ters kesişdirmek, geodeziki kesişdirmek, paralaktiki burçly geodeziki kesişdirmek ýaly usullary ulanylýar.

Göni kesişdirmek usuly. Bu usul koordinatlary öňünden belli bolan **2-3 sany** punktdan, guralyň duran nokadyny kesgitlemege esaslanýar. Meselem, koordinatasynyň kesgitlenilmegi gerek bolan K punktdan (4.2-nji surat) koordinatlary belli bolan A, B, C punktlary görünýär diýeliň. K nokadyň koordinatlaryny kesgitlemek üçin A, B, C punktlara yzygiderlikde teodolit ornaşdyryp α, β, γ we λ burçlar ölçenilýär. Soňra AB we BC çyzyklaryň uzynlyklary Pifagoryň ýa-da sinuslar teoremasy we beýleki usullaryň kömegi bilen tapylýar. Soňra ölçeglere we hasaplamalara esasla-nyp K punktyň gönüburçly koordinatlary kesgitlenilýär. Bu işi amala aşyrmak maksady bilen aşakdaky işler geçirilýär:

- ölçeğiň netijelerinden we AB, BC taraplaryň belli uzynlyklaryndan peýdalanylýan AK, BK we CK taraplaryň sinuslar teoremasynyň formulasynyň kömegi bilen hasaplanyp çykarylýar;

- AB we BC taraplaryň belli bolan direksion burçlaryndan hem-de α, β, γ we λ burçlaryndan peýdalanylýan AK, BK we CK taraplaryň direksion burçlary hasaplanylýar;

- AK, BK we CK taraplardan hasaplanyp çykarylan uzynlyklardan we direksion burçlarynyň bahasyndan peýdalanylýan koordinatlar artmasy tapylýar.

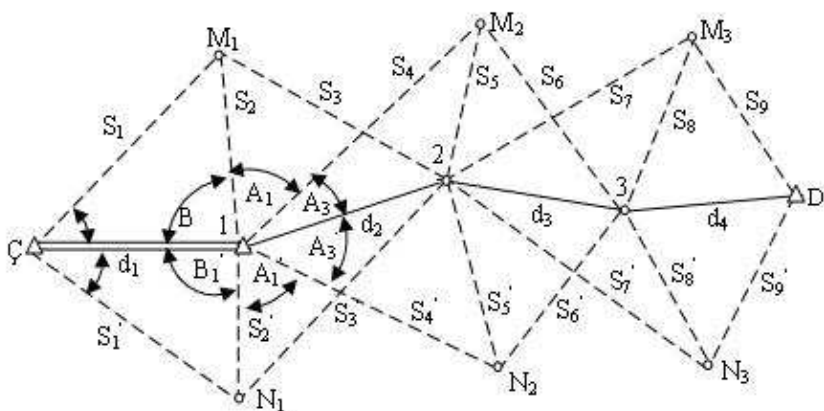


4.2-nji surat.

Hasaplanyp çykarylan gönüburçly koordinatlar artmalaryny A , B we $Ç$ punktlaryň belli bolan gönüburçly koordinatlaryna goşup K nokadyň koordinatlary, üç sany ugur boýunça kasaplanyp çykarylýar.

Üç ugur boýunça kesgitlenen gönüburçly koordinatlaryň orta arifmetiki bahasy tapylyp, ondan her bir tarap boýunça kesgitlenen gönüburçly koordinata aýrylýar we ölçegde goýberlen ýalňyşlyk tapylýar. Ýalňyşlygyň ululygy **1:1000** sandan uly bolmazlygy, K punktyň gönüburçly koordinatlarynyň dogry hasaplanandygyny görkezýär.

Geodeziki kesişdirmek usuly. *Prof. A. N. Durnýewiň* teklipe eden bu usuly uzaboýuna, uzalyp giden çylşyrymly relýefli ýeriň planyny almakda peýdalanylýar (4.3-nji surat). Magistral ýörelgäniň punktlarynyň 1, 2, 3 we goşmaça punktlaryň (M_1 , M_2 , M_3) koordinatlaryny, geodeziki kesişdirmek usulynda tapmakda magistral ýörelgäniň ilkinji başlangyç d tarapy, onuň direksion burçy α_1 , magistral yorelgäniň punktlarynda ($Ç$, 1, 3, 3 we D) durup, gorizonta burçlary (A_1' , A_2' , A_3' , A_4') we ş. m. ölçenilýär. Meselem, derýanyň kenaryny boýlap $Ç$ we D punktlarynyň aralygyndan magistral ýörelge geçirilen, şu derýanyň iki tarapyň planyny almak üçin torýemele getirmek gerek diýeliň. Şu maksatda:



4.3-nji surat.

1) derýanyň kenaryny boýlap $1, 2, 3$ punktlarynyň birnäçesinden görünýän edilip, derýanyň çep kenarynda M_1, M_2 we M_3 punktlar we sag kenarynda N_1, N_2 we N_3 punktlar belgilenilýär;

2) $\zeta-1$ çyzygyň uzynlygy d_1 ölçenilýär, teodolit yzygiderlik bilen $1, 2, 3$ we D punktlarda ornaşdyrylyp A_1 hem-de A_1', B_1 hem-de B_1' ýaly burçlar ölçenilýär;

3) Tory geçirmegiň netijesinde emele gelen üçburçluklaryň bahasy hasaplanylýär. Meselem, CM_1I üçburçlugyň bir sany d_1 tarapy we iki burçy A_1 we B_1 bilen bellemek, şu bahalardan peýdalanylýp, sinuslar teoremasynyň kömegi bilen S_1 we S_2 taraplaryň uzynlygy, ζN_1I üçburçlukdan d_2 tarapdan hem-de A_1' we B_1' burçlaryň bahasyndan peýdalanylýp S_1' we S_2' taraplaryň uzynlygy kesgitlenilýär. IM_12 üçburçlugyň S_2 tarapy we iki burçy A_2 we B_2 belli bolanda, şu bahalardan peýdalanylýp d_2 we S_3 taraplaryň uzynlyklary kesgitlenilýär. IN_12 üçburçlugyň bahasyndan hem şular ýaly elementler hasaplanyp çykarylýar.

Magistral ýörelgäniň d_2 tarapy aşakdaky formulanyň kömegi bilen kesgitlenilýär:

$$d_2 = d_1 \cdot \sin A_1 \cdot \operatorname{Cosec}(A+B_1) \cdot \sin(A_2+B_2) \cdot \operatorname{Cosec} B_2$$

Magistral ýörelgäniň taraplarynyň uzynlygynyň iki gezek hasaplanyp görülmegi hökmanydyr. Beýleki üçburçluklaryň taraplarynyň uzynlyklary hem şular ýaly tertipde kesgitlenilýär.

4) Magistral ýörelgäniň punktlarynyň gönüburçly koordinatlary, açyk ýörelgäniň punktlarynyň kesgitlenilşi ýaly hasaplanýar;

5) Magistral ýörelgäniň punktlarynyň koordinatlaryny kesgitlemek üçin, goşmaça punktlaryň (M we N) koordinatlary hasaplanylýar. 1 we 2 punktlaryň koordinatlary hem-de A we B burçlaryň bahalary belli bolanda, şu bahalardan peýdalanylýp M punktyň koordinatasy aşakdaky formulalaryň kömegi bilen tapylýar:

$$X_M = \frac{X_1 \cdot \operatorname{ctg} B + X_2 \cdot \operatorname{ctg} A - Y_1 + Y_2}{\operatorname{ctg} A + \operatorname{ctg} B},$$

$$Y_M = \frac{Y_1 \cdot \operatorname{ctg} B + Y_2 \cdot \operatorname{ctg} A - X_1 + X_2}{\operatorname{ctg} A + \operatorname{ctg} B}$$

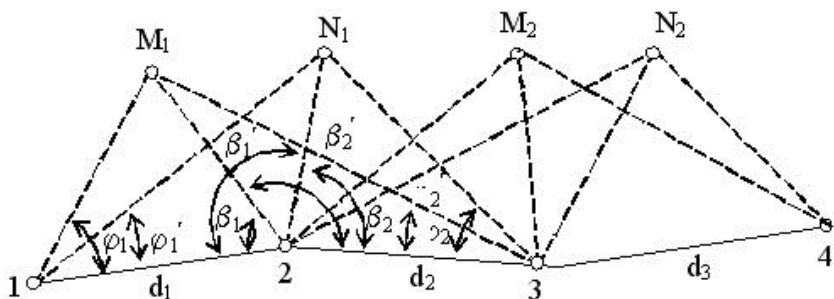
Geodeziki kesişdirmek usulynda plan almak torlarynyň dogry geçirilendigini barlamak maksady bilen magistral ýörelgäniň ahyrky tarapyň uzynlygy we şu çyzygyň direksion burçy ölçenilýär.

Paralaktiki burçlary geodeziki kesişdirmek. Bu usul binalaryň (desgalaryň) düşen ýeriniň çäginde, geodeziki daýanç torlaryny döretmek maksady bilen ulanylýar. Şu ýagdaýda magistral ýörelgä köçäniň bir tarapynda, beýlekisinde bolsa goşmaça punktlar (M we N) belgilenilýär. Goşmaça punktlaryň her birine ştatíwe ornaşdyrylan iki sany wizir belgileri goýulýar (4.4-nji surat). Bu belgileriň biri koordinatasy kesgitlenilmeli punktda merkezleşdirilýär, ikinjisi bolsa onuň ýanynda goýulýar. Ikinji nokadyň ýerdäki ýagdaýy belgilenilýär. Çünki ondan goşmaça punktyň koordinatasy kesgitlemek, hem-de ony barlamak üçin ölçeginiň takyklygyny ýokarlandyrmak maksady bilen peýdalanylýar.

Paralaktiki φ burçlary ýokary takyklykly teodeolitleriň kömegi bilen ($0,7''$ - $1,5''$) ölçenilýär. Gorizontal burçlar bolsa I we II razrýadly poligonometriýany geçirmekdäki ýaly takyklykda ($5''$ ýa-da $10''$) ölçemek bolar. Magistral ýörelgäniň soňky tarapyň (d_2)

uzynlygyny belli tarap (d_2') we M_1 punktuň gönüburçly koordinatasyna esaslanyp sinuslar teoremasynyň kömegi bilen hasaplap çykarmak bolar. Ony aşakdaky ýaly kesgitlemek bolar.

-ýagny, toruň taraplaryny iki gezek hasaplamagyň netijesindeki tapawut, ýol berilýän (goýberilýän) ýagdaýda bolsa, olaryň orta arifmetiki bahasy, ölçegiň esasy edilip kabul edilýär.



4.4-nji surat.

Magistral ýörelgäniň taraplarynyň direksion burçlary, başlangyç tarapyň belli bolan direksion burçunyň bahasyna we gorizont burçlary ölçemegiň netijelerine esaslanyp hasaplanyp çykarylýar. Toruň punktlarynyň koordinatlary hasaplanyp çykarylan direksion burçlaryň bahalaryna, başlangyç punktyň belli koordinatlaryna esaslanyp, göni geodeziki mysaly çözmek ýoly bilen tapylýar.

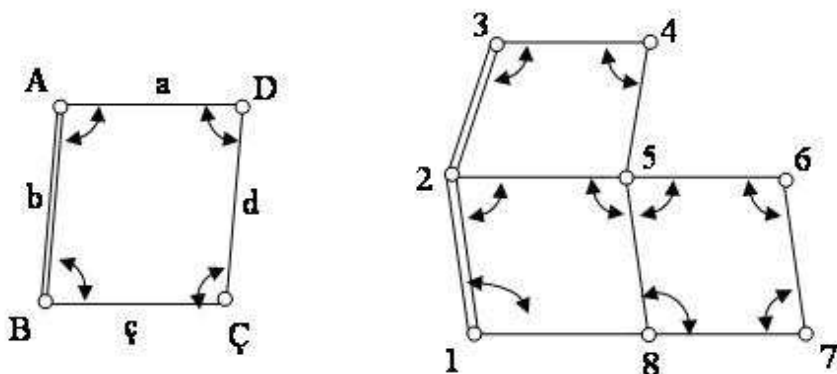
Diagonalsyz dörtburçluklar usuly. Plan almagyň torlaryny diagonalsyz dörtburçluklar usulynda döretmegi, görnükli rus alymy *I. W. Zubruski* teklipl etdi. Şäherlerde, şäherçelerde we obalarda plan almagyň torlaryny geçirmekde şu usuldan peýdalanmak has-da amatlydyr. Diagonalsyz dörtburçluklar usulynyň mazmuny aşakdakylardan ybarat. Ýagny dörtburçlugy iki sany galtaşýan tarapyň uzynlygy a we b , şeýle hem üç sany burçuň ululyklary belli bolanda (3.2.5-nji surat) dörtburçlugyň taraplaryny aşakdaky formulalaryň kömegi bilen hasaplap çykarmak bolar:

$$d = a \cdot \sin A + b \cdot \sin(\angle C + D) \cdot \sin \angle C;$$

$$\zeta = b \cdot \sin D + a \cdot \sin(A+\zeta) \cdot \sin \zeta.$$

Şäherleriň çäginde plan almak maksady bilen diagonalsyz dörtburçlyk usulyňyň torlaryny döretmek arkaly, dörtburçlugyň ölçenýän tarapy gysga, şeýle hem gatnawly bolan köçelerde belgilenilýär. Beýleki taraplary bolsa, üstünde ölçemek kyn bolan hem-de seýrek gatnawly köçelerde belgilense hem bolýar. Bu usulda dörtburçlugyň birnäçe burçlary ölçenilýär. Her bir dörtburçlugyň burç ýalňyşlygyny aşakdaky ýaly hasaplaýarys:

$$d_2 = d_1 \cdot \frac{\sin \varphi_1 \cdot \sin(\varphi_2 + \beta_2)}{\sin(\varphi_1 + \beta_1) \cdot \sin \varphi_2}; \quad d_2' = d_1' \cdot \frac{\sin \varphi_1' \cdot \sin(\varphi_2' + \beta_2')}{\sin(\varphi_1' + \beta_1') \cdot \sin \varphi_2'};$$



4.5-nji surat.

