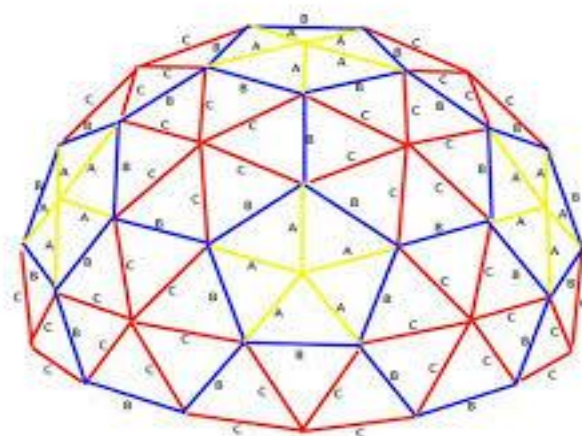




**T.M.ABDULLAYEV., O'P.ISLOMOV.,  
O'B.MUXTOROV., A.N.INAMOV**

# **OLIY GEODEZIYA**



**TOSHKENT-2019**

**UDK 528. 48. (575.192)**

**T.M.Abdullaev., O‘.P.Islomov., O‘.B.Muxtorov., A.N.Inamov Oliy geodeziya fanidan. O‘quv qo‘llanma . Toshkent. 2019.-163. bet**

Ushbu o‘quv qo‘llanma O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 2018 yil 27 martdagi 274-sonli buyrug‘iga asosan chop etishga tavsiya etildi.

### **Annotasiya**

Mazkur o‘quv qo‘llanmada yerning shakli va gravitatsiya maydoni, davlat geodezik tarmoqlari va ularni qurishni nazariy masalalari bayon etilgan. Yuqori aniqlikdagi teodolitlar, ularning tadqiqlari, burchak o‘lchashda xatolar manbaalari, o‘lchash nazariyasi va usullari berilgan. Kitobda davlat nivelirlash tarmoqlari, ularni qurishda yuqori aniqlikdagi nivelirlashning nazariyasi ko‘rib chiqilgan. Geodezik tarmoqlarni tekislikda tenglashning asosiy usullari va JPS priyomniklari, ham keltirilgan.

Oliy o‘quv yurtidagi 5311500-“Geodeziya, kartografiya va kadastr”, 5313400-“Geodeziya va geoinformatika” bakalvriat ta’lim yo‘nalishi va magistratura mutaxassisliklari hamda kasb-hunar kolleji talabalari uchun mo‘ljallangan.

### **Annotation**

Training manual and gravitational field the earth, to build a national geodetic networks and discusses theoretical. High – definition totality the corner sources of errors in measurement studies, theory and methods of measurement. Book branches of government levels, to build the theory of high – definition naively surveying networks and methods of basic equations of the plane, JPS receivers , too. Higher educational institutions 5311500- “Geodesy Cartography and Cadastre”, 5313400-“Geodesy and Geoinformatike” master, bachelor and vocational college students.

### **Аннотирование**

Данное учебное пособие, форма и гравитационное поле Земли, создание национальной геодезических сетей и обсуждаются теоретические вопросы. Высокоточные теодолиты, их исследования и источники погрешностей измерения угла, теории и методы измерения. Книга ветвей власти уровней чтобы построить теорию высокой четкости нивелиры. Методы геодезической сети на основных уравнений плоскости и JPS приемников. Высших учебных заведений 5311500- “Геодезия картография и кадастровые” 5313400-“Геодезия и геоинформатика” мастеров, бакалавры и профессионального колледжа студентов.

**Tuzuvchilar:** T.M.Abdullaev., O‘.P.Islomov., O‘.B. Muxtorov., A.N.Inamov

**Taqrizchilar:** **B.R.Nazarov** - Toshkent Arxitektura va qurilish instituti “Geodeziya va kadastr” kafedrası, t.f.n  
**A.R. Babajonov** – TIMI, “Yer foydalanish va yer kadasri” kafedrası dotsenti, i.f.n.

© Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti

## KIRISH

O'zbekiston Respublikasi uzliksiz ta'lim tizimi muassasalarini yangi avlod o'quv adabiyotlari bilan ta'minlash bugungi kunning dolzarb vazifasidir. Mazkur o'quv qo'llanma oliy va o'rta maxsus, kasb xunar ta'lim tizimi uchun o'quv adabiyotlarining yangi avlodini yaratish konsepsiyasi talablariga mos ravishda tayyorlangan.

Mazkur o'quv qo'llanma Oliy geodeziya fanidan yerning shakli va o'lchamlari, uning gravitatsiya maydoni, geodezik va astronomik koordinatalar, Laplas azimutlari, hamda reduksiya masalalari, davlat geodezik tarmoqlarini qurish printsiplari va ularni qurish usullari, tarmoqlarni loyihalash, ularni joyda mahkamlash va tarmoq aniqligini old baholash masalalari, yuqori aniqlikdagi burchak o'lchash asboblari, davlat nivelir tarmoqlarini qurishni nazariy masalalari, ularni loyihalash va aniqligini baholash, yuqori aniqlikdagi nivelirlar, geodezik tarmoqlarda dastlabki hisoblashlarga va Gauss – Kryugerning tekislikdagi proeksiyasida geodezik tarmoqlarni parametrik va korellata usullarida tenglashtirishning nazariy masalalari, sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoqlarini rivojlantirish usullari va texnologiyalari, GPS koordinatalari sistemasi, GPS priyomniklari va joy nuqtalari koordinatalarini aniqlash masalalari o'rganiladi.

Mazkur o'quv qo'llanma fan bo'yicha tasdiqlangan na'munaviy dasturga mos ravishda tayyorlangan.

Mazkur o'quv qo'llanma oliy o'quv yurtidagi "Geodeziya, kartografiya va kadastr" magistr, bakalavriat yo'nalishi va kasb-hunar kollej talabalari uchun ilk bor lotin alifbosida nashr etilganligi uchun, ayrim xato va kamchiliklar bo'lishi mumkin.

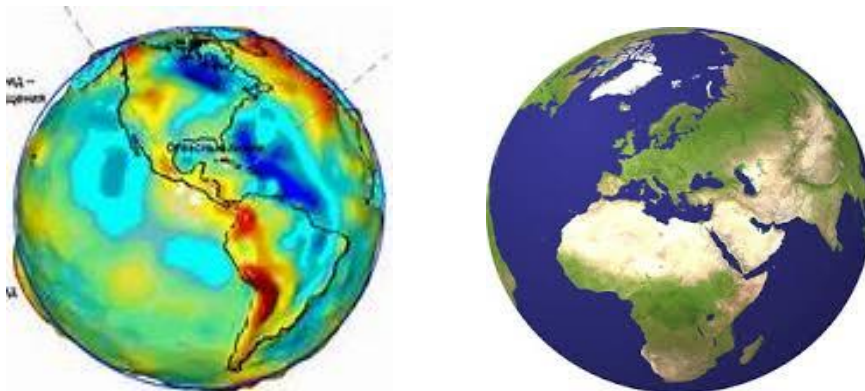
Mualliflar o'quv qo'llanmani yaratishda oliy geodeziya fanining asosiy mazmunini, vazifalari va boshqa fanlar bilan bog'liqligini yoritishga intildilar.

Mualliflar o'quv qo'llanmasini yozishlaridan asosiy maqsad talabalarni oliy geodeziya fanidan olgan bilimlarini kelajakda Geodeziya, kartografiya va kadastr saholarida geodezik ishlarni amalga oshirishida qo'llay olishlarini ta'minlashdan iboratdir. Mualliflar o'quv qo'llanma to'g'risida bildirilgan barcha fikr va mulohazalarni mamnuniyat bilan qabul qiladilar.

## 1-BOB. YERNING SHAKLI VA GRAVATSIYON MAYDONI

### 1.1. Oliy geodeziya fanning maqsad va vazifalari

Yerning shakli va kattaligini aniqlash, geodezik tayanch tarmoqlarini barpo qilish **oliy geodeziyaning** vazifalari hisoblanadi.



