Sözbaşy

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

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

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

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

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

Biziň ýurdumyzda elektron hasaplaýjy maşynlaryň (kompýuterleriň) geodeziki önümçilige giňden ornaşdyrylmagy geodeziki taslamalary ýokary hilde düzmeklige, geodeziki astronomiýanyň hasaplamalaryny ýokary takyklykda ýerine ýetirmeklige mümkinçilik berdi.

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

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

“Güỳçli döwletde ylym esasy orny eỳeleỳär, diỳmek, biz ylmyň iň täze gazananlary bilen aỳakdaş gitmelidiris”

Gurbanguly Berdimuhamedow
Türkmenistanyň Prezidenti

Giriş

“Astronomiýa“ sözi „astron“ - ýagtyltgyç , „ nomos “- kanun diýen grek sözlerinden ybarat bolup, ol asman jisimleriniň, şol sanda asman jisimi hökmünde Ýeriň hem, hereketlerini, gurluşyny, gelip çykyşyny we ösüş ýollaryny öwrenýän, asman jisimleri baradaky ylymdyr.

Asmanda bolup geçýän hadysalar: Günüň we Aýyň dogup ýaşmagy, Aýyň çärýekleriniň (fazalarynyň) wagta görä üýtgemegi, guýrukly we süýnýän ýyldyzlar, Aýyň, Günüň tutulmagy, ýyldyz asmanynyň pasyllara görä çalyşmagy adamlary gadymy zamanlardan bäri gyzyklandyryp gelipdir. Ýyldyzlaryň, Aýyň, Günüň, planetalaryň, süýnýän we guýrukly ýyldyzlaryň gözegçä görä dürli uzaklyklarda hereket edýänligine garamazdan, olaryň hemmesiniň asman sferasynyň belli bir deň uzaklygynda ýagny asman sferasynyň iç ýüzünde ýerleşýän ýaly bolup görünýär. Adamlar astronomiýa ylmyna aň ýetirmezden, ekerançylygy, maldarçylygy we durmuş üçin zerur bolan beýleki köp işleri Günüň we Aýyň hereketlerine görä alyp barypdyrlar. Şeýlelik bilen astronomiýa adamzat durmuşynyň talabyna laýyklykda emele gelen iň gadymy ylymlaryň biridir. Asman jisimleri baradaky ýazgylaryň ilkinjileri biziň eýýamymyzdan ozalky VIII asyra degişlidir. Ýöne has öňki döwürlerde hem adamlar asman jisimleri bilen gyzyklanyp gelipdirler. Hytaý astronomlary biziň eýýamymyzdan 2 müň ýyl ozal Günüň we Aýyň tutuljak wagtynyň hasabyny çykarmagy başarypdyrlar. Üç müň ýyl mundan ozal bolsa Müsüriň ybadathana hyzmatkärleri Nil derýasynyň joşmagyny Ýaldyrak ýyldyzynyň dogýan wagtyna gabat gelýändigi bilen düşündiripdirler. Olar Ýaldyragyň dogan wagtyndan çen tutup, ýylyň dowamlylygyny has takyk kesgitläpdirler.

Häzirki zaman astronomiýasy älem baradaky ylym hökmünde öz öňünde üç sany esasy meseläni goýýar: asman jisimleriniň giňişlikdäki görünýän we hakyky ýerleşişini, olaryň agramlaryny, razmerlerini we formalaryny kesgitlemek; asman jisimleriniň üstünde we jümmüşlerinde himiki düzümlerini we fiziki şertlerini derňemek; aýry-aýry asman jisimleriniň we olaryň ulgamlarynyň gelip çykyşlaryny we ewolýusiýalaryny öwrenmek.

Derňew usullaryna baglylykda astronomiýa birnäçe ylmy derslere bölünýär:

1. Astrometriýa wagty we giňişligi ölçemek baradaky ylym hökmünde şulardan durýar: a) asman obýektleriniň görünýän ýagdaýlaryny we hereketlerini kesgitlemegiň matematiki usullaryny işläp düzmekden; b) geodeziki (tejribelik) astronomiýasyndan, onda astranomiki koordinatalary, ugurlaryň azimutlaryny kesgitlemegiň usullary beýan edilýär we olarda öwrenilýän abzallara garalýar; ç) fundamental astrometriýasyndan, gözegçilikleriň maglumatlary boýunça asman jisimleriniň koordinatalaryny kesgitlemek we ýyldyzlaryň ýagdaýlarynyň katalogyny düzmek bilen koordinatalaryň wagt boýunça üýtgemelerini hasaba alýan fundamental hemişelikleri kesgitlemek, Ýeriň aýlanma kanunalaýyklygyny öwrenmek hem-de wagty hasaplamak bilen meşgullanýar.

2. Nazary astronomiýa bütindünýä dartyş güýjüniň täsiri astyndaky asman jisimlariniň hereketleriniň kanunyny öwrenýär, deňagramlylygyň agramyny we figurasyny kesgitleýär. Nazary astronomiýanyň asman jisimleriniň hereketlerini, olaryň agramlaryny we figurasyny öwrenýän bölümini köplenç *asman mehanikasy* atlandyrýarlar.

3. Astrofizika asman jisimleriniň gurluşlaryny, fiziki häsiýetlerini we himiki düzümlerini ýyldyz we gün energiýalarynyň çeşmelerini, ýyldyzara giňişligiň düzümini öwrenýär.

4. Ýyldyz astronomiýasy ýyldyz ulgamynyň gurluşyny, paýlanma kanunalaýyklygyny we ýyldyzlaryň haraketlerini öwrenýär.

5. Radioastronomiýa radiotolkunlaryň şöhlelenmeginiň giňişlikdžki häsiýetlerini we paýlanmagyny öwrenýär.

6. Kosmologiýa aýry-aýry jisimleriň we olaryň ulgamlarynyň, şol sanda Günüň we Gün ulgamynyň gelip çykyşynyň we ewolýusiýasynyň meselelerini çözmek bilen meşgullanýar.

7. Kosmogeniýa älemiň gurluşlarynyň we ösüşiniň umumy kanunalaýyklygyny öwrenýär.

Geodeziki astronomiýa- astrometriýanyň ýörite bölümi bolup, onda geodeziýanyň,topografiki we inženerçilik kartalaşdyrmalaryň bähbitleri üçin asman ýagtyltgyçlaryna gözegçilik etmekden ýeriň üstündäki nokatlaryň geografiki koordinatalaryny we ugurlaryň azimutlaryny kesgitlemegiň nazaryýetine we tejribeligine garalýar. Geodeziki astronomiýa dersi şeýle hem, görkezilen maksatlar üçin, astronomiki kesgitlemeleri geçirmek üçin niýetlenen degişli gurallary öwrenmek meselelerine garaýar. “Geodeziki astronomiýa” adalgasy geodeziýada ylmy-amaly meseleleri çözmek üçin uly ähmiýete eýedir. Geodeziki we grawimetriki ölçemeleriň bilelikdäki netijeleri boýunça giňlikleri, uzaklyklary we azimutlary kesgitlemeklik, döwlet geodeziki torlaryny ugrukdyrmagy we olaryň başlangyç geodeziki maglumatlaryny almaklygy, Ýer ellipsoidiniň ululyklaryny kesgitlemegi, geodeziki koordinatalary referens ulgamyň okuna ugrukdyrmagy we referens – ellipsoide baglylykda kwazigeoidiň beýikligini kesgitlemegi üpjün edýär.

Giňlikleri, uzaklyklary we azimutlary kesgitlemeklik üçin, asman ýagtyltgyçlaryna gözegçilik etmegiň takyk wagt pursatyny bilmeklik zerur; şonuň üçinem, meýdan şertlerinde takyk wagty anyklamaklyk hem geodeziki astronomiýada öwrenilýär. Astranomiki gözegçiliklerden giňligi we uzaklygy tapylan ýerüsti nokatlara *astranomiki punk*t diýilýär.

Giňlikleri we uzaklyklary geodeziki ölçemelerden we astranomiki gözegçiliklerden kesgitlenen ýerüsti nokada *astranomo-geodeziki punkt* diýilýär.

Azimuty hem kesgitlenen astranomo-geodeziki punkta *Laplasyň punkty* diýilýär. Şunuň bilen birlikde, referens-ellipsoidiň üstüne normaldan asma çyzygyň gyşarmasy üçin düzetmek arkaly astranomiki azimutdan alnan azimuta, *geodeziki azimut* diýilýär. Laplasyň punktynda kesgitlenen geodeziki azimuta *Laplasyň azimuty* diýilýär. Astronomiki ölçemeleriň netijesinde alnan, Laplasyň azimuty diýip atlandyrylýan, triangulýasiýanyň taraplarynyň geodeziki azimutlary triangulýasiýalary ugrukdyrmak üçin hyzmat edýär we onuň aýry-aýry zynjyrlaryny geodeziki koordinatalaryň bir sistemasyna salmak üçin hyzmat edýär. Şonuň bilen bir wagtda olar astronomo – geodeziki torlaryň burç ölçemeleriniň hereket ediji barlagynyň serişdesi bolup durýar. Laplasyň Azimuty burç ölçemelerinde yzygiderli we tötänleýin ýalňyşlyklaryň täsirini azaltmak bilen giňeldilen geodeziki torlarda hem, şol ýalňyşlyklaryň täsirini azaltýar. Şonuň üçin Laplasyň azimutlaryny geodeziki torlarynyň burç bazisleri diýip atlandyrmaga doly haklydyr. Şeýlelik bilen Döwlet triangulýasiýa torlarynda ýerine – ýetirilýän ýokary takyklykdaky astronomiki kesgitlemeler geodeziki işler bilen bölünmesiz bitewiligi düzýär.

Sferiki astronomiýa ýeriň üstünde duran gözegçä görnüşi ýaly görtnüşde ýagtyltgyçlaryň ýerleşişlerini we hereketlerini öwrenýär. Asman jisimleriniň özara ýerleşişini öwrenmek maksadyna eýerýän derňemeleriň esasy materialy bolup, ugurlary ölçemegiň netijeleri hyzmat edýär.

1. Asman sferasy ondaky nokatlar we tegelekler

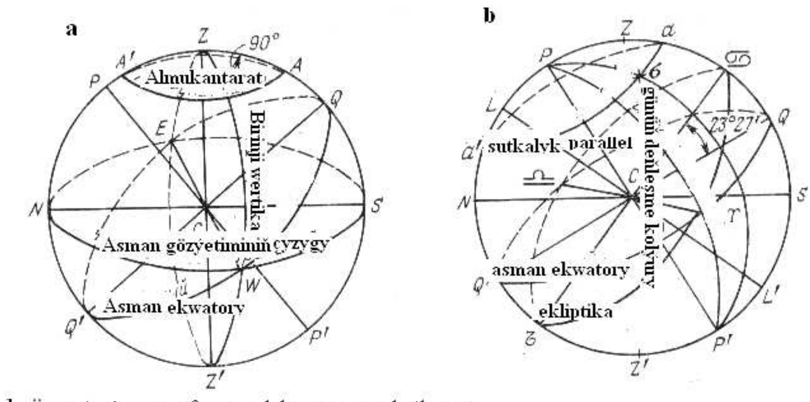
Ýer öz okunyň daşyndan günbatardan gündogara tarap aýlanýar. Emma, onuň üstünde duran gözegçä ol Ýer bilen bilelikde gozganman galýan ýaly, ähli asman ýagtyltgyçlary bolsa onuň daşyndan alanýan ýaly bolup görünýär.

Şeýlelikde, onda ýerleşen ýyldyzlar, planetalar, Gün we Aý bilen bilelikde asman giňişliginiň gündogardan günbatara görünýän aýlanmagy, Ýeriň gije-gündiziň dowamynda aýlanmagy netijesinde ýüze çykýar.

Häzirki wagtda asman sferasy hökmünde üstüne ähli asman ýagtyltgyçlary taslanan özbaşdak radiusly kömekçi sferiki üste düşünilýär. Sferanyň merkezi hökmünde käwagtlar gözegçiniň duran ýerüsti nokadyny kabul edýärler, şonda şeýle sfera *topomerkezi* atlandyrylýar, käwagtlar bolsa Ýeriň merkezi kabul edilýär-onda ol *geomerkezi* atlandyrylýar. Onuň merkezi hökmünde Günüň we beýleki planetalaryň merkezleri kabul edilip bilner.

Gije-gündiziň dowamynda aýlanmagyndan başga-da Ýer Günüň daşyndan hem, doly aýlanmagyny bir ýylyň dowamynda ýerine ýetirip hereket edýär. Emma Ýerde duran gözegçä, Gün onuň daşyndan aýlanýan ýaly bolup görünýär. Şonuň üçinem, amatlylyk üçin, Gün ýeriň daşyndan ýyllyk aýlanmasyny uly egri (ekliptika) boýunça günbatardan gündogara ugur boýunça amala aşyrýar.Şunuň bilen birlikde Gün her aýda bir ýyldyzlar toplumyndan başga bir ýyldyzlar toplumyna geçýär. Bu ýyldyzlar toplumlary “zodiakal”atlandyrylýarlar (grekçeden terjime edilende “haýwanlar” diýmegi aňladýar). Olara: Guzy, Öküzler, Ekizler, Leňňeç, Şir, Gyz, Mizan, Içýan, Keman, Owlak, Gowa, Balyklar ýyldyzlar toplumlary degişlidirler.

Asman sferasynyň aýlanmagy *dünýä oky* atlandyrylýan we Ýeriň aýlanma okuna parallel diýip göz öňüne getirilýän oka görä amala aşýar. Dünýä oky degişlilikde demirgazyk (P) we



1-nji surat. Asman sferasyndaky esasy nokatlar we tegelekler

günorta (P') *dünýä polýuslary* atlandyrylýan P we P' nokatlarda asman sferasyny kesýär (1-nji surat).

Eger-de, asman sferasynyň C merkezinden, ýagny, gözegçiniň duran punktyndan asma çyzyk geçirsek, onda ol asman sferasyny *zenit* nokatlary atlandyrylýan Z we Z' nokatlarda (gözegçiniň depesinde ýerleşýän) we n*adirde* (asman sferasynyň garşylyklaýynýerleşýän böleginde) kesip geçer.

ZZ' çyzyga perpendikulýar we C nokatdan geçýän tekizlige *asman gözýetiminiň tekizligi* diýilýär. Ol asman sferasyny *asman gözýetiminiň çyzygy* atlandyrylýan NWSE çyzyk boýunça kesýär. Asman gözýetimi asman sferasyny iki sany ýarymşara bölýär: zenit nokady bilen görünýän we nadir nokady bilen görünmeýän.

Asma çyzyklardan geçirilen tekizlikler *wertikallar* ýa-da *belentlikleriň tegelekleri* atlandyrylýan uly tegelekler boýunça asman sferasyny kesip geçýärler. Olar gözýetimiň tekizligine perpendikulýardyrlar.

Dünýä okundan geçýän PZQSZ'N wertikal, gözegçiniň duran nokadynyň *asman meridiany* diýilýär. Oňa perpendikulýar wertikala *birinji wertikal* diýilýär (ZWZ'E uly tegelek). Meridian asman sferasyny günbatar we gündogar ýarymlara bölýär.

Meridianyň tekizligi gözýetimiň tekizligini günorta çyzyk atlandyrylýan, NCS çyzyk boýunça kesýär. N we S nokatlar nokatlar degişlilikde *demirgazygyň* we *günortanyň* nokatlary, birinji wertikalyň gözýetim bilen kesişýän W we E nokatlary bolsa *günbataryň* we *gündogaryň* nokatlary atlandyrylýarlar.

Gözýetime parallel bolan, asman sferasynyň kiçi tegeleklerine almukantaratlar ýa-da deň belentlikler tegelekleri diýilýär (1-nji suratda AA' tegelegi).

C nokatdan geçýän PP' tekizlik, asman sferasyny *asman ekwatory* atlandyrylýan Q'WQE uly tegelek boýunça kesýär. Asman we ýer ekwatorlarynyň tekizlikleri özara paralleldirler. Ekwator ýer şaryny iki sany ýarymşara- demirgazyk we günorta ýarymşarlaryna bölýär. Asman ekwatory gözýetimiň tekizligini günbataryň we gündogaryň nokatlarynda kesýärler.

Asman meridiany ekwatoryň tekizligini iki nokatda kesýär: ekwatoryň ýokarky Q nokadynda (zenite has golaý) we ekwatoryň aşaky Q' nokadynda (1-nji b surat).

Dünýä okundangeçirilen tekizlikler, asman sferasy bilen kesişende *gyşarmalar* ýa-da *sagat tegelekleri* (1-nji b suratda PσP' tegelek) atlandyrylýan uly tegelekleri emele getirýärler. a'σa kiçi ekwatora parallel tegelege σ ýyldyzyň *sutkalyk tegelegi* diýilýär. Sutkalyk tegelek boýunça asman jisiminiň görünýän hereketi amala aşýar.

Ekliptikanyň tekizligi ekwatoryň tekizligine 23°27' burça gyşardylan. L we L' nokatlar ekliptikanyň geometriki polýuslary bolýarlar (1-nji b surat).

2. Geografiki (astronomiki) koordinatalar we taraplaryň azimutlaryny kesgitlemegiň umumy esaslary

Astronomiki kesgitlemeler

1 we 2 –nji klasly geodeziki torlaryndaky Laplasyň punktlarynda, şeýle hem, astronomo – grawimetriki

niwelirlemäniň esasy çyzyklarynyň punktlarynda astronomiki kesgitlemeler birmeňzeş takyklykda ýerine-ýetirilýär. Punktlardaky ölçeme işleriniň netijelerinden alynýan içki gabat gelmeleriň takyklygy, şu aşakdaky orta kwadratiki ýalňyşlyklaryň kesgitlemeleri bilen häsiýetlendirilýär:

giňlik – 0.3"- den köp bolmaly däl,

uzaklyk – 0.03 sekuntdan köp bolmaly däl,

astranomiki azimut – 0.5" köp bolmaly däl.

Geçen köp bolmadyk wagtda astranomiki kesgitlemeler topografiki kartalaşdyrmalaryň önümçiliginde gedeziki torlaryň ýok ýerleinde: az ýaşaýjyly, uzakda ýerleşýän etraplarda uly ähmiýete eýedirler. Bu etraplarda astronomiki punktlar grawimetriki kesgitlemeleriň maglumatlaryny hasaba almak bilen 1:100 000 we ondanam ownuk masştably kartalaşdyrmalar üçin daýanç punktlary hökmünde ulanylýardy.

Häzirki wagtda iri masştably kartalaşdyrmalaryň göwrüminiň ýokarlanmagy sebäpli döwlet geodeziki torlarynyň punktlaryny oturtmagyň göwrümi birden giňeldildi. Bu işleriň esasy elementleriniň biri bolup, ugrukdyryjy punktlaryň ugrundaky gönükdiriji burçlary kesgitlemeklik durýar. Eger-de daşky geodeziki belgi ýitirilse, onda iň amatly we ykdysady arzan usul bu, astronomiki kesgitlemeler esasynda gönükdiriji burçlary kesgitlemegiň awtonom usuly bolup durýar.

Geodeziki astronomiýanyň usullary

Geodeziki astronomiýanyň usullary kosmiki barlaglarynda uly üstünlik bilen ulanylýar: Kosmiki triangulýasiýalaryň bazisleri gurlanda, kosmiki triangulýasiýalaryň punktlarynyň astronomiki koordinatalary kesgitlenende giňden ulanylýar. Ondan başga-da bu usullary Ýeriň emeli hemralarynyň we beýleki kosmiki apparatlarynyň koordinatalaryny kesgitlemek üçin ulanmak mümkin. Geografiki koordinatalary we azimutlary astronomiki kesgitlemeklik amaly geodeziýada her dürli inženerlik işleriniň geodeziki üpjünçiliginde hem giň gerime eýedir:

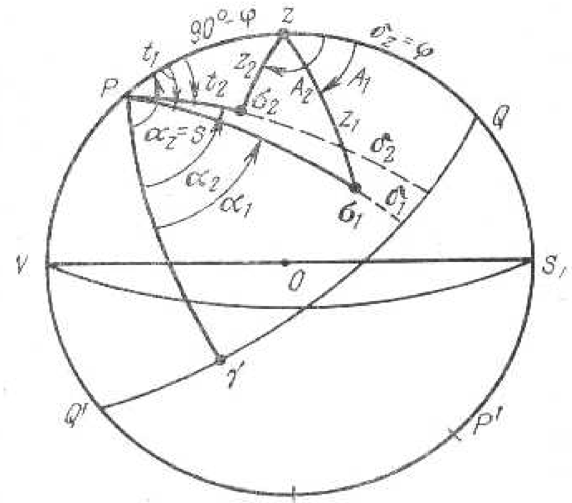
- ýörite niýetlenen geodeziki torlaryny ugrukdyrmakda we ösdürmekde;
- ýörite ugurlaryň geodeziki azimutlaryny we gönükdiriji burçlaryny özbaşdak kesgitlemekde;
- takyk poligonometriki ýörelgelerinde we beýleki burç gurluşlarynda burç ölçemelerini barlamakda;
- markşeýderçilik we beýleki inženerlik işlerinde ulanylýan giroskopiki gurallary takyk etalonlirlemekde we ş.m.

Ýokarda görkezilen ähli ýagdaýlarda asronomiki ölçemeleriň takyklygy ýörite esaslandyrmalar boýunça kesgitlenilýär.

Asman sferasynyň geometriýasyna salgylansak, φ geografiki giňlik, NS meridiananyň ugry we ýerli ýyldyz wagty, haýsydyr bir ýeriň üstüniň punktynda käbir T pursatynda, eger-de şol pursat üçin asman sferasynyň z zenit ýagdaýy kesgitlenen bolsa, kesgitlenilmegi mümkin. Hakykatdanam, zenitiň gyşarmasy, san taýdan ýeriň giňligine deňdir, $\delta_z = \varphi$, onuň göni çykmasy – ýerli ýyldyzlaryň wagtyna deňdir $\alpha_z = S$, a zenitiň we polýusyň üstünden geçýän uly tegelek, asman meridianyny we NS ýarym çyzygyny kesgitleýär.

Nokatlaryň zenit (z) ýagdaýyny kesgitlemeklik

Ýeriň gije-gündiz dowamynda aýlanmagynyň netijesinde seredilýän nokadyň zenitiniň ýagdaýy “gozganmaýan” ýyldyzlara baglylykda üznüksiz üýtgäp durýar. Her bir berlen pursatda, asman sferasyndaky zenitiň ýerleşiş ýagdaýy ýyldyzlara baglylykda ekwatorial koordinatalary belli bolan υ_1 (α_1, δ_1) we υ_2 (α_2, δ_2) azyndan $Z_{\upsilon 1} = Z_1$ we $Z_{\delta 2} = Z_2$ iki sany berlen ýyldyzlara ýa-da şu ýyldyzlary kesip geçýän azyndan iki diklik, ýagny, ýyldyzlaryň A_1 we A_2 azimutlaryna baglylykda zenit aralyklaryny kesgitlemek mümkin.



2-nji surat.

2-nji suratdan görnüşi ýaly, ölçenen zenit aralyklary ýa-da iki ýyldyzyň azimutlary boýunça zenitiň ýerleşiş ýagdaýyny takyk kesgitlemek üçin, olaryň azimutlarynyň tapawudy 90^0– a ýakyn bolmaly, ýagny, ýyldyzlary iki özara perpendikulýar diklikde görüp bolar ýaly edip saýlap almaly. Ýokarky görkezilenlere baglylykda, giňlikleri, wagty we meridianyň ugryny astronomiki kesgitlemeleriň ähli usullary ölçegleriň iki esasy düzgünine laýyklykda düzülendir:

1. Şu düzgüne esaslanan ýyldyzlaryň zenit aralygyny kesgitlemegiň usullary *zenital usullary* diýlip atlandyrylýar;

2. ýyldyzlaryň azimutlaryny (has takygy, ýyldyzlaryň kese ugruny) ölçemeklige esaslanan, bu toparyň usullary *azimutal usullary* diýip atlandyrylýar.

Asman äleminde zenitiň ýerleşiş ýagdaýyny prinsipial ýagdaýda üçünji usul bilen hem kesgitlenilmeklik mümkin, has takygy haýsydyr bir ýyldyzyň zenit aralygy bilen azimutyny bilelikde ölçemek ýoly bilen kesgitlenilip bilner. Bu ýerde üçünji topar, ýagny astronomiki kesgitlemeleriň zenitli-azimutly (kombitirlenen) usulynyň emele gelmegi hem mümkin. Ýöne, umumy ýagdaýda ýyldyzlaryň zenit aralygy bilen azimutlaryny bir wagtyň özünde kesgitmekligi tejribede amala aşyrmaklyk gaty kyn düşýär. Şonuň üçin giňligi, wagty we meridiananyň ugruny üçünji topar usulynda kesgitlemeklik, düzgün boýunça, tejribede ulanylmaýar.

Bize belli bolşy ýaly, punktyň geografiki uzaklygy, başlangyç meridiana baglylykda, başlangyç meridianda ýerleşýän punktda hem-de serediş punktlarynda bir wagtyň özünde kesgitlenen bir atly ýerli wagtyň tapawudyna san taýdan deňdir, ýagny, $\lambda = s - S = m - UT1$.

Şonuň üçinem punktlaryň uzaklygyny kesgitlemegiň meseleleri şu aşakdakylardan durýar:

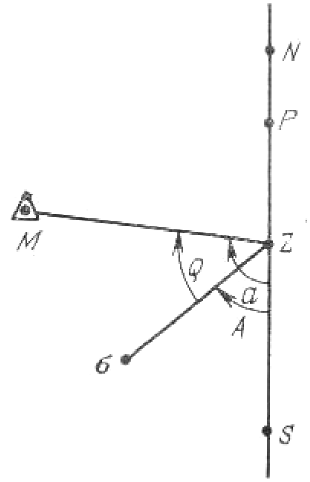
- käbir T pursatynda ýagtylgyçlaryň zenit aralygyny ýa-da azimutlaryny ölçemeklik arkaly m ýa-da s ýerli wagtlaryny kesgitlemek;
- S ýa-da UT1 başlangyç meridianyň şol bir T pursatynda wagty kesgitlemeklik, meselem, wagtyň radiosignallaryny kabul etmekden.