Tapylan burç ýalňyşlyk $f_{\beta} \mathcal{F}_{\text{göýberlen}}$ deňsizligi kanagatlandyryňan bolsa, onda ony ters alamaty bilen ölçenilen burçlara paýlaýarys. Dörtburçlugyň taraplaryny ölçemekde, köplenç gysga bazisli poligonometriýa usulyndan peýdalanylýar. Olçeğiň netijelere esaslanyp dörtburçlugyň ölçenilmedik taraplaryny, belli formulalary ulanmak bilen yzygiderlikde hasaplanylýp çykarylýar. Meselem, birinji dörtburçlugyň 1-2, 1-8 we 2-5 taraplaryny hasaplap tapmak bolar, emma 3-4 we 5-4 taraplaryň uzynlygyny bolsa, şu hasaplamalara esaslanyp kesgitlemek bolar. Dörtburçlugyň birnäçe taraplary hasaplanyp tapylan magistral ýörelgä birikdirilýär. Bu

ýörelgäniň punktlarynyň koordinatlary teodolit ýörelgesiniň punktlarynyň koordinatlaryna baglylykda hasaplanylýar.

Toruň punktlarynyň gönüburçly koordinatlaryny hasaplap çykarmak usuly, dörtburçlugyň haýsy burçunyň koordinatasy belli bolýanlygyna baglylykda alynýar. Meselem, *1* punktyň koordinatasy we *1-2* tarapyň direksion burçy belli bolsa, *1-2-3-4-5-6-7-8-1* ýapyk poligonyň ähli elementlerini kesgitlemek mümkin bolýar (3.2.5-nji a surat). Bu ýagdaýda dörtburçlugyň punktlarynyň koordinatlary ýapyk poligonyň punktlarynyň koordinatlarynyň kesgitleniş usulynda tapylýar. Dörtburçluklaryň *1-2*, *2-3*, *1-8* we *7-8* taraplaryny, öň geçirilen daýanç torlaryň taraplaryny döretmek bilen olaryň uzynlyklary *1*, *2*, *3*, *7* we *8* punktlarynyň koordinatlary öňünden belli bolýar. Bu ýagdaýda dörtburçluklaryň *3-4-5-6-7* taraplary açyk poligony emele getirýär we *3*, *4*, *5*, *6*, *7* punktlarynyň koordinatlary açyk poligonyň punktlarynyň koordinatlary esasynda hasaplanyp çykarylýar.

V. GPS SISTEMASYNYŇ ANALITIKI TORLARY DÖRETMEKDE ULANYLMAGY

5.1. Hemra nawigasion sistemalary barada düşünje

Sputnik geodeziki ölçegler GPS (*Global Positioning System, ABŞ*), we ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система, Россия) nawigasion sistemalaryň apparutlaryndan gelyän signallar boýunça işleýär. Ýewropa birleşikleri hem edil şular ýaly bir sistemany, ýagny GNSS-2 "GALILEO" döretmek üçin işler alyp barýarlar.

Bu sistemalar baradaky maglumatlary 5.1-nji tablisadan görmek bolar.

5.1-nji tablisa

Nawigasion sputnik sistemalarynyň esasy häsiýetnamalary

Esasy häsiýetnamalary	ГЛОНАСС	GPS	GALILEO
Ýeriň emeli hemralarynyň sany (ätiýaçlykda)	24 (3)	24 (3)	27 (3)
Orbital tekizlikleriň sany	3	6	3
Orbital tekizlikdäki ýeriň emeli hemralarynyň sany	8	4	9
Orbitalar	Tegelege ýakyn		
Orbitalaryň beýikligi, km	19100	20145	23200
Orbitalaryň ýapgytlygy, gradusda	64,8°	55°	56°
Koordinatlar sistemasy	ПЧ-90	WGS-84	-

Sputnik nawigasion sistema öz içine kiçi sistemaly kosmos apparatlaryny, barlagy we dolandyrmagy, şonuň ýaly-da ulanyjylaryň kiçi sistemaly (podsistemalaryny) apparatlaryny alýar.

Kosmos apparatlarynyň kiçi sistemalary (podsistema) Ýeriň daşyndan tegelege has ýakyn kesgitlenen orbita boýunça aýlanýan ýeriň 24 emeli hemrasyndan durýar. Ýeriň bu emeli hemralary Ýeriň üstünden takmynan **20000 km** beýiklikden uçýarlar. GPS ýeriň emeli hemralarynyň aýlanmak periody ýyldyz gününüň ýarysyna (11 sagat 58 minuda) deňdir. Gözýetimden 15° ýapgytlykda

Ýeriň üstündäki islendik nokatdan şol bir wagtyň özünde **4-den 8-e** çenli ýeriň emeli hemralary görünýärler.

Ýeriň her bir emeli hemrasy wagty ölçemek üçin ýygylgygyň wodorodly standarty bilen üpjün edilendir. Ol bolsa öz gezeginde $f_0 = 10.23 \text{ MGs}$ günün dowamynda $10^{-14} - 10^{-15}$ durnukly bolmadyk daýanç ýygylgygy generirleýär.

Ýeriň emeli hemralary $L_1 = 154 f_0 = 1575.42 \text{ MGs}$ (tolkun uzynlygy 19 sm) we $L_2 = 120 f_0 = 1227.60 \text{ MGs}$ (tolkun uzynlygy 24 sm) ýygylkly radiosignallary şöhlendirýär. L_1 ýygylkdaky signal erkin elýeterli **C/A** (*clear acquisition* diýen iňlis sözleri) uzagölçeýjiniň kodlar, **P** (*precise* diýen iňlis sözi) takyk kodlar we nawigasion gatnaşyklar bilen modulirlenendir. L_2 ýygylgygy diňe **P** kodlar bilen modulirlenýär. Kodlar üznüksiz şöhlelenýän, kesgitlenen sinhronly psewdo-tötänleýin nol we birligiň yzygiderli bahalary boýunça emele getirilýär.

Nawigasion maglumatlar (habar bermegi) faýl görnüşli bolup, ol özüne aşakdaky berlenleri alýar, ýagny: hemranyň sagatlarynyň ýalňyşlygyny hasaplar ýaly polinomyň koeffisiýenti, hemranyň giňişlik ýagdaýyny hasaplamak üçin orbitanyň elementleri, ionosfera düzedişini hasaplamak üçin parametrlar, ähli hemralaryň orbitalaryny hasaplamak üçin ýakynlaşan elementler we ş.m.

Kiçi sistemaly barlamak we dolandyrmak esasy barlag, yzarlaýjy we dolandyryjy stansiýalardan ybarat. Kiçi sistema Ýeriň emeli hemralaryny dolandyrmak, informasion upjünçilik we olaryň dogry funksionirlenişini barlamaga niýetlenilendir.

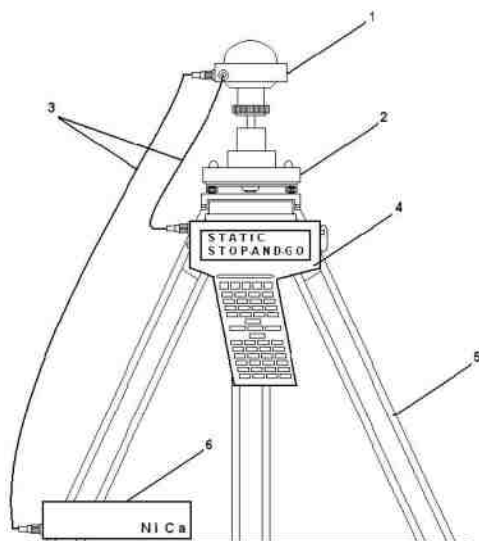
Yzarlaýjy stansiýalar hemralaryň hereketine gözegçilik etmek bilen, traýektoriyaly ölçegleri geçirýär, netijelerini bolsa esasy barlag stansiýasyna habar berýär.

Esasy barlag stansiýasynda yzarlaýjy stansiýalardan alnan maglumatlar boýunça hemralaryň orbitasynyň çaklanylýan parametrlarini we nawigasion habarlara degişli bolan beýleki berlenleri hasaplaýar.

Dolandyryjy stansiýa hemralar üçin taýýarlanylýan informasiýalary degişlilikde her bir hemra ugradýar (zagružayet).

Ulanyjylaryň kiçi sistemaly apparaturalary - Ýeriň bu emeli hemralaryndan informasiýalary kabul edýän, parametrlarini

ölçeýän, ulanyjylaryň apparatlarynyň ýagdaýy (duran ýeri) bilen hemralaryň ýerleşişini baglanyşdyrýan, olaryň hasaplanmagyny üpjün edýän köp sanly serişdedir. Hasaplamagyň netijesinde ulanyjylaryň apparaturasynyň koordinatlary alynýar. Eger-de gerek bolsa hereketiň wektorly tizligi hem kesgitlenilýär.



5.1-nji surat. Geodeziki hemra priýomnigi:

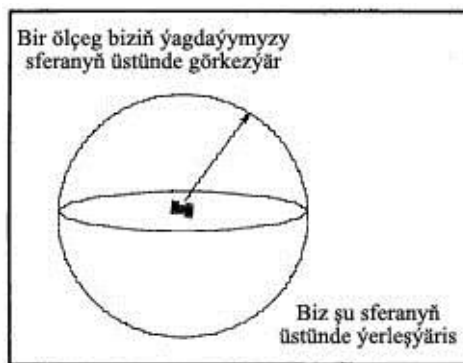
1 - kabul ediji gurluş; 2 - goýguç (по́ставка); 3 - birleşdiriji kabeller; 4 - dolandyryş blogy; 5 - ştatiw; 6 – akkumulýator.

Geodeziki hemranyň düzümine girýän priýomnikler (5.1-nji surat) 4-den 8 kilograma çenli agramy (massany) alýar. Temperaturanyň işçi diapozony -20° -den $+60^{\circ}$ -a çenli aralykda alýar. Akkumulýatoryň işiniň dowamlylygy 6-8 sagat aralygynda bolýar. Geodeziýada ölçegler iki we ondan köp bolan geodeziki hemra priýomnikleriň komplekti bilen ýerine ýetirýärler. Bu ýagdaýda priýomnikleriň koordinatlarynyň tapawudy ýokary takyklyk bilen kesgitlenilýär. Bu bolsa hemralaryň ýagdaýynyň bir-birine otnositellikde kesgitlenilmegini aňladýar.

5.2. GPS sistemasynyň döremeginiň esasy sebäpleri

Geoinformasion sistemada maglumatlary ýygnamakda **GPS** (*Global Positioning system – duran ýeriňi kesgitlemegiň sebitara ulgamy*) tehnologiýasynyň maglumatlary şu günki günde möhüm ähmiýete eýedir. Şonuň üçin bu ulgamyň emele gelşine seredip geçeliň.

Duran ýeriňi kesgitlemegiň sebitara sistemasy hemra (sputnik) arkaly bolup, ol ABŞ-nyň Goranmak ministrliginiň dolandyrmagy netijesinde işleýär. Sistema global we ähli howa şertlerinde işlemäge, günün islendik wagtynda takyk maglumatlary (üç ölçegli koordinatlary) almaga mümkinçilik berýär.



5.2-nji surat.

GPS-iň esasy ulgamlaryny aşakdaky bäs sany topara bölmek mümkin:

1. Hemraly trilaterasiýa - sistema esasy;
2. Hemra arkaly uzakölçemek (dalnomeriýa) - hemra çenli aralyklary ölçemek;
3. Wagtly takyk baglanyşdyrmak - priýomnikdäki we hemradaky sagatlaryň özara ylalaşylmagy üçin dördünji kosmos apparaty zerurdyr;
4. Hemralaryň ýerleşmegi - hemralaryň komosdaky takyk ýagdaýyny kesgitlemek;

5. Ýalňyşlyklary düzetmek - signallaryň troposferada we ionosferada saklanmagy netijesinde ýüze çykýan ýalňyşlyklary hasaba almakdan ybaratdyr.



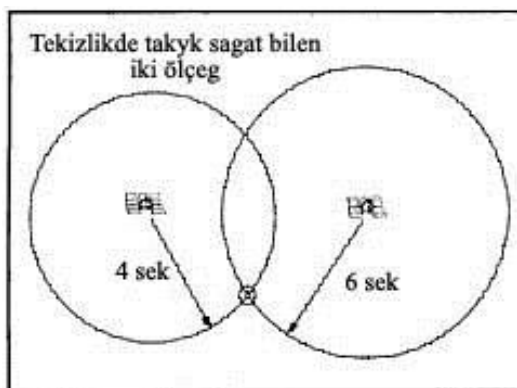
5.2-nji surat.

Hemra trilaterasiýasy. Ýeriň üstünde duran nokadyň takyk koordinatlary birnäçe emeli hemralardan aralyklary ölçemegiň netijesinde kesgitlenilip bilner (eger-de olaryň koordinatlary kosmosda belli bolsa). Şu ýagdaýda hemralar belli koordinatly punktlaryň wezipesini ýerine ýetirýärler. Goý, bize bir Ýeriň emeli hemrasyna çenli aralyk belli diýeliň, onda onuň daşynda berlen radiusly sferany çyzyp bileris (5.2-nji surat).

Eger-de biz Ýeriň ikinji emeli hemrasyna çenli aralygy hem bilýän bolsak, onda biziň duran ýerimiz (nokadymyz) iki sany sferanyň keşişýän çäklerinde ýerleşer (5.3-nji surat).