1 – shakl. Yerning shakli

Oliy geodeziyada yechiladigan masalalar ilmiy va ilmiy-texnik masalalarga bo'linadi.

Geodezik, gravimetrik, astranomik o'lchashlar va yer sun'iy yo'ldoshlarini kuzatish natijalaridan foydalanib yer shakli va kattaliklarini o'rganish, yer po'stlog'ining harakati, materiklarning siljishi, okean va dengizlar sathlarini bir biridan farqini aniqlash oliy geodeziyaning asosiy ilmiy masalalari hisoblanadi.

Davlat ahamiyatiga ega bo'lgan geodezik tarmoqlarni barpo etish, bu jarayonda o'lchash usullarini asoslash va o'lchash natijalarini matematik ishlab chiqish, geodezik o'lchash ishlarni ilmiy asoslangan holda tashkil etish, oliy geodeziyaning ilmiy-texnik masalalari hisoblanadi.

Yuqorida keltirilgan masalarini yechishda oliy geodeziya bir necha bo'limlarga bo'linadi: asosiy geodezik ishlar, sferoidik geodeziya, nazariy geodeziya. Bu bo'limlarning har biri mustaqil fan sifatida o'rganiladi.

**Sferoidik geodeziyada** ellipsoid sathida geodezik masalarni yechishning matematik usullari o'rganiladi.

**Nazariy geodeziyada** yer shaklini o'rganishning fizikaviy nazariyasi va bevosita o'lchash natijalaridan foydalanib uning gravitatsion maydoni o'rganiladi.

**Asosiy geodezik ishlarda** mukammal asboblardan yordamida yuqori aniqlikdagi geodezik o'lchashlarni bajarish usullari, o'lchash natijalaridan foydalanib yer sathidagi nuqtalarni koordinatalarini aniqlash va koordinatalari aniqlangan nuqtalarni joyda maxsus geodezik belgilar bilan belgilab punktlar sistemasini, ya'ni geodezik tayanch tarmoqlarini hosil qilishni va bulardan foydalanib yer po'stlog'ining xarakatini, materiklarning siljishini, okean va dengizlar sathlarining bir birlaridan farqlarini aniqlash kabi masalalarni echish o'rganiladi.

Oliy geodeziya o'zining tadqiqotlarida fundamental fanlarning (fizika, matematika, astronomiya va boshqa), yuqori aniqlikdagi o'lchash texnikalarini ishlab chiqishda – amaliy optika, aniq asbobsozlik, radioelektronika, lazerli texnika va yangi yutuqlaridan foydalanadi.

### Nazorat savollari:

1. Oliy geodeziya fanining maqsad va vazifalarini aytib bering.
2. Oliy geodeziyada yechiladigan masalalar necha hil?
3. Oliy geodeziya qaysi fanlar bilan o'zaro bog'liq?
4. Oliy geodeziyaning bo'limlari va ularda o'rganiladigan masalalarni sanab o'ting?

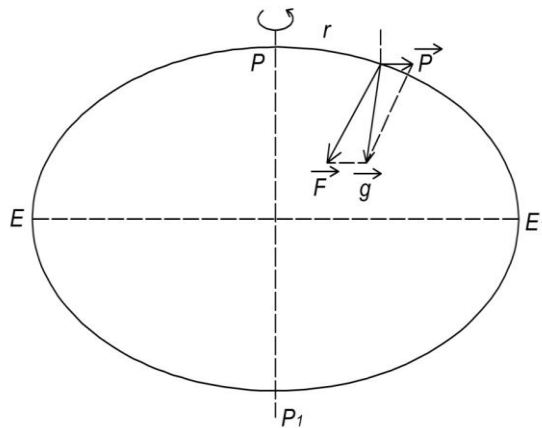
### 1.2. Og'irlik kuchi va yerning sathiy yuzsi

Davlat geodezik to'rlarini barpo etishda yuqori aniqlikda burchaklar va masofalar o'lchanadi, astronomik kengliklar, uzoqliklar va azimutlar aniqlanadi, og'irlik kuchi va punktlar orasidagi nisbiy balandlik o'lchanadi, yerning sun'iy yo'ldoshlari kuzatiladi.

Yuqori aniqlikda astronomik – geodezik o'lchashlar bajarish har doim asbobning vertikal o'qi, asbob o'rnatilgan nuqtadagi shovun chizig'i bilan ustma-ust keltiriladi. Fazodagi har bir nuqtada shovun chizig'i yo'nalishi og'irlik kuchi ta'sir yo'nalishi bilan ustma-ust tushadi. Og'irlik kuchi ikkita asosiy teng xarakatlanuvchi kuchdan iborat bo'ladi. Yerning tortishish kuchi ( $F$ ) va yerning aylanish o'qi atrofida moddiy nuqtaning sutkalik aylanishi tufayli sodir bo'luvchi markazdan qochma kuch ( $P$ ).

Har bir nuqtada (1.1-shakl)  $\vec{g}$  og'irlik kuchi vektori  $\vec{F}$  va  $\vec{P}$  vektorlarning yig'indisiga teng, ya'ni

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



1.1 – shakl. Og'irlik kuchi va uni tashkil etuvchilar

O'ta yuqori aniqlikdagi o'lchash ishlarini bajarishda osmon jismlarini asosan oy ayrim hollarda quyosh tortishish kuchi  $F_1$  inobatga olinadi,  $F_1 < F \cdot 10^{-7}$ . yer tortishish kuchi yer shakli, o'lchamlari, massasi, anomal qatlamlarni taqsimlanishiga bog'liq. Agar birinchi yaqinlashishida yerni shar shaklida deb qabul qilsak va u qatlam zichligi bir xil bo'lgan qatlamlardan tashkil topgan bo'lib, bu qatlamlarni biridan ikkinchisiga o'tishda zichlik sakrash tariqasida o'zgarib borsa, u holda tortishish kuchi  $F$  yer massasi markaziga yo'nalgan bo'ladi va butun olam tortishish qonuniga muvofiq quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$F = f \frac{M \cdot m}{R^2}, \quad (1.2)$$

bu yerda  $f$  – universal gravitatsion doimiy;  
 $M$  – yerning massasi;  $m$  – moddiy nuqta massasi;  
 $R$  – yer sharining radiusi.

Real yer uchun (1.2) formula bilan hisoblangan tortishish kuchi  $F$  ga teng bo‘lmaydi va u yer massasi markaziga yo‘nalmagan bo‘ladi.  
 $P$  markazdan qochma kuch parallel radiusi bo‘ylab yo‘nalgan bo‘lib, unda moddiy nuqta joylashadi va u quyidagi formula bilan aniqlanadi

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

bu yerda  $m$  – moddiy nuqta massasi;  $r$  – parallel radiusi;  $\omega$  – yer aylanishining burchak tezligi.

Markazdan qochma kuchning eng katta miqdori ekvatorida bo‘ladi;  $P = ma\omega^2$ , bu yerda  $a$  – yerning katta yarim o‘qi, eng kichik miqdori – yerning qutblarida bo‘ladi; ekvatorida  $P$  kuch  $F$  kuchga qaraganda 288 marotaba kichik, shu bilan birga ( $g$ ) og‘irlik kuchning qiymatiga ham sezilarli darajada ta’sir etadi.  $F$  va  $P$  kuchlar qarama-qarshi ishoralarga ega.  $P$  kuch ekvatoridan qutbga o‘tganda kamayadi. Shuning uchun ( $g$ ) og‘irlik kuchi kenlik bo‘yicha o‘zgaradi va qutblarda eng katta, ekvatorida esa eng kichik qiymatda erishadi. SI xalqaro birliklar sistemasida og‘irlik kuchining tezlanish birligi sifatida  $1m \cdot s^{-2}$  kattaligi qabul qilingan. Gravitatsiyada birlik sifatida Gal ( $1 \text{ Gal} = 1sm; s^2 = 0,01m \cdot s^{-2}$ ) qabul qilingan. Odatda og‘irlik kuchi tezlanishi o‘rniga “og‘irlik kuchi” deb aytish mumkin.