Ýer predmetiniň ugrunyň (a) azimutyny kesgitlemeklik

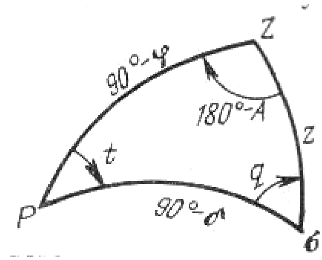
Ýer predmetiniň ugrunyň (a) azimutyny kesgitlemeklik köplenç, ýagtylgyjyň A azimutyny hem-de ýerli predmet bilen ýagtylgyjyň arasyndaky Q burçuny ölçemeklik bilen kesgitlenilýär (3-nji surat). Bu ýagdaýda ýer predmetine ugurlaryň azimuty

$$\alpha = A + Q$$

formula boýunça kesgiytlenýär.



3-nji surat.



4-nji surat.

Giňligiň, wagty we azimuty kesgitlemegiň dürli usullarynyň seljeriş esaslary, her seredilýän ýagtylgyç üçin gurlan PZδ parallaktiki üçburçlygy çözmekden gelip çykýar (4-nji surat).

3. Astronomiki kesgitlemeleriň zenit we azimut usullary barada düşünje

Usullaryň bu toparynda PZδ paralaktiki üçburçlykdan gelip çykýan we hranometr boýunça käbir T pursatda ölçenilýän z ululygy baglaýjyly esasy deňleme – bu φ giňligiň we S wagtyň (hronometre u düzediş) kesgitlenýän bahalary bolan baglanyşygyň belli deňlemesidir.

$$\cos z = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t, \qquad (1)$$

bu ýerde

$$t = s-d = T+u-a.$$

Z we T ölçemelerden belli, ekwatorial koordinatalar α we δ bolsa gözegçilik pursaty üçin ýyldyz katalogyndan saýlanyp alynýar diýip çaklap, (1) deňlemede 2 sany näbellini alarys: φ we u.

Bu iki näbellini (1) deňleme esasynda kesgitlemegi bilelikde we aýry-aýrylykda amala aşyryp bolýar. Iki ýagdaýda hem gözlenilýän ululyklary tapmaklyk, öňünden ýakynlaşma bahalarynyň bellidigi üçin ýeňilleşýär. Şonuň üçinem adatça, bilelikde kesgitlemek usulynda φ_0 we u_0 näbelli ýakynlaşma bahalara $\Delta\varphi$ we Δu kiçi düzedişleri tapmaly bolýar, aýry-aýrylykda kesgitlemek usulynda bolsa- u sagat düzedişini (belli φ giňlikde), ýa-da tersine sagadyň belli u düzedişinde φ giňligi takyk kesgitlemeli bolýar.

Bilelikde kesgitleme usuly üçin iki sany özbaşdak saýlanyp alynan özara perpendikulýar wertikallaryň tekizlikleriniň golaýynda ýerleşen azyndan iki sany ýagtyltgyjyň zenit aralyklaryny ölçemek zerur. Onda (1) görnüşli iki sany deňlemeleri bilelikde çözmekden φ giňligiň we hronometriň u düzedişiniň gözlenýän bahalaryny tapmaklyk mümkin.

$$\cos z_1 = \sin\varphi \sin\delta_1 + \cos\varphi \cos\delta_1 \cos(T_1 + U - \alpha_1);$$
$$\cos z_2 = \sin\varphi \sin\delta_2 + \cos\varphi \cos\delta_2 \cos(T_2 + U - \alpha_2)$$

Berlen ölçeme serişdeleri üçin kesgitlenýän ululyklaryň maksimal takyklygyna ýetilip bilinýän gözegçilik şertlerine *gözegçiligiň has amatly şertleri* diýilýär.

Gözegçiligiň has amatly şertleri ýerine ýetirilende ölçeme ýalňyşlyklarynyň, şeýle hem, başlangyç maglumatlaryň täsiri minimal bolmalydyr.

Giňligi, wagty we azimuty kesgitlemegiň has amatly şertlerini esaslandyrmak üçin adatça, sferiki astronomiýadan belli bolan zenit aralyklaryň we ýagtyltgyjyň azimutynyň üýtgemesiniň differensial formulalaryndan peýdalanýarlar.

Zenital usullarda bu maksatlar üçin ýagtyltgyjyň zenit aralyklarynyň üýtgemeginiň differensial formulasyny ulanýarlar. Olar (1) deňlemäni birinji wertikalyň agzalaryny hasaba almak bilen, Teýloryň hataryna paýlamak arkaly alynýar:

$$\Delta z = 15\cos\varphi \sin A \Delta t + \cos \Delta\varphi - \cos q \Delta\delta, \qquad (2)$$

bu ýerde $\Delta t = \Delta T + \Delta u - \Delta\alpha$.

(2) aňlatmany $\Delta\varphi$ we Δu görä çözüp, degişlilikde alarys.

$$\Delta\varphi = \Delta z / \cos A - 15\cos\varphi\ \mathrm{tg}A(\Delta T + \Delta u - \Delta\alpha) + \cos q / \cos A \Delta\delta, \qquad (3)$$

$$\Delta u = -\Delta T + \Delta\alpha + \Delta z / 15\cos\varphi \sin A - \Delta\varphi / 15\cos\varphi\ \mathrm{tg}A + \cos q \Delta\delta / /15\cos\varphi \sin A. \qquad (4)$$

(3) we (4) differensial formulalary seljermek bilen şu netijeleri çykarmak mümkin.

Ýagtyltgyçlaryň ölçenen zenit aralyklary boýunça giňligi kesgitlemek üçin ýagtyltgyçlara meridianda gözegçilik etmek has amatly şertler bolup durýar.

Şunuň bilen birlikde, giňligi kesgitlemegiň hakyky ýalňyşlygy hronometriň Δu düzedişiniň ýalňyşlyklaryna bagly bolmaýar ýagtyltgyja ΔT gözegçilik pursatynyň bahasyna we göni çykmagyň $\Delta\alpha$ ýalňyşlygyna bagly bolmaýar, sebäbi meridianda gözegçilik etmek üçin koeffisiýent görkezilen ýalňyşlyklarda nola öwrülýär. (tgA=0).

Şu aýdylanlardan gelip çykyşy ýaly, görkezilen has amatly şertler meridianda ölçenen iki ýyldyzyň zenit aralyklary boýunça giňligi kesgitlemekden ybarat.

Ýagtyltgyçlaryň ölçenen zenit aralyklary boýunça hronometriň düzedişleri üçin has amatly şertler bolup olary birinji wertikalda gözegçilik etmeklik durýar (4-nji formula).

Şunuň bilen birlikde, hronometriň Δu düzedişiniň ýalňyşlyklary hasaplama üçin kabul edilen giňligiň $\Delta\varphi$

ýalňyşlygyna bagly bolmaýar (tg = ∞), Δz we $\Delta\delta$ ýalňyşlyklaryň täsiri bolsa has kiçi bolar (sinA = 1).

Giňligi ýa-da hronometriň düzedişlerini kesgitlemegiň ýalňyşlyklaryny aradan has doly aýyrmaklyk iki (ýa-da birnäçe) ýyldyzlary deň zenit aralyklarda gözegçilik etmek bilen gazanylýar. Deň zenit aralyklarda gözegçilik edilen iki ýyldyz üçin ($z_1 = z_2 = z$) (1) görnüşli deňlemäni şeýle ýazyp bileris:

$$\cos z_1 = \sin\varphi \sin\delta_l + \cos\varphi \cos\delta_l \cos(T_1 + U - \alpha_1);$$
$$\cos z_2 = \sin\varphi \sin\delta_2 + \cos\varphi \cos\delta_2 \cos(T_2 + U - \alpha_2).$$

Bu aňlatmalaryň çep bölekleri deň bolýandygy üçin olaryň sag bölekleri hem deňdirler, ýagny,

$$\sin\varphi \sin\delta_l + \cos\varphi \cos\delta_l \cos(T_1 + U - \alpha_1) =$$
$$= \sin\varphi \sin\delta_2 + \cos\varphi \cos\delta_2 \cos(T_2 + U - \alpha_2). \qquad (5)$$

(5) deňlemede iki sany näbelli bar: φ we u. u belli bolan şertde (5) aňlatmadan deň beýiklikdäki iki sany ýyldyza gözegçilik etmek arkaly φ giňligi şu formula boýunça kesgitlemek mümkin

$$\text{tg}\,\varphi = \frac{cos\delta_2 \cos(T_2 + u - \alpha_2) - cos\delta_1 \cos(T_1 + u - \alpha_1}{sin\delta_1 - sin\delta_2}. \qquad (6)$$

Giňligi kesgitlemegiň has amatly şertlerinden, jübit ýyldyzlary demirgazykda we günortada meridianyň golaýynda saýlap almagyň zerurdygy gelip çykýar.

Edil şunuň ýaly edip, φ belli bolanda (5) aňlatmadan u kesgitlemek mümkin.

Munuň üçin, u kesgitlemegiň has amatly şertlerine laýyklykda, deň belentliklerde birinji wertikalda ýa-da onuň golaýynda ýyldyzlar jübjtine gözegçilikleri geçirmek zerur bolýar (ýyldyzlaryň bir jübüti günbatarda, ikinji jübüti bolsa gündogarda saýlanyp alynýar).

Meridianda cost =1 göz öňünde tutup, günorta ýyldyz üçin (1) formuladan alarys

$$\cos z_s = \sin\varphi \sin \delta_s + \cos\varphi \cos \delta_s = \cos(\varphi - \delta_s),$$

bu ýerden

$$\varphi_1 = z_s + \delta_s.$$

Ýokarky kulminasiýadaky demirgazyk ýyldyz üçin öol bir esas boýunça alarys

$$\varphi_2 = \delta_N + z_N.$$

Demirgazyk günorta ýyldyzlara edilen gözegçilikler boýunça giňligiü ortaça bahasy

$$\varphi = \frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2) = \frac{1}{2}(\delta_s + \delta_N) + \frac{1}{2}(z_s + z_N) \qquad (7)$$

alarys.

$z_s - z_N$ tapawut, eger-de ol dürbiniň görüş meýdanynyň işçi böleginden geçmeýän bolsa, her bir ýyldyz jübütiniň ölçenen zenit aralyklary boýunça kesgitlemeklik mümkin. Bu usul dik tegelek boýunça gözegçilikler üçin Pulkowo abserwatoriýasyny esaslandyryjy W. Ýa. Struwe tarapyndan işlenip düzüldi.

Eger-de $z_s - z_N$ tapawut dürbiniň görüş meýdanynyň işçi böleginden geçmeýän bolsa, ($|z_s - z_N| < 30'$), onda ony dürbiniň gozganmaýan belentligi boýunça okulýar mikrometriniň gozganýan kese sapagy boýunça dik tegelekden hasap almazdan ölçeýärler.

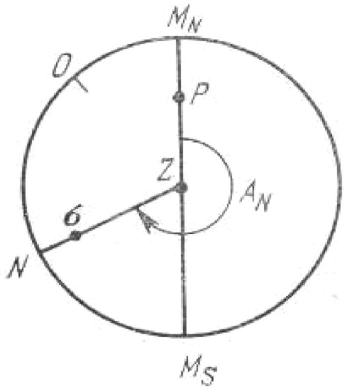
Giňligi kesgitlemegiň bu usuly, 19 asyryň ortalarynda ony işläp düzen amerikan geodezistiniň ady boýunça Talkottanyň usuly atlandyrylýar. Talkottanyň usuly esaslandyrmada 1-2 klasly punktlaryň giňliklerini kesgitlemek üçin hem iň esasy usullaryň biri hökmünde hödürlenýär.

Azimutal usulda A ölçenýän ululygy (4-nji surata seret) φ giňligiň we S wagtyň kesgitlenen bahalary bilen baglanyşdyrýan deňleme bolup şu aňlatma hyzmat edýär.

$$ctgA_N = \sin \varphi ctgt - \cos \varphi \, tg \, \delta cosect, \qquad (8)$$

bu ýerde

$$t = s - \alpha = T + u - \alpha$$



5-nji surat.

Burç ölçeýji abzalyň kömegi bilen ýagtylgyçlaryň A azimutlary däl-de, eýsem ýagtyltgyja kese ugur ölçenýär (5-nji surat), sebäbi kesgitlenýän punktda meridianyň ugry adatça takyk belli däl.

Ölçenen N kese uguryň funksiýasynda demirgazyk nokatdan hasaplanýan ýagtyltgyjyň azimuty şu aňlatmadan tapylar.

$$A_N = N - M_N, \qquad (9)$$

bu ýerde M_N - demirgazygyň orny-demirgazyga gabat gelýän kese tegelekden hasap.

(9) deňlemäni hasaba almak bilen (8) deňlemede üç sany näbelli bolar: M_N, φ we u olary bilelikdäki ýa-da aýry-aýrylykdaky kesgitlemelerden tapmak mümkin.

4. Astranomiki abzallar

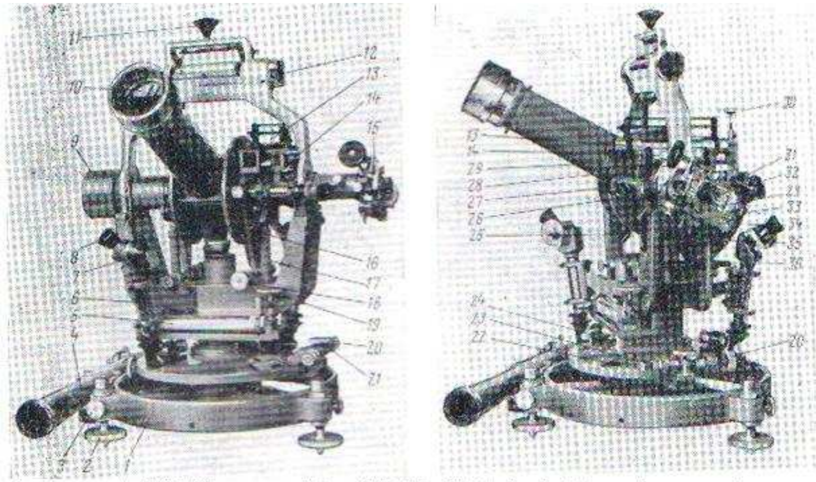
1) АУ 2"/10" we У5 astronomiki teodolitleriniň gurluşlary (6-njy surat)

Astronomiki teodolit АУ 2"/10" 1we 2-nji derejeli geodeziki torlaryň punktlarynyň azimutlaryny, uzaklyklaryny we giňliklerini kesgitlemek üçin niýetlenendir.

Teodolitiň baş dürbisi – merkezi, döwük. Obýektiwi – iki linzaly, ýagtylandyrylan. Obýektiwiň fokus aralygy 450 mm, boş deşigiň diametri 55 mm, görkeziji ukyplylygy – 2,6". 10 we 8 mm-li fokus aralykly çalşylýan okulýarlar baş dürbi 45^x we 56^x esse ulaltmaklyga mümkinçilik berýär. Dürbiniň aýlanyş oky (teodolitiň kese oky) merkezi böleginde galňadylan göwrüm formasyna eýedir.

Bu göwrümiň içinde doly içki gaýtaryjy üç granly aýna prizma ýerleşdirilendir. Prizmanyň bir grany obýektiwe bakdyrylandyr, beýlekisi bolsa – okulýar dürbisiniň yzyna bakdyrylandyr. Ýagtyltgyçdan gelýän ýagtylyk dessesi obýektiwden geçip, prizma düşýär we, onuň gipetenuzaly granynda serpigip, okulýar tarapa öwrülýär. Dürbiniň serediş meýdançasyndaky predmetiň ýokarsy aşak, sag tarapy sag tarapda, çep tarapy bolsa çep tarapda galyp şekillendirilýär.

Prizmanyň granlaryny oturtmak üçin dürbiniň optiki okuna perpendikulýar ýagdaýda göwrümiň içinde prizmany saklaýan gabynda berkidilen iki sany düzleýji nurbatlar bar. Dürbiniň serediş meýdançasyny ýagtylandyrmaklyk, okuň agramynyň deňleýjisiniň ahyrynda oturdylan lampalar arkaly geçirilýär. Okulýaryň içine ýagtylyk, aýlanýan prizmanyň gipotenuzaly granynda berkidilen prizmajyk arkaly düşýär.



6-njy surat. АУ 2/10 astranomiki teodoliti. Dürbiniň obýektiwi tarapdan görnüşi:

1- esas; 2- göteriji nurbat; 3- göteriji nurbadyň berkidiji nurbaty; 4- barlag dürbüsi; 5- kese tegelegiň alidadasyndaky dereje; 6- mikroskop-mikrometriň kronşteýni; 7- mikroskop-mikrometriň nurbatynyň başjagazy; 8- mikroskop-mikrometriň okulýary; 9- kese okuň garşylyklaýyn agramy; 10- görüş dürbüsiniň obýektiwi; 11- kese okuň oturtma derejesi; 12- oturtma derejäniň düzediji nurbaty; 13- talkottanyň derejesiniň ampulasy; 14- dik derejäniň ampulasy; 15- galtaşma mikrometri; 16- dik tegelek; 17- kese tegelegiň agram düşüriji sütüni; 18- dürbiniň gönükdiriji nurbaty; 19- kese okuň alidadasynyň derejesiniň elawasion nurbaty; 20- kese tegelegiň alidadasyndaky gönükdiriji nurbat; 21- kese tegelegiň alidadasynyň berkidiji nurbaty

Dürbini fokuslaşdyrmaklyk, okulýaryň tirsegini elde süýşürmeklik ýoly bilen geçirilýär. Fokuslaşdyrmaklygyň araçägi 5 m-den tükeniksizlige çenlidir. Kese okuň sapfasynyň diametri 40 mm deňdir.

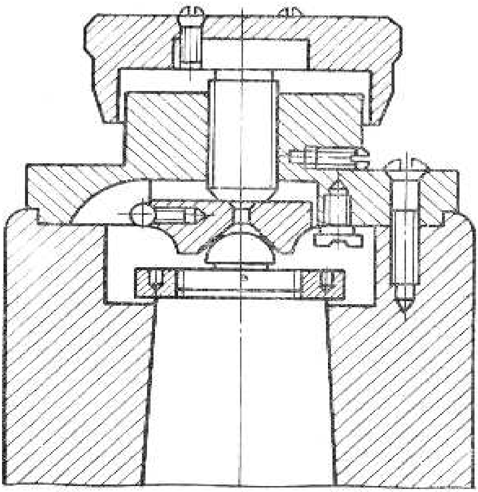
Okulýarly mikrometri. Baş dürbiniň okulýarly mikrometri adaty gurluşlydyr. Ýüp torjagazy guýujykda çekdirilen ýedi sany gozganmaýan kerep ýüpjagazlaryndan durýar, olara bolsa, gozganmaýan gapjagazda çekdirilen üç sany perpendikulýar ýüpjagaz berkidilen. Hereketsiz ýüpjagazlaryň arasyndaky ortaça aralyk 90" ýakyn. Iki sany hereketlenýän ýüpjagazlar bissektory emele getirýärler. Bissektoryň ýüpleriniň arasyndaky burç aralygy 25-30"-a deňdir. Üçünji hereket edýän ýüpjagaz ýekebaradyr. Mikrometriň nurbaty 100 bölege bölünendir. Mikrometriň gutusyny ýüp torjagazy bilen birlikde 90^0-a aýlap bolýar.

Kese okuň ýapgytlygyny kesgitlemek üçin guralyň sapfasynda goýulma derejesi oturdylýar, ol onuň üstünde ýörite çarşak bilen saklanýar. Goýulma derejäniň bölme bahasy 2 mm şkala üçin $2\text{-}2{,}5''$ sekuntdyr. Dürbiniň üstünde oturdylýanyň deňsizligini üstünde oturdylýanlaryň birinde ýerleşýän iki sany düzediji nurbatlaryň kömegi bilen düzedip bolar.

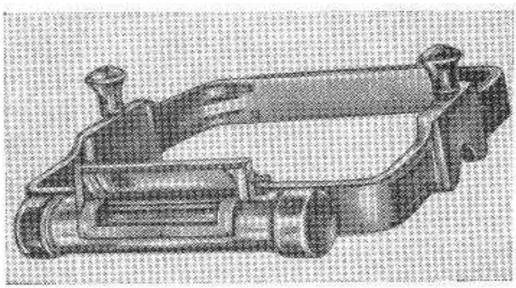
Talkottanyň derejesi. Talkottanyň derejesi kese ok we berkidiji nurbat bilen üpjün edilen homutjygyň arasynda ýerleşdirilýär. Şkalanyň 2 mm derejäniň bölme bahasy $1{,}2\text{-}2{,}0''$ deňdir. Dereje suwuklygy orta getirmek üçin elewasion nurbat bilen üpjün edilen. Teodolitiň dik oky ýokarsy daýançly konikidir. Ýokarky (daýanç) böleginiň şar görnüşli depesi bardyr. Kese tegelegiň limbi 220 mm diametrli bolup, ol her $5'$-dan bölünendir. Bölekleriň ýazgysy sagat diliniň ugry boýunça ýazylandyr. Bölekleriň esasy halkasyndan başga-da 1^0-dan bölünen, her 10^0-dan ýazgysy ýazylan goşmaça halkasy bardyr. Goşmaça halkajyk alidadanyň daşky gabyndaky aýnada ýerleşýän indeks arkaly, teodolitiň ýokarky bölegini azimut boýunça gural ulanmasyz göz bilen seredip $0{,}1^0$-a çenli takyklykda oturtmak üçin hyzmat edýär. Indeksi uly bolmadyk aralyga süýşürmek mümkin, onuň üçin ony berkidiji nurbatlary gowşatmak zerur. Indeksi süýşürmek bilen mikroskop – mikrometriň indeksi boýunça hasaby düzedýärler. Kese tegelek alidadanyň goragçy örtgisi bilen örtilen. Kese limb boýunça hasap mikroskop-mikrometriň kömegi bilen alynýar. Mikroskop-mikrometriň dürbisi döwülen görnüşde, 49^x esse ulaltmaga ukyply we baş bölünmesiniň bahasy $2''$. Limbiň iň kiçi $5'$ aralygy mikrometriň nurbatynyň 2,5 aýlawyna deňdir. Mikroskop-mikrometriň gozganýan koretkasynda iki sany bissektor çekilen, olaryň arasyndaky aralyk bakdyryjy nurbatyň iki aýlawyna deňdir. Nurbatyň aýlaw sanynyň hasaby mikroskop-mikrometriň görüş meýdançasynyň görünýän ýerinde guýujykda ýerleşdirilen grebýonka boýunça geçirilýär. 135 mm-li dik limbiň 5' deň bolan iň kiçi bölegi bardyr. Gradus bölekleri sagat diliniň ugry boýunça ýazylan. Dik tegelegiň alidadasynda wernýer şkalaly hasap mikroskopy ýerleşdirilendir. Hasabyň 10" nominal takyklyklykly şkalasy ondan otuza çenli her 5 bölekden ýazylýar. Mikroskopyň ulaltmasy 28^x esse. Dik tegelek gorag örtgüsi bilen ýapylan, onda bolsa, limb boýunça hasap almak üçin iki sany tegelek deşijek bar. Dik tegelegiň mikroskopynyň ramasynda takmynan 8"- a deň bolan bölme bahaly dereje berkidilen. Derejede zenitiň ýerini dogurlamak üçin dogurlaýjy nurbatlary bardyr.

Barlag dürbisi. Barlag dürbisi göni, ol geodeziki belgileriň oturgyjyndan azimutlar ölçenende ulanylýar. Obýektiwiň boş deşiginiň diametri 36 mm, fokus aralygy 360 mm. Barlag dürbisinyň ulaltmasy 30^x essedir. Okulýaryň mikrometriniň aýlanma bahasy takmynan 140"-a deňdir. Barlag dürbisi ýöriteleşdirilen koretkanyň lagerlerinde berkidilýär, ony bolsa azimut boýunça iki göteriji nurbatlaryň çäginde ýerleşdirmek mümkin. Teodolitiň toplumyna L.B. Meşanskiniň gurluşy bolan ramaly derejesi goşulmagy mümkin (8-nji surat). Adaty goýma derejesi dürbini 17^0-20^0 zenit aralygyna çenli galdyrmaga mümkinçilik berýär.

Meşanskiniň ramaly derejesi ýagtyltgyçlaryň azimut ölçemelerini 0^0-dan 52^0-çenli zenit aralygynda geçirmäge mümkinçilik berýär. Teodolitiň toplumyna şeýle hem galtaşmaly mikrometr girýär. Teodoliti iki gabyň içinde ýerleşdirýär. Bir ýere äkitmek üçin bolsa ýörite gaplar bar. Teodolitiň gapsyz agramy 37 kg (12 kg ýokarky bölegi we 25 kg aşaky bölegi), adaty gapda 71 kg, bir ýere äkitmek üçin niýetlenen gapda 127,5 kg. Ştatiwiň ýerleşdirme gaby bilen bilelikdäki agramy 43,5 kg. Doly toplumynyň agramy 172 kg.



7-nji surat. АУ 2/10 teodolitiniň dik oky



8-nji surat. L.B. Meşanskiniň ramaly derejesiniň gurluşy

2) Astronomiki uniwersal АУ5

АУ5 astronomiki teodolitini 1 we 2 derejeli astronomo – geodeziki torlaryň punktlarynda deň beýiklikli düzgüne esaslanan usulda şeýle hem, talkottanyň giňligi kesgitlemek üçin usullarynda giňligi we wagty kesgitlemek üçin ulanmaga rugsat berilýär. Ýer predmetiniň ugrunyň azimutyny, giňligini ýyldyzlaryň ölçenen zenit aralygy boýunça kesgitlemeklik, şeýle hem wagty azimutal usullar boýunça АУ5 köptaraplaýyn teodolitinde kesgitlemeklige rugsat berilmeýär.

АУ5 köptaraplaýyn (uniwersal) teodolitiniň esasy häsiýetlerine seredip geçeliň.

Baş dürbi – merkezi, döwük. Obýektiwiň boş deşiginiň diametri 40 mm, onuň fokus aralygy 374 mm, görüjilik ukyplylygy 3,5". 9 we 12 mm-fokus aralykly çalşylýan iki sany okulýar, degişlilikde 41^x we 31^x esse ulaltmany berýär. Okulýaryň çykyş garaçygy 1,3 we 1,0 mm; dürbiniň görüş meýdany 55'.