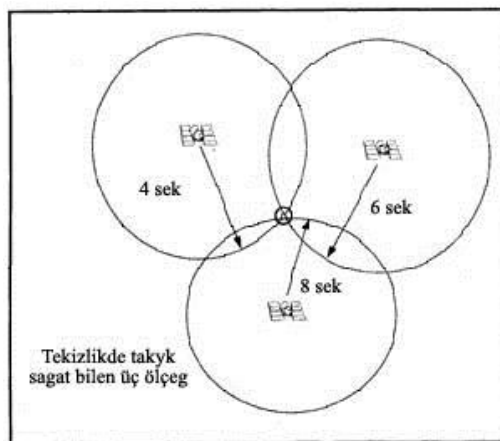
Ýeriň üçünji emeli hemrasy töweregiň üstünde iki nokady kesgitleýär.

Indi bolsa, diňe nokady dogry saýlap almak meselesi galýar. Emma, nokatlaryň haýsy hem bolsa biri aýrylyp galmagy, ýagny, bu nokadyň ýokary tizlik bilen kosmosda hereket etmegi ýa-da ýeriň üstünde ýerleşmegi mümkindir. Şonuň bilen birlikde, üç sany ýeriň emeli hemrasyna çenli aralyklary bilmek bilen, agtarylýan nokadyň koordinatlaryny kesgitlemek bolar.



5.3-nji surat.

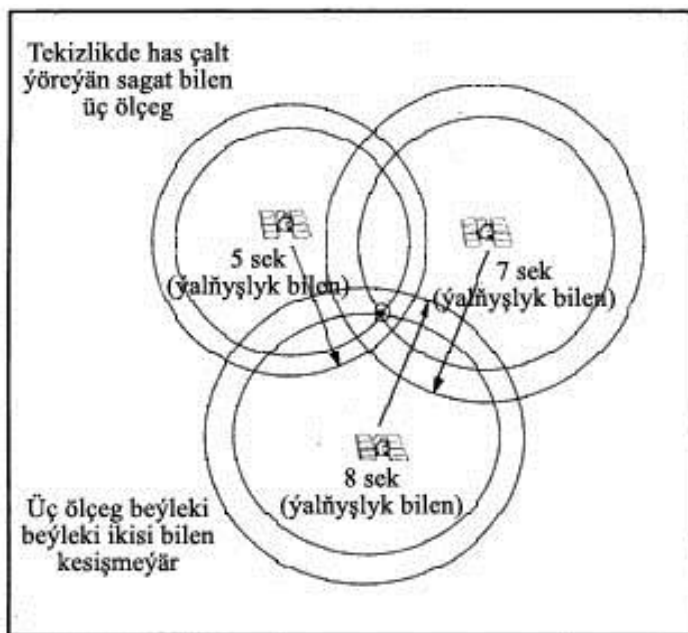
Hemra arkaly uzakölçemek (dálnomeriýa). Hemralara çenli aralyklar kosmos giňişliginde radiosignallaryň apparatdan priýomnige çenli geçen wagtyň ýagtylygyň ýaýramak tizligine köpeldilmegi netijesinde kesgitlenilýär. Radiosignalyň ýaýraýyş wagtyň kesgitlemek üçin onuň hemradan haçan goýberlendigini bilmek zerurdyr. Onuň üçin, hemrada we priýomnige şol bir wagtyň özünde psewdotötänleýin kod generirlenýär.



5.3-nji surat.

Priyomnik hemradan çykýan signaly barlaýar we onuň haçan edil şular ýaly kody generirländigini kesgitleýär. Alnan tapawudy ýagtylygyň tizligine (~**300000 km/sek**) köpeltmek bilen agtarylýan aralygy alarys.

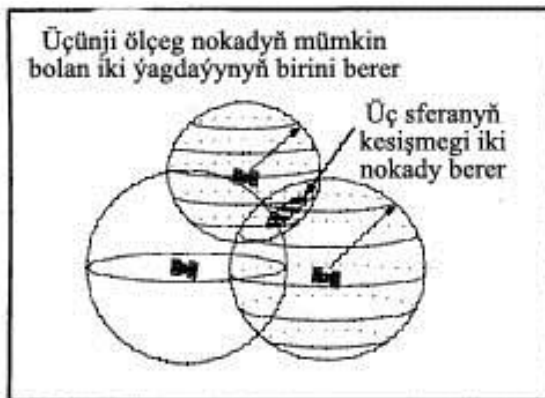
Priyomnikleriň kodlaryny ulanmak bilen, islendik wagtda signalyň sähinmesi kesgitleýär. Şonuň bilen birlikde, hemralaryň şol bir ýygylyk-daky signallary goýbermegi mümkin, ýagny, her bir hemra özüniň psewdotötänleýin koduna (**PRN** ýa-da **Pseudo Random Number code**) deňlenendir.



5.4-nji surat.

Takyk wagtyly baglanyşdyrmak. Ýokarda görşüňiz ýaly, hasaplamak gönüden-göni sagatlaryň takyk ýöreýşine bagly bolup durýar. Hemradaky we priyomnikdäki sagatlaryň kodlary, şol bir wagtyň özünde generirlenmelidir. Emma hemralarda has takyk atom sagatlary ornaşdyrylandyr, onuň takyklygy, takmynan, nanosekunda

barabardyr. Bu örän gymmat sagatdyr. Şular ýaly sagatlary her bir GPS priýomniklerinde ornaşdyrsak, onda gural ulanyjylara örän gymmat düşer we bu guraly satyn almak her kime başartmaz. Priýomnigiň sagadynyň ýöreýiş ýalňyşlygyny aradan aýyrmak maksady bilen, dördünji hemrany ulanýarlar (5.4-nji surat).



5.5-nji surat.

Bu ölçegleri ýalňyşlyklary aradan aýyrmak maksady bilen geçirilýär. Olar bolsa hemradaky we priýomnikdäki (GPS) sagatlar sinhronlaşdyrylmadyk ýagdaýynda ýüze çykýar. Muňa aýdyň göz ýetirmek üçin aşakdaky tekizlikdäki ýagdaýa seredip geçeliň, ýagny, obýektiň ýerleşen ýerini kesgitlemek üçin, Ýeriň üç sany emeli hemrasy zerurdyr.

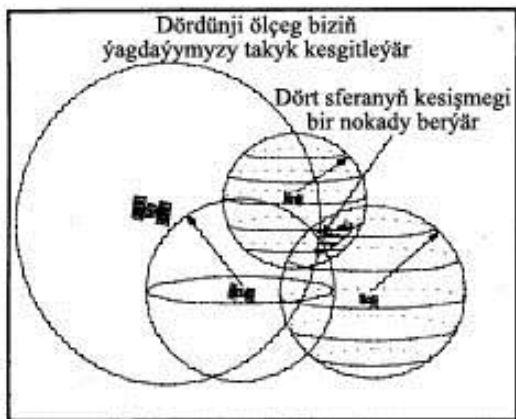
Eger-de hemradaky we GPS-däki sagat ýöremegiň birmeňzeş bahasyny alýan bolsa, onda duran ýeriň takyk koordinatlary iki sany hemra çenli ölçenen aralyklar boýunça tapylýar.

Eger-de ölçemek Ýeriň üç sany emeli hemrasyndan alynsa we ähli sagatlar takyk bolsalar, onda üçünji hemradan çyzylan tegelegiň radius - wektory suratda görkezilişi ýaly kesişerler.

Emma, priýomnikdäki sagatlar 1 sekunt öňe gidýän bolsa, onda şu aşakdaky ýaly, ýagdaý emele geler.

Eger-de üçünji hemra çenli aralygy ölçesek, onda alnan radius - wektor suratda görkezilişi ýaly beýleki ikisi bilen kesişmez.

Haçan-da, GPS - kabul ediji bir nokatda kesişmeýän birnäçe tapgyr ölçegleri alsa, onda kabul edijidäki kompýuter yzygiderli iterasiýa usuly boýunça wagtyly ölçegleriň ählisini bir nokada getirýänçä aýryp (goşup) başlaýar. Ondan soňra düzediş hasaplanylýar we degişli deňagramlaşdyrmak geçirilýär.

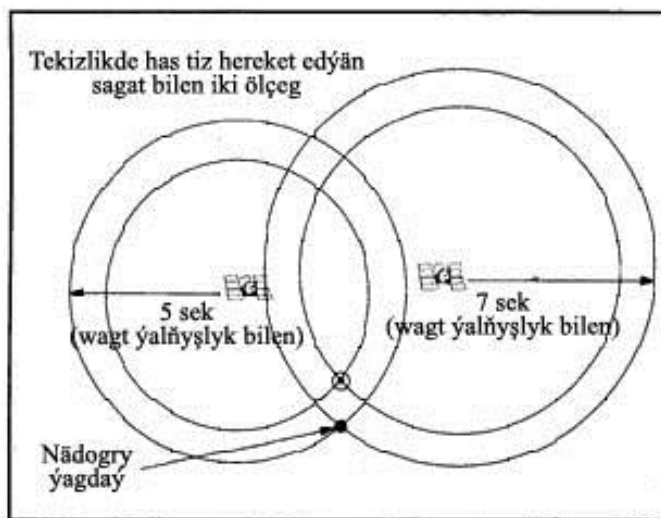


5.6-njy surat.

Eger-de bize üçünji ölçeg gerek bolsa, onda priýomnikdäki sagadyň ýöreýiş ýalňyşlygyny düzetmek maksady bilen, Ýeriň dördünji emeli hemrasy gerek bolar (5.5-nji surat). Şonuň bilen birlikde, meýdanda işlän ýagdaýynda, nokadyň üç ölçegli koordinatlaruny kesgitlemek maksady bilen iň azyndan dört sany emeli hemra zerur.

Ýeriň emeli hemralarynyň ýerleşşi. NAVSTAR sistemasy öz düzüminde **24** sany işçi emeli hemralary saklaýar. Olaryň her biriniň orbitada, Ýeriň daşyndan aýlanmak peridy 12 *sagatdyr* (takyk 11 *sagat 58 minut*). Şonuň ýaly-da, bu hemralar Ýeriň üstünden, takmynan 20200 km beýiklikden uçýarlar. Alty sany dürli tekizlikde (orbitada) uçmak bilen olaryň her biri ekwatoryň tekizligine 55° ýapgytlygy alýarlar. Orbitalaryň her birinde Ýeriň dört sany emeli hemrasy bardyr. Görkezilen beýiklik hemralaryň durnukly orbital

hereketlerini üpjün etmek we atmosferanyň garşylygynyň sebäplerini azaltmak üçin zerurdyr (5.6-njy surat).



5.7-nji surat.

ABŞ-nyň Goranmak ministrligi ýeriň emeli hemralarynyň uçuşyna gözegçilik edýär. Her bir hemrada ýokary takykly birnäçe atom sagady ýerleşdirilendir we olar ýeriň üstündäki gözegçilik stansiýalaryna yzygiderli, radiosignallary, özlerine mahsus ajaýyp kodlaryny goýberýärler. ABŞ-nyň Goranmak ministrligi tarapyndan hemralaryň hereketlerine gözegçilik etmek üçin Ýeriň üstünde **4 sany** stansiýasy ulanylýar. Olaryň üçüsi aragatnaşyk stansiýasy, biri bolsa sistemanyň ähli ýerli segmentlerini gözegçilikde saklaýan we dolandyryýan merkezdir. Gözegçilik stansiýalary hemralaryň hereketini yzygiderli yzarlamak bilen, alnan maglumatlary, dolandyryş merkezine geçirýär. Dolandyryş merkezinde hemranyň orbitasynyň anyklanan elementleri we hemraly wagtyň şkalasynyň düzediş koeffisiýenti hasaplanylýar, ondan soňra günün dowamynda, iň bolmanda, bir gezek aragatnaşyk stansiýalarynyň kanallary boýunça hemralara geçirilýär (5.7-nji surat).

Ýalňyşlyklary düzetmek. GPS sistemasynda ýüze çykan käbir ýalňyşlyklaryň sebäplerini aradan aýyrmak kynrakdyr. Hasaplamalaryň görkezişi ýaly, radiosignallar üznüksiz tizlik bilen atmosferada ýaýraýar, ol bolsa öz gezeginde ýagtylygyň tizligine deň diýipdik. Emma, hakykat-da bu örän çylşyrymlyrakdyr. Ýagtylygyň tizligi diňe wakuumda konstanta (hemişelik) bolýar. Haçan-da, signal ionosferadan (**130-190 km** beýiklikde zarýadlanan gatlak) we troposfera gatlaklaryndan geçende, onuň tizligi biraz peselýär, bu bolsa öz gezeginde aralygyň ýalňyşlyk bilen kesgitlenmegine getirýär. Häzirki zaman GPS-lerinde şu bökençligi aradan aýyrmak maksady bilen ähli taraplaýyn algoritmler ulanylýar (5.8-nji surat).

5.8-nji surat.

GPS-iň kömegi bilen duran ýeriňi kesgitlemekde köp şöhleli radiosignalyň ýaýraýşyna interferensiýa hadysasy hem öz täsirini ýetirýär. Bu hadysa, haçan-da, signal ýeriň üstündäki obýektlerden serpigende bolup geçýär. Ol bolsa öz gezeginde gönüden-göni

hemradan gelyän signallaryň görnetin interferensiýasyny döredýär. Signallaryň ýöriteleşdirilen tehniki işlenilmegi we priýomnigiň oýlanyşylan antennasynyň konstruksiyasy ýalňyşlygyň bu sebäbiniň az mukdarda bolmagyny gazanýar.

Öňler ýalňyşlygyň ýene-de bir çeşmesi bardy - bu döredijileriň (ýasaýjylaryň) elýeterli maglumatlary bermegi (**Selective Availability ýa-da S/A**), ýagny. ABŞ Goranmak ministriliginiň hemralardan gelyän signallaryň kabul edilşiniň emeli peseldilişi geçirilýärdi. Bu bolsa GPS sistemanyň kömegi bilen nokatlaryň koordinatlarynyň kesgitleniş takyklygynyň 100 metre çenli peseldilmegidir. Emma, bu 2000-nji ýylyň maý 1-inden başlap “**Döredijileriň elýeterligi**” bilen emele gelyän ýalňyşlyklar aradan aýryldy.