Gravimetriyada yerning gravitatsiya maydonini xarakterlovchi miqdorni o‘lchash paytida, og‘irlik kuchi maydonini ifodalash uchun –skalyar funksiya potentsiali qo‘llaniladi. Vektori potentsiali – bu shunday koordinata funksiyasiki, uning to‘g‘ri burchakli koordinatalarni xususiy hosilasi mos koordinatalar o‘qiga proeksiyalangan vektorlarga tengdir. Og‘irlik kuchi potentsiali  $W$  tortishish  $F$  kuchi potentsiali yig‘indisi  $V$  va markazdan qochma  $P$  kuch  $Q$  potentsiali yig‘indisiga teng

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

Nuqtada hoxlagan  $S$  yo‘nalashi bo‘yicha  $W$  og‘irlik kuchining potentsialidan olingan hosila ushbu yo‘nalishda bu kuchlarning proporsiyasiga teng, ya’ni

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

bu yerda  $g$  – nuqtada og‘irlik kuchining qiymati;  $(g, s)$  – og‘irlik kuchi ta’siri yo‘nalishi va  $S$  yo‘nalish orasidagi burchak bo‘lib, bu yo‘nalish bo‘yicha birlik massa xarakatlanadi.

(1.5) formulani ikkita holatni ko‘rib chiqamiz. Oldin  $A$  moddiy nuqta  $g$  og‘irlik kuchiining vektoriga to‘g‘ri burchak ostida xarakatlanadi deb faraz qilamiz. Bu holda burchak  $(g, s)$   $90^\circ$  ga teng (1.2, a-shakl),  $\cos(g, s)=0$  va shuning uchun

$$\frac{dW}{dS} = 0 \text{ yoki } dW=0. \quad (1.6)$$

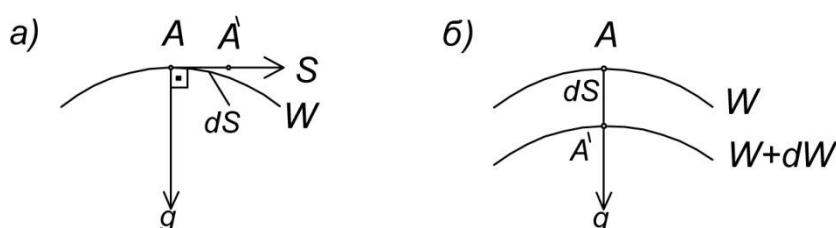
(1.6) ifodani integrallab, yuzalar oilasining tenglashmasini olamiz

$$W=C=const. \quad (1.7)$$

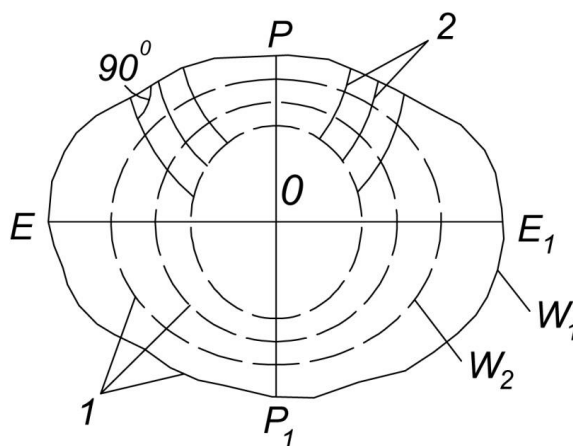
Barcha nuqtalarda tortishish kuchining potentsiyali bir xil qiymatga ega bo‘lgan yuzaga *yerning sathiy yuzasi* deyiladi.

(1.7) ifodada  $S$  doimiyning turli qiymatlarini qabul qilib, tegishli sathiy yuzalarni olamiz (1.3-shakl). Fazoning har bir nuqtasi orqali faqat bitta sathiy yuza o‘tadi. Sathiy yuzaning har bir nuqtasida og‘irlik kuchining vektori ushbu nuqtada unga normal bo‘yicha yo‘nalgan bo‘ladi.

Sathiy yuzalar muvozanat yuzalar hisoblanadi, chunki uning hoxlagan nuqtasida sathiy yuzaga urinma bo‘yicha og‘irlik kuchlarini tashkil etuvchi nolga teng. Shuni ta’kidlash kerak-ki, ya’ni tinch holatda suvlarning yuzasi, faqat og‘irlik kuchlari ta’siri ostidagi, bitta sathiy yuza bilan ustma-ust tushadi. To‘g‘ri burchak ostida  $W_1, W_2, \dots$  sathiy yuzalarni kesib o‘tuvchi egri chiziqlar yer gravitatsiya maydonining kuch chizig‘i deyiladi. Kuch chizig‘ining barcha nuqtalaridagi urinmalar og‘irlik kuchlari yo‘nalishi bilan ustma-ust tushadi va sathiy yuzaga perpendikulyar bo‘ladi.



1.2-shakl. Og‘irlik kuchi vektoriga moddiy nuqtani (a) perpendikulyar va (b) bo‘ylamasiga xarakat sxemasi



**1.3- shakl. 1-yerning sathiy yuzasi; 2-gravitatsiya maydonining kuch chiziqlari.**

(1.5) formulani ikkinchi xususiy holatni ko‘rib chiqamiz. Aytaylik, A moddiy nuqta cheksiz kichik  $ds=dh$  masofada  $g$  og‘irlik kuchi yo‘nalishida  $W$  sathiy yuzadan  $W_1=W+dW$  yuzaga o‘tsin (1.2, b-shaklga karang), unda  $(g, s)$  burchak nolga teng bo‘ladi, o‘z navbatida (1.5) formulada  $\cos(g, s)=1$  bo‘ladi va u quyidagi ko‘rinishga keladi.

$$\frac{dW}{dS} = \frac{dW}{dh} = g \text{ yoki } dW = gdh \quad (1.8)$$

ifodadan ko‘rinayaptiki, ya’ni ikkita cheksiz yaqin  $W$  va  $W_1 = W+dW$  sathiy yuzalar orasidagi masofani  $dh$  differinsiali

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

(1.9) formulani tahlil qilib va 1.3-shaklga muvofiq quyidagi umumiy xulosalarni qilish mumkin:

a). Yerning sathiy yuzasi xech qayerda uzaro bir-biriga tegmaydi va kesishmaydi.

b). Yerning sathiy yuzasi o‘zaro parallel emas: ular qutbda yaqinlashadi, ekvatorida aksincha, bir-biridan uzoqlashadi.

c). Yerning ichkarisida zichlik bo‘yicha anomal massalar borligi tufayli yerining sathiy yuzasi to‘lqinsimon ko‘rinishga ega.

#### **Nazorat savollari:**

1. Og‘irlik kuchi maydonini ifodalash uchun – qaysi funksiyadan potensial qo‘llaniladi?
2. Og‘irlik kuchi nechta asosiy teng xarakatlanuvchi kuchdan iborat ?
3. Butun olam tortishish qonuni formulasi?

4. Vektor potentsiali – bu qanday koordinata funksiya?
5. Sathiy yuza, asosiy sathiy yuza deb qanday yuzalarga aytiladi?
6. Yerning sathiy yuzasi deb nimaga aytiladi?
7. Yer yuzasida nechta sathiy yuza o'tkazish mumkin?

### 1.3. Geoid va kvazigeoid

Yer figurasi tushunchasi yagona emas va u yoki bu masalalarni yechish aniqligiga qo'yilgan talabga qarab yerning shakli va o'lchamlarini turlicha talqin qilish mumkin. Bir holatda yerni shar deb qabul qilish mumkin bo'lsa, boshqa holatda, masalan, geodeziya va kartografiyaning ko'plab masalalarini yechishda kichik qutbiy siqirligi bo'lgan ikki o'qli aylanma ellipsoid deb qabul qilinadi.