Onuň *okulýarly mikrometri* edil АУ $2''/10''$ teodolitiniňki ýaly. Okulýarly mikrometriň tegelegi 100 bölege bölünen. Okulýarly mikrometriň nurbatynyň aýlaw bahasy takmynan $135\text{-}140''$. Okulýarly mikrometriň daşky gaby torly ýüpjagaz bilen bilelikde 90^0-a öwrülip bilýär. Sapfanyň işçi kesimleriniň arasyndaky kese okuň uzynlygy 182 mm-e deň. Sapfanyň diametri 28 mm. Okuň üstünde 2 mm-e $4\text{-}5''$ bölek bahaly oturtma dereje oturdylýar. Oturdylan oturtma derejede baş dürbiniň iň az zenit aralygy 17^0-a deň.

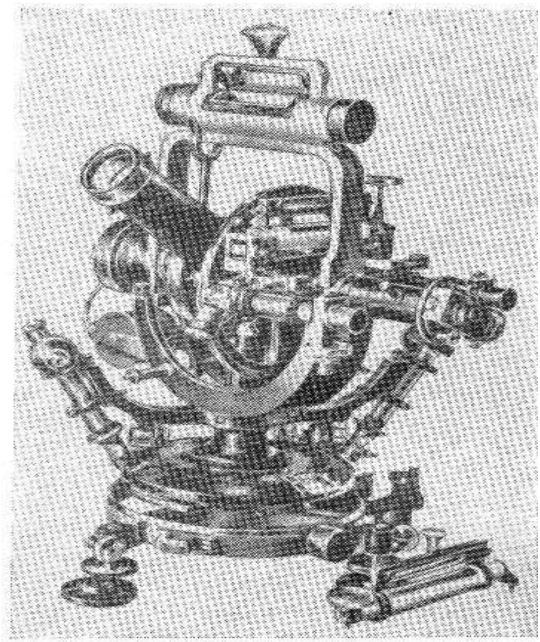
Dik oky- ýylmanak tekizlik görnüşinde ýokarsy daýançly konikidir. Dik we kese limbleriň bölme halkalarynyň diametri biri-birine deňdir we ol 175 mm-dir. Bölekler her $10'$ -dan bölünen. Limbdäki ýazgylar sagat diliniň ugry boýunça her 1^0-dan ýazylan.

Kese we dik tegelekleriň *mikroskop-mikrometri*- göni, 32^x esse ulaldýar. Mikrometriň aýlawy 60 bölege bölünen. Her bölegiň bahasy $5''$. Limbiň iň az aralygynda mikrometriň nurbatynyň iki aýlawy sygýar.

$3''$ töweregi bölme bahaly *oturtma derejesi* dik tegelegiň mikroskopynyň ramasynda oturdylýar.

Talkottanyň derejesi kese oka berkidilip, derejäniň bölme bahasy $1,5 - 2,5''$-a deňdir.

Barlag dürbisi giňligi we wagty astronomiki kesgitlemek üçin ulanylmaýar. Ol öňler 2-nji derejeli geodeziki torlaryň punktlarynda burç ölçemelerini geçirmek üçin we azimutlary kesgitlemek üçin ulanylypdyr. Teodolitiň toplumyna, edil АУ 2"/ 10" abzalynyň gurluşy ýaly galtaşmaly mikrometr girýär. Teodolit iki gapda ýerleşýär, olara bolsa brezentden tikilen gaplar geýdirilýär. Abzalyň gapsyz agramy 22 kg, gap bilen bolsa 46 kg. Şeýle hem, abzalyň toplumyna ýerleşdirme gaby bilen sökülýän ştatiw (34 kg) girýär. Abzalyň doly toplumynyň agramy 80 kg barabardyr (9-njy surat).



9-njy surat. У5 Astranomiki teodoliti

5. Wagtyň şkalasy. Dünýä wagty. Efemerid wagty. Atom wagty. UTS-iň koordinirlenen wagty

Wagtyň şkalasy. Fiziko-tehniki ölçegleriň we astronomiki ölçegleriniň häzirki zaman tejribeliginde wagty ölçemekligiň her-dürli sistemalaryny ulanmaklyk giň gerime eýe boldy. Wagt ölçegleriniň birligini üpjün etmek üçin, beýleki fiziki ululyklar ýaly, etalonlaryň we beýleki nusgalyk ölçeg serişdeleriniň kömegi bilen birlikleriň ölçeglerini geçirmek, saklamak we amal etmeklik zerur bolup durýar. Metrologiki shemada ölçegleriň birliginiň ölçemelerini geçirmekligiň başlangyç halkasy bolup etalon hyzmat edýär. Etalon diýmeklik, tehniki serişdeleriň toplumy bolup, kesgitlenilmegine laýyklykda fiziki ululyklaryň birligini amal etmekligi we saklamaklygy üpjün edýän, ölçemeleriň düzülen tilsimatyny özünde jemleýän tehniki serişdedir.

Bütin dünýä wagt sistemasy

Ylmyň ösüşiniň tejribe taýdan maksadalaýyk bolmagy üçin, Ýeriň öz okunyň daşyndan aýlanmagy we Ýeriň Güniň töwereginden aýlanmagynyň ölçeg birligi hökmünde ulanmagy göz öňünde tutulýar.

Wagt birligi hökmünde ortaça gün sutkasynyň 1/86 400 bölegine deň bolan gözegçilik döwrüniň gün sutkasy hem-de ortaça sekunt kabul edilen. Bu birliklere we onuň böleklerine esaslanan wagt şkalasy etalon wagt diýlip kabul edilipdir. Wagt gulluklarynyň işinde başlangyç meridianyň ortaça wagtyny, ýagny, UT bütindünýä wagtyny peýdalanmaklyk maksadalaýyk bolupdyr.

Şeýlelik bilen bütindünýä wagtynyň UT şkalasy, Ýeriň öz okunyň daşyndan aýlanmasyna esaslanýar we astronomiki gözegçilikleriň esaslarynda emele gelýär. UT-niň üç görnüşini tapawutlandyrýarlar:

UT0- göniden-göni geçirilen astronomiki gözegçilikler arkaly alnan, grinwiç meridianyň ortaça gün wagty;

UT1- bu, Ýeriň polýusynyň hereketini hasaba almak bilen düzedilen UTO-dyr;

UT2- bu, Ýeriň aýlanma tizliginiň möwsümleýin üýtgemesini hasaba almak bilen, düzedilen UT1- dir.

Bütindünýä wagty raýat wagt hasabynyň esasynda ýatyr. Gerek bolan halatynda bütindünýä wagtynyň şkalasyndan ýyldyz wagtynyň şkalasyna sferiki astronomiýanyň belli formulalary boýunça geçýärlär.

Efemerid wagt sistemasy

Häzirkizaman fizikasynyň we astronomiýasynyň köp meseleleri çözülende deňölçegsizl wagt şkalasyndan peýdalanmak bolmaýar. Şonuň üçinem wagtyň deňölçegli şkalasyny işläp düzmek we ony tejribelikde ornaşdyrmak zerurlygy ýüze çykdy.

1960-njy ýylda ölçegler we agramlar boýunça 11-nji Baş konferensiýada wagtyň etalony hökmünde 1900,0 ýyla döwir üçin tropiki ýylyň uzaklygyny kabul etmeklik tassyklanyldy. Bu etalona esaslanan wagtyň şkalasy ET efemerid wagty diýen ady aldy.

Bu şkalada sutkalar 1900,0-ýyl döwrüniň tropiki ýylynyň 1/365,24219878177 bölegi hökmünde kesgitlenilýär. Efemerid sekundy bir gije-gündiziň 1/86400 bölegi hökmünde, ýa-da 1900,0 ýyl döwrüniň tropiki ýylynyň 1/31556925,9747 bölegi hökmünde kesgitlenilýär. Wagt ölçeginiň efemerid birligini we şkalasyny täzeden döretmek, şu birlige bagly bolan, ortaça gün wagtynyň (UT) üsti bilen ýerine-ýetirilýär we onuň ýalňyşyny (doldurmasyny) Aýyň ýörite astronomiki barlaglarynyň kesgitlemelerine görä şu aşakdaky formulanyň kömegi bilen kesgitlenilýär.

$$ET = UT + \Delta T$$

Aýyň barlaglarynyň köp sanly hasaplamalarynyň netijesinde we gün sistemasynyň içki planetasyndan şu aşakdaky kesgitleme üçin:

$$\Delta T = 24,349^s + 72,318^s\, T + 29,950^s\, T^2 + 1,82144^s\, B. \qquad (10)$$

Bu ýerde T- 1900,0 döwründen ýulian ýüz ýyllygyna çenli döwür.

B – Aýyň fluktuasiýa uzaklygy ($B = L^{göz} - L^{ef}$).

Atom wagt sistemasy

1950- nji ýyllaryň ahyrynda iň kadalylygy we öndürijiligi goşa seziýada kwantly generator görkezdi. 1958-nji ýyldan 1965- nji ýyla çenli seziýaly kwant generatorynyň ýygylygy efemerid wagt sistemasynda kesgitlenýärdi, 1967-nji ýylda ölçegler we agramlar boýunça XIII-nji baş konferensiýanyň çözgüdine laýyklykda wagtyň ölçeg birligini atom wagtynyň şkalasyna laýyklykda atom sekundynda ölçemeklik kabul edildi.

Atom sekundy 133-seziýa atomynyň esasy ýagdaýynyň iň inçe düzümi bilen energetiki geçelgesiniň rezonans ýygylygynyň arasyndaky derejede 9192631770 yrgylda eýedir. Atom wagt şkalasy AT belgisi bilen belgilenýär. Ýygylygy ýokary kadaly öndürijilik usullarynyň gelejekdäki gözlegleri wodorod generatoryny döretmäge getirdi, ol atom molekulýar sistemasynyň ähli esasy ukyplylygyny özünde jemleýär. Atom wodorodyndaky häzirki zaman kwantly generatorynyň ýygylygynyň kadalylygy $5\text{-}10^{-14}$-e ýetýär we bize belli bolan atom molekulýar generatorlarynyň ähli gurluşlary bilen deňeşdireniňde iň ýokarysy hasaplanylýar. Seziýa etalon wagty we ýygylygy bilen atom wodorodynda generatorlar deňeşdirilip görüp onuň ýygylygy kesgitlenilýär we ol 1 420 405 751, 8 GS deň boldy.

Öňki SSSR-iň Döwlet atom etalon wagty we ýygylygy şu aşakdakylardan durýar:

- atom wodorodyndaky generatorlar toplumy;
- kwarsly sagatlaryň toplumy;
- kömekçi elektronly apparaturalar.

Etalon wagt we ýygylyk birligini 1×10^{-12} otnositel ýalňyşlygy bilen öndürmäge mümkinçilik berýär, ol bolsa wagtyň atom şkalasynyň on ýyllyk deň ölçegli möwsüminde 0,3 ms, mümkin bolan gyşarmasyna gabat gelýär. Şonuň üçin (AT) atom wagtynyň şkalasy tejribelikde deňölçegli hasaplanylýar.

Koordinirlenen wagt UTS

UTS koordinirlenen wagtyň şkalasy- bu, wagtyň birlik aralygy atom sekundyna deň bolan şkaladyr, UT1 şkalasyna has ýakynlaşmasyny üpjün etmek üçin bolsa, wagtyň hasabaty aýyň 1-nji gününde diskret birligine 00 sagat dünýä wagtynda UT1-UTC-iň tapawudy 0,9 c-dan köp bolmazlygy üçin çalşylmagy mümkin.

Öňki SSSR-iň UTS koordinirlenen wagt şkalasy (SU)- bu, UTC şkalasy bolup, onda wagtyň birlik aralygynyň ölçegi AT (SU) şkalasyna gabat gelýär, sekunt belgisiniň wagtlaýyn ýagdaýy bolsa wagtyň halkara býurosynyň UTC şkalasy bilen 0,1 mc-den köp bolmadyk ýalňyşlyk bilen ylalaşylýar.

6. Zenit aralygyny ölçemegiň aýratynlyklary. Ýyldyza seredilende tötänleýin ýalňyşlygyň zenit aralygy ölçenendäki ýalňyşlyga edýän şertli täsiri

Tötänleýin ýalňyşlyklar öz tebigaty boýunça şeýle bir köp sanly we dürli görnüşli welin, olary hasaba almak mümkin däl. Bu ýalňyşlyklaryň alamaty tötänleýin, berlen ölçeme serişdeleri we şertleri üçin ululyk bolsa bellenen çäkden geçip bilmeýär.

Eger-de, bir alamat bilen hereket edýän yzygiderli ýalňyşlyklary maksadalaýyk gurnalan gözegçilik usulýeti arkaly netijelerden aýryp bolsa, onda ölçemeleriň sanyny köpeltmegiň, şeýle hem, ölçemeleriň şertlerini we serişdelerini üýtgetmegiň hasabyna tötänleýin ýalňyşlyklaryň täsirlerini diňe gowşatmak mümkin.

Ýalňyşlyklaryň nazaryýetiniň esasynda ölçemeleriň jem tötänleýin ýalňyşlygyň orta kwadratiki ululygyny şu görnüşde ýazyp bolar

$$M = \sqrt{[m]_i^2} \quad (11)$$

bu ýerde m_i – umumy tötänleýin ýalňyşlygyň elementar tötänleýin düzüjileri.

Ýagtyltgyja kese ugurlary ölçemegiň esasy tötänleýin ýalňyşlyklaryna şulary degişli etmek mümkin:

ýagtyltgyja nyşanlamagyň ýalňyşlygy;

abzalyň kese limbi boýunça hasabyň ýalňyşlygy;

abzalyň kese okynyň ýapgytlygyny kesgitlemegiň ýalňyşlygy;

yzygiderli ýalňyşlyklaryň (dürbiniň gapdaldan egrelmesi, gapdal refraksiýa, sapfalaryň ýalňyşlyklary, tutuş abzalyň azimutal süýşmeleri we ş.m.) hasaba alynmadyk böleginiň galyndyly tötänleýin täsiri.

Belli bolşy ýaly, gozganmaýan predmete bir gezek nyşanlamagyň tötänleýin ýalňyşlygy

$$m'_b = \frac{15b^s}{w} \quad (12)$$

formula bilen görkezilip bilner, bu ýerde b-gözüň rugsat beriji ukyby, dürli gözegçiler üçin $30 < b < 60''$ bolýar; W-dürbiniň ulaldyşy.

Gönükdirmek usulynda nyşanlamak üçin, haçanda, sapaga perpendikulýar ugur boýunça ýerini üýtgetmek tizligi kiçi bolanda, nyşanlamagyň tötänleýin ýalňyşlygy gozganmaýan predmetleriň gözegçiligindäki ýaly bolup galýar, ýagny,

$$m_b = \frac{15b^s}{\sin zw\sqrt{k}}, \tag{13}$$

bu ýerde K-görüş toryny ýagtyltgyja gönükdirmegiň sany; z-gözegçilik edilýän obýektiň zenit aralygy..

Gözegçilikler usulynda ýagtyltgyçlaryň, belentligi boýunça gozganmaýan dürbiniň torunyň üstünden geçýän pursaty nyşanlananda geçiş pursatynyň orta kwadratiki ýalňyşlygy ýagtyltgyjyň sapaga perpendikulýar ugur boýunça ýerini üýtgetme tizligine bagly bolýar. Şunuň bilen birlikde geçiş pursaty kesgitlemegiň ýalňyşlygy, geçiş tizligi näçe kiçi bolsa şonçada uly bolar, ýagny birinji ýakynlaşmada

$$m'_T \approx m_b^s / V, \tag{14}$$

bu ýerde m^s_b – gozganmaýan predmete nyşanlamagyň wagtyň sekundynda aňladylan orta kwadratiki ýalňyşlygy; V-sapaga perpendikulýar ugur boýunça ýagtyltgyjyň ýerini üýtgetme tizligi.

Ýagtyltgyjyň kese sapagyň hereketiniň ugrundan emele gelýän ýagtyltgyjyň δ gyşarmasyna we q burçyna baglylykda, V tizlik şu formulalar arkaly aňladylar (4-nji surata seret):

kese sapak üçin

$$V = \cos\delta \sin q, \tag{15}$$

dik sapak üçin

$$V = \cos\delta \sin q \tag{16}$$

4- nji suratdan q burçuň ýagtyltgyjyň parallaktiki burçuna sak maýdan deňdigi görünýär.

Sinuslar teoremasy boýunça parallaktiki üçburçlukdan alarys.

$$V = \cos\delta \sin q \cos\varphi \sin A \quad (17)$$

Ýagtylgyjyň geçiş pursatynyň ýalňyşlygyny bahalandyrmak diňe bir v tizlige bagly bolmaýar, eýsem, ýagtyltgyjyň geçmegine gözegçilik usulyny häsiýetlendirýän käbir tötänleýin a ulylyga hem bagly bolýar. Şeýlelikde, m_T ýalňyşlygy

$$m_T^2 = 1 / K[b^2/(w\cos\varphi \sin A)^2] \quad (18)$$

formulada aňlatmak mümkin, bu ýerde k-sapaklaryň (galtaşmalaryň) sany (işläp düzmeklikden alynan).

$$m^2_T = 1/K \ [a^2 + b^2 / (w\cos\varphi \sin A)^2] \quad (19)$$

Hereket edýän obýektlere gözegçilik edilende b ululyk gozganmaýan obýektler üçin onuň bahasyndan ep-esli geçýär. Ýagtyltgyjyň geçmegine gözegçilikleriň usullaryna baglylykda a we b-niň ortaça san bahalary 1-nji tablisada görkezilen.

m_T bahasyndan 10% geçmeýän ýalňyşlyk bilen takmyny hasaplamalar üçin, m_T bahasyny

$$m_T = 1/\sqrt{k} \quad b / w\cos\varphi \sin A \quad (20)$$

formula boýunça hasaplamak mümkin.

1-nji tablisa

Tertip sany	**Gözegçiligiň usuly.**	a	b
1	“Göz - gulak”	$0{,}10^s$	$4{,}7^s$
2	“Göz - klawişa”	0,07	4,0
3	Elde sazlanýan galtaşma mikrometri	0,04	2,8
4	Mehaniki sazlanýan galtaşma mikrometri	0,02	2,5

Geçiş pursatynyň ýalňyşlygynyň ýagtyltgyjyň ölçenen zenit aralygyna täsirini zenit aralyklaryň üýtgeme tizliginiň formulasy esasynda almak mümkin

Orta kwadratiki ýalňyşlyklara geçip, alarys

$$M_{zb} = 15\cos\varphi \sin A m_T \quad (21)$$

(21) formula (19) formuladan m_T bahasyny goýup, alarys

$$M_{zb} = 15/\sqrt{k}\ \sqrt{a^2 (\cos\varphi \sin A)^2 + b^2 w^2} \quad (22)$$

ýa-da

$$m_{zb} = \frac{15b^s}{W\sqrt{k}} \quad (23)$$

Şeýlelikde (3) we (23) formulalaryň esasynda çaklamak bolar: ýagtyltgyjyň zenit aralyklaryny ölçemegiň ýalňyşlygy, nyşanlamagyň ýalňyşlygyna bagly bolýar we meridianda we onuň töwereginde gönükdirme usuly üçinem we islendik başga wertikalda geçiş usuly üçin takmyndan birmeňzeş bolýar. Bulara esaslanan nyşanlamagyň ýalňyşlygynyň zenit aralyk ölçenende täsiriniň ýagtyltgyçlaryň azimutlaryna bagly bolýar.

2 sekuntlyk astronomiki teodolit üçin $W = 50^*$, $k = 9$, “Göz-gulak” usuly üçin $b=4{,}7^s$, galtaşma mikrometr bilen gözegçilik üçin $b=2{,}8^s$ diýip alsak (23) formulanyň esasynda $m_{žb}$-ni alarys:

“Göz gulak” usuly üçin $0{,}46''$ galtaşma mikrometr bilen gözegçiligi üçin $0{,}28''$ $K = 6$ bolanda meridianda gözegçilik etmek usuly üçin alarys

$$m_{žb} = 40'' / w\sqrt{k} = 0{,}33''.$$

7. Astronomiki kesgitlemeleriň zenit usulynyň umumy nazaryýeti

Astronomiki kesgitlemäniň zenit usullarynda ölçemäge degişli bolup durýan ululyklar, ýyldyzlaryň zenit aralyklarydyr.

Ýyldyzlaryň zenit aralygyny ölçemegiň aýratynlygy, ýyldyzlar üznüksiz özleriniň görünýän ýagdaýlaryny giňişlikde wagtyň geçmegi bilen üýtgedýänliginden ybaratdyr. Şonuň üçin ýyldyzlaryň zenit aralygyny ölçemekligi, düzgün bolşy ýaly, wagtyň kesgitli hasap ulgamynda geçirmek zerur bolup durýar. Şonuň netijesinde ýyldyzlara seretmegiň ýerine ýetirilişi umumy ýagdaýda hronometriň görkezýän hasabyna bagly bolup durýar. Islendik predmetiň z' zenit aralygy, edil dik burç ýaly, zenit tarapdan predmet tarapa çenli sanalýan hasap, dik limb boýunça laýyk gelýän hasaplaryň tapawudyna deň gelýär.

Predmete seredilendäki çep tegelek üçin hasaby L bilen belläp, sag tegelek üçin bolsa R harpy bilen belläp, şu aşakdakyny almak bolar:

$$\left.\begin{aligned} z' &= L - Mz; \\ z' &= Mz - R. \end{aligned}\right\} \qquad (24)$$

24-nji formuladan görnüşi ýaly:

$$z' = \frac{L - R}{2} \qquad (25)$$

we

$$Mz = \frac{L + R}{2}. \qquad (26)$$

Eger-de dik limbiň bölek ýazgysy sagat diline ters tarapa ulalyp başlasa, onda z' hasaplamagyň formulalary şu aşakdaky görnüşlere eýe bolar:

$$\left.\begin{aligned} z' &= R - Mz; \\ z' &= Mz - L, \end{aligned}\right\} \quad (27)$$

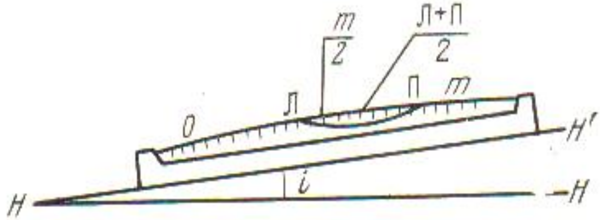
$$z' = R - L / 2 \quad (28)$$

$$M_z = L + R / 2. \quad (29)$$

Eger-de limbden alnan hasaplary L' we R' bilen bellesek, i bilen derejäniň okunyň ýapgytlygynyň deňlenmegini (düzedişini) bellesek, onda düzedilen hasaplar şu aşakdakylara deň bolar:

$$L = L' + i \qquad R = R' + i \quad (30)$$

Derejäniň okunyň ýapgytlygy diýip, seredilen pursatda derejäniň oky bilen düzülen we derejäniň suwuklygy göni ortaky ýagdaýy eýeländäki ugry bilen deňeşdirilendäki emele gelen i burçuna düşünilýär. Görşümiz ýaly, bu burçuň ululygy nul-punkta baglylykda derejäniň suwuklygynyň orta süýşmek bahasy bilen kesgitlenilýär. (10-njy surat).



10-njy surat.

Eger-de derejäniň şkalasy bir çetinde nul, beýleki çetinde m- e (ortasynda $\frac{m}{2}$) deň bolan san bölekleri ýazylan bolsa, onda derejäniň okunyň ýapgytlygy böleklerde şu aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$i^{b} = \frac{Ç+S}{2} - \frac{m}{2} - \frac{1}{2} \times [(Ç - S) - m], \qquad (31)$$

bu ýerde Ç we S- derejäniň sag we çep gyralarynyň hasaby. Sekuntda we ýarym böleklerde görkezilen ýaýyň bu ýapgytlygy şu aşakdaka deň bolar:

$$i^{b/2} = [(Ç+S) - m] \qquad (32)$$

$$i'' = [(Ç+S) - m] \tau''/ 2 , \qquad (33)$$

bu ýerde $\tau''/ 2$ - sekuntda görkezilen ýarym bölegiň bahasy.

Eger-de derejäniň şkalasy, ortada nul ýerleşdirilip bellenen bolsa, bölek ýazgylary iki tarapa hem ösýän bolsa, onda ýapgytlyk (sekuntlarda) şu aşakdaka deň bolar:

$$i = (L + P) \tau''/ 2. \qquad (34)$$

Hronometriň hasap urgysyna dogurlap kese ýüpjagazy nyşanlamak usulynda ýagtylgyçlary nyşana almagyň tötänleýin ýalňyşlyklarynyň täsirini azaltmak üçin, dürbiniň okulýarly mikrometriniň gymyldamaýan ýüpjagazynyň kömegi bilen birnäçe gezek nyşana alýarlar. Bu ýagdaýda dik limb boýunça hasaby okulýarly mikrometr üçin doldurmalar bilen düzetmek zerur.

Eger-de limb boýunça hasaplary L_0 we R_0 bilen belgilesek, mikrometr üçin düzedişli hasaplary L' we R' bilen belgilesek, onda

$$L' = L_0 \pm (M_L - 10^{aýlaw}) R \qquad (35)$$
$$R' = R_0 \pm (M_R - 10^{aýlaw}) R,$$

bu ýerde M_L we M_R –aýlawlarda weolaryň böleklerinde aňladylan, okulýarly mikrometriň başjagazy boýunça hasaplar. $10^{aýlaw}$ – mikrometriň nul-punktynyň arkasy üçin şertli hasap, R-okulýarly mikrometriniň aýawynyň bahasy.

Gözegçilikler wagtynda astronomiki refraksiýanyň täsirini hasaba almak üçin wagtal-wagtal howanyň temperaturasy we atmosferanyň basyşy ölçenilýär. Refraksiýa üçin düzedişler bilen düzedilen ýagtyltgyjyň zenit aralygy şu aşakdaky ýaly bolýar:

$$Z = Z' + \rho. \tag{36}$$

Astronomiki kesgitlemeleriň zenit usullary üçin esasy deňleme bolup, z ölçenýän ululygy S wagt we φ kesgitlenilýän bahalar bilen baglanyşdyrýan (u sagatlaryň düzedişleri) deňleme hyzmat edýär:

$$\cos z = \sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \cos \delta \times \cos t. \tag{37}$$

Bu formulada

$$t = T + u - a,$$

bu ýerde T- ýagtylgyçlara seredilýän pursatda hronometriň görkezýän wagty: a- onuň göni ýokary galmasy. Zenit usullarynyň iň umumy meseleleri bolup, ýyldyzlaryň zenit aralygy boýunça ölçenen, wagtyň we giňligiň bilelikdäki kesgitlemeleri hyzmat edýär. Eger-de, $\varphi_{0,}$ U_0 we M^0_z –yň ýakynlaşdyrylan bahalaryndan peýdalanyp, ol (37)- nji formuladan emele gelýän göni deňlemeleriň kömegi bilen çözülse bu meseleler has ýönekeýleşerdi. Şu aşakdakyny göz öňünde tutup:

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi \tag{38}$$

we

$$t_i = T_{Hi} + U_0 + \Delta U + w\,(T_{Hi} - x) - a_i = t_{0i} + \Delta U \qquad (39)$$

bu ýerde

$$t_{0i} = T_{Hi} + U_0 + w\,(T_{Hi} - x) - ai \qquad (40)$$

37-nji formula bilen görkezilen z üçin deňlemeleri $\Delta\varphi$ we Δu derejeleri boýunça teýloryň hataryna paýlaýarlar.