5.3. GPS toplumynyň geodeziki sistemalary

Tramble Navigation Limited kompaniýasy ýörite kartografiriýa we geoinformasion sistemanyň goşmaçalary üçin giň spektrli önümleri öndürýär. Bu sistema geografiki maglumatlar bazasyny takyk we çalt döretmäge hem-de täzelemäge mümkinçilik berýär. Kartografiki önümler öz düzümine aşakdakylary: GPS priýomnigini, maglumatlary ýygnaýjyny we programma üpjünçiligini goşýar.

Priýomnikler. GPS priýomnikleri berlen nokatlaryň üç ölçegli koordinatlaryny bir sekuntadan az bolan periotda hasaplaýar we **1 santimetrden 5 metre** çenli differensial ýagdaýynda ölçemek bilen, takyklygy üpjün edýär. Priýomnikler özleriniň agramy, ölçegleri, maglumatlary ýadynda saklamagyň göwrümi we hemralardan gelyän radiosignallary kabul etmek maksady bilen ulanylýan kanalaryň möçberi boýunça tapawutlanýarlar.

Haçan-da, siz bir ýerde duran ýa-da süýşýän bolsaňyz priýomnik, GPS hemralaryndan gelyän signallary alýar we siziň duran nokadyňyzy hasaplamak bilen kesgitleýär. Hasaplanan netijeler priýomnigiň displeýinde koordinatlar görnüşinde suratlandyrylýar. Ondan daşgary, GPS priýomnikleri nawigation mysallary çözmek maksady bilen islendik hereketiň tizligini we ugruny hem hasaplaýar.

Maglumatlary ýygnaýjy. Maglumatlary ýygnaýjylar (barlaýjylar) bolup, olary toplamak maksady bilen ýörite programma üpjünçilikli işleýän portativ kompýuterleri durýar. Käbir ýygnaýjylar goşmaça maglumatlary (meselem, obýektleriň attributlaryny), obýektleriň koordinatlary bilen bilelikde ýazýar, emma, berlenleri, koordinatlary ýadynda saklaýar. Programma üpjünçiliginiň kömegi bilen, GPS priýomnikleriniň dogry goýluşyna gözegçilik edilýär. Olaryň esaslarynyň biri hökmünde, GPS maglumatlarynyň ölçegleriniň aralygy (interwaly) we maglumatlary saklanylýan möçberiniň alynmagy durýar.

Maglumatlary ýygnaýjylar özleriniň ölçegleri ýüki we maglumatlaryň ýazylyş tipleri daşky gurşawyň amatly däl şertleriniň ýagdaýyny saklaýyş ukyby we olara informasiýalary ýazmagyň köplügi bilen tapawutlanýarlar. Käbir maglumatlary ýygnaýjylar, GPS priýomnikleri bilen aýry-aýrylykda birleşdirilen, beýlekileri bolsa priýomnikler bilen bilelikde bir korpusda integrirlenen bolýar.

Programma üpjünçiligi. Her bir kartografiki GPS tehnologiýasy maglumatlary işlemek maksady bilen programmaly üpjün edilýär. Meýdan işlerinden gelenden soňra, siz kompýutere ýygnaýan maglumatlary olaryň koordinatlary we goşmaça informasiýalary bilen bilelikde girizýärsiňiz. Ondan soňra programmaly üpjünçiligi arkaly berlen maglumatlaryň takyklygyny ýokarlandyrmak maksady bilen ýörite usul ulanylýar, bu bolsa *differensial korreksiýa* diýlip atlandyrylýar.

Programma üpjünçiligi GPS maglumatlaryna seretmegi (wiziuallaşdyrmagy) ýerine ýetirýär. Käbir programmalar berlen maglumatlary redaktirlemäge hem amal etmäge ukyplydyr. Bu bolsa olary manipulirlmegi, deňagramlaşdyrylmagy we koordinatlary aýyrmagy we ş.m. üpjün edýär. Şonuň ýaly-da, käbir programmaly üpjünçilik alnan maglumatlary neşire(plotter, printer we ş.m.) çykarmaga ukyplydyr. Programma üpjünçilikleriniň käbiri, pedaktirlemegiň mümkinçilikleri we berlenleriň eksport edilmek derejesi bilen tapawutlanýarlar.

GPS sistemasy geografiki obýektler baradaky maglumatlary ýygnamaga we attributiw informasiýalary, geoinformasion sistema ýa-da maglumatlaryň beýleki bazalaryna girizmäge ýardam berýär.

GPS maglumatlarynyň işlemegini üpjün edýän programmalary, siziň netijeleriňizi, geoinformasion sistemanyň programmalary eksport edýär. Ol ýerde bolsa maglumatlar soňraky işlemek we analizlemek maksady bilen beýleki informasion çeşmelere birleşdirilýär.

Differensial korrektirlemek. Differensial korrektirlenmek - bu ýygňalan GPS maglumatlarynyň takyklygyny has ýokarlandyrýan usuldur. Şu ýagdaýda GPS priýomnigi (7.9-njy surat) koordinatlary öňünden belli bolan nokatda (bazaly stansiýada) goýulýar, emma, ikinji priýomnik koordinatlary belli bolmadyk nokatlarda maglumatlary ýygnaýar.

Koordinatlary belli bolan nokatdan alnan maglumatlar hemradan gelyän signallaryň ýalňyşlygyny kesgitlemek maksady bilen ulanylýar. Soňra bazaly stansiýadaky informasiýalar, hereket edýän priýomnikdäki ýygňalan maglumatlar bilen bilelikde hemraly signalyň ýalňyşlygyny hasaba almagyň netijesinde işlenýär. Bu bolsa hereket edýän priýomnikdäki koordinatlaryň ýalňyşlygyny aradan aýyrmaga esas döredýär.

Bize aýdaly hökmany suratda siziň duran bazaly stansiýaňyzyň koordinatlaryny has takyk bilmegimiz zerur. Ýagny differensial korrektsiýasy bilen alnan netijeleriň takyklygy gönüden-göni bazaly stansiýanyň koordinatynyň takyklygyna baglydyr. Differensial korrektsiýany ýerine ýetirmegiň iki: ýagny *hakyky wagtda* we *hasaplamadan soňraky* usullary bardyr. Olara has jikme-jik seredip geçeliň.

Hakyky wagtdaky differensial korrektirlemek. Hakyky wagtdaky differensial korrektirlemegiň GPS usulynda bazaly stansiýanyň maglumatlary ýygnaýan wagty her bir hemranyň ýalňyşlygyny hasaplaýar we radiosignallaryň üsti bilen hereket edýän priýomnige geçirýär. Bu düzedişler (korrektsiýalar) hereket edýän priýomnik tarapyndan kabul edilýär we duran ýeriňi anyklamakda ulanylýar. Netijede biz kabul edijiniň ýaýlymynda differensial korrektirlenen koordinatlary görüp bileris. Onuň bolsa haçan-da, gönüden-göni meýdanda bolan ýagdaýyňyzda nirede durandygyňyzy bilmekde, peýdaly bolmagy mümkin. Bu anyklaşdyrylan (korrektirlenen) ýagdaýlaryň ýygnaýjy faýlda saklanylmagy ähtimaldyr. Hakyky wagtdaky geçirilen düzedişler adaty ýagdaýda

RTCM SC-104 görkezmesine degişlilikdäki formatda ulanylýar. **Tramble** kompaniýasynyň ähli kartografiki önümleri differensial anyklaşdyrmany (korrektirlemegini), hakyky wagtda geçirmäge ukyplydyr.

Hasaplamadan soňraky differensial düzedişler.

Hasaplanandan soňraky differensial düzediş usuly bilen işlemekde her hemranyň ýalňyşlygyny bazaly stansiýada kompýuter faýlyna ýazyp durýar. Hereket edýän priýomnik hem öz maglumatlaryny kompýuter faýlyna ýazýar. Meýdandan işlerinden gelenden soňra iki faýlyň bilelikde ýörite programma üpjünçiliginiň kömegi bilen hasaplanylýar. Netijede, hereket edýän priýomnikde maglumatlaryň differensial düzedilen faýly alynýar. **Tramble** kompaniýasynyň ähli kabul edijileri, hasaplanandan soňraky differensial korrektirlenmegini geçirmek üçin programmalary özünde saklaýar.

Eger-de siz hakyky wagtda işleýärkäňiz radio aragatnaşygy üzülse (meselem, siz bazaly stansiýadan örän uly aralyga gitseňiz), onda kabul ediji korrektirlenilmedik maglumatlary, hasaplanandan soňraky differensial korrektirmek maksady bilen işlemek üçin ýazmagyny dowam edýär.

5.4. Kodly we fazaly ölçegler

Kodly ölçegler. Hemra (sputnik) signallaryň priýomniklerinde hem edil hemralardaky ýaly ýygylýgyň we wagtyň datçikleri bardyr. Priýomniklerde L_1 we L_2 ýygylýklarda (bir ýygylýkly hemralarda – diňe L_1) işlenilýär. L_1 ýygylýgy **C/A** we **P** kodlaryň göçürmeleri modulirlenilýär, emma L_2 ýygylýk diňe **P** kodlary üçin işlenilýär.

Hemralardan gelen signallar bilen priýomniklerde ýüze çykan (dörän) öz we analogly kodlaryň arasyndaky wagt interwaly ölçenilýär.

Eger-de priýomnigiň sagady hemranyň sagady bilen dogry sinhrozirlenen bolsa, onda hemrada we priýomnikde kodlar bir wagtyň özünde emele gelýär.

Bu ýagdaýda, hemralardan goýberlen we priýomnikde ýüze çykan (dörän) signallaryň öz kodlary bilen hemralardan gelen signallaryň kodlarynyň arasyndaky ölçenen wagt interwaly hemradan goýberlen signallaryň priýomnige çenli geçen wagtyňa deň bolar. Bu bolsa hemradan priýomnige çenli aralygy kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Emma hemranyň sagady bilen priýomnigiň sagady käbir ululykda tapawutlanýar ($\Delta\delta$). Bu bolsa aşakdaky ýaly berilýär:

$$\Delta\delta = \delta^s - \delta_p$$

Bu ýerde δ^s - hemranyň sagadynyň ýalyşlygy; δ_p - priýomnigiň sagadynyň ýalňyşlygy. Şonuň üçin hem ölçenen aralyklar bolmalysyndan tapawutlanýar we psewdoaralyk diýen ady alýar.

Goý, ionosferada we troposferada signallaryň saklanmagy degişli düzedişleri girizmek bilen göz özünde tutulan diýeliň. Onda ölçenen **p** punktadan **s** hemra çenli **t** döwürdäki (wagt momentindäki) psewdoaralyk $R_p^s(t)$ aşakdaky formulanyň üsti bilen hasaplanylýar:

$$R_p^s(t) = \sqrt{(X^s(t) - X_p)^2 + (Y^s(t) - Y_p)^2 + (Z^s(t) - Z_p)^2} - c(\delta^s(t) - \delta_p(t))$$

Bu ýerde $X^s(t)$, $Y^s(t)$, $Z^s(t)$ - **t** döwürde (epohada) hemranyň koordinatlary; X_p , Y_p , Z_p - priýomnigiň kesgitlenilýän koordinatlary; **c** – ýagtylygyň tizligi.

Hemranyň sagady dogrusyndaky informasiýa nawigation maglumatlarda berilýär. Bu bolsa **t** wagt birliginde (epohada) hemranyň sagadynyň ýalňyşlygyny hasaplamaga we we ony göz önünde tutmaga mümkinçilik berýär.

Şonuň bilen birlikde $R_p^s(t)$ psewdoaralyk üçin aşakdaky deňlemäni alarys:

$$R_p^s(t) = \sqrt{(X^s(t) - X_p)^2 + (Y^s(t) - Y_p)^2 + (Z^s(t) - Z_p)^2} + c\delta_p(t)$$

Bu ýerde näbelli elementler bolup X_p , Y_p , Z_p , $\delta_p(t)$ durýar. Där nebellini kesgitlemek üçin iň azyndan dört deňlemäni almak zerurdyr. Bu bolsa bir wagt birliginde (epohada) iň azyndan dört sany ýeriň emeli hemrasyndan psewdoaralygy ölçemelidigini aňladýar.

Koordinatlar takyklygy 3 metre çenli bolan kodly ölçegleriň netijesinde kesgitlenilýär.

Takyklygy ýokarlandyrmak maksady bilen differensial usuldan peýdalanmak bolar. Koordinatlary belli barlag punktynda hemra signallarynyň priýomnigini ornaşdyrýars. Onuň koordinatlaryny hemralar boýunça kesgitleýäris. Şonuň ýaly-da hemralara çenli aralyklary hem anyklaýars. Bu bahalary punktlaryň belli koordinatlary boýunça hasaplanan aralyk bilen deňeşdirýäris, düzedişi kesgitleýäris we radio boýunça ulanyjylara habar berýäris. Ulanyjylar tarapyndan ölçeyän psewdoaralyga hasaplanan düzedişleri girizýäris. Bu ýagdaýda, barlag punktyna otnositellikde kesgitlemegiň takyklygy **1 metrden** geçmeýär.

Kodly ölçegler nawigasion meseleleri çözmekde giňden ulanylýar. Kodly ölçegler geodeziki ölçeglerde komekçi häsiýetdäki roly oýnaýar. Ýagny olar geodeziki torlaryň koordinatlaryny takmynan kesgitlemek üçin gulluk edýär.