Yuqorida ta'kidlanganidek hozirgi vaqtda Oliy geodeziyaning masalalarni yechishda yer figurasi deb yerning fizik yuzasi ya'ni quruqlikdagi uning qattiq qobig'i va tinch holatdagi dengiz va okeanlar sathi bilan chegaralangan yuza tushuniladi. Quruqlik yer yuzasining 1/3 ga yaqin qismini tashkil etadi. Uning yuzasi dengiz yuzasidan o'rtacha 900 m baland ko'tarilib turadi, bu yerning o'rtacha radiusi  $R=6371,11 \text{ km}$  ga qaraganda juda kichik miqdorni tashkil etadi. yer yuzasining 70% dan ko'pi dengiz va okeanlar bilan qoplangan. Shu sababli yer shakli deb birinchi yaqinlashishda, dengiz va okeanlarning tinch holatdagi yuzasi bilan chegaralangan va suv yuzasini materiklar ostidan barcha nuqtalarida shovun chizig'i yo'nalishiga perpendikulyar davom ettirish bilan hosil qilingan shakl qabul qilingan. Yerning bunday shakli nemis fizigi Listingning taklifiga ko'ra geoid deb ataladi. Geoidni o'rganish bilan geodezistlar yuz yildan ortiq shug'ullanishmoqda. Hozirgi vaqtda dunyo okeani ekvatoriyasida sun'iy yo'ldoshdan altimetriya usulida sun'iy yo'ldosh ostidagi dengiz va okean yuzasidagi nuqtalargacha bo'lgan masofani o'lchab, (balandlik bo'yicha 0,1-0,3 m gacha) yuqori aniqlikda geoid o'rganilmoqda. Bu o'lchashlar shuni ko'rsatdi-ki, ya'ni tinch holatdagi dengiz yuzasi og'irlik kuchi potentsiali sathiy yuzasi bilan ustma-ust tushmaydi: ayrim joylarda chetlashuvlar  $\pm(1,5-2)$  metr ga etadi. Shuning uchun nazariy nuqtai nazardan geoid deganda, dunyo okeanlarini o'rtacha sathi bilan ustma-ust tushuvchi, sanoq boshi deb qabul qilingan balandlik orqali o'tuvchi, og'irlik kuchi potentsiali bilan chegaralangan sathiy yuza yer shakli deb tushuniladi. Quruqlikda geoid shaklini o'rganishda sun'iy yo'ldoshni altimetriya usuli ishlamaydi, kosmik geodeziyaning boshqa usullari uning yuzasini aniqlashda etarli aniqlikni bermaydi. Yuqori aniqlikda yerdagi o'lchashlar orqali geoid shaklini o'rganish uchun, uning yuzasida bevosita og'irlik kuchini o'lchash zarur, ammo buni amalga oshirishning iloji yo'q. Taniqli olim M.S.Molodenskiy, yuqori aniqlikda yerdagi o'lchashlar orqali geoid yuzasini o'rganishning iloji yo'qligini isbotladi. yerdagi astronomo-geodezik va gravimetrik kompleks o'lchashlar natajalari bo'yicha nazariy jihatdan boshqa yordamchi yuza, kvazigeoid yuzasi deb nom olgan yuzani aniqlash mumkin, u geoid yuzasidan uncha katta balandlikka og'maydi: tekis joylarda 2-4 sm, tog'li joylarda 2 metrgacha farq qiladi. Dengiz va okeanlar yuzasida geoid va kvazigeoid bir-biri bilan to'liq ustma-ust tushadi.

Kvazigeoid yuzasi birdan chegaralangan yer shakli kvazigeoid deb ataladi. Yerdagi o'lchashlarni qayta ishlashdan kvazigeoid parametrlarini aniqlab va unga nisbatan yer yuzasidagi nuqtalarning balandligini o'lchab, yerning quruqlikda qattiq qobig'i va dengiz va okeanlarning tinch holatida chegaralangan, yerning xaqiqiy yuzasini nazariy jihatdan o'rganish mumkin. yer shakli va gravitatsiya maydonini o'rganishning M.S.Molodenskiy nazariyasi dunyoning barcha geodezistlari orasida tan olindi va bu nazariya geodezik - gravimetriya va yer shakli nazariyasi kurslarida kengroq ko'riladi.

### Nazorat savollari:

1. Geoid nima?
2. Yer shakli geoid deb atagan nemis olimi kim?
3. Kvazigeoid nima?
4. Kvazigeoidni fanga kiritgan olim?
5. Geoid va kvazigeoid shakllari bir biridan nima bilan farq qiladi?

### 1.4. Umumiy yer ellipsoidi

Yerning shaklini o'rganishda anchadan beri quyidagi tarzda yondoshiladi. Oldin yerning ayrim modeli shakli va o'lchami aniqlanadi, uning yuzasi nisbatan oddiy bo'lib, geometrik jihatdan yaxshi o'rganilgan bo'lib, geodeziya va kortografiyaning turli masalalarini yechish uchun qulay va birinchi yaqinlashishda yerni xaqiqiy shakli va o'lchamlarini to'liq xarakterlaydi. So'ngra bu yer modelining yuzasi boshlang'ich deb qabul qilinib, unga nisbatan o'rganiluvchi shakl – geoid (kvazigeoid) yoki xaqiqiy yerning yuzasidagi nuqtalarning balandliklari aniqlanadi shu tariqa konkret figuraning shakli va o'lchamlarini ta'svirlovchi ma'lumotlar olinadi.

Oliy geodeziyaning masalalarini echishda bunday shakl sifatida umumiy yer ellipsoidi deb ataluvchi kichik qutbiy siqilishli aylanma ellipsoid qabul qilinadi (1.4- shakl). Uning yuzasi uni kichik  $PP_1$  o'qini atrofida  $PEP_1$  yarim ellipsni aylantirish orqali hosil qilinadi.

Yer ellipsoid shakli va o'lchamlari katta  $a$  va kichik  $b$  yarim o'qlari, yoki ko'pincha katta yarim o'q  $a$  va qutbiy siqilishi  $\alpha$  bilan

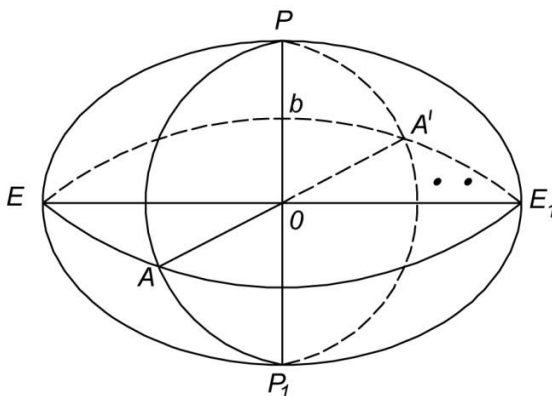
$$\alpha = \frac{a-b}{a}, \quad (1.10)$$

yoki katta yarim o'q  $a$  va meridian ellipsning birinchi ekscentrisiteti  $e$  bilan xarakterlanadi.

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

Umumiy yer ellipsoidi yerning to'liq shakli va o'lchamlarini imkoni boricha aniq xarakterlashi uchun, uning  $a$ ,  $\alpha$  parametrlari quyidagi shartlarni hisobga olgan holda aniqlanadi: umumiy yer ellipsoidining markazi yer massasi markazi bilan

ustma-ust tushishi lozim, uning kichik o'qi esa – yer aylanish o'qi bilan ustma-ust tushishi lozim;



**1.4- shakl. Yer ellipsoidi**

- ellipsoid hajmi geoid (kvazigeoid) hajmiga teng bo'lishi lozim;
- ellipsoid yuzasining geoid (kvazigeoid) yuzasidan balandliklar bo'yicha chetlashishlarini kvadrlarining yig'indisi eng kichik (minimal) bo'lishi lozim.