Astronomiki kesgitlemeleriň tejribeliginde $\Delta\varphi$ we Δu-nyň bahalary has kiçi bolup hem biler.

Şonuň üçin hatarlara paýlananda tejribe maksatlary üçin çyzykly agzalar bilen çäklenmek doly ýeterlikdir, ýagny:

$$Z_i = Z_{oi} + (\partial z / \partial\varphi)_i\, \Delta\varphi + 15\ (\partial z / \partial t)_i\, \Delta u \qquad (41)$$

41-nji formula üçin şu aşakdakyny ýazmak bolar:

$$Z_{oi} = \arccos\,(\sin \varphi_0 x \sin \delta_i + \cos u_0\ x\ \cos \delta_i\ x\ \cos t_{oi}), \qquad (42)$$

bu ýerde φ_0 we u_0 – ýakynlaşdyrylan bahalar bilen we T_{hi} seredilen pursatyň wagty bilen hasaplanan zenit aralygynyň bahalary:

$$(\partial z / \partial\varphi)_i = \pm \cos A_i \quad \text{we} \quad (\partial z / \partial t)_i = \pm \cos \varphi_0\ x\ \sin A_I \qquad (43)$$

43-nji deňlemedäki plýus alamaty ýyldyzyň azimutynyň hasabynyň günorta nokatdan başlanmagyna gabat gelýär, minus belgisi bolsa demirgazyk nokatdan başlanmagyna gabat gelýär: 37-nji-19-njy formulalarda ulanylan belgiler:

T_{Hi} – ýyldyzlara seredilende hronometriň görkezýän wagty;

X - radiosignallar kabul edilýän pursatynda hronometriň görkezýän ortaça wagty;

$u_0 - \lambda_0$ - ýakynlaşdyrylan uzaklygy, punktda kabul edilen, radiosignallar işlenilip düzülende alnan, hronometriň x pursatynyň düzedişi, $\Delta u - u_0$ ululygyna nädogry kabul edilen uzaklygyň düzedişi;

w- hronometriň sagat ýörelgesi;

$(T_{Hi} - x)^h$ – signallary kabul etmegiň ortaça pursatyndan, ýyldyzlara seredilip başlanýan wagta çenli sagatda görkezilen wagt aralygy:

α_i we δ_i - doldurmalar bilen dogurlanan ýyldyzlaryň görünýän koordinatalary.

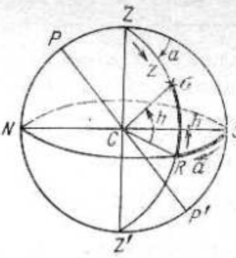
8. Sferiki koordinatalaryň asman ulgamy we olaryň astranomiki koordinatalar bilen arabaglanyşygy

Asman ýagtylgyçlaryna gözegçilikleri boýunça ýeriň üstündäki nokatlaryň ýerleşýän orunlary kesgitlenende soňkularyň asman sferasynda ýerleşişini kesgitlemek zerur bolýar. Ýagtylgyjyň asman sferasyndaky ýagdaýy berlen nokatlardan geçirilen biri-birine perpendikulýar iki sany uly tegelekleriň ýaýlary hökmünde kesgitlenýär. Bu ýaýlara merkezden geçýän özara perpendikulýar tekizlikler bilen sferanyň degişli kesişmeleri hökmünde garamak mümkin. Uly tegelekleriň biri esasy hökmünde, ikinjisi başlangyç hökmünde kabul edilýär. Olar sferanyň iki nokadynda özara kesişýärler, olaryň biri ulgamyň başlangyç nokady hökmünde kabul edilýär. Uly tegelekleriň ýaýlaryny degişli merkezi ýa –da ikigranly burçlar bilen gradus, radian ýa-da sagat ölçeglerinde ölçeýärler. Sagat ölçeginde tegelek 24^h bölünýär (h – sagat); $1h= 60^m$; $1_m = 60^s$.

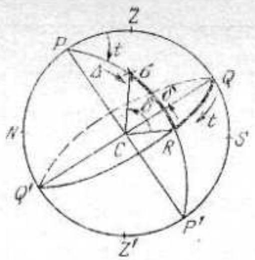
Asman koordinatalarynyň şu üç sany ulgamy has giň ýaýran ulgamlardyr: gözýetim (ýa-da gorizontal) ulgam, birinji we ikinji ekwatorial ulgamlar.

Asman koordinatalarynyň gözýetim (gorizontal) ulgamy (h, α)

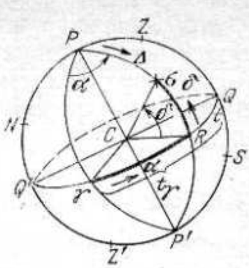
Bu koordinatalar ulgamynda esasy tekizlikler bolup şular hyzmat edýärler: a) gözýetimiň NRS tekizligi; b) asman meridianyň ZSZ'N tekizligi (11 –nji surat).



11-nji surat. Asman koordinatalarynyň gözýetim (gorizontal) ulgamy



12-nji surat. Asman koordinatalarynyň birinji ekwatorial ulgamy



13-nji surat. Asman koordinatalarynyň ikinji ekwatorial ulgamy

Esasy tegelek bolup asman gözýetimi, başlangyç bolup gözegçilik nokadynyň asman meridiany hyzmat edýär (11- nji surat) . Egerde σ ýagtylgyçdan ZσRZ' wertikal geçirsek, onda onuň asman sferasyndaky ýagdaýy şu iki sany sferiki koordinatalar bilen kesgitlener: ýagtylgyjyň belentligi $h = \breve{\sigma}R = < \sigma CR$ we ýagtylgyjyň azimuty $\alpha = \check{S}R$ bilen (meridianyň we ýagtylgyjyň SZCR wertikalynyň arasyndaky ikigranly burç bilen kesgitlenýär) kesgitlenýär. Belentlige derek köplenç 90^{o} çenli beýiklige goşmaça bolan, ýagny, $z = 90^{o} - h$, z zenit aralygyny peýdalanýarlar.

Ýagtylgyjyň beýikligini gözýetimden hasaplaýarlar we onuň ululygyny 0- dan $+90^{o}$ çenli zenite we -90^{o} çenli nadire üýtgeýär, z zenit aralygyny bolsa zenit nokadyndan gözýetime we soňra 0- dan 180^{o}- a çenli hasaplaýarlar. 90^{o}-dan uly zenit aralyklarynda ýyldyz gözýetimden aşakda ýerleşýär we ol görünmeýär.

Ýagtylgyjyň azimutyny sagat diliniň ugruna S günorta nokatdan 0- dan 360^{0} çenli hasaplaýarlar. Ýeriň gije – gündiziň dowamynda aýlanmagy sebäpli ýagtylgyçlaryň gözýetim koordinatalary üznüksiz üýtgeýärler.

Astronomiki meýdan abzallary bilen ýagtylgyçlara gözegçilikler edilende we ýyldyzlaryň efemeridleri düzülende gözýetim koordinatalaryny ulanýarlar. Bu abzallaryň dik oklary asma çyzygyň ugry boýunça oturdylýar.

Wagtyň belli bir böleklerine ýagtylgyçlaryň azimutlary we zenit aralyklary ýa-da beýleki koordinatalary getirilen tablisalara *ýyldyzlaryň efemeridleri* diýilýär.

Birnji ekwatorial koordinatalar ulgamy

Bu ulgamyň esasy koordinatalar tekizlikleri bolup şular hyzmat edýärler: a) asman ekwatorynyň Q'RQ tekizligi; b) asman meridianyň PZQP'ZQ' tekizligi (12 –nji surat).

Esasy tegelek bolup asman ekwatory, başlangyç bolup gözegçilik nokadynyň asman meridiany hyzmat edýär.

Egerde σ ýagtylgyçdan PσRP' gyşarmalar tegelegini geçirsek, onda onuň asman sferasyndaky ýerleşýän ýagdaýy şu iki sany sferiki koordinatalar bilen kesgitlener: δ = Řσ = < σRC gyşarma we t = QR sagat burçy (asman meridianynyň tekizliginiň we ýyldyzyň QPCR tegeleginiň tekizlikleriniň arasyndaky ikigranly burç).

Δ gyşarmany ekwatordan hasaplaýarlar we ol 0- dan 90^o çenli üýtgeýär. Demirgazyk ýarymşaryň ýyldyzlary položitel, günorta ýarymşaryňkylar otrisatel gyşarmalara eýe bolýarlar. Käwagtlar gyşarmalara derek gyşarmalara 90^o çenli goşmaça bolýan, ýagny, $\Delta = 90^o - \delta$, Δ polýar aralygy ulanýarlar.

Sagat burçyny meridianyň günorta böleginden sagat diliniň ugruna (gündogardan günbatara) hasaplaýarlar, ony adatça sagat ölçeginde (0- dan 24^h çenli) ölçeýärler. Azimutlardan tapawutlylykda, Ýeriň gije-gündiziň dowamynda aýlanmagy sebäpli sagat burçlary deňölçegli üýtgeýärler, sebäbi olaryň hasabatyny asman ekwatorynyň ugry boýunça alyp barýarlar, δ bolsa üýtgemeýär.

Ikinji ekwatorial koordinatalar ulgamy (α, δ)

Ýagtyltgyçlaryň ýerleşýän orunlary kesgitlenýän bu koordinatalar ulgamynyň esasy tekizlikleri bolup şular hyzmat edýärler: a) asman ekwatorynyň Q'RQ tekizligi; b) gün deňleşmeleriniň *kolýury* hem atlandyrylýan gündeňleşme nokatlarynyň gyşarmalar tegeleginiň PϒP' tekizligi (13 –nji surat).

Ýagtyltgyçlaryň bu sferiki koordinatalary boýunça gyşarmasy δ = Řσ = < RCσ we göni çykmasy α = ϒR bolarlar. Ulgamyň esasy tegelegi bolup asman ekwatory, başlangyç bolup gündeňleşmesiniň kolýury hyzmat edýärler.

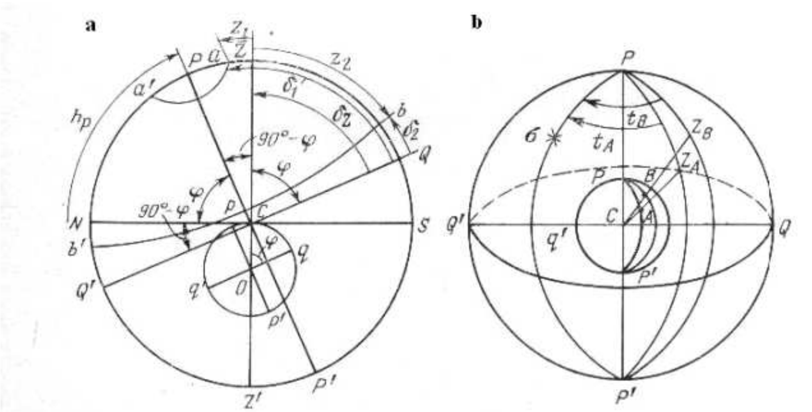
α ululyk wagtyň sagatlarynda, minutlarynda we sekuntlarynda aňladylýar we günüň ýazky deňleşmesiniň nokadyndan ekwatoryň ýagtyltgyjyň gyşarmalar tegelegi bilen kesişmesine çenli sagat diliniň tersine (ýagtyltgyjyň gije-gündiziň dowamyndaky hereketiniň garşylyklaýyn ugruna) hasaplanýar. Ol 0- dan 24^h çenli üýtgeýär.

Ýyldyz kataloglarynda we astranomiki ýyllyklarda α we δ koordinatalar getirilýär.

Birinji ekwatorial koordinatalar ulgamyny kşplenç takyk wagt kesgitlenende, ikinji ekwatorial koordinatalar ulgamyny bolsa, fundamental astrometriýanyň meseleleri çözülende, ýyldyz kataloglary we kartalar düzülende peýdalanýarlar.

Astranomiki we asman koordinatalarynyň arasyndaky baglanşyk

Gözegçiniň duran C nokadynyň töweregindäki asman sferasyny beýan edeliň, pq'p'q- C nokadyň ýer meridiany (14-nji a surat). Onda PZSP'Z'N- tekizligi ýer meridianyň tekizligi bilen gabat gelýän asman meridiany. Asma çyzyk bilen Ýeriň ekwatorynyň tekizliginiň arasyndaky qq' burç C ýerüsti nokadyň φ astranomiki giňligi bolar. Asma çyzyk bilen asman ekwatorynyň tekizliginiň arasyndaky burç hem φ astranomiki giňlige deň bolar.



14-nji surat. Astranomiki we asman koordinatalarynyň arasyndaky arabaglanşyk

14-nji suratdan dünýä polýusynyň gözýetimden belentligi we zenit nokadynyň gyşarmasy hem, gözegçilik ornunyň astranomiki giňligine deň bolýar, ýagny,

$$h_p = \delta_z = \varphi. \qquad (44)$$

Goý, aa' we bb'- δ_1 we δ_2 gyşarmalary we z_1 we $_2$ zenit aralyklary bolan ýyldyzlaryň sutkalyk parallelleri. Onda ýagtyltgyç ýokarky kulminasiýada (“gulmen” sözi ýokary diýmegi aňladýar) ýerleşende umumy ýagdaýda alarys

$$\varphi = \delta_i \pm z_i, \; i = 1,2,.... \qquad (45)$$

(haçanda ýagtyltgyç zenitden günorta tarapa kulminirlense plýus, polýusyň we zenitiň aralarynda kulminirlense minus alamatlary alynýar).

Ýagtyltgyjyň aşaky kulminasiýasy üçin alarys

$$\varphi = 180^\circ - (\delta + z). \qquad (46)$$

A we B nokatlaryň asman we geografiki meridianlarynyň tekizlikleri gabat gelerleri ýaly edip, asman sferasynyň merkezini Ýeriň merkezi bilen birleşdireliň 14-nji b surat).

λ_A we λ_B uzaklykly, ýer şarynyň dürli meridianlarynda ýerleşen A we B nokatlardan, birwagtda σ ýyldyzy synlaýarys diýip hasap edeliň. Synlanýan ýagtyltgyç üçin t_A we t_B sagat burçlary (A we B nokatlaryň Z_A we Z_B zenitleri) alynan. Onda şol bir fiziki pursatda iki sany dürli ýerüsti nokatdan gözegçilik edilýän haýsydyr bir ýagtyltgyjyň sagat burçlarynyň ($< Z_BPZ_A$) tapawudy, san taýdan bu nokatlaryň uzaklyklarynyň tapawudyna - < BPA deň bolýar. Eger-de, B nokat A nokatdan gündogarrakda ýatan bolsa, alarys

$$t_B - t_A = \lambda_B - \lambda_A. \qquad (47)$$

(45-47) formulalar geodeziki astronomiýada, asman ýagtyltgyçlaryna gözegçilik etmek boýunça ýerüsti nokatlaryň giňliklerini we uzaklyklaryny kesgitlemegiň düzgünlerini belleýän formulalar hökmünde giňden ulanylýar.

9. Ýagtyltgyçlaryň koordinatalarynyň üýtgemegi we olary doredýän görkezijiler barada düşünjeler

Ýagtyltgyçlaryň asman koordinatalary wagtyň geçmegi bilen üznüksiz üýtgeýärler. Koordinatalar ulgamlarynyň özleriniň we ýagtyltgyçlaryň özara ýerleşişiniň üýtgemegi netijesinde, şeýle hem, astronomiki gözegçiliklerde bar bolan dürli ýoýulmalar üçin bu üýtgemeler bolup geçýärler. Şonuň üçinem ýagtylgyçlaryň asman sferasyndaky ornuny we olaryň gözegçilikleriniň netijelerini özaralarynda deňeşdirmek mümkinçiligini kesgitlemek üçin bu ýoýulmalary we koordinatalar üýtgemelerini dörediýän ähli görkezijileri hasaba alýarlar, gözegçilik bahalaryny wagtyň şol bir pursatyna we belli nokada eltip bulardan başga –da, ýeriň üstünden geçirilýän gözegçilikleriň netijelerinde ýagtylgyçlaryň topomerkezi koordinatany kesgitleýärler. Bu koordinatalar gözegçiniň ornuna bagly bolýarlar we diýmek, dürli nokatlarda dürli bahalara eýe bolýarlar. Bu birmeňzeş dälliligi aradan aýyrmak üçin, ähi gözegçilikleri geomerkezi koordinatalary alyp Ýeriň merkezine eltýärler.

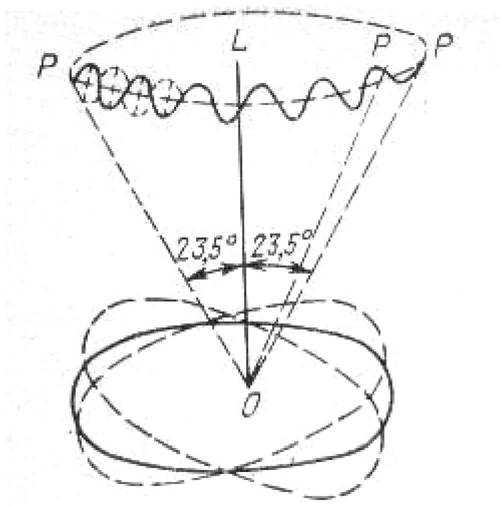
Wagtyň geçmegi bilen koordinatalar üýtgemesini döretýän esasy görkezijilere şulary degişli edýärler:
Ýeriň gije – gündiziň dowamynda aýlanmagyny, presessiýany, nutasiýany we ýyldyzlaryň hususy hereketini.

Ýagtylgyçlara gözegçilikleriň netijelerini ýoýýan görkezijiler- bu abberasiýa, parallaks, refraksiýa. Ýer polýuslarynyň hereketi hem asman we astranomiki koordinatalaryň üýtgemesini ýüze çykarýar.

1. *Ýeriň gije-gündiziň aýlanmagy*. Ýeriň gije-gündiziň dowamynda aýlanmagy bilen gözýetim ulgamynyň koordinatalary – ýagtylgyjyň zenit aralyklary we azimutlary, şeýle hem birinji ekwatorial ulgamdan sagat burçy üznzksiz üýtgeýärler.

2. *Presessiýa we nutasiýa.* Aýyň, Günüň we planetalaryň dartma täsirleri astynda ýyldyzlara görä Ýeriň aýlanma okunyň ýagdaýy üznüksiz üýtgeýäler, diýmek, ikinji ekwatorial koordinatalary – göni çykmagy we gyşarmany goşmak bilen, ýagtylgyçlaryň asman koordinatalary hem üýtgeýärler.

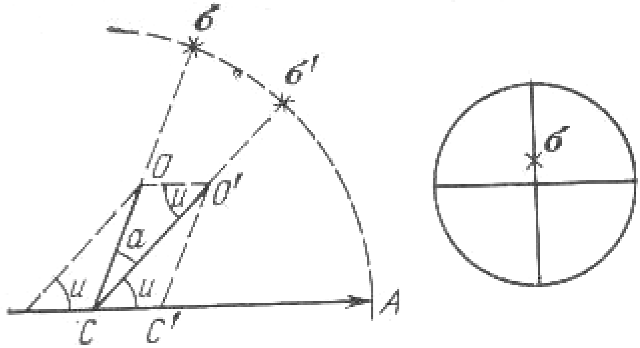
Bu ýagdaýlar Ýeriň ellipsoidikligi üçin we Aýa hem-de Güne ýakyn ýerleşen nokatlaryň, olardan has daşlaşan nokatlara garanda has köp dartylma sezewar bolýandygy sebäpli ýüze çykýar. Netijede Ýeriň aýlanma okunyň giňişlikde ekliptikanyň okunyň töwereginde konus şekilli üsti emele getirýän güýjiniň pursaty ýüze çykýar. Ok bilen bilelikde asman ekwatorynyň we onuň ekliptika bilen kesişýän nokadynyň - ýazky gündeňleşme nokadynyň ýagdaýy hem üýtgeýär: soňky Günüň görünýän hereketiniň ugruna tarapa haýallyk bilen bir ýylda 50.2" tizlikde süýşýär 26 000 ýylda bir aýlaw edýär. Polýuslaryň süýşmeginiň tolgunýan güýçleriniň özleriniň hemişe üýtgemegi sebäpli çylşyrymly hereketi emele gelýär. Ol P dünýä polýusynyň asyrlar boýy dowam edýän ekliptikanyň töweregindäki L kiçi aýlaw boýunça deňölçegli hereketlerinden durýar (15-nji surat). Takmynan 23.5^{o} deň bolan, 26 000 ýyldan amala aşýan burç radiusly ekliptikanyň kiçi L aýlawy boýunça P dünýä polýusynyň asyrlyk deňölçegli hereketlerinden we şol bir polýusyň 7 we 9" deň bolan burç ýarymokly kiçi ellips boýunça döwürleýin hereketlerinden durýar. Birinji herekete *p r e s e s s i ý a* diýilýär, bu söz terjime edilende gündeňleşmäniň öňe çykmagyny (ozmagyny) aňladýar. Ikinji herekete *n u t a s i ý a* diýilýär, ol 18,67 ýyl döwür üçin amala aşýar. Bu hereketleriň goşulmagy netijesinde dünýä oky tegelek boýunça däl-de, çylşyrymly tolkun şekilli egri boýunça süýşýärler. Şonda esasy täsiri Aýyň we Güniň dartmagy edýär, şonuň üçinem presessiýa *aý-gün presessiýasy* diýilýär.



15-nji surat. Presessiýa we nutasiýa

3. *Ýyldyzlaryň hususy hereketleri.* Ýyldyzlaryň we Güniň giňişlikdäki hereketleri olaryň orunlarynyň özara üýtgemelerine getirýär, diýmek Ýerden asman sferasynda synlanýan ýyldyzlaryň koordinatalarynyň üýtgemelerine getirýär. Ýyldyzlara çenli aralyklaryň ägirt uludygy sebäpli bu üýtgemeler örän kiçidirler we diňe has uly wagt aralyklarynda ýokary takykly ölçemeleri deňeşdirmekden ýüze çykarylyp bilner.

4. *Aberrasiýa.* Gözegçiniň ýagtylyk tizligi bilen hereketde bolýandygyndan gelip çykýan ýagtylgyjyň görünýän ugurlarynyň hakyky ugurdan gyşarmasyna *a b e r r a s i ý a* diýilýär. Ýeriň Günüň töwereginde edýän hereketleriniň tizligi (30 km/s töweregi) we gije-gündiziň dowamynda Ýeriň aýlanmagy sebäpli bolup geçýän ýerüsti nokatlaryň çyzykly tizligi ýagtylygyň tizligi (~ 300 000 km/s) bilen deňeşdirilende örän kiçidir, emma ony taşlamak bolmaýar. Şonuň üçinem şöhle hereket edýän gözegçiniň dürbisiniň obýektiwine T_1 pursatda, okulýara bolsa T_1-den tapawutly T_2 pursatda düşýär. Bu wagtda gözegçi C nokatdan C'göçer, we ýagtylyk şöhlesi dürbiniň torjagazynyň çatrygyna düşmez (16-njy surat). Ol C nokatda torjagazyň çatrygyna düşer ýaly dürbini biraz α burça gözegçiniň hereketine tarapa gyşartmak gerek bolýar, ýagny, C nokatda onuň hereketine görä dürbini u burça gyşartmaly bolýar. Hereketleriň ugry asman sferasyny kesýän A nokadyna *a p e k s* diýilýär (16-njy surata seret). Toryň sapaklarnyň çatrygy ýagtyltgyja gönükdirilende dürbiniň gyşarmasy awtomatiki bolup geçýär. Bu bolsa ýyldyzyň hakyky däl-de üýtgän *görünýän* ýagdaýyna gözegçilik etmäge deňgüýçlidir.



16-njy surat. Abberasiýa

Şonuň üçinem ýyldyzlaryň *görünýän we* hakyky koordinatalaryny tapawutlandyrýarlar.

0C0' üçburçlygy çözmekden aberrasiýa üçin düzedişi almak mümkin. υ- gözegçiniň hereketleriniň tizligi, c- ýagtylygyň tizligi, τ- dürbiniň obýektiwinden okulýaryna çenli ýagtylygyň geçýän wagty diýip belläp, alarys

$$\frac{\overline{OO}}{\overline{OC}} = \frac{\upsilon\tau}{C\tau} = \frac{\sin\alpha}{\sin u}, \textit{ bu ýerden } \alpha'' = \rho''\frac{\upsilon}{c}\sin u = k\sin u, \qquad (48)$$

bu ýerde k- aberrasiýa koeffisiýenti; u- gözegçiniň hereketiniň ugry bilen ýagtyltgyja görünýan ugryň arasyndaky burç.

Ýeriň ýyllyk we sutkalyk hereketleri bilen baglanşykly, ýyllyk we sutkalyk aberrasiýany tapawutlandyrýarlar. Sutkalyk aberrasiýanyň netijesinde ýagtyltgyja ugur gündogara süýşýär (apeks-gündogar nokatda).