Fazaly ölçegler. Takyk geodeziki ölçegler L_1 we L_2 işleýän (несущих) ýygylyklarda (bir ýygyllykly priýomniklerde – diňe L_1 ýygyllykda) geçirilýär. Bu ýagdaýda hemradan kabul edilen yrgyldy bilen priýomnikde işlenen şol tolkunynyň yrgyldysynyň fazasynyň tapawudy ölçenilýär.

Belgiläliň: $\varphi^s(t)$ - s hemradan t döwürde (epohadan) gelip ýeten priýomnikleriň ýygylklarynyň f ($f = L_1$ ýa-da $f = L_2$) fazalary; $\varphi_p(t)$ – şol döwürde (epohada) priýomnigiň öz ýygylgynyň fazasy.

Görkezilen fazalar üçin aşakdaky deňlemeler amatlydyr:

$$\varphi^s(t) = ft - f \frac{\rho}{c} - f\delta^s,$$

$$\varphi_p(t) = ft - f\delta_p.$$

Bu ýerde ρ - hemradan priýomnige çenli aralyk; c - ýagtylygynyň tizligi;

ρ/c - signalyň hemradan priýomnige çenli gelmegi üçin ýitirilen wagt;

δ^s – hemranyň sagadynyň ýalňyşlygy; δ_p – priýomnigiň sagadynyň ýalňyşlygy.

Birinji fazaly deňlemeden ikinjini aýyrmak bilen ölçenilýän $\Phi_p^s(t)$ fazalar deňlemesiniň tapawudyny alarys. Ol aşakdaky ýaly berilýär:

$$\Phi_p^s(t) = \varphi^s(t) - \varphi_p(t) = f \frac{\rho}{c} - f\delta^s + f\delta_p.$$

Onyň aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$\Phi_p^s(t) = f \frac{\rho}{c} - f(\delta^s - \delta_p). \quad (5.1)$$

Deňlemäniň tolkun uzynlygyna λ köpeltmek bilen aşakdakyny alarys:

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}.$$

Bu ýerde T – yrgyldynyň periody. Onda ornyna goýmak bilen aşakdakyny alarys:

$$\rho = \lambda \Phi_p^s(t) + c(\delta^s - \delta_p). \quad (5.2)$$

Fazalaryň tapawudyny $\Phi_p^s(t)$ iki bölegiň jemi görnüşinde aňlatmak bilen aşakdakyny alarys:

$$\Phi_p^s(t) = N + \Phi, \quad (5.3)$$

Bu ýerde N - periodyň бүтewi sany, Φ – drob.

5.3 aňlatmany 5.2 goýmak bilen aşakdakyny alarys:

$$\rho = (N + \Phi)\lambda + c(\delta^s - \delta_p). \quad (5.4)$$

Hemra bilen priýomnigiň arasyndaky aralyk üznüksiz üýtgeýär, şoňa baglylykda hem faza $N+\Phi$ boýunça süýşmegi bolup geçýär.

Hemraly signallaryň priýomniginde yzygider üýtgeýän fazalaryň tapawudyny Φ we onuň noluň (aralykda бүтewi tolkunlaryň sanynyň üýtgeýişini) üstünden geçişini ölçemek göz önünde tutulandyr. Bu sana ölçenilýän Φ ululygyň üstüne goşulýar. Onuň netijesinde bolsa fazalar boýunça jemli süýşme nädogry drob görnüşinde bolýar. Emma N näbelli san bolsa p punktadan s hemra çenli ähli aralyklarda hemişelik bolup galýar. Бүтewi N sany kesgitlemek onuň birbahaly däldeginden **rugsat berijilik** (раçрешением) diýilýär.

Ýokardaky bellenenleri göz önünde tutmak bilen s hemradan p punktda t döwürde (epochada) kabul edilen signallaryň fazasynyň ölçenen süýşmeginiň (сăвиг) deňlemesini aşakdaky ýaly ýazalyň:

$$\Phi_p^s(t) = \frac{1}{\lambda} \rho_p^s(t) - N_p^s - f^s [\delta^s(t) - \delta_p(t)], \quad (10.5)$$

Bu ýerde

$$\rho_p^s(t) = \sqrt{(X^s(t) - X_p)^2 + (Y^s(t) - Y_p)^2 + (Z^s(t) - Z_p)^2};$$

$f^s = c/\lambda$ – şöhlemenmegiň ýyglylygy.

Hemralar n_s üçin, n_t wagt birligi, p bir nokatda ölçegleriň sany, onda deňlemeleriň (5.5) sany $n_s \cdot n_t$ bolar. Şular ýaly deňlemeler sistemasynda näbelli hökmünde priýomnigiň üç koordinatlary (X_p , Y_p , Z_p), şonuň ýaly-da bir meňzeş bolmadyk sanlar n_s we priýomnigiň sagadynyň n_t süýşmegi durýar.

Fazalaryň tapawudyny ýokary takyklyk bilen, ýagny millimetriň boleklende ölçeyärler. Emma fazaly ölçegleriň netijeleri boýunça deňlemeler sistemasyny çözmek priýomnigiň koordinatlaryny görkezilen takyklyk bilen hasaplamaga mümkinçilik bermeýär. Bu bolsa orbitalaryň ýalňyşlygy, ionosferanyň täsiri we beýleki sebäpler boýunça ýüze çykýar.

Fazaly ölçegleriň takyklygyny prunktlaryň ýagdaýyny otnositellikde kesgitlemek usulyna daýanmak bilen geçirýärler. Ýeriň üstündäki iki punktdan şol bir wagtda gözegçilik etmegiň netijeleri bir – birinden tapawutlanýar, emma ýalňyşlyklary boýunça has ýakyn umumy bahalary alýar. Şonuň üçin hem ölçegleriň netijeleriniň tapawudy olardan prektiki erkin we iki punktyň X , Y , Z koordinatlarynyň tapawudyny, ýagny olary birleşdirýän üç ölçegli wektory ΔX , ΔY , ΔZ kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Şuňa baglylykda bir punktyň X , Y , Z koordinatlaryny bilmek bilen, biz beýleki punkta çenli ΔX , ΔY , ΔZ koordinatlar tapawudyny kesgitläp onuň (ikinci punktyň) koordinatlaryny hasaplap bileris.

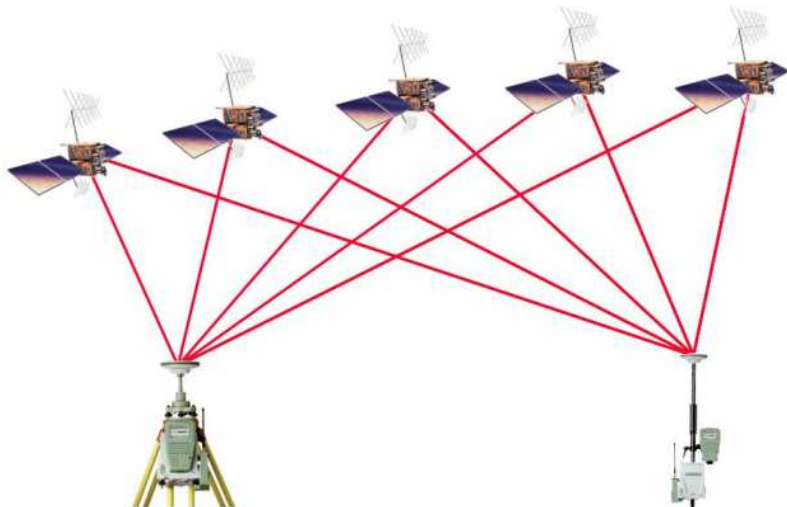
Fazaly ölçegler geodeziki işlerde esasy hasaplanylýar. Ol geodeziki torlaryň punktlaryny ýokary takyklyk bilen gurmaga mümkinçilik berýär.

5.5. Hemraly geodeziki ölçegleriň ýagdaýy we usullary

Hemraly geodeziki apparatura dürli ýagdaýda işlemäge mümkinçilik berýär.

“Statika” ýagdaýynda ölçegler iki ýa-da birnäçe punktda gözganmaýan priýomnikler bilen bir wagtyň özünde geçirilýär. Priýomnikleriň haýsy hem bolsa birini baza hökmünde ulanýarys. Galan priýomnikleriň ýagdaýy bazala görä otnositellikde

kesgitlenilýär. “Statika” ýagdaýyndaky ölçegler düzgün boýunça punktlaryň arasyndaky aralyk uly (15 kilometrden köp) bolanda ýerine ýetirilýär. Gözegçiligiň wagty prunktlaryň arasyndaky aralyga, hemralaryň sanyna, ionosferanyň we troposferanyň ýagdaýyna, gerek bolan takyklyga bagly bolup, ol adaty **1 sagatdan** köp bolmaýar.



Ýeriň üstünde duran ýeriňi kesgitlemegiň differensial sistemasy.

Statiki ölçegler - GPS ölçegleriniň iň takyk tehnologiýasydyr, emma bu usul her bir stansiýada (punktda) uzak wagtlap gözegçiligi talap edýär. Statiki ölçeglerde ähli GPS - lerdä bolşy ýaly, iň azyndan iki sany GPS priýomnikleriň (bir priýomnigiň bazaly çyzygy ýazýan her bir nokadynda) ulanylmagyny talap edýär. Bu ýagdaýda her bir priýomnik bir wagtyň özünde dört umumy hemradan ölçegleri ýazmalydyr. Ölçegler uzak periodly wagtlar aralygynda ýazmalydyr (adaty 45-den 60 minuda çenli).

“*Calt statistikanyň*” ýagdaýyny (režimi) ölçegiň dowamlylygyny **15 kilometre** çenli aralykda, rugsat berijiligiň bir meňzeş bolmadyk aktiw algoritmi ulanmak bilen gysgaltmak bolar. Bu ýagdaýda gözegçiligiň dowamlylygy **5-20 minut** aralygynda bolýar.

“Statika” we “Çalt statika” ýagdaýlarynda bir wagtyň özünde 4 ýa-da ondan köp hemralara 8 ýa-da ondan köp bolan wagtda gözegçilik etmek zerurdyr. “Çalt statika” ýagdaýynda ölçemek bazaly çyzyklaryň komponentlerini $\pm 0.5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ takyklykda kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

“Reokkypasiýa” ýagdaýy (režimi) haçan-da berlen punktda ölçegi geçirmek üçin gerek bolan hemralaryň sany ýetmese, ýagny bir wagtyň özünde hemralaryň görünmese ulanylýar. Bu ýagdaýda ölçegi gerek bolan berlenleri ýygnamak maksady bilen birnäçe seans ýerine ýetirýärler. Ýygnaýan maglumatlary kompýuterde işlemek tapgyrynda bir netijäni çykarmak üçin ähli berlenleri birleşdirýärler.

“Kinematika” ýagdaýy (režimi) süýşýän stansiýanyň hereket edýän koordinatlaryny kesgitlemek üçin hyzmat edýär. Bu ýagdaýda bazaly duran we süýşýän stansiýalardaky priýomnikler ähli ölçegiň dowamynda geodeziki hemralar bilen elmydama üzülmek kantaktda (arabglanyşykda) bolmagy bilen geçirilýär. Hereketi başlamazdan önürti inisializasiýa geçirýärler. Bu bolsa fazaly ölçeglere birmeňzeş dældigi üçin düzedişi girizmegi aňladýar.

5.2-nji tablisa

Ornuň kesgitlemegiň takyklygyny häsiýetlendirýän parametrler

Ölçemegiň ýagdaýy	Apparatura			
	Iki ýyglylykly		Bir ýyglylykly	
	<i>a</i> , mm	<i>b</i> , mm/km	<i>a</i> , mm	<i>b</i> , mm/km
Statika	5	1	10	2
Çalt statika	5...10	1	10	2
Reokkupasiýa	10...20	1	10...20	2
Kinematika	10...20	1	20...30	2
Dur-ýöre	5...10	1	10...20	2

“Dur-ýöre” ýagdaýy – bu kinetiki režimiň görnüşüniň biri hasaplanylýar. Bu usulda hereket edýän stansiýa nokatdan nokada aralykda durup, takyklygy ýokarlandyrmak maksady bilen **5-50 sekunduň** dowamynda wagt birliginde (epohasynda) ölçegleri geçirýär.

Duran ýeriňi kesgitlemegiň orta kwadrat ýalňyşlygyň bahasyny aşakdaky formulanyň kömegi bilen mm-de kesgitlemek bolar:

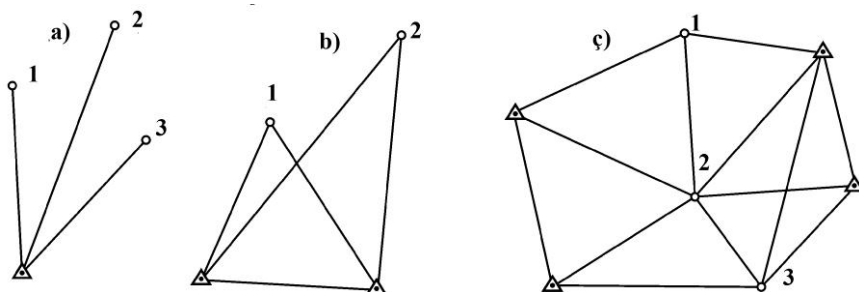
$$m = a + bD,$$

Bu ýerde D - bazaly we hereket edýän priýomnikleriň arasyndaky aralyk, kilometrde;

Parametrler a we b bahalary 5.2-nji tablisada getirilendir.

Hemrally ölçegler bilen geodeziki torlary gurmagyň shemasy 5.2-nji suratda görkezilendir. Shema her bir çyzygyň ahyrynda hemrally priýomnikleriň goýlandygyny görkezýär. Onuň kömegi bilen berlen çyzyklar boýunça gönüburçly koordinatlar artmalaryny (ΔX , ΔY , ΔZ) kesgitlemek üçin sinhron ölçegleri geçirýärler.