Yaqin vaqtlargacha kosmik fazoni inson tomonidan o'zlashtirgunga qadar, yer ellipsoidining parametrlari gradusli o'lchash deb ataluvchi o'lchashlarni bajarish orqali olingan. Bu maqsadda turli kengliklardagi meridian va parallelar bo'ylab triangulyasiya qatorlari o'tkazilgan, ularning oxirgi punktlarida astronomik kengliklar, uzoqliklar va tomonlarning azimutlari aniqlanilgan. Umumiy yer ellipsoidi parametrlarining ishonchli qiymatlarini chiqarish uchun butun yer yuzasida, dunyo okeanlari bilan birgalikda gradus o'lchashlarni bajarish lozim bo'lgan. Bundan tashqari, astronomik kengliklar, uzoqliklar va azimutlarga aniq ma'lum bo'lgan shovun chizig'ining og'ishini ta'siri uchun tuzatmalar kiritish kerak bo'lgan.

Oldinlari gradus o'lchovi faqat materiklarda, ya'ni er yuzasining uncha katta bo'lmagan qismida olib borilgan. Turli mamlakatlarning gradus o'lchovlari umumiy bog'liqlikka ega bo'lmagan, turli dastur bo'yicha turli aniqlik bilan bajarilgan, turli koordinata sistemasida qayta ishlangan. Bularning barchasi ularni birgalikda qo'llashda qiyinchiliklar tug'dirgan va yer ellipsoidining o'lchamlari to'g'risida aniq xulosalar chiqarishiga salbiy ta'sir ko'rsatgan.

Ko'plab mamlakatlarning olimlari yarim asr davomida, turli hajmga, aniqlikka va mazmunga ega bo'lgan gradus o'lchovlaridan foydalanib, yer ellipsoidi o'lchamlarini aniqlash bilan shug'ullanganlar. Bunday aniqlashlarning ayrim natijalarini keltiramiz (1-jadval).

Delambr ellipsoidi, metr o'lchov sistemasini o'rnatilishida asos sifatida olingan va faqat tarixiy ahamiyatga ega. Delambr ellipsoidi yuzasida qutbdan ekvatorgacha bo'lgan masofa 10000 km ni tashkil etadi, chunki u vaqtda 1 metr, ushbu ellipsoid meridian yoyi choragining o'n milliondan bir qismiga teng deb qabul qilingan.

| Olimlar nomi                                    | Davlat   | Aniqlangan<br>yil | Katta yarim<br>o'q qiymati | Siqilish<br>koeffitsiyenti<br>( $\alpha$ ) |
|-------------------------------------------------|----------|-------------------|----------------------------|--------------------------------------------|
| Delambr                                         | Fransiya | 1800              | 6 375 653                  | 1:334,00                                   |
| Bessel                                          | Olmoniya | 1841              | 6 337 397                  | 1:299,15                                   |
| Klark                                           | Angliya  | 1880              | 6 378 249                  | 1:293,47                                   |
| Xeyford                                         | AQSH     | 1910              | 6 378 388                  | 1:297,00                                   |
| Krasovskiy                                      | MDH      | 1940              | 6 378 245                  | 1:298,30                                   |
| Su'niy yo'ldoshlarni kuzatish<br>orqali olingan |          |                   | 6 378 137                  | 1:298,26                                   |

Qolgan barcha ellipsoidlar hozirgacha turli mamlakatlarning topografo-geodezik va kartografik ishlarida foydalaniladi. Masalan, Bessel ellipsoidi Olmoniyada va boshqa qator mamlakatlardan tashqari 1942 yilgacha Sobiq Ittifoqda, Krasovskiy ellipsoidiga o'tishdan oldin qo'llanilgan. Klark ellipsoidi (1866) AQSH da, Lotin va Markaziy Amerika mamlakatlarida, Kubada, hamda boshqa qator mamlakatlarda qo'llaniladi.

Xeyford ellipsoidi qator yevropa mamlakatlarida foydaniladi. U 1942 yil Madridda o'tkazilgan geodeziya Xalqaro Bosh Assambleyasida xalqaro ellipsoid sifatida tavsiya etilgan. Bu ellipsoidning parametrlari faqat AQSH hududida bajarilgan gradus o'lchashlaridan foydalanib chiqarilgan va ancha xatoliklarga ega, bunga Xeyford ellipsoidi parametrlarini sun'iy yo'ldoshlarni kuzatish natijalarini qayta ishlashdan olingan yer ellipsoid parametrlari  $a = 6378137$  m,  $\alpha = 1:298,257$  bilan taqqoslaganimizda ishonch hosil qilishimiz mumkin. Yerdagi o'lchashlarni qayta ishlashda olingan barcha ellipsoidlar ichida Krasovskiy elipsoidi eng aniq hisoblanadi. Uning o'lchamlari sun'iy yo'ldoshlarni kuzatishdan olingan ma'lumotlar bo'yicha umumiy yer ellipsoidining o'lchamlariga yaqin, siqilishi amaliy jihatdan bir xil, katta yarim o'qlarigina bir-biridan 108 metrga farq qiladi. Krasovskiy ellipsoidi MDH va qator boshqa mamlakatlarda qo'llaniladi.

#### Nazorat savollari:

1. Umumiy yer ellipsoidi qanday shartlarni qanoatlantirishi kerak?
2. Qanday ellipsoidga referens ellipsoid deyiladi?
3. Qanday ellipsoidga Krasovskiy nomi berilgan?
4. Yer ellipsoidi o'lchamlarini aniqlash bilan shug'ullangan olimlar?
5. MDX davlatlari qaysi olim elipsoididan foydalaniladi?
6. Krasovskiy elipsoidi parametrlarini aytib bering?

#### 1.5. Normal yer va yerning haqiqiy shakli

Yer figurasi va gravitatsiya maydoni o'zaro chambarchas bog'lik bo'lib, ularni o'rganish mohiyati jihatidan bitta masalani yechishdan iborat. Gravitatsiya maydonining tuzilishi murakkab, yer figurasining noto'g'riligidan va massaning zichligini taqsimlanishi jihatidan,  $W$  og'irlik kuchi potensialini aniqlashda ancha

qiyinchilikni keltirib chiqaradi. yerning gravitatsiya maydonini ikkita maydon ko‘rinishida faraz qilsak: asosiy yoki normal qoldiqli, yoki anomal va ularning har birini alohida o‘rgansak  $W$  potensialni aniqlash masalasi ancha engillashishi mumkin.

Bunda yerning fizik modeli sifatida sathiy ellipsoid aylanishi qabul qilinadi, uning tashqiy yuzasi sathiy hisoblanadi va uning har bir nuqtasidagi og‘irlik kuchi normal bo‘yicha unga yo‘nalgan bo‘ladi.

Sathiy ellipsoid markazi yer massasi markazi bilan, uning aylanish o‘qi esa – yerning aylanish o‘qi bilan ustma-ust tushadi. Sathiy ellipsoid yuzasi bilan va uning tashqi fazosida hosil bo‘ladigan gravitatsion maydon normal gravitatsion maydon deyiladi, og‘irlik kuchi esa normal og‘irlik kuchi deyiladi va  $\gamma$  harfi bilan belgilanadi.

Sathiy ellipsoid parametrlarini aniqlab,  $U$  normal potensialni va uning yuzasida hamda tashqi fazoda og‘irlik kuchi normal maydonning boshqa elementlarini hisoblash mumkin. Sathiy ellipsoid yuzasini boshlang‘ich deb qabul qilib, yer figurasini o‘rganish masalasini, uni fizik yuzasini ellipsoid yuzasidan chetlashishini aniqlashga, haqiqiy og‘irlik kuchi  $W$  potensialini aniqlash masalasini esa,  $T=W-U$  katta bo‘lmagan farqlarini, aniqlashga olib kelishi mumkin.  $T$  – yer yuzasidagi nuqtalarda yerning toydiruvchi potentsiali deb ataladi. yerning fizik modeli sifatida qabul qilinuvchi sathiy ellipsoid, uni figurasini va gravitatsiyasi maydonini aniqlashda **Normal yer** deb atash qabul qilingan. Geodeziya, geofizika, va osmon mexanikasining qator masalalarini echishda yer tortish  $V$  potensialini (uni atmosferasini hisobga olgan holda)  $r$ ,  $\Phi$  va  $L$  geometrik koordinatalarining sharaviy funksiyasini, ya’ni geotsentrik radius, kenglik va uzoqliklarni qatorga yoyilgan ko‘rinishida tasavvur qilish keng tarqalgan. **Normal yer** (sathiy ellipsoid)  $V_0$  tortishish potentsiali quyidagi ko‘rinishga ega.