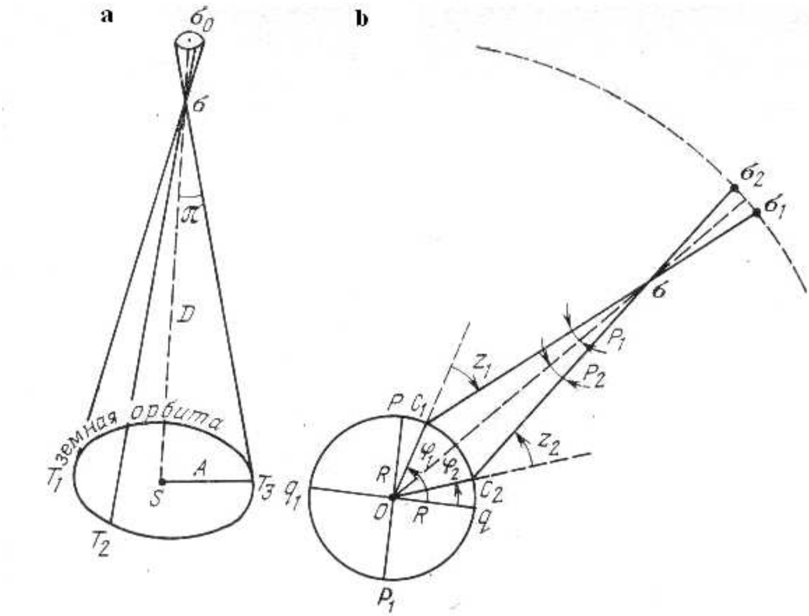
5. *Ýagtyltgyçlaryň parallaksy.* Grek sözünden terjime edilende “parallaks” süýşmegi aňladýar. Parallaktiki süýşmek ýa-da *parallaks* diýlip gözegçiniň ornuny üýtgetmegi bilen gözegçilik edilýän obýektiň ugrunyň üýtgemegine düşünilýär. (Mysal üçin, geodeziki abzallarda sapaklaryň torlarynyň parallaksy gözegçiniň kellesiniň ýagdaýy abzalyň dürbisiniň

okulýaryna ýa-da mikroskopyna görä üýtgände, nyşanlanýan predmete ugurlaryň ýa-da limbiň şkalasy boýunça hasabyň, üýtgemegine getirýär).

Astronomiýada parallaks adalgasy bilen diňe bir ugurlaryň üýtgemelerini däl, eýsem onuň burç ululygyny hem belleýärler. Ýeriň orbitasynyň ýada Ýeriň üstiniň dürli nokatlaryndan şol bir ýagtyltgyja gňzegçilik edilende biz onuň koordinatalarynyň dürli bahalaryny alarys.

Ýyllyk we *sutkalyk* parallaksy tapawutlandyrýarlar. Ýyllyk parallaks ýeriň Günüň daşyndan aýlanmagy we ýagtyltgyja ýer orbitasynyň dürli nokatlaryndan gözegçilik etmeklik sebäpli, sutkalyk bolsa- Ýeriň gije-gündiziň dowamynda öz okunyň daşyndan aýlanmagy we gözegçiniň Ýeriň üstünde ornuny üýtgetmegi sebäpli ýüze çykýar.

Ýyllyk parallaks gözegçilik edilýän ýyldyzyň asman sferasyna proýeksiýasynyň uly bolmadyk ellips görnüşine girmegine, käbir ýyldyzlar üçin bolsa tegelek (ýyldyzlar ekliptikanyň golaýyndan ýa-da polýusyndan geçenlerinde) ýa-da göniçyzykly kesim (ýyldyzlar ekliptikanyň tekizliginde ýerleşenlerinde) görnüşine girmegine getirýär (17-nji surat). 17-nji, *a* suratda T_1, T_2, T_3 – Ýeriň orbitasynyň nokatlary, S- Gün, σ- ýyldyz. Ýyllyk parallaks aşagynda ýyldyzdan, ýyldyza perpendikulýar bolan ýer orbitasynyň radiusy görünýän, π burç bilen häsiýetlendirilýär. Günorta ýarymşarynyň iň ýagty ýyldyzlarynyň biri bolan- Sentawryň α ýyldyzy 0.76" deň boldy.



17-nji surat. Ýyldyzlaryň ýyllyk prallaksy

Eger-de ýyldyza çenli aralygy D harpy bilen bellesek, onda $ST_3\sigma$ alarys

$$\sin \pi = A/D, \qquad (49)$$

π burçuň kiçidigini hasaba alyp we Ýeriň orbitasyny tegelek diýip kabul edip, alarys

$$\pi'' = (A/D)\rho'' = 206\,265\ A/D. \qquad (50)$$

Eger-de Ýeriň orbitasynyň radiusy belli bolsa, onda olaryň parallakslaryny ölçemeklik arkaly ýyldyzlara çenli aralyklary kesgitlemek mümkin, ýagny,

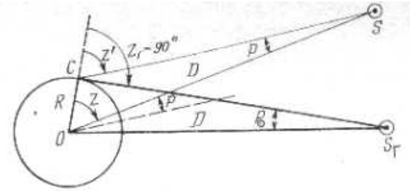
$$D = 206\,265\ A/\pi \qquad (51)$$

1" burç astynda Ýeriň orta radiusy görünýän aralyga, parsek (parallaks-sekunt) diýilýär. Bu birlik ýyldyzlaryň aralaryndaky aralyklary ölçemeklik üçin kabul edilýär.

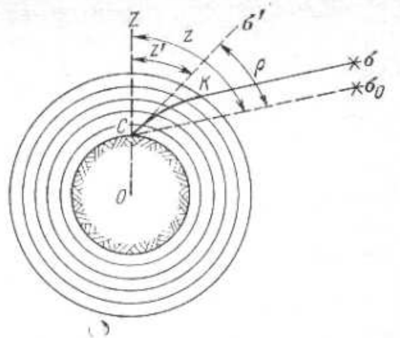
Ýyllyk parallaksy hasaba almaklyk ähli gözegçilik edilen ugurlary Günüň merkezine eltmäge mümkinçilik berýär; onuň netijesinde geliomerkezi koordinatalary alýarys.

Sutkalyk parallaks ýagtyltgyjyň asman sferasyna proýeksiýasynyň hem üýtgemegine getirýär. 17-nji b suratda σ ýagtylygyja Ýeriň üstündäki φ_1 we φ_2 giňlikli C_1, C_2 iki nokatdan bir wagtda gözegcilik etmeklik z_1 we z_2 zenit aralyklary ölçenende onuň asman sferasyndaky iki sany dürli σ_1 we σ_2 ýagdaýlaryny kesgitlemeklik görkezilýär.

Günüň *sutkalyk parallaksy* diýip, onuň aşagynda S Günüň merkezinden, C berlen gözegçilik nokadyna geçirilen Ýeriň R radiusy görünýän, p burça aýdylýar (18-nji surat).



18-nji surat. Günüň sutkalyk parallaksy



19-njy surat. Astranomiki refraksiýa

Eger-de z'- Günüň Ýeriň üstünde ölçenen zenit aralygy, z- onuň Ýeriň merkezine eltilen zenit aralygy bolsa, çyzgydan görnüşi ýaly,

$$z = z' - p. \qquad (52)$$

p parallaksy kesgitlemek üçin COS üçburçlyga serederis, onda D- Ýeriň we Günüň merkezleriniň arasyndaky aralyk.

Sinuslar teoremasy esasynda *(sin p)/R = (sin z')/D* diýip ýazyp bolar, bu ýerden p burçuň kiçidigini nazara alyp (ol 9'' kiçi), ýazyp bileris

$$p'' = \frac{R}{D} \rho'' \sin z'. \qquad (53)$$

Günüň (Aýyň we planetalaryň) sutkalyk parallaksynyň ululygy ýagtyltgyjyň beýikliginiň üýtgemegi bilen bilelikde gije-gündiziň dowamynda üznüksiz üýtgeýärler. Haçanda ýagtyltgyç gözýetimde ýerleşse (kese perallaks) we nola deň bolsa, ýagtyltgyç gözegçilik ornunyň zenitinde ýerleşse iň uly baha ýetýär.

(53) formuladan z' = 90° bolanda Günüň kese parallaksy ($p_{☺}$ bilen bellenýär)

$$p_{☺} = \frac{R}{D} \rho'' \qquad (54)$$

bolar.

6. *Astranomiki refraksiýa.* Refraksiýa- döwülme, refringo –döwmegi aňladýan latyn sözünden gelip çykýar. *Astranomiki refraksiýa* diýlip, ýagtylygyň şöhleleriniň ýer atmosferasynyň dürli dykyzlykdaky gatlaklaryndan geçeninde, olaryň döwülmeklerine düşünilýär.

Refraksiýa adalgasy hökmünde diňe şöhleleriň döwülmeklerine däl-de, şeýle hem, olaryň ýagtyltgyja ugurlaryň üýtgemegini häsiýetlendirýän burçuň ululygyna hem düşünýärler.

Mysal üçin, 19-njy suratda C- ýeriň üstüniň nokady, CZ – asma çyzyk.

Atmosfera bolmadyk ýagdaýynda gözegçi C nokatda $C\sigma_0$ ugur boýunça ýagtyltgyjy görerdi. Hakykatda bolsa ýagtylyk şöhlesi dürli dykyzlykly araçäk üstlerden döwülýär we

KC egriniň görnüşndäki çäkde, döwük çyzyk boýunça hereket edýär.

Eger-de z'- ýagtyltgyjyň görünýän (ölçenen) zenit aralygy, z- onuň hakyky (refraksiýa sebäpli ýoýulmadyk) zenit aralygy bolsa, onda

$$z = z' + \rho, \tag{55}$$

bu ýerde ρ- refraksiýa üçin düzediş, ýa-da ýöne refraksiýa (19-njy surata seret).

Gözegçilik pursatynda temperatura we basyşa degişli bolan refraksiýa,*hakyky refraksiýa* diýilýär. Ony hasaplamak üçin ýörite tablisalar bar.

7. *Ýer polýuslarynyň hereketi.* Polýuslaryň presession-nutasion hereketlerinden başga-da, Ýeriň aýlanma okunyň ýeriň bedeniniň inersiýasynyň baş oky bilen gabat gelmeýändiginden gelip çykýan, olaryň käbir orta ýagdaýa görä uly bolmadyk döwürleýin üýtgemeleri bolup geçýär.

Ýer polýuslarynyň üýtgemelerine üznüksiz öwrenmek üçin 1899 ýylda ähli ýer şary boýunça bir giňliklerde ýerleşen abserwatoriýalaryň golaýynda, ýörite Halkara giňlikler gullugy döredildi. Arkalaşyk ýurtlarynda şeýle abserwatoriýa Özbegistanyň Kitap şäherinde ýerleşýär.

Halkara giňlikler gullugy Ýeriň polýusynyň şu wagtky koordinatalaryny her bir hepdeden çap edýär. Bu koordinatalar ýer polýuslarynyň üýtgemeleri üçin düzedişleri hasaplamaga we ölçenen giňliklere, uzaklyklara we azimutlara girizmäge mümkinçilik berýär, ýagny, *orta polýusa eltmäge* mümkinçilik berýär.

10. Dürli diklikde we dürli zenit aralyklarynda azimuty, giňligi, we uzaklygy bilelikde kesgitlemek (Somner-Akimowyň usuly)

Nazarýetiň esasynda azimuty, giňligi we uzaklygy bilelikde kesgitlemek üçin, ýerli predmet bilen ýyldyzlaryň arasyndaky Q_i kese burçy ölçenilýär. Peýdaly şertlere laýyklykda ýyldyzlary ölçege amatly bolar ýaly 35^0 ($20^0 < z < 50^0$) ortaça aralykda saýlanýar. Ýagty ýyldyzlary gündiz ölçemek üçin, ýokarda görkezilen efemeridiň kömegi bilen geçirilýär, gije ölçemek üçin bolsa, ýyldyzlaryň kartasy we nomogrammalaryň kömegi bilen göz çaky bilen tapylyp geçirilýär. Azimut, giňligi we uzaklygy bilelikdäki kesgitlemeler usulynda azyndan 3 ýyldyzy ölçemek bilen (n=3) netijeler alnyp bilner. Geodeziki azimuty kesgitlemek we düzüji asma çyzygyň gyşarmasyny kontaktly mikrometr bilen üpjün edilen 2-sekuntly teodolitiň kömegi bilen şu aşakdaky orta kwadratiki ýalňyşlyk bilen kesgitlemek üçin:

$$M_{ag} = M_{\Psi} = M_{\acute{\eta}} = 0{,}4^{//}$$

azimut boýunça tekiz ýerleşen azyndan 36 ýyldyzlarda ölçeg geçirmek zerur bolup durýar. Bu ölçegler birnäçe gijeleriň dowamynda ýerine – ýetirlip bilner.

Ölçeme işleri

Meýdan işlerine gidilmezden ozal, esalandyrmanyň talaplaryna laýyklykda teodolitlerde barlag işlerini geçirýärler.
Ölçeg işleriniň umumy tertibi şu aşakdakylardan durýar:
- wagtyň radiosignallaryny kabul etmek,
- ýer predmeti bilen ýyldyzlaryň arasyndaky kese burçy ölçemek,
- wagtyň radiosignallaryny ikinji gezek kabul etmek.

Her emelde ýer predmeti bilen ýyldyzlaryň arasyndaky Q kese burçuny ölçemegiň tertibi şu aşakdakylardan ybarat:

a) Çep tegelekde (sag tegelekde) ýer predmetine seretmek:

– mikrometr boýunça hasaba laýyklykda ýerli predmete kontaktly mikrometriň gozganýan sapajygy bilen 3 gezek ölçeg geçirmek:

- kese limbiň hasaplary:
- ýerli predmete gozganýan sapajygy bakdyrmak örküjiň nul-punktynyň ýakynynda geçirilýär, sebäbi mikrometr boýunça hasaplaryň absolýut bahalaryň 10-15 bölekden köp bolmazy ýaly.

Eger-de ýer predmetiniň zenit aralygy 90^0 – dan 1^0 – dan gowrak tapawut etse, onda ýapylma derejäniň hasaplary boýunça kese okuň ýapgytlygy kesgitlenilýär.

b) Çep tegelekde (sag tegelekde) ýyldyzlara seretmek:

- ýyldyzlary saýlamak we dürbini ýyldyzlara bakdyrmak:
- beýiklik boýunça dürbiniň aýlanma mehanizmini goşmak we motorjyga energiýa berýän zerur ululygy saýlamak;
- beýiklik boýunça dürbiniň aýlanyş tizligi, ýyldyzlaryň görünýän hereketi orta kese sapajyga we oňa ýakyn ýerde ugurdaş bolup geçmekligi üçin oturdylmalydyr; azimut we beýiklik boýunça teodolitiň ýagdaýyny düzetmek;
- hronografy we ýyldyzlaryň geçişine seretmegiň kontaktly mikrometriniň nurbatynyň iki-üç merkezi aýlawy arkaly goşmak:
- oturtma derejäniň hasaby:
- kese limbiň hasaby:
- $1^/$ takyklykda dik limbiň hasaby;

b). Dürbini zenitiň üstünden aýlap geçirmek we sag tegelek ýagdaýy üçin hasaplanan zenit aralygyny goýmak:

- teodolitiň ýokarky bölegini 180^0 öwürmek we dürbini şol bir ýyldyza bakdyrmak:

g) Sag tegelek (ST) boýunça b punktda görkezilen tertipde ýyldyzlara seretmek; şonda motorjyga berilýän energiýanyň ululygy, guralyň birinji ýagdaýyndaky ýaly bolmalydyr.

Ýagtyltgyja gözegçilik etmegiň mysaly ýazgysy 2-nji tablisada getirilýär.

2-nji tablisa

Teodolit У 5 № 1217

Punkt Watançy $\varphi_0 = 44^\circ\ 58'\ 40.0''$, $\lambda_0 = 3^h 16^m\ 34.50^s$ $M_z^\circ = 0^\circ 00'\ 00''$

Sene 25/26-05-2010 ý. $I^{D/2} = (Ç+S) - m$ $\tau = 3.60''$

$g = +\ 0.1''$

Ýyldyz αβ00 (345) $t^\circ = 19.7^\circ$ B = 741.5 mm

<table>
<tr><td rowspan="2">Hronometr</td><td colspan="2">Dereje</td><td colspan="2">Dik tegelek</td><td rowspan="2">Kese tegelek</td></tr>
<tr><td>Ç S</td><td>i</td><td>mikroskop 1</td><td>mikroskop 2</td></tr>
<tr><td>$15^h 02^m\ 05.5^s$
27.5
50.5</td><td>12.0 – 32.6

12.0 –32.6</td><td>+4.6

+4.6</td><td>27° 30’ 00”
00
30 00</td><td>31’ 33”
33
31 33</td><td>205,5 °</td></tr>
<tr><td>$T_H = 15^h 02^m\ 27.83^s$
$\Delta T_\alpha = -0.021^s \cos 27^\circ\ 31' = -0.02^s$
$T_H = 15^h 02^m\ 27.81^s$</td><td>12.0-32.6</td><td>+4.6</td><td>27° 30’ 46.5”
$I = \frac{\tau}{2} = +\ 8.3''$
L = 27° 30’ 54.8”
$M_z^\circ = 0\ 0\ 0.0''$
P = 0 00 28.5
gsin z = 0 0 0.0
$z'_{ölç} = 27^\circ\ 31'\ 23.3''$</td><td>$\rho_0 = 30.26''$
$\gamma = 0.9668$
B = 0.9757
$\rho = +0^\circ\ 0'\ 28.5''$</td><td></td></tr>
</table>

Ölçemeişleriň netijelerini işläp düzmek

Ölçeme işlerini işläp düzmeklik şu aşakdakylardan durýar:

- wagtyň radiosignallaryny kabul etmekligi işläp düzmek;
- hronografiki lentalary aýdyňlaşdyrmak;
- ölçeme žurnalyny işläp düzmek;
- doldurma deňlemeleriniň boş agzalaryny hasaplamak;
- kadaly deňlemäni düzmek we çözmek;
- deňlenen a_g, φ we λ (ψ we η)-niň bahalarynyň netijelerini çykarmak:
- alnan netijeleriň takyklygygny bahalandyrmak.

a) Wagtyň radiosignallaryny kabul etmekligi işläp düzmekligi ähli usullar üçin umumy bolan usulyýetde ýerine-ýetirýärler.

b) Ölçeg žurnalyny işläp düzmeklik şu aşakdaky tertipde ýerine-ýetirilýär:

abzalyň her ýagdaýy üçin (ÇT we ST) ýyldyzlary ölçemekligiň ortaça pursaty hasaplanylýar:

$$T_{L,R} = \sum T_{Li,} R_i / n$$

şeýle hem her kabul edilmede ýyldyzlary ölçemekligiň ortaça pursatyny şu aşakdaky formula boýunça hasaplaýarlar:

$$T_H = T_L + T_R / 2$$

Şol bir wagtyň öünde şu ululyklar $\Delta T = T_H - T_{LR}$ we 5,454 $(\Delta T)^2$, tizlik üçin ýyldyzlaryň azimutlarynyň düzedişlerini hasaplamak üçin zerur bolan ululyklar hasaplanýar;

- M ýerli predmet we N ýagtylgyçlaryň kese ugurlarynyň bahalary hasaplanylýar. Şonuň üçin žurnalda kese limb boýunça hasaplaryň ortaça bahalary hem-de ýerli predmete seredilende okulýarly mikrometriň hasaplarynyň ortaça bahalary, oturtma derejäniň hasaby boýunça kese okuň ortaça bahasy hasaplanylýar. Ýerli predmetiň ugry hasaplananda kese okuň ýapgytlygy üçin düzediş haçanda, ýerli predmetiň zenit aralygy 90^0 – dan 1^0-dan köpräk tapawut etse göz öňünde tutulýar. Eger-de kese okuň ýapgytlygyny kesgitlemeklik her ýarym emelde derejäni düzetmezden geçirilen bolsa, onda kese ugruň ortaça bahasy ortaça ýapgytlyk üçin düzedişler bilen şu aşakdaky formula boýunça düzedilýär.

$$\Delta N_{bort} = (Ç + S)_0 - (Ç + S) / x\ \tau / 2\ ctg\ Z_{ort} \qquad (55)$$

Kollimasiýanyň galyndy täsiri üçin ýyldyzlaryň kese ugrynyň düzedişlerini hasaplamak üçin şu aşakdaky formuladan peýdalanýarlar:

$$\Delta\ N_c = c^* / 2\ (cosec\ Z_R - cosec\ Z_L) = cq, \qquad (56)$$

bu ýerde

$$q = 1/2\ (cosec\ Z_R - cosecZ_L)$$

c^*- kollimasion ýalňyşlygyň belgisi we ululygy iki, üç ýyldyzlara seredip şu aşakdaky deňlemäniň esasynda kesgitlenilýär:

$$c^* = (A'_L - A'_R) - [N'_L - (N'_R \pm 180^0)] / cosecZ_L + cosec\ Z_R, \quad (57)$$

bu ýerde A'_L we A'_R – ÇT we ST üçin aýratyn hasaplanan ýagtylgyçlaryň azimutlarynyň bahalary; N'_L we N'_R – ÇT we ST – de kese okuň ýapgytlygyny hasaba almak bilen ýagtylgyçlara tarap kese ugruň bahalary.

Şeýlelik bilen ýyldyzlara seredilende bu ululyk:

$$q = 1/2\ (coses\ Z_R - coses\ Z_L)$$

elmydama kiçidir, onda düzedişleri hasaplamak üçin

$$\Delta N_c = cq$$

(c) – kollimasiýanyň özüniň bahasyny bilmek üçin duganyň birnäçe sekunt takyklygyna çenli takmynan bahasyny bilmek ýeterlikdir. M_i we N_i kese ugruň netijesini alanlaryndan soňra žurnalda Q'_i kese burçuň bahasyny şu aşakdaky formula boýunça hasaplaýarlar:

$$Q'_i = M_i - N_i$$

Ç) Düzedişleriň deňlemeleriniň boş agzalaryny hasaplamaklyk punktlaryň geodeziki ýa-da şertli koordinatalary boýunça şu aşakdaky formulalaryň kömegi bilen geçirilýär:

$$L_i = [a_0 - (A'_{oi} + \sum_{\delta Ai})] - Q'_i \; ; \qquad (58)$$
$$L_{ri} = [a_0 - (A'_{ri} + \sum_{\delta Ai})] - Q'_i \; ; \qquad (59)$$

bularda:

$$A'_{oi} = \text{arc ctg} (\sin \varphi_o \text{ x ctg } t_{oi} - \cos \varphi_o \text{ x tg } \delta_i \text{ x cosec } t_{oi}),$$
$$A'_{gi} = \text{arc ctg} (\sin B \text{ x ctg } t_{gi} - \cos B \text{ x tg } \delta_i \text{ x cosec } t_{gi}),$$

$$t_{oi} = T_{Hi} + U_o + W (T_{Hi} - x) - \alpha_i.$$
$$T_{ri} = T_{Hi} + U_г + W (T_{Hi} - x) - \alpha_i.$$

$$\Sigma_{\delta Ai} = \delta A_i + \Delta A_{wi} + \Delta A_{(ŞK - MX)},$$

bu ýerde δA_i – sutkalaýyn aberrasiýa üçin düzediş;
ΔA_{wi} – ýyldyzlaryň hereketiniň tizlenmesi üçin düzediş;
$\Delta A_{(ŞK - MX)}$ – kontaktyň giňligi üçin we öli ýörelge üçin düzedişler şu aşakdaky formulalar boýunça hasaplanylýar:

$$\Delta A = 0{,}32' \text{ x } \cos\varphi \text{ x } \cos A'N / \sin z \qquad (60)$$

$$\Delta A_w = 5{,}454\ d^2A / dt^2 \times (\Delta T/100)^2, \qquad (61)$$

bu ýerde

$$\Delta T = T_H - T_L \text{ ýa-da } \Delta T = T_H - T_R$$

$$T_H = T_L + T_R / 2, \qquad T_{L,R} = \Sigma T_{L,Ri} / n$$

$$\Delta A''_{(\text{ŞK-MK})} = (\pm \text{ŞK} - \text{MX})\ R''/2 \operatorname{cosec} Z \qquad (62)$$

1. Käbir näbellileri hasaplamak üçin standart formulalar.

$$\Delta a' = \Delta'_a / \Delta, \quad x = \Delta x/\Delta, \quad y = \Delta y/\Delta, \qquad (63)$$

bu ýerde

$$\Delta = [p]\ \Delta_{11} - [pb]\ \Delta_{12} + [p_c]\ \Delta_{13}$$

$$\Delta_a' = -\{[pl]\ \Delta_{11} - [pbl]\ \Delta_{12} + [pcl]\ \Delta_{13}\}$$

$$\Delta_x = -\{[pc]\ \Delta_{x31} - [pbc]\ \Delta_{x32} + [pcc]\ \Delta_{x33}\}$$

$$\Delta_y = -\{-[pb]\ \Delta_{x31} + [pbb]\ \Delta_{x32} - [pbc]\ \Delta_{x33}\}$$

$$\Delta_{11} = \begin{vmatrix} [pbb] & [pbc] \\ [pbc] & [pcc] \end{vmatrix} \qquad \Delta_{12} = \begin{vmatrix} [pb] & [pc] \\ [pbc] & [pcc] \end{vmatrix} \qquad \Delta_{13} = \begin{vmatrix} [pb] & [pc] \\ [pbb] & [pbc] \end{vmatrix}$$

$$\Delta_{x31} = \begin{vmatrix} [pb] & [pbl] \\ [pc] & [p_cl] \end{vmatrix} \qquad \Delta_{x32} = \begin{vmatrix} [p] & [pl] \\ [p_c] & [p_cl] \end{vmatrix} \qquad \Delta_{x33} = \begin{vmatrix} [p] & [pl] \\ [pb] & [pbl] \end{vmatrix}$$

Biziň ulgamymyz üçin kadaly deňlemeler şu aşakdaky ýaly bolar:

Δ_{11} = + 8,0496, Δ_{x31} = - 0,6423,
Δ = + 50,3226
Δ_{12} = + 0,4696, Δ_{x32} = - 26,6041,
$\Delta_a^{/}$ = - 204,0569
Δ_{13} = - 0,1070. Δ_{x33} = + 12,0454.
Δ_x = - 33,2473

Δ_y = + 61,2609
$\Delta_a^{/}$ = -204,0569 / 50,3226 = - 4,055$^{//}$,
x = - 33,2473 / 50,3226 = - 0,66$^{//}$
y = 61,2609 / 50,3226 = + 1,217$^{//}$

2. Takyklyk bahalary üçin standart formulalar.

a) agyrlyk birliginiň orta kwadratiki ýalňyşlyklary.

$$M=\sqrt{[pV^2]}/n-k, \qquad (64)$$

bu ýerde

$$[pw^2] = [ple] + [pl]\,\Delta a^{/} + [pbl]_x + [pcl]\,y$$

biziň mysalymyz üçin:

$$[pw^2] = 128.392 – 103.159 – 1,640 – 5,041 = 18,552$$
$$M = 1,43^{//}$$

b). Näbellileriň deňlenen bahalarynyň orta kwadratiki ýalňyşlygy.

$$M_a^{/} = M/\sqrt{p_a^{/}}\,; \quad m_x = M/\sqrt{p_x}\,; \quad m_y = M/\sqrt{p_y}\,; \qquad (65)$$

$$p_a^{/} = \Delta/\Delta_{11}; \qquad p_x = \Delta/\Delta_{22}; \qquad p_y = \Delta/\Delta_{33}; \tag{66}$$

$$\Delta_{11} = \begin{vmatrix} [pbb] & [pbc] \\ [pbc] & [pcc] \end{vmatrix}; \qquad \Delta_{22} = \begin{vmatrix} [p] & [p_c] \\ [p_c] & [p_{cc}] \end{vmatrix};$$

$$\Delta_{x33} = \begin{vmatrix} [p] & [pb] \\ [pb] & [pbb] \end{vmatrix} \tag{67}$$

Biziň mysalymyz üçin:

$\Delta_{11} = +\ 8,\ 049;$ $\qquad$ $\Delta_{22} = +\ 20,\ 9519;$

$\Delta_{33} = +\ 15,\ 1678$

$$p_a^{/} = 50,\ 3226\ /\ 8,\ 0496 = 6,\ 252;$$

$$p_x = 50,\ 3226\ /\ 20,\ 9519 = 2,\ 402$$

$$p_y = 50,\ 3226\ /\ 15,\ 1678 = 3,\ 318$$

$m_a^{/} = 1,\ 43^{//}\ /\ \sqrt{6,\ 252} = 0,\ 57^{//},$ $\qquad$ $m_x = 1,\ 43^{//}\ /\ \sqrt{2,\ 402} = 0,\ 92^{//}$

$$m_y = 1{,}43^{//}\ /\ \sqrt{3,\ 318} = 0{,}78^{//}$$

Gözlenýän ululyklaryň deňlenen bahalary.