Geodeziki torlar şöhleli we torly usullaryny ulanmak bilen gurlup bilner.



5.9-njy surat. Hemrally geodeziki torlary gurmagyň shemasy:

a , b – şöhleli usul; ζ – torly usul.

Belgiler: \triangle – daýanç punkty; \circ – kesgitlenilýän punkt.

Şöhleli usulda koordinatlar kesgitlenilýän punkty (5.2-nji a surat), ony daýanç punkty bilen birleşdirýän wektory ölçemek bilen kesgitlenilýär. Barlamak üçin koordinatlary iki gezek kesgitleýärler. Ol bolsa baglanyşdyryjy punkty birleşdirýän iki daýanç punktlardan ölçeg geçirmegiň netijesinde tapylýandygyny aňladýar (5.9-njy b surat).

Torly usulda (5.9-njy ç surat) kesgitlenilýän punkt diňe bir daýanç punktlary bilen birleşdirilmän, eýsem bir-birleri bilen hem birleşdirilýä.

Punktlaryň bir bölegini torly usul bilen, emma beýlekilerini şöhleli usul bilen kesgitlenilýän torlar hem bardyr.

Hemraly koordinatlary kesgitlemek tehnologiýasy adaty ýeriň üstünde geçirilýän usulyndan düýpgöter tapawutlanýar. Olara ýokary takyklyk mahsusdyr. Şonuň ýaly-da howa ýagdaýlaryna we günün dowamlylygyna bagly däl bolmagy, guramaçylykly geçirmegi, bir-biriniň arasynda özara görünmek ýagdaýynda hem punktlaryň koordinatlarynyň kesgitlenmek mümkinçiliginiň bolmagyny bellemek bolar. Emma muňa seretmezden ýapyk we ýarym ýapyk ýerlerde (tokaýlarda, şäherleriň kwartallarynda, daglarda we ş.m.) olary ulanmak kyndyr. Bu ýagdaýda hemraly usuly adaty bilen çalyşýarlar. Bu ýagdaýda aşakdaky wariantlar mümkindir:

-hemra (sputnik) priomnikler bilen kesgitlenen punktlardan adaty geodeziki torlary dowam etdirmek;

- hemra usuly adaty usullar bilen kesgitlenen punktlar boýunça dowam etdirmek;

- torlaryň basgançak görnüşinde döredilmegi, ýagny hemraly we adaty ölçegler bir - biri bilen çalyşyp geçirilýär;

Punktlaryň koordinatlaryny hemraly usul bilen kesgitlemek üçin aşakdaky işler geçirilýär:

- taýýarlyk işleri, ol bolsa öz gezeginde toruň taslamasyny düzmegi, rekognessirlemegi we taslamany anyklamagy, kesgitlenýän punktlara merkezleri goýmagy öz içine alýar;

- ölçemek, öl öz gezeginde gurallary açmagy (ornaşdyrmagy), kabeller bilen onuň böleklerini birleşdirmegi, antenany sentrirlemegi we oriýentirlemegi, antenanyň beýikligini kesgitlemegi, huşly (ýatly) kartalary goýmagy, punktyň adyny we antenanyň beýikligini girizmegi, ölçemegiň gerek bolan režimini saýlamagy, ondan soňra netijeleri ölçemek we hasaba almak awtomatiki ýerine ýetirilýär;

- hemra (sputnik) apparatlary bilen bilelikde goýberilýän programma paketlerini ulanyp, ölçegiň netijelerini işlemekden ybarat.

5.6. Hemrally ölçegleriň ýalňyşlygy

Atmosferanyň täsiri. Hemrally ölçegleriň ýalňyşlyklarynyň esasyalaryna hemradan priýomnige çenli radiosignalyň gelip ýeten anyk bolmadyk nätakyk tizligi degişlidir. Bu tizlige has köp derejede atmosferanyň ýokarky gatlagyndaky ionosferanyň ýagdaýy täsir edýär. Bu ýerde gaz köp sanly erkin elektronlary we položitel ionlary saklaýar. Ionlaşmak aýratyn hem Günün energiýasynyň hasabyna geçýär. Inosfera Ýeriň daşyny ionizirlenen gatlaklar görnüşinde örtýär. Bu bolsa 60 - 90 km-den 500 – 1000 km-e çenli beýikliklerde bolýar.

Ionoizirlenen sredada **GPS** we **ГЛОНАСС** sistemalarynda ulanylýan radiodiapozonlarda tolkunlaryň döwürmegiň görkezijisi, olaryň ýygylýgyna baglydyr. Bu ýagdaýda bir ýygylýgyň yrgyldysynyň ýaýraýyş tizligi (fazaly tizligi) netijeli energiýanyň yrgyldysy, birnäçe ýakyn yrgyldylardan (toparlaýyn tizlikden) belli derejede tapawutlanýar. Şonuň üçin hem fazaly we kodly ölçegleriň netijeleri dürli dürli üýtgeýär.

Ionosfera bilen baglanyşykly psewdoaralygyň ýalňyşlygy aşakdaky formulanyň kömegi bilen kesgitlenilýär:

$$\delta_{ion(\phi)} = -\operatorname{cosec} v \frac{40,3}{f^2} N_{\Sigma}; \quad \delta_{ion(k)} = \operatorname{cosec} v \frac{40,3}{f^2} N_{\Sigma},$$

Bu ýerde $\delta_{ion(\phi)}$ - fazaly ölçegleriň netijesiniň ýalňyşlygy;

$\delta_{ion(k)}$ - kodly ölçegleriň netijeleriniň ýalňyşlygy;

N_{Σ} - ionosferanyň 1 m² kesimindäki wertikal sütüninde elektronlaryň sany;

v - signalyň traýektoriyasynyň ýapgytlyk burçy.

Fazaly we kodly hemra ölçeglerinde ionosferanyň refraksiýasy bilen baglanyşykly ýalňyşlyklar ululyklary boýunça bir-birine deň, emma alamatlary bir-birine garşylyklydyr. Ölçenen kodly psewdoaralyk has uzynrak, emma onuň tersine fazaly - geometriki uzaklykdan gysgadyr.

Ölçenen psewdoaralykda ionosferaly ýalňyşlygyň ululygy köp sebäplere (günň aktiwligine, günň dowamlylygyna, ýerleşen ýerine, signalyň trassasynyň ugruna) baglydyr we 0.15 metrden 50 metre çenli bahany alyp bilýär.

Kodly ölçegleriň ionosferaly ýalňyşlygyny iki ýygylykda ölçegi geçirmek bilen netijeleri kombinirleýär. Emma bir ýygylykly priýomniklerde bolsa düzdişleri girizýärler.

Ionosferadaky fazaly ölçegleriň ýalňyşlygyny kesgitlemegiň otnositellik usuluny ulanmak bilen gowşatmak mümkin. Şol bir hemradan gelýän signallary, ýeriň üstündäki bir wagtyň özünde iki punktada fazaly ölçegleri geçirmekde ionosferanyň täsiri netijesinde, adatça birmeňzeş ýalňyşlygy özünde saklaýar. Şonuň üçin hem, şular ýaly ölçegleriň tapawudy ýalňyşlyklardan praktiki erkindir.

Radiosignallaryň ýaýramagyna şonuň ýaly-da troposferaly refraksiýa hem öz täsirini ýetirýär. Bu bolsa radiosignallaryň atmosferanyň neýtral gatlaklarynda - stratosferada we troposferada saklanmagy bilen baglanyşyklydyr. Bu ýerde radiotolkunlaryň döwürmegiň görkezijisi, **15 GGs** çenli radiosignalyň ýygylygyna çanli bagly däldir. Şonuň üçin L_1 we L_2 iki göretiji ýygylyklar we kodly signallar üçin birmeňzeşdir. Kodly we fazaly ölçeglerde traopsferaly refraksiýa bilen ýüze çykan ýalňyşlyklar aşakdaky formula bilen häsiýetlendirilýär:

$$\delta_{trop} = 10^{-6} \int_{H_p}^{H_T} \frac{N_T(h)}{\sqrt{1 - \cos^2 \nu_0 \left(\frac{R_3}{R_3 + h} \right)^2}} dh,$$

Bu ýerde H_p – priýomnigiň beýikligi;

H_T – neýtral atmosferanyň beýikligi;

$N_T(h)$ – döwürmegiň getirilen görkezijisiniň N_T beýiklik profili (refrakisiýanyň indeksi).

Troposferaly ýalňyşlygy hasaplamak üçin döwürmegiň görkezijisiniň beýiklik profiliniň dürli approksimasiýalary ulanylýar.

Olaryň hataryna hususan-da eksponensial modeli goşmak bolar. Bu model aşakdaky ýaly berilýär:

$$N_{\tau}(h) = \begin{cases} N_p \exp(-\beta h); & h \leq H_t - H_p \\ N_t \exp[-\beta_1(h + H_p - H_t)]; & h \geq H_t - H_p, \end{cases}$$

Bu ýerde $N_p - H_p$ priýomniň beýikliginde indeksli döwürmegiň bahasy;

N_t – beýiklikde döwürme indeksiniň bahasy;

H_t – troposferanyň we stratosferanyň beýikliginde.

$$\text{Bu ýagdaýda } H_t = 9000 \text{ m; } N_t = 105; \beta = \frac{\ln(N_p/N_t)}{H_t - H_p};$$

$$\beta_1 = 0,1424 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}.$$

Ýeriň üstünde döwürme indeksiniň bahasy meteorologiki faktorlara baglydyr we aşakdaky formulanyň kömegi bilen hasaplanylýar:

$$N_p = 77,6 \frac{P}{T} + 3,73 \cdot 10^5 \frac{e}{T^2},$$

Bu ýerde P – atmosfera basyşy, mbar;

T – temperatura, K;

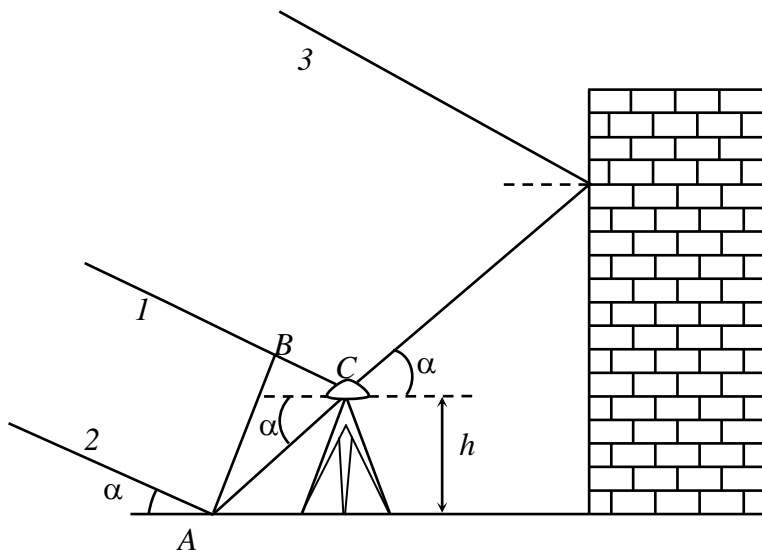
e – suw parynyň parsial basyşy, mbar.

Köpýollulyk. Hemraly priýomnikler käbir ýagdaýlarda peýdaly göni siganldan daşary ýeriň üstünden ýa-da ýakyndaky obýektlerden (meselem, binalardan) serpigen, şeýle-de ownuk predmetleriň difraksiýasy netijesinde ýetip geçen signallary hem kabul edýär. Köpýollulyk uzaklygyň ýalňyşmagyna getirýär (5.10-njy surat).

Ýeriň üstünden serpigen 2 we göni şöhläniň arasyndaky ΔR tapawudy kesgitläliň. A we B nokatlardan Ýeriň emeli hemrasyna çenli aralyk hemişelikdir. Onda:

$$\Delta R = AC - BC = AC (1 - \cos 2\alpha) = 2 AC \sin^2 \alpha = 2 h \sin \alpha, \quad (5.3)$$

Bu ýerde h – antennanyň goýlan beýikligi (adatça 1–2.5 m);
 α – radioşöhläniň ýapgytlyk burçy.



5.10-njy surat. Radiosignallaryň köpýollulygy:
 1 – göni şöhle; 2 – ýeriň üstünden serpigen şöhle;
 3 – diwardan serpigen şöhle.

Formulany analizlemek bilen antennany ýeriň üstüne ýäçe ýakyn gurnasak ýeriň üstünden serpigen signallaryň täsirini peseltmäge esas döredýär. Çäklendirilen ýagdaýda $h = 0$ bolanda $\Delta R = 0$ bahany alarys.

Köp ýollulygy azaltmak üçin çäreler aşakdakylardan ybarat:

- antennany serpigýän üstleriň ýok bolan ýerlerinde gurnamak;
- antennalarda ýeriň üstünden serpigen şöhleleri kesýän ýörite ekranlary ulanmakdan durýar.

5.7. Käbir GPS gurallaryň häsiýetnamalary

4600 LS Surveyor GPS kabul ediji geodeziki guralyny: geodeziki torlary döretmekde, topografiki surata almagy ýerine

ýetirmekde, taslamany ýere geçirmekde, GMU-na berlenleri ýygnamakda bahasy bolmadyk serişdedir. Berlen kabul edijisi nokatlaryň arasyndaky aralygyň göni görünmekligi talap edilmeýän ýagdaýynda şonuň ýaly-da onuň bilen islendik howa şertlerinde gije-gündiz önjeýli işlemek bolar.



5.11-nji surat.

4600 LS serişdesi statistiki çalt surata almagy hem hakyky wagtda, gysga we orta bazisli çyzyklarda ulanylyp bilner(5.11-nji surat).