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

bu yerda «0» indeksi bilan Normal yer parametrlari belgilangan;  $f$  – universal gravitatsion doimiy;  $M_0$  – sathiy ellipsoid massasi;  $r$  – uning yuzasidagi nuqtalarning geotsentrik radius vektori;  $a$  – ellipsoid katta yarim o‘qi;  $J_{2n}^0 - P_{2n}(\sin \Phi)$  Lejandr polinomlarida ikkinchi darajali zonal garmonik koeffitsientlar.

*Normal yer* parametrlari, kattaliklari va muhimligiga bog‘liqligidan quyidagi tarzda klassifikatsiyalanadi.

**Nolinchi tartibdagi parametrlar:** geotsentrik gravitatsion doimiy  $fM$ ; Normal yer yuzasidagi og‘irlik kuchining normal potentsiali  $U_0$ ; yerning ekvatorial radiusi  $a$ ; ekvatoridagi normal og‘irlik kuchi  $\gamma_e$ , Siqilish tartibdagi parametrlar: ikkinchi darajali geopotensialning normal garmonoik koeffitsienti  $J_2$ ; yering geometrik siqilishi  $\alpha = (a-b)/a$ ; yerning gravimetrik siqilishi,  $\beta = (\gamma_g - \gamma_e)/\gamma_e$  bu yerda  $\gamma_g$  – kutbda normal og‘irlik kuchi; yer aylanishining

burchakli tezlanish  $\omega$  funksiyasi hisoblanuvchi kichik parametrlar va nolinch tartibdagi parametrlar, ya'ni

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

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

Yuqori tartibdagi parametrlar:

normal og'irlik kuchi formulasidagi  $\beta_1$  koefitsient; normal tortishish

potensialining garmonik koefitsientlari  $J_4^0, J_6^0 \dots$  va hakoza

### **Fundamental geodezik doimiylar**

O'ta muhimligi tufayli Normal yerning ayrim parametrlari fundamental geodezik doimiylar deb nom oldi. Hozirgi vaqtda ularga quyidagilar kiradi:  $fM$ ,  $a$ ,  $J_2$ ,  $\omega$ , buy yerda  $\omega$  – yer aylanish burchak tezligi. Normal yerning boshqa parametrlari hosilaviy doimiylar hisoblanadi. Ularni, turli parametrlar orasidagi ma'lum bog'lanishlardan foydalanib olish mumkin.

**Fundamental doimiylarga yana quyidagilar kiradi:** vakkumda yorug'lik tezligi  $S$ , atmosfera uchun geotsentrik gravitatsion doimiy  $fM$  va universal gravitatsion doimiy  $f$ . Fundamental geodezik doimiylar yerning sun'iy yo'ldoshlarini, uzoqdagi kosmik uchish apparatlarini kuzatish, astronomik va gravimetrik o'lchash natijalaridan foydalanib aniqlanadi.

Normal yer parametrlar quyidagi shartlarga rioya qilib aniqlanadi:

- sathiy ellipsoid aylanish markazi yer massasi markazi bilan uning aylanish o'qi hisoblanuvchi – inersiya bosh o'qi yerning aylanish o'qi bilan ustma-ust tushishi lozim;
- sathiy ellipsoid va haqiqiy yerning aylanish burchak tezligi  $\omega$  bir xil bo'lishi lozim;
- sathiy ellipsoid massasi  $M_0$  xaqiqiy yer massasiga teng bo'lishi kerak ( $fM_0 = fM$ );
- ikkinchi darajali geopotensial zonal garmonik koefitsientlari,  $J_2^0$  sathiy ellipsoid va  $J_2$  xaqiqiy yer uchun ustma-ust tushishi kerak ( $J_2^0 = J_2$ );
- sathiy ellipsoid yuzasida og'irlik kuchining normal potensiali  $U_0$  geoid yuzasidagi og'irlik kuchining real potensialiga  $W_0$  teng bo'lishi kerak.

Geodeziyaning qator masalalarini yechishda  $U_0$  o'rniga fundamental geodezik doimiylar ichiga sathiy ellipsoidning katta yarim o'qi  $a$  kiritiladi. Unda beshinchi shart quyidagicha bo'ladi: sathiy ellipsoidning katta yarim o'qi  $a$  shunday tanlangan bo'lishi kerak, ya'ni uning hajmi geoid hajmiga teng bo'lsin.

Vaqt o'tkan sari o'lchash tug'risidagi ma'lumotlar yig'ilishi bilan fundamental geodezik doimiylarga aniqlik kiritib boriladi. Kanberrada 1972 yilda o'tkazilgan XVII xalqaro geodezik va geofizika ittifoqning Bosh Assambleyasi va uning tarkibiga kiruvchi Xalqaro geodeziya assotsiatsiyasi tavsiyasiga muvofiq, fundamental geodezik doimiylarning qiymati deb quyidagi qiymatlari qabul qilindi:

$$\begin{aligned}
fM &= (3896005 \pm 0,5) \cdot 10^8 m^3 s^{-2}; \\
J_2 &= (108263 \pm 0,5) \cdot 10^{-8}; \\
\alpha &= 6378137 \pm 2m \\
\omega &= 7292115 \cdot 10^{-11} rad \cdot c \\
\alpha &= 1:298,257
\end{aligned}$$

Bu doimiylar 1980 yilda qabul kilingan geodezik referens-sistemalar uchun boshlang'ich hisoblanadi. Fundamental doimiylarni bilib, aniq formulalar bo'yicha Normal yerning boshqa parametrlarini hisoblash mumkin. Ikkinchi tartibli kichik miqdorlargacha aniqlik bilan Normal yerning turli parametrlar orasidagi bog'liklikni o'rnatuvchi ayrim formulalarni keltiramiz, bu zamonaviy bosqichda oliy geodeziyaning ko'plab masalalarini echishda etarlidir.

$J_2$  va  $\bar{q}$  parametrlar yordamida yerning siqilishi  $\alpha$  quyidagi formula bilan ifodalanadi

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

bu erda  $\bar{q}$  (1.14) formula bo'yicha aniqlanadi.

Sathiy ellipsoid yuzasida normal potensial  $U_0$  quyidagiga teng

$$U_0 = \frac{fM_0}{a} \left( 1 + \frac{1}{3}\alpha + \frac{2}{15}\alpha^2 \right) + \frac{1}{3}\omega^2 a^2.$$

Ellipsoid massasi  $M_0$  va ekvatoridagi normal og'irlik kuchi  $\gamma_e$  quyidagicha bog'langan

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

Sathiy ellipsoid yuzasini normal tortishish  $\gamma_0$  kuchini,  $V$  kengliklarda quyidagi formula bo'yicha hisoblash mumkin

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

bu yerda

$$\beta_1 = \frac{\gamma_\rho - \gamma_e}{\gamma_e} = 0,00530248 \quad (1.16)$$

$$\beta_2 = \frac{1}{8}\alpha^2 - \frac{1}{4}\alpha\beta = 0,00000585 \quad (1.17)$$