$a^{/} = a_o + \Delta_a^{/} = 333^0\ 16^{/}\ 50{,}00^{//} - 4{,}06^{//} = 333^0\ 16^{/}\ 45{,}94^{//}$:

$m_a^{/} = 0{,}57^{//}$

Şu uguryň geodeziki azimuty.

$$A_g = a^{/} - 15\ (\lambda_0 - L)\sin B + \eta_0 \cos a^{/} - \zeta \sin a^{/}\ /\ \mathrm{tg}\ z_{\Delta}$$

$\lambda_0 - L = -\ 0{,}795^s,$ $\qquad$ $15\ (\lambda_o - L)\sin B = -\ 8{,}43^{//},$

$$\eta_o = 15\ (\lambda_o - L)\ x \cos B = -\ 8{,}44^{//};$$

$$\eta_0 \cos a^{/} - \psi_0 \sin a^{/}\ /\ \mathrm{tg}\ z_{\Delta} = -\ 0{,}03^{//},$$

$\psi_0 = \varphi_0 - B = +7{,}72''$, $\qquad$ $tg\, z_\Delta = 149{,}47$.

$a'_g = 333^0\, 16'\, 45{,}94'' + 8{,}43'' - 0{,}03'' = 333^0\, 16'\, 54{,}34''$,
$m_{ar} = 0{,}57''$.

1. Asma çyzygyň gyşarmasyny astronomo-geodeziki düzmek.

$Z = x + (\varphi_0 - B) = -0{,}66'' + 7{,}72'' = +7{,}1''$;
$\acute{\eta} = y + 15\,(\lambda_0 - L)\cos B = +1{,}22'' - 8{,}44'' = -7{,}2''$; $m_{\acute{\eta}} = 0{,}8''$;

2. Punktyň giňligi.

$\Phi = \varphi_0 + x = 44^0\, 58'\, 40{,}00'' - 0{,}66'' = 44^0\, 58'\, 39{,}3''$;
$m_\varphi = 0{,}9''$.

3. Punktyň uzaklygy.

$$\lambda' = \lambda_0 + \ 1y \sec\varphi = 3^h\, 16^m\, 34{,}500^s + 1{,}22'' = 3^h\, 16^m\, 34{,}615^s \quad (68)$$

$$m'_\lambda = \ \ 1 \ \ m_y \sec\varphi = 0{,}78'' = 0{,}074^s$$

11. Meridianlarda goşa ýyldyzlaryň ölçenen ujypsyz tapawutly zenit aralyklary boýunça giňligi kesgitlemek (Talkottanyň usuly)

Maksimal saldam bilen giňlikleri kesgitlemek üçin berlen usulda merdiandaky takmyndan deň zenit aralyklarynda ýerleşýän iki ýyldyzyň (biri demirgazykda, beýlekisi günortada) zenit aralyklarynyň tapawudy ölçenýär.

Gözegçilik üçin zenit aralyklarynyň tapawudy abzalyň dürbüsiniň görüş meýdanynyň işçi böleginden geçmeýän ýyldyzlar jübütini saýlap alýarlar, ýagny,

$$(Z_s - Z_n) < 20$$

Bu ýagdaýda zenit aralyklarynyň görkezilen ujypsyz tapawudyny (demirgazyk we günorta ýyldyzlaryň her bir jübütiniň) dik limbiň hasaplaryndan gaça durup dürbiniň okulýar mikrometriniň kömegi bilen ölçemeklik mümkin. Hakykatdan hem, goý $Z_s - Z_n$ ujypsyz tapawudy ölçemek üçin abzalyň dürbüsi jübütiň ortaça zenit aralygyna goýlan

$$Z_{or} = \frac{Z_S - Z_N}{2}$$

we bu ýagdaýda gysyjy nurbat bilen berkidilen bolsun. Berlen zenit aralygyna Teodolitiň dürbüsi dik limbiň ýakynlaşan L'_0 hasaby boýunça goýulýar ($1'$ çenli takyklykda).

Dürbini beýikligi boýunça berkitmek üçin, demirgazyk we günorta ýyldyz jübütlerine gözegçilik edilende, dürbi bilen Talkottanyň derejesi berk berkidilen. Onuň oky dik tegelegiň okuna parallel bolan tekizlikde ýatýar.

Jübütiň ýyldyzlarynyň zenit aralyklary ölçenende derejäniň okunyň gyşarmalarynyň absolýut bahalaryny bilmegiň wajyplygynyň ýoklugy, bu gyşarmalaryň tapawutlaryny bilmegiň zerurdygy üçin, şeýle derejäni ulanmaklyk has maksadalaýyk bolýar, sebäbi dürbiniň beýikligi boýunça ýagdaýynyň kiçijik üýtgemelerini birwagtda hasaba alýar.

Goý, ýyldyzlaryň teodolitiň kollimasiýasyz tekizliginden geçiş pursaty mikrometriň hereketli sapagyny gönükdirmek bilen ýerine ýetirilýän bolsun. Hasaplar M_s we M_N alynan we derejäniň okunyň gyşarma tapawudy $(i_S - i_N)$ kesgitlenen. Onda demirgazyk we günorta ýyldyzlaryň zenit aralyklarynyň ölçenen tapawudyny şu görnüşde hödürlemek mümkin.

$$\tfrac{1}{2}(Z_S - Z_M)\,\text{ölç.} = \tfrac{1}{2}\left\{[\angle'_0 + (M_S - 10^{\text{öw}})R] - [\angle'_0 + (M_N - 10^{\text{ÖW}})R] + (i_S - i_N)\,\tau/2 + (p_S - p_N)\right\}$$

ýa-da

$$\frac{1}{2}(\check{Z}_S - \check{Z}_N)ölç = \pm[(M_S - M_N)R/2 + (i_S - i_N)\tau/4] + \frac{1}{2}(p_S - p_N), \qquad (69)$$

bu ýerde mikrometriň hasaby ösýän bolsa ýaýyň öňündäki nyşan plýus, minus nyşan zenit aralyklaryň ulalmagy bilen hasaplar peselýän bolsa alynýar. Zenit aralyklarynyň ýarym tapawutlarynyň bahasyny (69) formula goýup x üçin aňlatmany alarys:

$$X = ½\,(\check{Z}_{On} - \check{Z}_{oS}) \pm [(M_S - M_N)\,R/2 + (i_S - i_N)\,\tau/4] + ½\,(P_S - P_N),$$

bu ýerde

$$\cos z'_{os,N} = ½\,[\cos(\varphi_o - \delta_{S,N})(1+\cos t_{S,N}) - \cos(\varphi_o + \delta_{S,N})\,(1-\cos t_{S,N})]$$

φ we ξ bahalary şu formulalardan tapylýar:

$$\varphi = \varphi_0 + x$$

$$\xi = x + (\varphi_0 - B)$$

Ýyldyzyň sagat burçunyň bahasy (t) < 15^s bolanda $\check{Z}_{os,\,N}$ ululygyny $0{,}03''$ geçmeýän ýalňyşlyk bilen hasaplamak mümkin.

$$Z_{OS} = \varphi_O - \delta_S,\quad Z_{ON} = \delta_N - \varphi_O,\quad Z_{oNort} = 180^0 - (\varphi_o + \delta_N). \qquad (70)$$

Bu ýagdaýda demirgazyk ýyldyz jübütini ýokarky we aşaky Kulminasiýalarda gözegçilik etmek üçin degişlilikde x hasaplamak üçin formulalar şunuň ýaly bolar.

$$X = ½\,(\delta_S - \delta) - \varphi_o \pm [(M_S - M_N)R/2 + (i_S - i_N)\,\tau/4] + ½\,(P_S\ P_N) \qquad (71)$$

$$X=90^0-\varphi_0-1/2(\delta_N-\delta_S)\pm[(M_S-M_N)R/2+(i_S-i_N)\tau/4]+½(P_S-P_N).(72)$$

Giňligi kesgitlemegiň takyklygyny ýokarlandyrmak maksady bilen ýyldyzlaryň her bir jübütine gözegçilik etmeklik köpgezeklik geçirilýär. Şunuň bilen birlikde her bir gözegçiligi meridiana redusirlemeli we soňra ähli gözegçiliklerden ortaçany almaly ýa-da zenit aralygy boýunça ýyldyzyň hereketiniň tizlenmesine düzedişler bilen düzedip netijeleriň ortaça bahalaryny hasaplamagy geçirmeli.

Beýleki usullardan tapawutlylykda berlen usulda ýyldyzlara köp gezeklik gözegçilik etmeklik dürbiniň azimut boýunça üýtgewsiz ýagdaýynda ortaky dik sapakdan däl-de, ondan has uzaklaşmagynda geçirilýär. Bu ýagdaýda tizlenme üçin düzedişden başga-da kollimasiýa tekizliginden gapdalda ýagtyltgyja gözegçilik etmek üçin düzedişi hasaba almak zerur.

Meridiandaky ýyldyz jübütiniň ölçenen ujypsyz tapawudy boýunça giňligi kesgitlemek ideýasy daniýaly astronom P. Garryboua (1740 ý.) degişlidir.

Tejribelik üçin bu usuly işläp düzmekligi we zenit – teleskopyň kömegi bilen ilkinji gözegçilik etmegi amerikan geodezisti A.Talkotta 1940-1950 ýyllarda ýerine ýetirdi. Şol wagtdan bäri bu usula Gorrebou – Talkottanyň, köplenç bolsa Talkottanyň usuly diýilýär. Abzalyň dürbüsine berkidilýän derejä hem Talkottanyň derejesi diýilýär.

Ýyldyzlaryň jübütiniň zenit aralyklarynyň tapawudy bu usulda 20 geçmeýändigi üçin refraksiýa, dürbiniň egrelmegi üçin ýalňyşlyklar we dik tegelegiň hasaplary bilen bagly ýalňyşlyklar Has dolulygyna aradan aýrylýar. Usul gözegçilik etmek üçin ýönekeý we hasaplamalary çylşyrymly däl. Şonuň üçinem dünýäniň ähli ýurtlarynda ýokary takyklykda giňlikleri kesgitlemek üçin giňden ulanylýar. Biziň ýurdumyzda bu usuly Lanlasyň punktlarynda giňlikleri kesgitlemek üçin ulanylýar.

AU $2^{//}/10^{//}$ astranomiki teodolitleriniň kömegi bilen gözegçilik edilende bir jübüt ýyldyz boýunça giňligi kesgitlemegiň orta kwadratiki ýalňyşlygy $0,7\text{-}0,8^{//\text{-}}0,3^{//}$ orta ýalňyşlyk bilen punktyň giňligini kesgitlemek üçin 10-12 ýyldyz jübütine gözegçilik etmek zerur bolýar. Şeýle takyklykda У5 astronomiki teodolit bilen kesgitlemek üçin 16-18 jübüt ýyldyzy synlamak zerur bolýar.

12. Deň beýiklikde goşa ýyldyzlary synlap, uzaklygy (wagty) kesgitlemek (Singeriň usuly)

Bu usulda, edil beýleki usullar ýaly, deň beýiklik düzginine esaslanan astronomiki kesgitlemelerde, ýagtylgyçlaryň zenit aralygyny ölçemegiň netijelerine täsir edýän, refraksiýa, abzalyň dürbisiniň gyşarmasy we beýleki ýalňyşlyklaryň täsiri doly aradan aýrylýar. Deň beýiklikde goşa ýyldyzlara seretmeklige sarp edilýän wagt bary-ýogy 5 minyt.

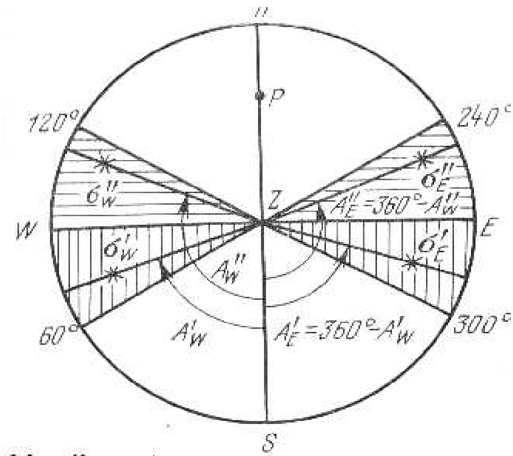
Şeýle gysga aralykly wagtyň dowamynda daşky şertleriň we teodolitiň özara ýagdaýlarynyň ähmiýetli üýtgemelerinden howatyr almasaňda bolar. Ondan başga-da ölçegler işlenilip düzülende goýulýan zenit aralyklarynyň yzygiderli düzedişleriniň ähli jemi her goşa ýyldyzyň ölçenýän zenit aralygynyň tapawudynda aradan aýrylýar. Şonuň üçin deň beýiklikde goşa ýyldyzlara seredip uzaklygy kesgitlemegiň bu usuly iň takyk usullaryň biridir. Bu usul Laplasyň punktlarynda 65^0 –a çenli giňlikler üçin wagty (uzaklygy) kesgitlemekde esasy usul hökmünde esaslandyrma boýunça hödürlenilýär.

Deň beýiklikde goşa ýyldyzlara seredip wagty kesgitlemek usulynyň hödürlemesi öňden bäri bellidir. Ony 1780-nji ýylda nemes astronomy Kýoler hödürleýär. Ondan soňra bu usul bilen köp alymlar meşgullandy. Ýöne nazary nukdaý nazaryndan peýdaly bu usuly tejribede ulanmaklyga takmynan 100 ýyl gerek boldy. Bu usulyň ähli taraplaýyn barlagy we işläp düzmekligi Pulkowo obserwotoriýasynyň astronomy N. Ýa. Singer 1874-ýylda ýerine – ýetirdi. Şol barlagdan soňra bu usul Singeriň usuly diýen ada eýe boldy.

Bu usulda, deň beýiklikde synlanan ijübüt ýyldyz üçin iki sany deňlemäni ýazýarys:

$$a\xi + b_1 x + c_1 y + li = W_1 \qquad (73)$$
$$a\xi + b_2 x + c_2 y + li = W_2,$$

bu ýerde $p_x = p_y$ - deňlenen (y)-iň bahasynyň saldamy ýokary bolar ýaly goşa ýyldyzlary saýlamagyň şertini goýýarlar, ýagny: $p_y = max$ (73).



20- nji surat.

Her goşa ýyldyzlarda (y)-iň deňlenen bahalarynyň agramy ýokary bolmagy üçin, birinji diklikde zenitiň iki tarapyndan hem seretmeklik zerur bolup durýar. Bu ýagdaýda şu aşakdakyny almak bolar:

$$P_{ymax} = [\sin^2 A] = 2 \qquad (74)$$

Goşa ýyldyzlaryň sanyny ulaltmak üçin we punktda işiň üznüksizligini üpjün etmek üçin birinji diklikden azimut boýunça 30^0 aralykda ýerleşýän ýyldyzlary saýlap almaly bolýar. Bu ýagdaýda p_y uly agramy almak üçin, $P_y = [\sin^2 A] - [\sin A]^2/n - \{ [\cos A \sin A] - [\cos A]\,[\sin A]$

P_y agramyň (4) umumy formulasynyň esasynda şu aşakdaky şertiň saklanmagy zerurdyr:

$$[as] = [\sin A] = 0 \tag{75}$$

$$[bc] = [\sin A \times \cos A] = 0$$

bu bolsa goşa ýyldyzlar üçin meridianlara baglylykda azimutlar boýunça ýyldyzlary saýlamagyň simmetriki şertini aňladýar. Ýyldyzlaryň azimutlar funksiýasynda simmetriki şerti şu aşakdaky görnüşe eýe bolar (20-nji surat):

$$A_E = 360^0 - A_W \tag{76}$$

(75) we (76) simmetriklik şerti saklananda ýyldyzlaryň her bir jübüti üçin P_{yi} saldamyň bahasy şu formula arkaly kesgitlener

$$P_y = [\sin^2 A] = 2 \sin^2 A_w. \tag{77}$$

Ýyldyzlar jübütiniň azimutlaryna baglylykda P_y saldamlary 3-nji tablisada görkezilen.

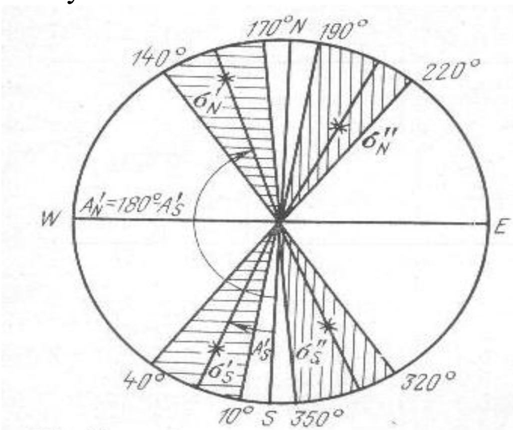
3-nji tablisa

A_w	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°
P_y	1.18	1.50	1.77	1.94	2.00	1.94	1.77	1.50	1.18

13. Deň beýiklikde goşa ýyldyzlary synlap giňligi kesgitlemek. Pewsowyň usuly

Deň beýiklikde goşa ýyldyzlary synlap giňligi kesgitlemek usuly edil Singeriň usuly ýaly bir almukantaratda n ýyldyzlara gözegçilik edip φ we λ bilelikde kesgitlemek usulynyň hususy ýagdaýy bolup durýar.

Giňligi kesgitlemek usulynyň deň beýiklikde ýerleşýän iki ýyldyza gözegçilik etmekden uzaklygy kesgitlemek usulyndan tapawudy diňe bu ýyldyzlary azimutlary boýunça saýlap almakdan durýar. Eger-de uzaklygy kesgitlemek usulynda jübütdäki ýyldyzlary saýlap almaklyk p_y = max şertinde amala aşyrylýan bolsa, onda giňligi kesgitlemek usulynda jübütdäki ýyldyzlary saýlamaklyk p_x = max şertinde ýerine ýetirilýär.



21-nji surat.

Bu şerte ýetmek üçin saldamyň formulasyna laýyklykda her bir jübütde ýyldyzlary zenitden iki tarapa Meridianda gözegçilik etmek zerur bolýar.

$$P_{x\,max} = [\cos^2 A] = 2 \qquad (77)$$

Emma görünýän ýyldyzlar sutkalyk hereketlerde meridianda gözýetimiň tekizligine parallellikde süýşýärler, şol sebäpli ýyldyzlaryň toruň kese sapagyndan geçişine gözegçilik etmek mümkin däl. Mundan başga-da gysga wagt pursatynda deň zenit aralykly meridianda ýyldyz jübütini saýlamak mümkin däl. Şonuň üçinem tejribelikde her bir jübütdäki ýyldyzy meridianyň golaýynda, ondan 10^0-dan 40^0 çenli burç uzaklaşmasynda saýlap alýarlar. Şunuň bilen birlikde mümkin bolan has uly p_x saldamy üpjün etmek üçin saldam formulasyna laýyklykda jübütdäki ýyldyzy saýlamaklyk.

$$[ab] = [\cos A] = 0 \qquad [bc] = [\sin A \cos A] = 0 \qquad (78)$$

şertler ýerine ýetirilende amala aşyrylýar, olar bolsa ýyldyz jübütiniň birinji wertikalyň tekizligine görä simmetriki ýerleşmegini aňladýar. Ýyldyz jübütiniň azimutlar funksiýasynda birinji wertikala görä simmetriklik şertleri şu görnüşe eýe bolýar.

$$A_s = 180^\circ - A_N, \; A_s = 540^\circ - A_N. \qquad (79)$$

Jübütlerdäki ýyldyzlary birinji wertikala görä saýlamagyň simmetriklik şertiniň çyzgydaky şekili 21-nji suratda görkezilen. (78) we (79) simmetriklik şerti ýerine ýetirilende p_x saldamyň san bahasy her bir ýyldyz jübüti üçin şu formuladan kesgitlener.

$$P_{x\,max} = [\cos^2 A] = 2\cos^2 A_N. \qquad (80)$$

Iki deňlemäniň esasynda, (79) şertler ýerine ýetirilende, her bir ýyldyzlar jübüti üçin x baha şunuň ýaly bolar

$$x_i = -\frac{[bl]}{[bb]}, \quad P_{xi} = 2\cos^2 A_N \text{ saldamy bilen.} \qquad (81)$$

Ýyldyzlar jübütiniň azimutlaryna baglylykda p_x saldamlar 4-nji tablisada görkezilen.

4-nji tablisa

A_N	10^0 350^0	20^0 340^0	30^0 330^0	40^0 320^0
P_X	1,94	1,77	1,50	1,18

Ýyldyzlaryň n jübütini synlamakdan X – iň deňleşdirilen bahasy bolýar.

$$X_{or} = \Sigma X_i P_{xi} / \Sigma P_{xi} \quad P_{xor} = [P_{xi}] \text{ saldamy bilen.} \qquad (82)$$

Punktyň giňliginiň deňleşdirilen bahasy bolar.

$$\varphi' = \varphi_0 + P_\varphi = P_{xor} \text{ saldamy bilen1.} \qquad (83)$$

Giňligiň alnan bahasy punktyň merkezine we orta polýusa eltilýär. Takyklyga baha bermeklik şu formulalar boýunça amala aşyrylýar:

Saldam birliginiň orta kwadratiki ýalňyşlygy

$$M_x = \sqrt{[p_{xi} W^2_{xi}]} \qquad (84)$$

bu ýerde $W_{xi} = X_{or} - X_i$; n – işläp düzmeklik üçin kabul edilen ýyldyzlar jübütiniň sany;

Giňligiň deňleşdirilen bahalarynyň orta kwadratiki ýalňyşlygy

$$M_\varphi = M_{xor} = \frac{M_x}{\sqrt{[p_{xi}]}} \qquad (85)$$

Deň beýiklikde goşa ýyldyzlary synlamakdan giňligi kesgitlemek usulynda, edil uzaklygy (giňligi) kesgitlemek usulyndaky ýaly refraksiýa, dürbiniň egrelmegi we başga-da yzygiderli ýalňyşlyklar bilen bagly, ýagtyltgyçlaryň zenit aralyklaryny kesgitlemegiň netijelerine täsir edýän ýalňyşlyklar aradan aýrylýarlar. Şonuň üçinem ol giňlikleri kesgitlemek usullarynyň içinde iň takyklarynyň biri hasaplanar. Her bir ýyldyzy we jübütleri bütinlikde gözegçilik etmegiň 15^m çenli uzalmagy bu usulyň ýetmezçiligine girýär. Bu ýagdaý ýyldyzlaryň meridiana golaý içmegini synlamak şertleri bilen düşündirilýär. Eger-de teodolitiň komplektinde toruň sapaklarynyň arasyndaky aralyklar, 90-100$^{//}$ bolan adatylara derek 50$^{//}$ - 60$^{//}$ çenli kiçeldilen okulýar mikrometrlerini alsak onda bu ýetmezçilikleri has doly gowşatmaklyk mümkin.

AU 2$^{//}$/10$^{//}$ teodolitleriň kömegi bilen ýyldyzlaryň bir jübüti boýunça giňligi kesgitlemegiň orta kwadratiki ýalňyşlygy m_x = 0,8$^{//}$ deň bolýar. 1 we 2 klasly punktlaryň giňligini kesgitlemek üçin (m_φ = 0,3$^{//}$) instruksiýa 12-15 jübüt ýyldyzlara gözegçilik etmegi maslahat berýär. Şunlukda giňligiň gutarnykly netijesiniň garaşylýan ýalňyşlygy

$$M_\varphi = 0{,}22^{//}$$

bolar.

Giňligiň gutarnykly netijesiniň saldamy $P_\varphi = [p_{xi}] = 25$ bolar.

Deň beýiklikdäki ýyldyzlar jübütini synlamakdan giňligi kesgitlemek usuly gadym wagtdan bäri belli bolup, ony belli fransuz geodezistti we astranomy Mopertýuý hödürledi (1740ý). Emma, tejribelik üçin işläp düzmeklik zenit-teleskop, astranomiki teodolit we dürbä berkidilýän ýokary hilli derejeler döredilenden soňra XIX asyryň ikinji ýarymynda mümkin boldy. Bu usuly Orsyýetde ilkinji bolup 1870 ýylda professor Federenko ulanypdyr, emma ol jübütlere amatsyz şertlerde gözegçilik edipdir.

14. Ýyldyzlar arkaly kese ugurlary ölçemek

Astranomiki kesgitlemeleriň azimutal usullarynda ýagtyltgyçlara kese ugurlar ölçenýän ululyklar bolup durýar. Eger-de ýerli predmete bolan ugryň azimutyny kesgitlemek meselesi çözülýän bolsa, onda ýerli predmete bolan kese ugur hem goşmaça ölçenýän ululyk bolup durýar. Bu ýagdaýda gözegçiligiň ulanýan usulyýetine baglylykda ölçenýän ululyk hökmünde ýagtyltgyjyň wertikalynyň we predmetiň wertikalynyň arasyndaky kese burçy hasaplamak mümkin.