Portatiwli: 4600 LS Surveyor guraly, amatly we ulanylyşy sada kabul edijidir. GPS kabul edijisinde antena we batareýa, bir bütewi korpusa birleşdirilen bolup, olaryň agramy 1.7 kilogramdan geçmeýär. Soňraky - işleniş(post - obrobotka) nokatdan surata almagy geçirmekde, goşmaça batareýany ýa-da daşky kabel zerur bolmazdan amala aşyrmak mümkin. Dolandyrmagyň bir perdesi we üç sany ýagtylyk diodly indikatorynyň bolmagy, size işlemek üçin zerurdyr.

4600 LS guraly dünýäde ilkinji C batareýasyny we *1 Wt-dan* az bolan iýmiti harçlaýan ilkinji geodeziki kabul edijidir. Soňraky-işleniş nokadyndan surata almagy geçirmek üçin batareýanyň bir toplумы dört günün dowamynda işlemäge ýeterlikdir. Geodeziki torlary döretmekde **4600 LS** kabul edijisi ştatiwde ornaşdyrylyp, bir perdäniň kömegi bilen dolandyrylýar. Topografiki surata almagy

geçirmek ýa-da taslamany kartadan ýere proyektirmek üçin kabul edijini çelgä ornaşdyrýarys we TSC1 berlenleri ýygnaýjynyň kömegi bilen işleri amala aşyrýarys. Ol bolsa, öz gezeginde dürli informasiýalary çykarmakda we kabul edijiniň ölçeglerini goýmakda ulanylýar. Berlenleri ýazmaklyk kabul edijisiniň içki husynda we TSC1 ýygnaýjyda geçirilýär (5.3-nji tablisa).

5.3-nji tablisa

TEHNIKI HÄSIÝETNAMASY:	
Fiziki häsiýetnamasy	
Olçegleri:	21 sm (diametri) x 11.8 sm (beýikligi)
Agramy:	1.4 kg
	1,7 kg C-batareýasy bilen bilelikde
Elektriki häsiýetnamasy	
Iýmit çeşmesi:	<1 Wt (diňe kabul ediji)
	<3 Wt (TRIMTALK 450 radiosy bilen birlikde)
	5 W C kysynly hemişelik akymy
	9 - 20 W daşky iýmit çeşmesinde hemişelik akymy
Batareýasy:	4 C kysymly ysýkly batareýasy(işe ukyplylygy 32 sagadyň dowamynda)
DAŞKY GURŞAWYŇ ŞERTLERI:	
Işçi temperaturasy:	-40°S-den +65°S-e çenli
Saklamaklygyň temperaturasy:	-55°S-den +75°S-ä çenli
Çyglylygy:	100%, doly germetirlenen
Urga çydamly:	2 metr beýiklikden ýykylanda urga çydamly
UMUMY HÄSIÝETNAMASY:	
Taýýarlygyň wagty:	< surata almaga başlamazyňyzdan öň 30 sekunt
Yzarlamak:	12 kanally, L1 C/A kodly, L1 doly

	göteriji fazaly
Berlenleri ýygnamaklyk:	Içki huşly gurluşa, TSC1 huşly gurluşyna, PC-kartasyna
Huşuna ýazmaklyk:	5 hemradan 15 sekuntlyk aralykda L1 ýygynylykda 34 sagadyň dowamynda berlenleri ýygnamaklyk
	5 hemradan 1 sekunt aralykda L1 a 4,5 sagadyň dowamynda işlemeklik
IŞÇI HÄSIÝETNAMASY:	
Statistiki surata almagy	
Ýagdaýlary:	Tizlik stardy(Quick-start), çalt statikasy(FastStatic)
Takyklygy:	Planda: 5 mm + 1 mm/km (bazas çyzyklarynyň uzynlygy < 10 km)
	Beýiklik boýunça: 10 mm + 2 mm/km (bазisli çyzygynyň uzynlygy < 10 km)
	Azimut boýunça: 1" + 5/bazisli çyzygynyň uzynlygy, kilometrde
Kinematiki surata almagy(Gerek bolan gurallar TSC1 berlenleriň ýygymly serişdesi bilen Survey Controller mobilli kabul edijisi)	
Ýagdaýy:	Dur/ýöre (Stop-and-go);
	Yzygiderli surata almaklyk(Continuous)
Takyklygy:	Planly: 1 sm + 1 mm/km
	Beýiklik: 2 sm + 1 mm/km
Gözegçiligiň periody:	Ýznýksiz surata almaklyk: 1 ölçeg
	Dur/ýöre: 2 gezek (iň kiçi) 5 hemra boýunça
Berlenleri ýygnamagyň ýygynylygy:	1 Gs
Hakyky wagtda kinematiki surata almagy(Gerek bolan gurallar TSC1 berlenleriň ýygymly serişdesi bilen Survey Controller	

mobilli kabul edijisi)	
Ýagdaýy:	Hakyky wagtda kinematiki surata almagy(Real time Kinematic);
	Hakyky wagtda differensial surata almagy (Real Time Differential)
Takyklygy:	DGPS: <1m CKO
	RTK: Planda: 1 sm + 1 mm/km, Beýiklik boýunça: 2 sm + 1 mm/km
Uzaklygy:	Radio serişdelere bagly
Inisializasiýasy:	
Ýagdaýy:	Täze nokatda, belli nokatda ýa-da RTK inisializasiýa serişdeli
Wagty:	< 10 c (belli nokatda ýa-da RTK inisializasiýa serişdesinde)
Ynamlylygy	>99.9 %

Guralyň berkligi: Ýasalan kabul ediji ekstremal howa şertlerinde işlemek üçin ulanylýar. *4600LS* kabul edijisi doly germetirlenen we -40°S -dan $+65^{\circ}\text{S}$ -a çenli howa şertlerinde işlemäge çydamlydyr. Kabul ediji ştatiwden ýa-da çelgiden gaty ýeriň üstine gaçanda hem döwürmeýär.

Soňraky-işleniş nokadynda surata almaklyk: statiki, tizlendirilen statistiki we kinematiki surata almaklygy ýerine ýetirgende, *4600LS* kabul edijisi, fazasy boýunça göretiji we *L1* ýygylkda *C/A* kodly ýokary hilli işleri ýerine ýetirýär. *Trimble* kompaniýasynyň kämilleşdirilen amatly, *Trimble Geomatics Office* maksatnamaly üpjünçiligini ulananda geodeziki daýanç torlaryny döretmeklikde işleri geçirip bolar. Bu işleri gysga möhletli tapgyrlarda gözegçilikleri geçirmegiň netijesinde almak bolar. Şeýle hem subsantimetr takyklygyny gazanmak mümkin. *Trimble* kompaniýasynyň beýleki kabul edijileri bilen deňeşdireniňde, *4600LS* içki huşy tizlendirilen statistiki berlenlerini 64 sagadyň dowamynda, surata almagyň wagtynda ýygnamaklyga ýardam berýär.

Takyk(hakyky) wagtda surata almaklyk: 4600LS
Surveyor kabul edijisiniň toplumy soňraky - işleýiş nokatlaryndan we hakyky wagtda surata almak üçin *TSCI* berlenleriň ýygymly serişdesini, we Trimble Geomatics Office maksatnamaly üpjünçiligini özünde jemleýär. Hakyky wagtda surata almagy geçirmek maksady bilen, 4600LS kabul ediji serişdesi santimetrli, takyk netijeleri almaga mümkinçilik berýär. Trimble Geomatics Office maksatnamasynyň kömegi bilen, ölçegleriň netijelerini işläp we dürli GMU we CAD bukjalaryna(paketlerine) geçirip (eksportirläp) bolýar. Dünýäde integrirlenen GPS serişdelerini öndürýän Trimble kompaniýa-synyň önümleri geodeziki işleri ýerine ýetirmäge örän amatlydyr.

GPS Total Station 5700 bu GPS kabul edijisi GPS antenasy, düzülen UÝÝ(ultra ýokary ýygymlykly) radio modeli we antenaly maksatnama üpjünçilikli berlenleri ýygnaýjysy bolup, ol ölçeg-leriň netijeleri üçin bukja bilen üpjün edilendir. Bu diňe Trimble kompaniýasy barada gysgaça maglumatlardyr. Bu gural doly integrirlenen geodeziki ulgamdyr(14-nji surat).



5.12-nji surat.

Berk korpusly Trimble 5700 GPS kabul edijileriniň korpusynyň magniýli garyşmanyň(splawynyň) bolmagy öz gezeginde guralyň berkligini we ýeňilligi, tapawutlandyrýar (5.12-nji surat).

Guralyň kabul edijili, düzülen radiomodemli, radioantenary, batareýaly we zaryad beriji gurluşlary bilen birlikde 1.4 kilogram agramy bardyr. Kabul ediji giňeldilen howa şertleriniň çäklerinde(-40°S-dan +65°S-ä çenli) işleýär. Onuň korpussy çyglylygy doly geçirmeýän we germetiki halyndadyr. Trimble kompaniýasynyň geçiren testine baglylykda gural 1 metre çenli suwuň aşagyndaky çuňluga (IPX7 standarty boýunça harby ulanyjylaryň talabyny ödeýär) çydamly-dyr. Ol bitumly üste 1 metrlik beýiklikden gaçan ýagdaýynda hem urga we 40 G wibrasiýa çydamlydyr.

Täze ýokary takyklykdaky GPS Zephyr antenasy 5700 Rowerli kabul ediji Zephyr ýokary takyklykdaky antenasy bilen birlikde goýberilýär. Öz gezeginde bazaly stansiýada Geodetic Zephyr antenasyny submetriki fazaly merkezli işe girizýärler. Antena köpşöhleligiň täsiri netijesiniň, şonuň ýaly-da signalyň örän az mukdarda yzyna serpikmeginiň konstuksiýada ulanylmagy täze tehnologiýaly Trimble Stealth antenasyna örän uly mümkinçilikleri döredýär.

eRTK ýagdaýy 5700 kysymly GPS kabul edijisinde hakyky wagtda işleýän täze Trimble kompaniýasynyň tehnologiýasy uly mümkinçigi döredýär. Onuň artykmaçlygy bir sany bazaly stansiýadan, çäklendirilmedik rowerli kabul edijisi bilen hakyky wagtda adaty surata almagyň meýdanyndan, dört esse uly bolan sebitde işlemek mümkinçiliginiň bolmagydyr. Olardan daşary birnäçe bazaly stansiýalardan ýa-da aýlanýan referens-stansiýalarynda işlemeklik mümkindir. İşlemekde Trimble kompaniýasynyň integrirlenen önümünde ýokary ýygyllykly radiomodemlerini, öýjükli telefonlaryny(elde göterilýän) we geçirijisiz modemlerini ulanyp bolar.

Işleriň ýokary önjeýliligi GPS 5700 pes energiýany harçlaýanlygy(2.5 Wt) bilen häsiýetlenýär. Iki sany düzülen batareýa çeşmesiniň kömegi bilen 10 sagadyň dowamynda üznüksiz, goşmaça zaryadlandyrmasyz işlemeklik bolar. Şonuň bilen birlikde, 48 Mb fleş-kartasy(96 Mb göwrümdäki karta gural bilen bilelikde berilýär) berlenleri ýazmaklyga mümkinçilik döredýär. Bu bolsa, iki ýygyllykly çeşmeden(her 15 sekunt aralyk bilen 6 hemradan), 600 sagadyň dowamynda ölçegleri geçirmäge mümkinçilik berýär. Kabul edijide

daşky gurşaw bilen işlemek üçin RS-232 portly, üç sany yzygiderlik göz önünde tutulandyr. Ondan daşary berlenleri geçirmek üçin kabul edijiniň USB portuny ulanmagyň esasynda berlenleriň alyş-çalyşygyny, islendik yzygiderli portlardan on esse ýokarlandyrmak mümkin(5.4-nji tablisa).

5.4-nji tablisa

Kodly signallary pozisionirleýän differensial GPS serişdesi	
Gorizontalkykylygy:	0.25 m + 1 km/mm (RMS)
Wertikal takyklygy:	0.50 m + 2 km/mm (RMS)
WAAS differensial pozisioneriniň takyklygy	< 5 m (3DRMS)
Statiki we çaltstatiki GPS surata almagy	
Gorizontalkykylygy:	5 mm + 0.5 km/mm (RMS)
Wertikal takyklyk:	5 mm + 2 km/mm (RMS)

Iki ýygyllykly RTK kabul edijisiniň eRTK™ Wide Area uly radioýapmaly örtükli sebitlerde hakyky wagtda kinematiki surata almaklygy

Gorizontalkykylygy:	10 mm + 1 km/mm (RMS)
Wertikal takyklygy:	20 mm + 2 km/mm (RMS)
Saklanyşy	0.02 sekunt
Inisializasiýanyň wagty:	eRTK bir/birnäçe bazaly stansiýa ýagdaýynda – iň kiçi 10 s + D*0.5 (bu ýerde D – bazisli çyzygyň uzynlygy, km), 30 km-e çenli
VRS serişdesinden inisializasiýanyň wagty(örtügiň islendik sebitindäki nokarda)	adatça <30 sekunt

Inisializasiýa	
Ynamlylygy:	adatça >99.9%
eRTK Wide Area örtügi	
Bir bazaly stansiýadan adaty RTK ýagdaýy	300 indördül kilometre çenli
Bir bazaly stansiýadan eRTK ýagdaýy	1250 indördül kilometre çenli
Birnäçe bazaly stansiýalardan eRTK ýagdaýy	3750 indördül kilometre çenli
Wirtually referens stansiýasy(VRS eRTK)	>8500 indördül kilometr
Agramy, kg	1.4
RTK Rover kabul edijisiniň doly komplektlenen görnüşiniň(7 sagatlyk batareýasy bilen) agramy, kg	4.0

Geodeziki çözgütleriň integrasiýasy geodeziýada ýeriň üsti baradaky maglumatlary ýygnamak üçin taheometrleri ulanmak, GPS ölçeglerini geçirenden amatly ýa-da tersine bolmagy mümkindir.