Tashqi fazoda normal og'irlik kuchi  $\gamma$  ( $mGal$ ) quyidagi formula bo'yicha topiladi

$$\gamma = \gamma_0 - 0,3086H, \quad (1.18)$$

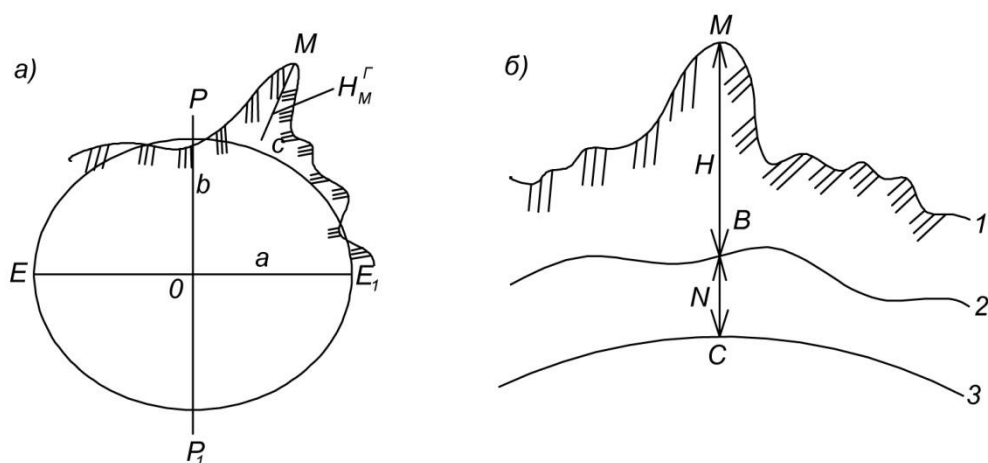
bu erda  $H$  – ellipsoid yuzasiga nisbatan balandlik, (m)

Yuqorida keltirilgan fundamental geodezik doimiylar, sathiy ellipsoid ekvatorida yerning qutbiy siqirligi  $\alpha$  va normal og'irlik kuchi  $\gamma_e$  – qiymatlari quyidagiga to'g'ri keladi;

$$\alpha = 1:298257 \pm 0,001; \quad \gamma_e = 978033 \pm 1 mGal$$

### Real yer figurasi

Yer tanasida parametrlari ma'lum bo'lgan er ellipsoidini orientirlangandan so'ng, uning figurasini o'rganish masalasi er yuzasidan normal bo'yicha ellipsoid yuzasigacha geodezik balandliklarni topishga, ya'ni ellipsoiddagi nuqtalarning ma'lum koordinatalari bilan  $H_M^r = MC$  (1.5a-shakl) kesmalarini aniqlashga olib keladi. Ammo har qanday nuqtalarning geodezik balandligini bevosita o'lchash mumkin emas. Shuning uchun uni ikkita tashkil etuvchiga ajratiladi va ularning har biri, turli o'lchash ma'lumotlardan foydalanib alohida aniqlanadi.



1.5-shakl. Nuqtaning geodezik balandligi (a) va uni tashkil etuvchisi (b).  
1- Yerning fizik yuzasi; 2-kvazigeoid (geoid); 3-ellipsoid.

M. S. Molodenskiyning nazariyasiga muvofiq yer yuzasidagi har qanday  $M$  nuqtaning geodezik balandligi  $H_M^r$  quyidagi formula orqali hisoblanadi.

$$H_M^r = \xi_M + H_M^y \quad (1.19)$$

bu yerda  $\xi_M$  – **balandlik anomaliyasi**;

$H_M^y$  berilgan nuqtaning **normal balandligi**.

Balandliklar anomaliyasi  $\xi$  nisbatan kichik bo'lib 100 metrdan oshmaydi, tog'larda nuqtalarning normal balandliklari bir necha km ga etishi mumkin.

Hoxlagan  $M$  nuqtaning balandlik anomaliyasi  $\xi$  quyidagi ko'rinishda beriladi:

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

Bu yerda  $T_M = W_M - U_M$  – lar  $M$  nuqtada yerning toydiruvchi potentsiali;  $W_m$  va  $W_0$  –  $M$  nuqtada va geoid yuzasida real og‘irlik kuchini potentsialining qiymatlari;  $U_M$  va  $U_0$  – shu nuqtalardagi normal og‘irlik kuchi potentsialining qiymatlari;  $\gamma_m$  – (1.18) formula bilan hisoblanadi, ellipsoiddan  $H = \frac{1}{2} H_m^\gamma$  balandlikda normal og‘irlik kuchining qiymati. Har qanday  $M$  nuqtaning normal balandligi  $H_m^\gamma$  quyidagi formula orqali aniqlanadi

$$H_m^\gamma = \frac{f}{\gamma_m} \int_0^m g dh; \quad (1.21)$$

u geometrik nivelirlash bilan aniqlanadi va bir vaqtda og‘irlik kuchi o‘lchanib boriladi (1.21) formulada  $\gamma_m$  - ellipsoiddan  $H = \frac{1}{2} H_m^\gamma$  balandlikdagi normal og‘irlik kuchining qiymati;  $g$  – nivelirlash yo‘li nuqtalaridagi real og‘irlik kuchining qiymati;  $dh$  – elementar nisbiy balandliklar.

Yer yuzasidagi  $M$  nuqta orqali (1.5,b-shakl) yer ellipsoidi yuzasiga  $MC$  normal o‘tkazamiz va belgilaymiz:  $N=BC$  –ellipsoiddan kvazigeoid balandligi;  $N=MB$  – bu nuqtalarning kvazigeoiddan balandligi. yer yuzasidagi har bir konkret  $M$  nuqta uchun kvazigeoidning  $N$  balandligi  $\xi_M$  balandlik anomaliyasiga teng, ya’ni  $N = \xi_M$ , bu nuqtalarning kvazigeoiddan balandligi  $N$  normal  $H_m^\gamma$  balandlikka teng, ya’ni  $N = H_m^\gamma$ . Shuning uchun (1.19) ifoda o‘rniga shunday talabchanlik va aniqlik bilan yozish mumkin.

$$H_M^r = N + H \quad (1.22)$$

Odatda (1.22) formula amaliyotda qo‘llaniladi, ammo  $N = \xi_M$  va  $H = H_M^\gamma$  qiymat (1.20) va (1.21) formula bo‘yicha hisoblanadi, garchi  $\xi$  va  $N$  hamda  $H_M^r$  va  $H$  kattaliklar ma’no jihatidan turlichadir. (1.19) formula bilan  $H_M^r$  normal balandliklar ellipsoididan hisoblanadi, (1.22) formula bo‘yicha esa  $H$  balandliklar kvazigeoid yuzasidan hisoblanadi. Bu ikkita formula ham nazariy jihatdan jiddiy bo‘lib,  $H^r$  geodezik balandliklarning bir xil qiymatini beradi.

Kvazigeoid  $N$  balandligini ( $\xi$  anomal balandlik) aniqlash uchun yer sharining kontinental qismida geodezik, astronomik, gravimetrik, hozir esa sun‘iy yo‘ldosh va gravinersial kompleks o‘lchash bajariladi.

Gradusli o‘lchashlarni qayta ishlashdan, sun‘iy yo‘doshli aniqlashlarni inobatga olib, yer gravitatsiya maydoni bir jinsli emasligi sababli geoid (kvazigeoid) yuzasi murakkab ekanligi aniqlandi. yer ellipsoidiga nisbatan yirik (1000 km atrofida) va uncha katta bo‘lmagan (100 km atrofida) kenglik va uzoqliklar bo‘yicha cho‘zilgan to‘lqinsimon o‘zgarishlari bor. Geoidni eng katta manfiy balandligi Hind okeani rayonida (-105 m ga yaqin) va Antarktida yaqinida (Rossiya dengizida – 61 m gacha), eng katta musbat balandlik Tinch okeanida (yangi Gvineya yaqinida +77 m gacha) va Shimoliy Atlantikada (+66 m gacha)

kuzatilgan. Yerning figurasi nok shaklida ekanligi aniqlanilgan bo'lib, uning shimoliy yarimshari qutbga tomon tortilgan, janubiy yarimshari esa aksincha ichkariga kirgan. Yer ekvatori – katta yarim o'qi g'arbga  $15^0$  ga yaqin uzoqlik bilan elliptiklikka ega.

### **Krasovskiy referens-ellipsoidi**

Yer fizik yuzasi juda murakkab (ayniqsa tog'li hududlarda). Unig tenglamasi noma'lum, shu sababli geodezik o'lchash natijalarining matematik qayta ishlash uchun geometrik jihatdan sodda bo'lgan va yer qarida orientirilash imkoniyati yaxshi bo'lgan yordamchi sirt tanlab olinadi. Yer yuzasida bajarilgan barcha o'lchashlar (gorizontal burchaklar va yo'nalishlar, masofalar yer jismlarining azimutlari) shu tanlab olingan sirtga o'tkaziladi, ya'ni reduksiyanaladi, bu sirtning ko'chirish sirti deb nomlash qabul qilingan. U yoki bu sirtning tanlashda quyidagilarni inobatga olish zarur.