22-nji suratda abzalyň kese tegelegi astranomiki gorizontyň tekizligi bilen gabat getirilen, tegelegiň merkezi bolsa z zenitiň proýeksiýasy bilen gabat getirilen. NS günorta çyzyk meridianyň tekizliginiň gorizontyň tekizligini kesýän yzyny emele getirýär. Kese tegelegiň şu ugrukdyrylmasynda alarys:

O - limbiň nul diýametri (nul ugur).

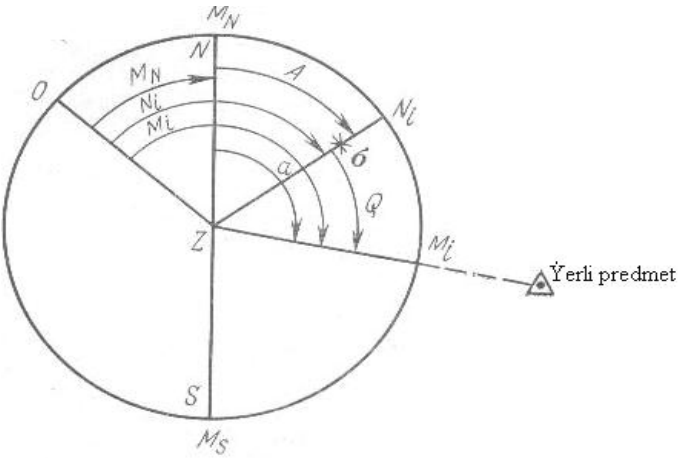
M_N – demirgazygyň orny – demirgazyk ugra laýyk gelýän limbdäki hasap (kese ugur).

M_S – Günortanyň orny, $M_S = M_N + 180^0$,

N_i - b ýagtyltgyja bolan kese ugur.

M_i – Ýerli predmete bolan kese ugur.

Q – Ýagtyltgyjyň wertikallarynyň we predmetiň arasyndaky kese burç.



22-nji surat.

Ölçenen kese ugurlaryň funksiýalarynda demirgazyk nokatdan hasaplanýan ýagtyltgyjyň azimuty

$$A = N_i - M_N \qquad (86)$$

formula boýunça kesgitlenýär.

Teodolitiň dürbüsiniň zenitden aýlanmagy M_N–iň öňündäki alamat üýtgemeýär. Şonuň üçinem iki tegelekde edilen gözegçilikden alynan M_N ululyk A-nyň ortaça bahasynda aradan aýrylmaýar.

Ýerli predmete ugurlaryň azimutyny şu görnüşde ýazyp bolar.

$$a = M_i - M_N, \tag{87}$$

bu ýerde

$$M_N = N_i - A,$$

ýa-da

$$a = A + Q, \tag{88}$$

bu ýerde

$$Q = M_i - N_i$$

Ýagtyltgyja bolan kese ugurlary ölçemegiň aýratynlygy, edil zenit aralyklar ölçenendäki ýaly, nyşanlama usulyýeti bilen baglanşyklydyr. Sebäbi ýagtyltgyçlaryň gözýetim koordinatalary Ýeriň öz okunyň daşyndan aýlanmagy sebäpli üznüksiz üýtgeýärler, onda ýagtyltgyja kese ugurlary ölçemegi wagtyň kesgitli bir hasaplama ulgamynda geçirmek zerur.

Şuňa baglylykda ýagtyltgyjy nyşanlama işi dik sapagy ýagtyltgyja nyşanlama pursatynda ýa-da teodolitiň azimuty boýunça gozganmaýan dürbüsinde dik sapakdan ýagtyltgyjyň geçýän pursatynda hronometriň hasap görkezmeleri bilen bagly.

Dik sapagy ýagtyltgyja hronometriň urgularynyň hasaby astynda nyşanlamak arkaly ýerine ýetirilende diňe polýusa golaý ýyldyzlary synlamak üçin (meselem polýar) we ýagtyltgyjyň azimutynyň üýtgemegi has haýal geçýän ýyldyzyň elongasiýa ýagdaýynda ulanmaklyk maksadalaýykdyr.

Teodolitiň dürbüsiniň gozganmaýan dik sapagyndan ýagtyltgyjyň geçýän pursatlaryna gözegçilik etmek arkaly nyşanlamagy ähli ýagdaýlarda, haçanda gözegçilik edilýän ýagtyltgyjyň azimuty ýeterlik çalt üýtgände ulanmaklyk zerurdyr.

Edil ýagtyltgyçlaryň zenit aralyklary ölçenendäki ýaly, gözegçiniň hususy ýalňyşlyklaryny gowşatmak üçin kese ugurlary ölçemekde ýagtyltgyja nyşanlamagy galtaşma mikrometriniň (nyşanlamanyň ýarymawtomatiki usuly) ýa-da ýyldyzlaryň geçmegini fotoelektriki hasaba almaklygyň (nyşanlamanyň awtomatiki usuly) kömegi bilen ýerine ýetirmeklik maksadalaýykdyr.

Nyşanlama usulyýeti bilen bagly aýratynlyklardan başga ýagtyltgyja kese ugurlary ölçemeklik gorizontyň golaýynda däl-de, ähli mümkin bolan zenit aralyklarynda geçirilýär. Şonuň üçinem ýagtyltgyçlara ölçenen kese ugurlary, teodolitiň kese okunyň ýapgytlygy üçin, kollimasiýa ýalňyşlygynyň täsiri üçin, dürbiniň gapdal egrelmegi üçin, sapfalaryň ýalňyşlygy üçin we gözegçilik edilýän ýagtyltgyçlaryň zenit aralyklaryna bagly bolan başga ýalňyşlyklar üçin düzedişler bilen aýratyn üns bilen düzetmek zerurdyr.

Kese limbiň diametrleriniň yzygiderli we tötänleýin ýalňyşlyklarynyň täsirlerini aradan aýyrmaklyk emelleriň arasynda tegelegi goýmagyň maksadalaýyk meýilnamany saýlap almak arkaly amala aşyrylýar. Mundan başga-da limbden hasaplar alynmaýan usullary ulanmak arkaly olary aradan aýyrýarlar.

Abzal ýalňyşlyklaryndan başgada kese ugurlary ölçemegiň netijelerine ýalňyşlyklaryň daşky çeşmeleri (gapdal refraksiýa sütüniň towlanmagy) we gözegçiniň hususy ýalňyşlyklary täsirlerini ýetirýärler. Astranomiki kesgitlemeleriň azimutal usullarynda gözegçiligiň gurlan usulyýetde bu ýalňyşlyklary aradan aýyrmak ýa-da gözegçiligiň netijelerinde olary hasaba almak zerur.

15. Astronomiki kesgitlemelerde azimutal usulyň umumy nazaryýeti

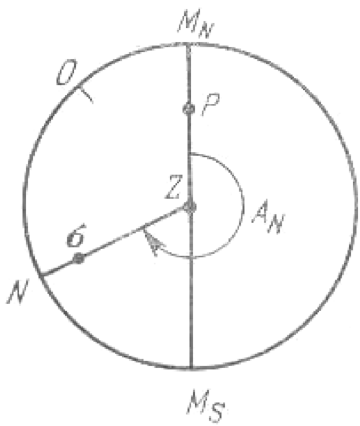
Astronomiki kesgitlemeleriň azimutal usullarynyň nazaryýetiniň esasyna, bize öňden belli bolan, ýyldyzlara görä taraplaryň azimutlary, φ giňlikleri we hronometriň (U) düzedişleriniň arasyndaky gatnaşyk deňlemesi goýlandyr

$$cgA = \sin \varphi \times ctgt - \cos \varphi \times tgbx \operatorname{cosec} t, \qquad (89)$$

bu ýerde

$$t = T_H + U - a,$$

δ – ýyldyzlaryň gyşarmasy, T_H – ýagtyltyltgyja gözegçilik pursaty, T – sagat burçunyň bahasy.



23-nji surat.

Sebäbi geodeziýada we beýleki amaly ylymlarda taraplaryň azimutlary nokadyň demirgazyk tarapyndan hasaplanylýar, şonuň üçin şu ýagdaý bilen ylalaşmak maksady bilen indikide ähli netijeleri geçirmek üçin taraplaryň azimutlaryny nokadyň demirgazyk tarapyndan sagat strelkasy boýunça 0^0 – dan 360^0 – a çenli hasaplaýarys. Şeýle meseleleri ýerine-ýetirmek üçin, ýyldyzlaryň azimutlaryny, ýyldyzlara görä ölçenen taraplaryň funksiýalary hökmünde kabul edip, olaryň sagat burçlaryny funksiýada hronometrden alnan görkezmeden alyp, şu aşakdakyny ýazmak bolar:

$$A'_1 = N'_1 – M_N,\ A'_2 = N'_2 – M_N,\quad A'_3 = N'_3 - M_N, \qquad (90)$$

bu ýerde $N'_1,\ N'_2,\ N'_3$ – ýyldyzlara görä taraplaryň ölçenen bahalary; M_N – abzalyň kese limbindäki demirgazygyň ýeri.

$$\begin{aligned} t_1 &= T_1 + U + \omega\,(T_1 – x) – \alpha_1; \qquad (91)\\ t_2 &= T_2 + U + \omega\,(T_2 – x) – \alpha_2;\\ t_3 &= T_3 + U + \omega\,(T_3 – x) – \alpha_2, \end{aligned}$$

bu ýerde $T_1\ T_2\ T_3$ – ýyldyzlara seredilen pursatynda hronometriň görkezmesi; X – (U) – düzedişini kesgitlemek üçin hronometr boýunça pursat; ω- hronometriň sagat ýörelgesi

$$\begin{aligned} k' &= t_2 – t_1 = (T_2 – T_1) + \omega\,(T_2 – T_1) – (\alpha_2 - \alpha_1)\\ k' &= t_3 – t_1 = (T_3 – T_1) + \omega\,(T_3 – T_1) – (\alpha_3 - \alpha_1) \qquad (92) \end{aligned}$$

Şu aşakdakylary alarys:

$$\begin{aligned} t_1 &= t_1\\ t_2 &= t_1 + k'\\ t_3 &= t_1 + k'' \qquad (93) \end{aligned}$$

Ýokarda görkezilen gatnaşyk deňlemesiniň esasynda (90), (91), (92) we (93)- nji deňlemeleri hasaba alyp, her 3 sany seredilen ýyldyzlar üçin şu aşakdakylary alarys:

$$ctg\,(N'_1 – M_N) = \sin\varphi \text{ x } ctg\, t_1 – \cos\varphi \text{ x } tg\,\delta_1 \text{ x } cosec\, t_1$$
$$ctg\,(N'_2 – M_N) = \sin\varphi \text{ x } ctg\,(t_1 + k') - \cos\varphi \text{ x } tg\,\delta_2 \text{ x}$$

$\operatorname{cosec}(t_1 + k')$:

$\operatorname{ctg}(N'_3 – M_N) = \sin\varphi \text{ x } \operatorname{ctg}(t_1 + k') - \cos\varphi \text{ x } \operatorname{tg}\delta_3 \text{ x}$

$\operatorname{cosec}(t_1 + k')$: (94)

(94)-nji deňlemäniň ulgamyny çözüp, φ, t_1 we M_{N-4} tapyp bileris, ondan soňra t_1 üçin (93)- nji deňlemeden peýdalanyp (U)- ny taparys.

(94)- nji deňlemäniň ulgamyny çözmeklik gutarnykly görnüşde örän çylşyrymly we ol tejribe ähmiýetine eýe bolup bilmez. Eger-de φ_0, U_0, we M^0_N öňki bahalaryndan peýdalanylsa we onuň çözülşine differensial formulalaryň kömegi bilen girişilse, meseläni örän ýeňlleşdirip bolar.

Şondan çen tutup:

$$t_1 = T_i + \omega (T_i - x) + U_0 + \Delta U – \alpha_i = t_{oi} + \Delta U, \qquad (95)$$

bu ýerde

$$t_{oi} = T_i + U_o + \omega (T_i – x) – \alpha_i \quad \text{we} \quad \varphi = \varphi_o + \Delta\varphi,$$

Astronomiki kesgitlemeleriň tejribesinde $\Delta\varphi$ we ΔU-nyň ähmiýeti örän kiçi hökmünde kabul edilmegi mümkin. Şonuň üçin hatarlara paýlananda tejribe maksatlary üçin, birinji derejeli $\Delta\varphi$ we Δu saklaýan agzalary bilen çäklenmek ýeterlikdir, ýagny

$$A_i = A_{oi} + (\partial A / \partial\varphi)_i \Delta\varphi + 15 (\partial A / \partial t)_i \Delta U \qquad (96)$$

(96)-njy deňlemeden şu aşakdakylary almak bolar.

$$A_{oi} = \operatorname{arctg} (\sin\varphi_o \operatorname{ctg} t_{oi} – \cos\varphi_o \operatorname{tg}\delta_i \operatorname{cosec} t_{oi}) \qquad (97)$$

$$(\partial A / \partial\varphi)_i = \sin A_i \operatorname{ctg} \check{z}_i \qquad (98)$$

$$(\partial A / \partial t)_i = \cos\delta_i \text{ x } \cos q_i/\sin z_i = \sin\varphi_0 – \cos\varphi_0 \operatorname{ctg}_i \cos A_{oi} \qquad (99)$$

Eger-de dürli dikliklerde n ýyldyzlary ölçemeklik işleri geçirilen bolsa, onda-da n > 3 bolsa, şonda üç sany näbellini kesgitlemek üçin n – 3 deňleme düzedişlerinden artyk sanymyz bolmalydyr. Kiçi inedördül usuly boýunça n doldurma deňlemelerinden bu sistemany çözüp, kesgitlenilýän ululygyň ähtimallyk ähmiýetini tapýarys we olaryň netijeleriniň takyklygyny bahalap bileris. Astronomiki kesgitlemeleriň azimutal usulynyň umumy meselesini çözmegiň esasy ýoly şulardyr.

16. Azimutal synlamanyň reduksiýasy

Sutkalyk aberrasiýanyň netijesinde σ ýagtyltgyç σE' uly tegelegiň ýaýy boýunça, öz apeksine - E nokada

$$\sigma\sigma' = 0.32 \cos \varphi \sin \sigma E \tag{100}$$

süýşýär.

α we δ görünýän koordinatalar sutkalyk aberrasiýa üçin düzedişler hasaba almazdan hasaplananda A'_N azimuty alarys. Eger-de koordinatalar düzedilen bolsady, onda A_N azimuty alardyk.

Sutkalyk aberrasiýanyň täsiri üçin ýagtyltgyçlaryň koordinatalaryna däl-de azimutyna girizmek ýönekeýräk. Şunuň bilen birlikde azimut üçin düzediş

$$\delta_A = A_N - A'_N$$

bolar, bu ýerden

$$A_N = A'_N \pm \delta_A. \tag{101}$$

Zσσ' sferiki üçburçlykdan alarys

$$\sin \delta_A = \frac{sin\sigma\sigma' sinz\sigma' E}{\sin z},$$

bu ýerden δ_A we σσ' kiçidigi üçin alarys

$$\delta_A = \frac{\sigma\sigma' sinz\sigma' E}{\sin z} = \frac{0.32'' \cos\varphi \; sin\; \sigma' E \sin \sigma' E}{\sin z}.$$

Zσ'E üçburçlykdan alarys

$$\sin \sigma' E \sin Z \sigma' E = \sin ZE \sin EZ \sigma' = \cos A'_N$$

we, diýmek

$$\delta_A = \frac{0.32'' \cos\varphi \; cosA_N'}{\sin z}. \qquad (102)$$

(101) we (101) formulalar boýunca sutkalyk aberrasiýanyň täsiri üçin azimuta düzediş hasaplanýar. Düzedişiň alamaty $\cos A'_N$ alamaty bilen kesgitlenýär.

17. Dürli diklikde we dürli zenit aralyklarynda azimuty, giňligi we uzaklygy bilelikde kesgitlemek

Dürli dikliklerde (wertikallarda) we dürli zenit aralyklarynda azimuty, giňligi we uzaklygy bilelikde kesgitlemek usullary takyklygy boýunça ýagtyltgyçlara dürli belentliklerde ýa-da bir wertikalyň tekizliginde gözegçilik etmek usullaryndan pes gelýär. Emma bu toparyň usullary gözegçiligi ýerine ýetirmek boýunça has çeýe hasaplanýar. Olar, adatça ýagty ýyldyzlara köp gezeklik gözegçilik etmäge esaslanýar. Ol bolsa agyr meteorologiki şertlerde we günüň ýaşmadyk şertlerinde bu usuly üstünlikli ulanmaga mümkinçilik berýär. Şonuň üçinem bu toparyň usullary polýar günleri döwründe ýokary giňliklerde işler ýerine ýetirilende ulanmaklyk has-da maksadalaýykdyr.

Günüň pes belentliginde Polýar günleri döwründe ýagtylygy güýçli göçme abzallaryň kömegi bilen 3,0-3,5 ýyldyz ululygyndaky ýyldyzlara gözegçilik etmek mümkin bolup durýar. Astranomiki ýyllykda şeýle ýyldyzlar 130 sanydyr. Olardan 50-60 sanysy günüň islendik wagtynda gözegçilik etmäge ýaramlydyr.

Bu usulda gözegçilikler ýerine ýetirilende yzygiderli her gije gözegçiliklerde iki sagatdan seýrek bolmadyk wagtda takyk wagtlaryň radiosignallary kabul edilýär.

φ_0 we λ_0 şertli koordinataly gözegçilikler işlenip düzülende her bir ýagtyltgyç üçin şu görnüşdäki düzedişler deňlemesi düzülýär.

$$\Delta' a + b_i\, x + c_i\, y + l_i = W'_i, \qquad p_i = \sin^2 \check{z}_i$$

saldamly, (1)

$$l_i = [a_0 - (A'_{oi} + \Sigma_i)] - Q'_i \qquad (103)$$

Şunuň bilen birlikde ýagtyltgyjyň şertli deňlemesi ýagtyltgyja gözegçilik etmegiň T_{Hi} ortaça pursaty bilen (her bir emeldäki) halaplanýar we tizlenme üçin düzediş bilen düzedilýär.

B we L geodeziki koordinataly punktlarda hasaplamalar ýerine ýetirilende her bir ýagtyltgyç üçin (ýagtyltgyjyň sany üçden az bolmaly däl).

$$\Delta_{ai}' + b_i\, \xi + C_i\, \eta + l_i = W'_i, \quad p_i = \sin^2 \check{Z}_i \quad \text{saldamy bilen,} \quad (104)$$

bu ýerde

$$l_i = [a_o - A_{ri} + \Sigma_i)] - Q'_i \qquad (105)$$

görnüşli düzedişler deňlemesi düzülýär.

Düzedişler deňlemesiniň koeffisientlerini we saldamlaryny, şeýle hem ölçenýän ugurlara düzedişleri hasaplamak üçin (kese tegelegiň gyşarmasy, sapfalaryň ýalňyşlyklary üçin, sutkalaýyn aberrasiýanyň, azimut boýunça ýyldyzlaryň hereketleriniň tizlenmesiniň täsiri üçin we ş.m.). her bir ýarym emelde gödek, 2-3$'$ takyklyk bilen ýagtyltgyjyň ž, zenit aralygy ölçenýär.

Şeýle ölçemeler elde hasaplamalar geçirilende tiz ýadatýan hasaplamalardan boşadýar. EXM-lerde hasaplamalar amala aşyrylanda ýagtyltgyçlaryň zenit aralyklaryny ölçemeklik gerek bolmaýar.

Düzedişleriň n deňlemesini has kiçi kwadratlar usuly bilen bilelikde çözmekden a', x we y-iň ygtybarly bahalaryny alýarlar.

$$A_g = a' - 15\,(\lambda_o - L)\sin\varphi + \eta_o \cos a' - \xi_o \sin a' / tgZ_{g.b.p} \qquad (106)$$

we

$$\xi = x + (\varphi_o - B) \qquad (107)$$

$$\eta = y + 15\,(\lambda_o - L)\cos\varphi_o$$

aňlatmalaryň esasynda, azimutyň şertli bahalaryndan we asma çyzygy düzüjilerden ugurlaryň a_g geodeziki azimutlara we asma çyzygyň gyşarmalarynyň Ę η we geodeziki düzüjilerine geçýärler. Zerurlyk ýüze çykan ýagdaýynda

$$\varphi = \varphi_0 + x, \qquad (108)$$
$$\lambda = \lambda_o + \Delta\lambda,$$
$$a = a_o + \Delta a,$$

bu ýerde

$$\Delta\lambda = y/15 \sec\varphi, \quad \Delta a = \Delta a + 15\Delta\lambda \sin\varphi = \Delta a' + ytg\,\varphi \qquad (109)$$

formulalar arkaly a astranomiki azimuty we punktyň φ we l astranomiki koordinatalaryny hasaplamak mümkin.

Punktyň belli B we L geodeziki koordinatalary bilen hasaplamalar geçirilende düzedişleriň n deňlemesini has kiçi kwadratlar usuly boýunça bilelikde çözmekden a_g geodeziki azimutyň we asma çyzygyň gyşarmalarynyň Ę we η astranomo-geodeziki düzüjileriniň deňleşdirilen bahalaryny şobada alýarlar.

18. Polýar we günorta ýyldyzlara ölçenen kese ugurlar boýunça wagty (uzaklygy) kesgitlemek (Struweniň usuly)

Bu usulda demirgazyk ýyldyz jübüti hökmünde hemişe Polýar ýyldyzy synlanýar.

Polýar we günorta ýyldyzlara ölçenen kese ugurlar boýunça

$$\Delta M'_N - b_i x - c_i y + l_i = W_i,\ p_i = \sin^2 \check{Z}_i \text{ saldamy bilen,} \qquad (110)$$

bu ýerde

$$\Delta M'_N = \Delta M_N - 15 (\lambda - \lambda_o) \sin \varphi$$

Görnüşli iki sany deňlemäni düzüp bolýar, olarda bolsa punktyň belli φ giňliginde $b_i x$ agzalaryň täsirlerini kiçiligi üçin aradan aýyrmak mümkin. Bu ýagdaýda Polýar we günorta ýyldyzlaryň dürli usulyýetini göz öňünde tutup, alynan deňlemeleri ýakynlaşma usulynda çözmek maksadalaýyk. $y' = 15\cos \varphi \Delta U'$ ýakynlaşma bahasy bilen Polýar üçin deňlemeden $\Delta M'_n$ tapýarlar. $\Delta M'_n$ deňlemä goýup günorta ýyldyz üçin y-iň has takyk bahasyny tapýarlar we ş.m.

Polýaryň azimuty ýa-da M'_n ululyklaryň netijesi az derejede Δu ýalňyşlyga bagly bolýar, y (Δu) netijesini çykarmak bolsa ΔM_n ýalňyşlyga az baglanyşyklydyr.

Astranomiki teodolitiň kömegi bilen hronometre düzedişleri kesgitlemegiň goralýan usuly başga nazary beýýannamada 1830-njy ýylda B.Ýa. Struwe tarapyndan, Polýar boýunça azimuty kesgitlemek usuly bilen birwagtda işläp düzüldi. Bu usul “Dunaýýň başsakasy we Demirgazyk buzly okeanyň arasyndaky meridianyň ýaýyny” ölçemek boýunça işlerde hronometre düzedişleri kesgitlemek üçin giňden ulanyldy. Bu işlerde hronometre düzedişleri bilmeklik punktlaryň uzaklyklaryny kesgitlemek üçin däl-de, punktlaryň giňliklerini we ugurlaryň azimutlaryny hasaplamak üçin talap edilýär. Struweniň usuly boýunça hronometre kesgitlenen düzedişiň takyklygy giňligi kesgitlemek usulyny, şeýle hem Polýaryň sagat burçy boýunça ugurlaryň astranomiki azimutyny kesgitlemek usulyny doly kanagatlandyrmalydyr. Struweniň usuly käwagtlar 65^0 geçmeýän giňliklerde punktlaryň uzaklyklaryny kesgitlemek üçin hem ulanyldy.

Astranomiki işleriň häzirki zaman gurnamasynda Struwenis usuly ölçenen kese burçlar boýunça ýa-da meridiana golaý ýerleşen ýagty ýyldyzlara ugurlar boýunça uzaklygy kesgitlemek usullaryndan artykmaçlyga eýe bolmaýar.

B.Ýa. Struweniň özi hem bu usuly takyk uzaklyk kesgitlemeleri üçin ulanmaklyk meselesini goýmandyr.

19. Bir almukantaratda ýerli predmet bilen ýyldyzlaryň arasyndaky ölçenen kese burç boýunça azimuty, giňligi we uzaklygy bilelikde kesgitlemek

Bu usulda $Q^{/}_{i}$ kese burçlaryň deregine bir almukantaratda n ýyldyzlar toparyna seredilen wagtynda kese tegelegiň (M_n = const) üýtgemeýän ugrunda ýagtylgyçlaryň $N^{/}_{I}$ kese ugurlary ölçenilýär. Sütüniň we teodolitiň mümkin bolan azimutal süýşmeleriniň täsirini azaltmak üçin ölçeg işleri 6-8 sany ýyldyzlar boýunça gysga seriýalar bilen geçirilýär. Punktyň giňligini we uzaklygyny bilelikde kesgitlemek üçin talap edilýän takyklyga laýyklykda ýyldyzlaryň K seriýalaryny ölçemeklik geçirilýär. Her seriýa ýyldyzlaryň beýleki seriýalarynyň zenit aralyklaryndan tapawutlanýan öz zenit aralyklarynda ölçenilýär. Seriýalaryň arasynda teodolitiň kese aralygy σ = $\frac{180^\circ}{K}$ burçuna goýulýar.

Kese ugurlary ölçemekligiň tertibi edil dürli beýiklikde ýyldyzlara syn etmeklik usulyndaka meňzeşdir. Her bir ölçenen ýyldyz üçin düzedişler deňlemeleri düzülýär. Her seriýada kiçi inedördül usuly boýunça n düzediş deňlemelerini bilelikde çözmek bilen gözlenýän ululyklaryny we olaryň netijeleriniň takyklygyny alýarlar. Ýyldyzlaryň K seriýasyndan näbellileriň gutarnykly bahalaryny orta agramlylyk formulalary boýunça alýarlar.