Umumy häsiýetnamasy:

-guralyň berk we ýeňil magniýeli garyndydan ýasalan korpusynyň bolmagy;

-düzülen germetiki radio modeminiň bolmagy;

-oňyn huşly fleş-kartasynyň(96 Mb) bolmagy;

-berlenleriň çaltlyk bilen alyş-çalyş edilmegi üçin USB portunyň bolmagy (Universal Serial Bus)

-kabul edijiniň iki sany kiçijik kamkoderli batareýasyndan 10 sagadyň dowamynda işlenilmegi;

-kabul edijiniň çelgide, guşaklyk bukjasynda ýa-da torbasynda berkitmeklik mümkinçiliginiň bolmagy;

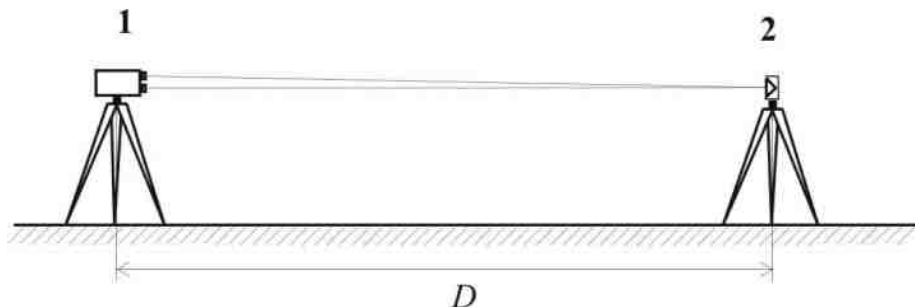
-kabul edijiniň paneli, onuň iýmit çeşmesiniň işleýşine, berlenleriň ýygnaýş prosessine, huşuň fleş - kartasyny döretmeklige, könelişen efemeridli faýlyny aýyrmaklyga we ş.m. gözegçilik etmek bolar;

-ýagtylyk indikatory gelyän signalyň kabul edilmegine, differensirlenen düzedişleriň alynmagyna, iýmit çeşmesiniň ýagdaýyna gözegçilik etmäge uly ýardam berýär.

5.8. Ýagtylyk uzakölçeýjileri

Ýagtylyk uzakölçeýjisi - bu ýagtylyk signalynyň wagt boýunça geçen aralygyny ölçeýji geodeziki guraldyr.

Ýagtylyk uzakölçeýjiniň toplumyna goýberiji (peredatçik) we kabul ediji (priýomnik) hem-de serpkidiriji girýär. Priýomoperedatçigi (1) ştatiwiň üstünde ölçenýän çyzygyň başynda goýýarlar (5.13-nji surat), emma serpkidirijini (2) ýörite çelgide ýa-da ony hem ştatiwde, çyzygyň beýleki ahyrynda ýerleşdirýäris.



5.13-nji surat. Ýagtylyk uzakölçeýjisi bilen aralygy ölçemek.

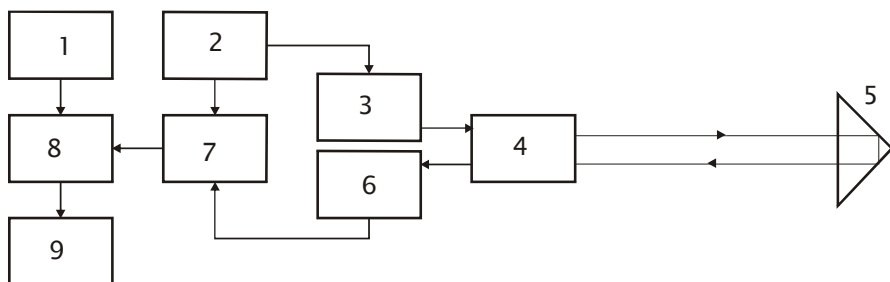
Priýomoperedatçik ýagtylyk signalyny şöhlendirýär, ony serpkidirijiden yzyna gaýdyp gelende kabul edip alýar. Şöhlelenenden soňra kabul edilýänçä aralykdaky wagty ölçeýär we geçilen aralygy aşakdaky formulanyň kömegi bilen hasaplaýar:

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

Bu ýerde v – ýagtylygyň tizligi (orta şertlerde $v \approx 299710$ km/s).

Wagty t hökmany ýokary takyklyk bilen ölçemek zerurdyr. Onda 1 santimetr aralygy ölçemekde takyklyk wagt birliginde 10^{-10} s boljakdygyny göz önünde tutmalydyr. Wagty ölçemek fazaly ýa-da impulsly usullar bilen ýerine ýetirilýär.

Impulsly ýagtylyk uzakölçejjilerinde (8.2-nji surat) şöhlelendirmegiň lazer çeşmelerinde (3) impuls generatorynyň (2) täsiri bilen obýektiwiň (4) üsti bilen ýagtylyk impulsy periodiki goýberilýär. Şol bir wagtyň özünde ýokary takyklykly generatoryň (1) kömegi bilen goşujy, wagtlaýyn impulslaryň (8) hasap mehanizmini (7) goýberýär (işledýär). Serpikdirijiden (5) gaýdan ýagtylyk impulsy üýtgediji gurluşa (6) gelip düşýär. Ol bolsa öz gezeginde goşujynyň (7) üsti bilen geçip hasap mehanizmini (8) saklaýar. Hasap mehanizmini (8) tarapyndan sanalan impulslar geçilen wagta proporsional we şoňa baglylykda hem ölçenilýän aralygy geçýär. Ölçeğiň takyklygyny ýokarlandyrmak maksady bilen çyzyk köp gezek ölçenilýär we netijeler prosessorda (9) anyklaşdyrylýar. Ölçenen aralyk tabloda ölçüp ýanýar.



5.14-nji surat. Impulsly ýagtylyk uzakölçejjisiniň shemasy.

Ölçenen aralyklarda ýagtylygyň tizligine täsir edýän atmosfera basyşy, temperatura we howanyň çyglylygy bilen baglanyşykly düzedişleri girizýärler. Ýerdäki çyzygyň eňňitligini gorizontaly ýagdaýyna getirmek üçin hem kesgitlenen düzedişleri hasaba almak zerurdyr.

Priýomoperedatçik konstruktiv aýratyn gural görnüşli bolup, ol elektron taheometriň düzümine girýän teodeolit geýdirmesi (насааky) ýa-da blogy bilen bilelikde hem ýasalýar.

Ýagtylyk uzakölçeýjileri özleriniň maksatlary boýunça döwlet geodeziki torlaryny gurmak, amaly geodeziýanyň, markşeýderiýanyň we topografiki surata almalary üçin niýetlenen görnüşleri hem bardyr.

Topografiki uzakölçeýjileriň takyklygy 2 - 3 santimetre, emma amaly geodeziýada ulanylýanlaryň takyklygy 2 - 3 millimetre barabardyr.

Serpikdirijiler prizmaly we plýonka görnüşli bolýarlar. Prizmaly serpikdirijiniň esasy elementi bolup aýna tripelprizma bardyr. Tripelprizma ýagtylyk şöhlelerini nireden gelen bolsa, şol ugra serpikdirýär. Ölçeğiň uzynlygyny ýokarlandyrmak üçin köpprizmaly serpikdirijiler ulanylýar.

Plýonkaly serpikdirijiler ýagtylygy **1 x 1 sm** we ondan uly ölçegdäki plastik plýonkasyndan yzyna serpikdirýär. Plýonka ştrihler (meselem, wertikal we gorizontal) geçirilendir. Plýonkaly serpikdirijiler bilen çyzyklaryň uzynlygyny prizmaly usuly bilen deňeşdireniňde pesdir. Emma plýonkaly serpikdirijiler prizmalyny goýup bolmaýan ýerlerde, meselem, binanyň (gurluşyň) gerek bolan ýerine ýelmemek bilen berkitmek bolar. Ondan daşary hem plýonkaly serpikdirijiler prizmala seredende has arzandyr. Burç ölçeglerini ýerine ýetirmekde serpikdirijidäki ştrihleriň merkezi wizirlemek maksady bilen ulanylýar.

Ýeriň üstündäki predmetden signaly diffuzly serpikdirmegi ulanýan we serpikdirijini talap etmeýän ýagtylyk uzakölçeýjileri geodeziýanyň önümçiliginde bardyr. Şular ýaly uzakölçeýjileri hökmünde “*lazer ruletkalary*” durýar. Olaryň mysaly hökmünde **Disto** firmasynyň **Leica** (Şweýsariýa) guralyny görkezmek bolar. Guraly ştatiwsiz ulanýarlar, serpikdiriji hökmünde adamyň eli ulanylýar. Ýagtylyk şöhlesini gerek bolan obýekte seretdirýärler we guralyň şkalasynda 200 metre çenli aralygy 1.5 mm takyklykda alýarlar

EDEBIÝATLAR:

1. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Eserler ýygyny. Aşgabat, Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Döwlet adam üçindir. Aşgabat, 2008
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Aşgabat, 2008.
6. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ahalateke bedewi – biziň buýsanjymyz we şöhratymyz. Aşgabat, 2008.
7. Gurbanguly Berdimuhamedow. Täze Galkynyş eýýamy. Aşgabat, 2008.
8. M. Allakow. Geodeziýanyň esaslary. Aşgabat. “Gyzykly elektronika” neşirýaty. 1998..
9. M. Allakow. Topografiýada geodeziýanyň esaslary boýunça praktikum. Aşgabat. “Ruh” neşirýaty. 1997..
10. M. Allakow. Kartografiýanyň esaslary. Aşgabat. “Ylym” neşirýaty. 2003..
11. M. Allakow. Geodeziýada we kartografiýada ulanylýan Halkara adalgalarynyň düşündirişli sözlügi. Aşgabat. “Ylham” neşirýaty. 2002.
12. А. П. Божок и др. Топография с основами геодезии. М.: Высшая школа. 1986.
13. А. В. Маслов. Геодезия. М.: Недра. 1986.
14. А. В. Маслов, А. В. Гордеев. Геодезия. М.: Недра. 1972.
15. Л. А. Вахрамеева. Картография. М.: Недра. 1982.
16. Г. В. Господинов, В. Н. Сорокин. Топография. М.: Недра. 1984.

17. А. В. Рутов, А. И. Спиридонов. Геодезические приборы используемые при крупномасштабных съемок. М.: Недра, 1993.
18. А. Ф. Чижмаков. А. М. Чижмакова. Геодезия. Недра. 1978.
19. А. Ф. Чижмаков. А. М. Чижмакова. Практикум по геодезии. Недра. 1978.
20. Н. П. Ловрова, А. Ф. Степченко. Аэрофототопографическая съемка. Приборы используемые при аэрофототопографии. М.: Недра, 1989.
21. А. Н. Лобанов. Фототопография. М.: Недра, 1986.
22. И. Ю. Левский, Й. М. Крахмал. Геодезия с основами земдеустройства. М.: Недра, 1983.
23. Г. Ф. Лысов. Поверки и юстировки теодолида и нивелира в полевых условиях. М.: Недра, 1978.
24. В. Г. Селиханович, В. П. Кошлов, Практикум по геодезии. М.: Недра, 1978.
25. В. И. Фёдоров, И. П. Шилов. Инженерная геодезия. М.: Недра, 1982.
26. Г. А. Приходко. Варометрическая съемка. М.: Недра.
27. С. В. Редков. Учебная пособия по техническому нивелирование и высотно - теодолитном съемке. М.: Недра, 1989.
28. И. А. Красношекова, О. В. Нормадская. Фотограмметрия. М.: Недра. 1996.
29. INTERNET ulgamyndan alnan maglumatlar.

MAZMUNY:

SÖZBAŞY.....	7
GIRIŞ.....	8
I. GEODEZIÝANYŇ (ÝOKARY) YLYM HÖKMÜNDE	
EMELE GELIŞ TARYHYNA GYSGAÇA SYN	
1.1. Ýokary geodeziýa ylmynyň esaslandyrylmagy	11
1.2. Ýer şarynyň ölçeglerini kesgitlemegiň gysgaça taryhy	17
II. ÝERIŇ FORMASY WE ÖLÇEGLERI	
2.1. Ýeriň ölçegleriniň kesgitlenilişi.....	35
2.2. Ýeriň ölçeglerini kesgitlemegiň usullary	42
2.3. Ýer üstüniň bölekleriniň tekizlik hökmünde kabul edilen ölçegleri.....	45
III. TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET GEODEZIKI TORLARY	
3.1. Umumy düşünje.....	48
3.2. Ýerde geodeziki torlaryň punktlarynyň ýagdaýyny Belgilemek.....	49
3.3. Geodeziki daýanç torlary döretmegiň usullary	53
3.4. Döwlet geodeziki beýiklik daýanç torlary.....	56
3.5. Dinamiki we kosmos triangulýasiýasy.....	60
IV. DEŇEŞDIRME HASAPLAMALARY	
4.1. Plan almagyň ýoluny gurmak.....	63
4.2. Bir düwünli nokatdan surata almagyň toruny deňagramlaşdyrmak	64
4.3. Analitiki torlar.....	67
4.4. Geodeziki kesişdirmek usullary	69
V. GPS SISTEMASYNYŇ ANALITIKI TORLARY	
DÖRETMEKDE ULANYLMAGY	
5.1. Hemra nawigasion sistemalary barada düşünje	76
5.2. GPS sistemasynyň döremeginiň esasy sebäpleri.....	79
5.3. GPS toplumynyň geodeziki sistemalary.....	87
5.4. Kodly we fazaly ölçegler.....	90
5.5. Hemraly geodeziki ölçegleriň ýagdaýy we usullary.....	95
5.6. Hemraly geodeziki ölçegleriň ýagdaýy we usullary.....	100
5.7. Käbir GPS gurallaryň häsiýetnamalary.....	103
5.8. Ýagtylyk uzakölçeýjileri.....	112
EDEBIYATLAR	115