20. Deň beýiklikde goşa ýyldyzlaryň ölçenen kese ugurlarynyň tapawutlary boýunça giňligi we uzaklygy bilelikde kesgitlemek

Bu usulda giňligi, we uzaklygy hem-de azimuty bilelikde kesgitlemek, deň zenit aralykdaky goşa ýyldyzlaryň ölçenen kese ugurlarynyň tapawutlary boýunça geçirilýär. Şeýle ýagdaýda, teodolitiň kese tegeleginiň ugrukdyrmasynyň üýtgemedik diýlip çak edilýän wagt aralygy, 5-8 minuta çenli gysgalýar. Giňligi uzaklygy we azimuty bilelikde kesgitlemek üçin, ölçegleri, azyndan iki sany özara perpendikulýar diklikleriň tekizliginiň golaýynda ýerleşýän goşa ýyldyzlara seredip geçirmeklik zerur bolup durýar. Deň beýiklikdäki her goşa ýyldyzlaryň ölçenen kese ugurlarynyň tapawudy üçin $p_i = \sin^2 z_i$ – agramy bilen

$$\Delta M'_N - b_i x - c_i y + li = W_i$$

deňlemäniň esasynda şu aşakdaky görnüşde düzedişler deňlemesini alarys, bu ýerde

$\Delta M'_N = \Delta M'_N - 15\ (\lambda\text{-}\lambda_0)\ \sin\varphi$ – demirgazyk ýeriniň şertli doldurmasy.

$(b_1–b_2)_i x+(c_1–c_2)_i\ y+(l_2– l_1) =W_i$, $p=1\sin^2 z_i$ saldamy bilen, (111)
2

bu ýerde $b_{1,2}$ = - sin $A'_{01,2}$ ctg z_i: $C_{1,2}$ = cos $A'_{01,2}$ ctg z_i:
z_i – zenit aralygy

$(l_2 – l_1)_i = (A_{02} – A_{01})_i – (N'_2 – N'_1)_i$, (112)

Bu ýerde $(N'_2 - N'_1)_i$ – goşa ýyldyzlaryň ölçenen kese aralyklary.

A_{01} we A_{02} – punktyň φ_0 we λ_0 öňden hasaplanan koordinatalary we ähli zerur düzedişler bilen hasaplanan ýyldyzlaryň şertli azimutlary:

W_i goşa ýyldyzlaryň ölçenen kese ugurlarynyň $(N'_2 - N'_1)_i$ düzedişler tapawutlary. Kiçi inedördül usuly boýunça (111) düzedişler deňlemesiniň sistemasyny çözmeklik oňaýly bolmagy üçin, şu aşakdaky belgileri girizýäris:

$(b_1 – b_2)_i = b_i$, $(c_1 – c_2)_i = c_i$, $(l_2 – l_1)_i = l_i$ (113)

(111) – nji düzedişleriň n deňlemesine laýyklykda we girizilen belgileri hasaba alyp, şu aşakdaky normal deňlemäniň sistemasyny düzýäris.

$$[pbb]\ x + [pbc]\ y + [pbl] = 0, \quad (114)$$
$$[pbc]\ x + [pcc]\ y + [pcl] = 0,$$

Näbellileriň sanawjy bahalary şu aşakdaky standart formulalaryň esasynda kesgitlenilýär.

$$X = \Delta_x / \Delta, \qquad y = \Delta_y / \Delta \quad (115)$$
$$\varphi = \varphi_0 + x, \qquad \lambda = \lambda_0 + 1/15\ y \sec\varphi,$$

bu ýerde Δ-kadaly deňlemäniň sistemasyny düzüji.

Takyklyk bahalary kiçi inedördül usullaryndan belli bolan formulalar boýunça geçirilýär:

$$M = \sqrt{[pW^2]} / n-2$$

$$m_x = M / \sqrt{p_x}, \quad m_y = M / \sqrt{py},$$

$$m_\varphi = m_x, \quad m_\lambda = 1/15 \text{ my sec } \varphi,$$

bu ýerde M agyrlyk birliginiň orta kwadratiki ýalňyşlygy, m_x, m_y, m_φ m_λ - kesgitlenilýän ululygyň orta kwadratiki ýalňyşlygy. Kesgitlenilýän ululygyň deňlenen bahalarynyň agramy şu aşakdaky formulalar boýunça tapylýar:

$$p_x = \Delta/\Delta_{11}, \; p_y = \Delta/\Delta_{22}, \quad p_\varphi = p_x, \; p_\lambda = p_y \cos^2 \varphi, \qquad (116)$$

bu ýerde Δ_{11} we Δ_{22} – kadaly deňlemäniň sistemasynyň Δ inedördül elementleri kesgitleýjiniň algebraiki doldurmasy. (116)-njy formula kadaly deňlemeler sistemasynyň bahalaryny we algebraiki goşulmalaryň bahalaryny goýup, çylşyrymsyz öwürmeden soňra şu aşakdakyny alarys:

$$p_x = \tfrac{1}{2} [\cos^2 z_i (\sin A_2 - \sin A_1)^2{}_i] - \tfrac{1}{2} [\cos^2 z_i (\sin A_2 - \sin A_1)_i (\cos A_1 - \cos A_2)_i] / [\cos^2 z_i (\cos A_1 - \cos A_2)^2{}_i] \qquad (117)$$

$$p_y = \tfrac{1}{2} [\cos^2 z_i (\cos A_1 - \cos A_2)_i] - \tfrac{1}{2} [\cos^2 z_i (\sin A_2 - \sin A_1)_i (\cos A_1 - \cos A_2)_i]/ [\cos^2 z_i (\cos A_1 - \cos A_2)^2{}_i]. \qquad (118)$$

$$p_x = p_y \qquad (119)$$

x we y bilelikde kesgitlemek, saldamyň deň derejesinde many berýär, ýagny şu aşakdaky şerti saklap ýagdaýynda:

$$[\cos^2 z_i (\sin A_2 - \sin A_1)^2{}_i] = [\cos^2 z_i (\cos A_1 - \cos A_2)^2{}_i]. \qquad (120)$$

Şu şerti amal etmek üçin (6)-njy formulanyň esasynda goşa ýyldyzlar saýlananda Δ_{11} we Δ_{22} algebraiki goşulmalaryň deňligini saklamaklygy talap etmeklik zerur bolup durýar:

21. Deň beýiklikde goşa ýyldyzlara seredip, ugruň azimutyny kesgitlemek

Bu usulyň manysy goşa-goşadan toplanýan ýyldyzlar bilen ýeriň üstündäki predmetiň arasyndaky Q_i kese burçy ölçemekden durýar. Ýer predmetiniň ugrundaky azimuty ýyldyzlaryň iň ýokary agramy bilen kesgitlemek üçin, her goşa ýyldyzyň islendik dikliginiň tekizligini, iki tarapy boýunça uly ($50^0 < z < 80^0$) we deň zenit aralyklarynda saýlanylýar. Deň beýiklikde goşa ýyldyzlaryň efemeridini umumy wertikalda düzmeklik we ýygnamaklyk MIIGA iK-de işlenilip düzülen programma boýunça EHM-lerde geçirilýär. Bu soragyň teoriýasynyň esasynda şu aşakdaky aksioma goýulan: iki sany goşa ýyldyz üçin ýeriň üstünde φ giňlikli punkty tapmak mümkin, onda wagtyň käbir pursatynda bu ýyldyzlar deň beýiklikde, umumy diklikde ýerleşer. Şeýle goşa ýyldyzlaryň umumy sany n-den 2 çenli aralykdaky sanlaryň sanyna deň bolar, bu ýerde n-katalogdaky ýyldyzlaryň sany. Şeýle ýagdaýda saýlanan her goşa ýyldyzlar üçin, (9)-njy formula görnüşinde iki sany deň agramly doldurma deňlemelerini alýarys, onuň çözlüşinden bolsa, ýerli predmetiň ugrundaky şertli azimutyny şu aşakdaky formula boýunça almak bolar:

$$A^/ = A_{01} + A_{02}/2 + Q^/{}_1 + Q^/{}_2/2,\ p_a{}^/ = 2\sin^2 z \text{ saldamy bilen} \qquad (121)$$

Her goşa ýyldyzlaryň azimutyny kesgitlemegiň netijeleri x we y asylma çyzygynyň gyşarmasynyň şertli düzüjiniň ýalňyşlygynyň täsirinden boş bolýar n goşa ýyldyzlara seredilip, şertli azimutyň deňlenen bahalaryny orta saldamly formula boýunça hasaplanylýar.

$$a'_{ort} = \Sigma\, a'_i\, p'_{a\,i} / \Sigma\, p'_{a\,i},\ p'_{ort} = \Sigma\, p'_{a\,i} \text{ agramy bilen.} \qquad (122)$$

Asman äleminde zenitiň ýerleşiş ýagdaýyny prinsipial ýagdaýda üçünji usul bilen hem kesgitlenilmegi mümkin, has takygy haýsydyr bir ýyldyzyň zenit aralygy bilen azimutyny bilelikde ölçemek ýoly bilen kesgitlenilip bilner. Bu ýerde üçünji topar, ýagny astronomiki kesgitlemeleriň zenitol-azimutly (kombitirlenen) usulynyň emele gelmegi hem mümkin. Ýöne umumy ýagdaýda ýyldyzlaryň zenit aralygy bilen azimutlaryny bir wagtyň özünde seretmekligi tejribede amala aşyrmaklyk gaty kyn düşýär. şonuň üçin giňligi, wagty we meridiananyň ugruny üçünji topar usulynda kesgitlemeklik, düzgün boýunça, tejribede ulanylmaýar.

Asman äleminde zenitiň ýerleşiş ýagdaýyny prinsipial ýagdaýda üçünji usul bilen hem kesgitlenilmegi mümkin, has takygy haýsydyr bir ýyldyzyň zenit aralygy bilen azimutyny bilelikde ölçemek ýoly bilen kesgitlenilip bilner. Bu ýerde üçünji topar, ýagny astronomiki kesgitlemeleriň zenitol-azimutly (kombitirlenen) usulynyň emele gelmegi hem mümkin. Ýöne umumy ýagdaýda ýyldyzlaryň zenit aralygy bilen azimutlaryny bir wagtyň özünde seretmekligi tejribede amala aşyrmaklyk gaty kyn düşýär. şonuň üçin giňligi, wagty we meridiananyň ugruny üçünji topar usulynda kesgitlemeklik, düzgün boýunça, tejribede ulanylmaýar.

22. Iki dikligiň tekizliginde topar ýyldyzlary synlap, azimuty, giňligi we uzaklygy bilelikde kesgitlemek

Ýyldyzlaryň azimutyny, giňligini we uzaklygyny bilelikde kesgitlemek üçin, tekizlikde iki sany islendik özara perpendikulýar diklikleri zenite baglylykda simmetriki, z =

$35{,}3^0$ orta zenit aralygynda ölçemek zerur bolup durýar. Şonuň üçin ölçemekligiň iki sany her-hili usullaryny ulanmak mümkin.

1. **<u>Birinji usuly</u>**

Birinji usul ýyldyzlar bilen ýerli predmetiň arasyndaky $Q^{/}_{i}$ kese burçlaryny adaty ölçegler bilen ölçemeklige esaslanan. Bu ýagdaýda usulyň manysy iki sany özara perpendikulýar diklikleriň tekizliginiň ýakynyndaky ýyldyzlary synlap, α, φ we λ-lary bilelikde kesgitlemek usulynyňkydan hiç-hili tapawutlanmaýar.

Onuň aýratynlygy, ýyldyzlaryň kese ugruny çep tegelekde (ÇT) we sag tegelekde (ST) ölçemek üçin, azimut boýunça ýyldyzlary garşylama burçyny, synlamagyň T_H ortaça pursatynda ýyldyzlar berlen dikligiň tekizliginde ýerleşer ýaly edip öňünden hasaplaýarlar. Garşylama burçunyň hasabatyny umumy ýagdaýda şu aşakdaky formula boýunça hasaplaýarlar:

$$\Delta A^{/} = 15\,(\sin\varphi - \cos\varphi \text{ x } \cos A \text{ ctg } z)\,\Delta T^{m}$$

ΔT^{m} – iň ululygyny, düzgün boýunça; 3-4 minuda deň edip kabul edýärler.

2. **<u>Ikinji usul</u>**

Ugruň azimutyny, giňligini we uzaklygyny bilelikde kesgitlemegiň ikinji usuly, ýyldyzlaryň iki sany ýerli predmetiň tekizliginden geçişini synlamaklyga esaslanandyr. Ol diklikleriň arasyndaky burç bolsa takmynan 90^0 – a deňdir. Ýerli predmetleriň tekizligindäki efemerid ýyldyzlaryny synlamak üçin EBM-iň kömegi bilen ýa-da ýyldyzlaryň kartasynyň kömegi bilen stereografiki proýeksiýany we onuň ýanyna nomogrammany düzýärler. Efemeridi düzmek üçin, ýer predmetiniň ugrunyň azimuty öňünden islendik ýakynlaşdyrylan usulda $1^{/}$ takyklyk bilen kesgitlenilýär.

Hakykatdan hem, ýerli predmetiň wertikalyndaky ýyldyzlar synlananda predmet bilen ýagtylgyjyň arasyndaky kiçi Q kese burçyny ölçenen kese uguryň tapawudy ýaly edip görkezmek mümkin.

$$Q = M – N;$$

bu ýerde

$M = L_{\Delta} + (R_{\Delta} \pm 180^{0}) / 2 \pm (m_{L} – 10^{aýl.}) - (m_{R} – 10^{aýl.} / 2\ M$ cosec $z_{\Delta} + b_{\Delta}\ \tau/2$ ctg $z_{\Delta} + \Delta M_{c,}$

$$N = L^{*} + (R^{*} \pm 180^{0}) / 2 + b^{*}_{ort}\ \tau/2 \text{ ctg } Z^{*}_{ort} + c^{*}q + \Delta N_{u} \qquad (123)$$

Görşümiz ýaly, ýerli predmetiň dikliginde ýagtylgyçlar synlananda

$$L_{\Delta}= L^{*} \text{ we } R^{*}= R_{\Delta}$$

Şonuň üçin,

$$Q = M – N = m_{L} – m_{R} /2\ M \text{ cosec } z_{\Delta} + b_{\Delta}\ \tau/2 \text{ ctg } z_{\Delta} + \Delta M_{S} –$$
$$- \quad b^{*}_{ort}\ \tau / 2 \text{ ctg } z^{*}_{ort} + c^{*}q + \Delta N_{S}). \qquad (124)$$

Eger-de ýerli predmetiň zenit aralygy 90^{0}-dan 1^{0} köp bolmasa, onda çak etmek mümkin:

$$\text{cosec } z_{\Delta} = 1, \qquad \text{ctg } z_{\Delta} \approx 0, \qquad (125)$$

şeýlelikde

$$Q =\pm m_{L}–m_{R}/2\ M – b^{*}_{ort}\ \tau / 2 \text{ ctg } z^{*}_{ort} – c^{*}q + (\Delta M_{s}–\Delta N_{s}), \quad (126)$$

(125) we (126) formulalar kontaktly mikrometr bilen synlap, ýerli predmetiň we ýagtylgyjyň arasyndaky kiçi Q kese aralygyny hasaplamak üçin hyzmat edýär.

Her kiçi $Q^{/}_{i}$ kese burçy üçin düzedişler deňlemeleri düzülýär.

$\Delta'_a + b_i x + c_i y + l_i = W_i, \quad p_i = \sin^2 z_i$ saldamy bilen,

$B_i = -\sin A'_{oi} \,\mathrm{ctg}\, z_i, \; c_i = \cos A'_{oi} \,\mathrm{ctg}\, z_i \; l_i = (a_o - A_{oi}) - Q'_{i,}$

$A_{oi} = A'_{oi} + \Delta A_{wi} + \delta A_i + \Delta A_{(ŞK\text{-}MH),}$

$A_{oi} = \mathrm{arc\,ctg}\,(\sin \varphi_o \,\mathrm{ctg}\, t_{oi} - \cos \varphi_o \,\mathrm{tg}\, \delta_i \cos ect_{oi})i,$

$t_{oi} = T_{Hi} + U_o + w\,(T_{hi} - x) - \alpha_i$

23. Giňligi, azimuty we uzaklygy bilelikde kesgitlemegiň takyklyk bahalary

$n = n_1 + n_2$ doldurma deňlemeleriniň bilelikde çözülmeginde näbellileri kesgitlemegiň deňlenen bahalarynyň takyklyk bahalary kiçi inedördül usulynyň belli bolan formulalary boýunça geçirilýär. Iki topary aýratynlykda çözülende, her topar üçin doldurma deňlemeleriniň takyklyk bahalary şu aşakdaky formulalar boýunça geçirilýär:

$$M_1 = \sqrt{[pw^2_{1,i}]} \,/\, n_1 - 2 \qquad (127)$$
$$m'_{a\,1} = M_1 \,/\, \sqrt{p'_{a\,1}}$$
$$m_{w1} = M_1 \,/\, \sqrt{pw_1}$$

$$M_2 = \sqrt{[p_W{}^2_{2,i}\,]} \,/\, n_2 - 2 \qquad (128)$$
$$m'_{a\,2} = M_2 \,/\, \sqrt{p'_{a\,2}}$$
$$m_{w2} = M_2 \,/\, \sqrt{p_{w2}}$$

x we y-iň deňlenen bahalarynyň orta inedördül ýalňyşlyklary bu ýagdaýda şu aşakdaky formulalaryň kömegi bilen hasaplanylýar:

$$m_x^2 = m^2_{w1} \cos^2 a_{02} + m^2_{w2} \cos^2 a_{01} \,/\, \sin^2 (a'_{02} - a'_{01}) \qquad (129)$$

$$m^2_y = m^2_{w1} \sin^2 a'_{02} + m^2_{w2} \sin^2 a'_{01} / \sin^2 (a'_{02} - a'_{01}) \qquad (130)$$

24. Zenit usuly boýunça giňligi we uzaklygy takmynan astronomiki kesgitlemek

Ýakynlaşdyrylan astronomiki kesgitlemeler üçin şu seredilýän usulyň birnäçe oňat taraplary bardyr. Ol gysga wagtyň içinde, köp bolmadyk ýyldyzlary synlap, φ we λ koordinatalaryny almaga mümkinçilik berýär. Bu usul bilen gijeki ölçegler üçin ýörite efemerid ýyldyzyny düzmeklik talap edilmeýär: ýagty ýyldyzlar ulanylýar, olary göz çeni bilen saýlaýarlar. Şol sebäpli bu usul örän ýumşakdyr: ol kyn metrologiki şertlerde ölçeg geçirmäge mümkinçilik berýär, - bulutlaryň arasyndaky ýagtylyklar arkaly ýyldyzlary ölçemäge ukyplydyr, beýleki usullarda şonuň ýaly edip ölçemek mümkin däl. Efemerid ýagty ýyldyzy bar bolsa, bu usuly gündiziň güni hem ulanmak mümkin.

1. *Iki strelkaly 51 CD sekundomeriniň kömegi bilen koordinirlenen wagtyň signallaryny kabul etmegiň usullary*

Ýyldyzlara seredilýän wagtynda, sekundomeriň minut strelkasynyň görkezijisini ýerli ýyldyzlar wagtynyň minutlary bilen ylalaşdyrmak (dogurlamak) amatlydyr. Şu maksat üçin, öňünden ýerli ýyldyzlar wagty boýunça el ýa-da jübi sagatlaryny 1^m takyklykda goýýarlar. Eger-de sagatlar dekret wagty boýunça goýulan bolsa, onda dekret wagtynyň käbir T_{N+1} pursaty üçin ýerli ýyldyzlar wagty boýunça olary goýmaklygyň hasabyny şu aşakdaky belli bolan formulalar boýunça geçirýärler:

$$UT = T_{N+1} - (N+1)$$

$S = S_0 + UT + MUT + \lambda_0,$

Bu ýerde UT - dekret wagtynyň T_{N+1} pursatyna laýyk gelýän bütin dünýä wagty,
N-ölçeýjiniň duran sagat poýasynyň (gurşagynyň) nomeri,
MUT-orta wagtyň birligini ýyldyzlaryň birligine geçirmek üçin doldurma, S_0 – ölçeg senesi üçin orta grinwiki ýarymgijesiniň ýyldyz wagty, λ_0 – sagat ölçeginde görkezilen punktyň öňden ölçenen uzaklygy.

Sekundomeriň minut strelkasyny görkezijisi bilen sagady ylalaşdyrmak (dogurlamak) sekundomeri goşan (wyklýuçit) pursatyndan başlap geçirilýär. Şu ýagdaýda ýerli ýyldyz wagty boýunça goýlan sagadyň görkezmesi ýa bütin sagada ýa-da 30^m – a deň bolmalydyr. Sekundomeriň kömegi bilen takyk wagtyň signallaryny kabul etmekligiň usullary şu aşakdakylardan ybaratdyr:

- ölçeýji, radiosignallaryň geçirmesini diňläp, her minutyň başyndan signalyň (sekundyň) hasabatyny alyp barýar we islendik signalda kömekçi strelkasynyň saklaýjy knopkasyny basýar: - signalyň hasabatyny ýitirmän, žurnala dünýä wagtynyň minutlaryny we sekuntlaryny şeýle hem sekundomeriň görkezmesini sekundyň ondan bir ülüňi takyklykda ýazýar;
- saýlaýjy knopkany basmak bilen kömekçi we esasy sekunt strelkalaryny birikdirýär;
- signallaryň hasabatyny dowam etmek bilen, täzeden her signalda saklaýjy knopkasyny basýar we sekundomeriň görkezmesini we signalyň nomerini ýazýar we ş.m.

2. *Iki strelkaly sekundomeriň we optiki teodolitiň kömegi bilen ýagtylgyçlaryň zenit aralygyny ölçemegiň usullary.*

Ýyldyzlara seretmezden (ölçemezden) öň teodolit barlanan bolmaly gorizontlanan we meridianda kese limbiň nuly demirgazyga ugrukdyrylan bolmaly. Ýagtylgyçlaryň zenit aralygyny ölçemeklik, teodolitiň bir dik tegelek ýagdaýynda (ÇT) geçirmek ýeterlikdir. Eger-de optiki teodolit astronomiki ýüp torjagazy bilen üpjün edilen bolsa, onda her ýagtylgyjyň zenit aralygyny ölçemekligiň tertibi şu aşakdakylardan durýar:

- teodolitiň dürbisiny saýlanan ýagtylgyja bakdyrmak:
- ýagtylgyjyň geçişini üç kese ýüpjagazyň üsti bilen “göz - klawişa” usuly bilen ölçemek:
- dik limbiň hasabaty; hasabatyň öň ýanyndan dik tegelegiň alidadasyndaky kontaktly derejäniň damjasynyň şekiliniň soňuny (garasyny) birikdirýärler:
- kese limbiň hasabaty $1^{/}$ takyklykda alynýar.

3. Ölçegleri işläp düzmek.

Ölçegleri işläp düzmekligiň tertibi, edil astranomiki teodolitiniň ölçegindäki ýalydyr.

Ol şu aşakdakylardan durýar:

- wagtyň radiosignallaryny kabul etmekligi hem-de sekundomeriň ýörelgesini we doldurmanyň netijelerini işläp düzmek:
- ölçeg žurnalyny işläp düzmek:
- doldurma deňlemeleriniň boş agzalaryny hasaplamak:
- ölçegleriň netijelerini grafiki deňlemek, giňligiň we uzaklygyň dogry bahalarynyň netijelerini almak:
- takyklyk bahalaryny almak.

Ýagtylgyçlary ölçemegiň žurnalyny işläp düzmeklik şu aşakdakylardan durýar:

Ýagtylgyçlary ölçemekligiň ortaça pursatynyň netijesini almak:

- ýagtylgyçlary ölçemegiň ýyldyz wagtyny hasaplamak şu aşakdaky formula boýunça ýerine-ýetirilýär:

$$S_H = T_H + U_0 + w\,(T_H - x)$$

- ýagtylgyçlaryň ölçenen zenit aralygyny hasaplamak şu aşakdaky formula boýunça ýerine-ýetirilýär.

$$Z'_{ölç} = L - M^0_z + p,$$

bu ýerde L-dik limb boýunça ortaça hasabat; M^0_z – zenitiň ýeriniň öň hasaplanan bahasy; $p = p_0\ \chi\ B$ – ölçenen zenit aralygynyň refraksiýanyň täsiri üçin düzedişi.

Düzedişler deňlemeleriniň boş agzalaryny hasaplamak zenital usullaryndan belli bolan formulalar boýunça geçirilýär:

$$L_i = Z_{0i} - Z'_{ölçi},,$$

bu ýerde

$$\cos z_{0i} = ½\,[\cos(\varphi_0 - \delta_i)(1+\cos t_{0i}) - \cos(\varphi_0+\delta_i)\,(1 - \cos t_{0i})] \quad (132)$$

$$T_{oi} = S_{Hi} - \alpha_i = T_{Hi} + U_o + w\,(T_{Hi} - x) - \alpha_i$$

grafiki deňlemeklik oňaýly bolar ýaly, ähli boş agzalara şol bir N ululygy goşmak (ýa-da aýyrmak) mümkin, ýagny:

$$l'_i = l_i = + N$$

bu ýagdaýda x we y (φ we λ) deňlenen bahalary üýtgewsiz galar.

Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiýasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşaýyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazeti, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. D. Nurmämmedow, M. Handöwletow, G. Ö. Meredow. „Geodeziki maglumatlary täzeden işlemek.” Aşgabat, 2001.
11. H. Meläýew. “Syrly älem”. Aşgabat. Ylym, 2004.
12. А. Н. Кузнецов. “Геодезическая астраномия”. М. Недра,1976 .

13. С.С. Уралов. “Курс геодезической астраномии”. М. Недра,1980.
14. В. З. Халхунов “Сферическая астраномия”, М. Недра, 1972.
15. А. В. Ермоленко, А. А. Исаев, В. Г. Львов, В. З. Халхунов, О. В. Черневский, В. И. Шишкин. “Руководство по астраномическим определениям”, М. Недра, 1984.
16. В. Яковлев. “Высшая геодезия”. М., Недра, 1989.
17. П. С. Закатов. “Курс высшей геодезий ”. М. Недра, 1976.
18. Я. Ж. Маркузе. “Алгоритими уравнительных вычислений геодезических сетей”. М., Недра 1989.
19. «Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР». М., Недра, 1966.
20. B. D. Большаков, Г.А. Гайдаев. ″Теория математической обработки геодезических измерений “. М., Недра, 2002.
21. B. D. Болшаков, Г. П. Левчук. „Справочник геодезиста“. М., Недра, 2004.
22. В.Н. Баранов, Е. Г. Бойко, И. И. Краснокрылов и др. «Космическая геодезия». М., Недра, 2003 .

MAZMUNY