Ko'chirish sirti shakli jihatidan sodda bo'lishi va geometrik nuqtai nazardan yaxshi o'rganilgan bo'lishi kerak. Bu o'z navbatida har qanday masofadagi geodezik o'lchash natijalarini kerakli bo'lgan aniqlikda ushbu sirtida yechish imkonini beradi.

Tanlab olingan ko'chirish sirti geodezik o'lchash va hisoblash ishlari bajariladigan mamlakat yoki bir necha mamlakatlar territoriyasida kvazigeoid sirtidan uncha katta farq qilmasligi kerak. Bu shartli bajarilishi, reduksiyaning hisoblash aniqligiga bo'lgan talabni kamaytiradi.

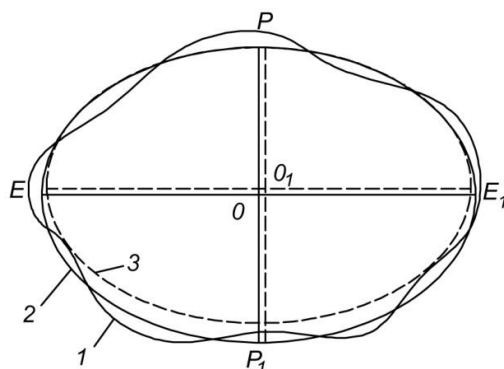
Ko'chirish sirti yer qarida shunday orientirilanishi zarurki o'lchangan elementlarni ko'chirish sirtiga va aksincha o'lchangan sirtga proeksiyalash qulay bo'lishi kerak.

Butun yer masshtabida geodezik masalalarni yechish uchun ko'chirish sirti sifatida umumiy yer ellipsoidini (*Normal yer*) olish maqsadga muvofiq. Bir yoki bir necha mamlakatlar miqiyosida bajarilgan topografik-geodezik va kartografik masalalarni echishda ko'chirish sirti sifatida ma'lum o'lchamlarga ega bo'lgan va yer qarida orientirlangan referens ellipsoid deb nomlangan sirt olinadi.

Referens ellipsoid shakli, o'lchamlarini tanlashda va orientirlashda quyidagi talablar bajarilishi kerak:

- a) Referens ellipsoid parametrlari imkon qadar umumiy yer ellipsoidi parametrlaridan farq qilmasligi kerak;
- b) Referens ellipsoidning aylanish o'qi yer aylanish o'qiga, ekvator tekisligi yer ekvator tekisligiga parallel bo'lishi kerak;
- c) Mamlakat yoki bir necha mamlakatlar uchun tanlangan referens ellipsoid sirti kvazigeoid (geoid) sirtidan og'ishi kvadratlarining yig'indisi eng kichik (minimal) bo'lishi kerak.

Kichik territoriyali maydonga ega mamlakatlarda birinchi talabni bajarilishi zaruriy emas. Referens ellipsoid o'lchamlari umumiy yer ellipsoidi o'lchamlaridan farq qiladi, uni markazi  $O_1$  umumiy yer ellipsoidi markazi  $O$  bilan ustma-ust tushmaydi (1.4- shakl).



**1.6 - shakl. Ko'chirish sirtlari**

**1- geoid; 2-umumiy yer ellipsoidi; 3-referens ellipsoid**

MDX davlatlari territoriyasida 1942 yilga qadar topografo-geodezik va kartografik ishlar uchun Bessel referens ellipsoididan foydalanilgan. 1940 yil professor F.N.Krasovskiy professor A.A.Izotov ishtirokida SSSR va AQSH, G'arbiy Evropa mamlakatlarida bajarilgan gradus o'lchovlari va gravimetrik s'yomkalardan foydalanib, o'sha vaqt uchun aniq bo'lgan yer ellipsoidini parametrlarini hisoblab topishdi:

$$a=6378245 \text{ m}, \alpha=1:298,3.$$

1946 yil ushbu o'lchamga ega bo'lgan yer ellipsoidi MDH mamlakati uchun referens ellipsoidi sifatida qabul qilindi va unga Krasovskiy nomi berildi. Krasovskiy ellipsoidi hozirda barcha MDH mamlakatlarida qo'llanib kelinmoqda. Ko'pchilik amaliy geodeziya va kartografik masalalarni va ayrim ilmiy masalalarni yechishda referens ellipsoiddan foydalanish qiyinchiliklar tug'diradi, bunday hollarda yer ellipsoidi zonalarga bo'linadi va har bir zona tekislikka yoyiladi. Bu tekislikda turli geodezik (injenerlik) masalalari yechiladi.

Geodezik to'rlarda o'lchangan kattaliklar ellipsoiddan tekislikka reduksiyalanadi va aksincha. Bunday masalalarni yechish uchun 1932 yildan beri Gauss-Kryuger proeksiyasidan foydalaniladi.

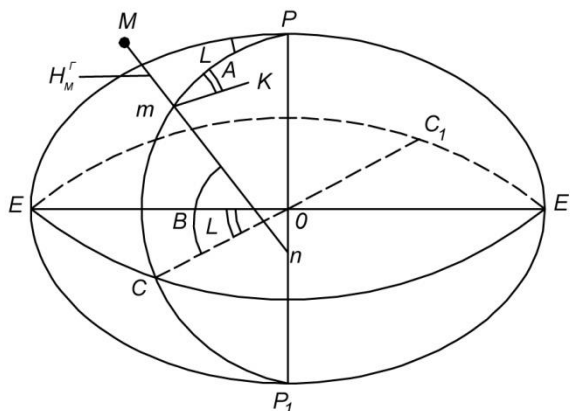
#### **Nazorat savollari:**

1. Normal yerga tarif bering.
2. Yerning fizik modeli nima?
3. Normal yer parametrlari, kattaliklari qanday tarzda klassifikatsiyalanadi?
4. Normal yer parametrlar qanday shartlarga rioya qilib aniqlanadi?
5. Yer yuzasidagi har qanday  $M$  nuqtaning geodezik balandligi qaysi formula orqali hisoblanadi?
6. Referens ellipsoid deganda nimani tushinasiz?
7. Referens ellipsoid shakli, o'lchamlarini tanlashda va orientirlashda qanday talablar bajarilishi kerak?
8. MDH davlatlari territoriyasida 1942 yilga qadar topografo-geodezik va kartografik ishlar uchun qaysi olim ellipsoididan foydalanilgan?
9. Gauss-Kryuger proeksiyasi afzalliklarini aytib bering.

#### **1.6. Geodezik va astronomik koordinatalar va azimutlar**

Oliy geodeziya masalalarini yechishda, har qanday  $M$  nuqtaning yer sathidagi holati qabul qilingan referens ellipsoidni geodezik koordinatalar  $B, L, H^G$  (1.7-

shakl) bilan aniqlanadi. ( $B$ -geodezik kenglik;  $L$ -geodezik uzoqlik;  $H^G$ -nuqtaning geodezik balandligi).



**1.7- shakl. Geodezik koordinatalar va azimutlar**

$M(m)$  nuqtaning geodezik kengligi deb (1.7- shaklga qarang) shu nuqtadan ellipsoid sathiga tushirilgan normal chiziq bilan  $ECE_1$  ekvator tekisligi orasida hosil bo'lgan  $B$  burchakka aytiladi. Geodezik kenglik ekvator tekisligidan shimolga musbat ishora bilan, janubga qarab manfiy ishora bilan  $0^\circ$  dan  $90^\circ$  gacha hisoblanadi.

Boshlang'ich Grinвич meridian tekisligi bilan  $M(m)$  nuqtadan o'tgan  $PmP_1$  geodezik meridian tekisligi orasida hosil bo'lgan ikki yoqli burchakka  $M(m)$  nuqtaning geodezik uzoqligi deyiladi. MDH davlatlarida geodezik uzoqlik boshlang'ich meridian tekisligidan g'arbdan sharqqa  $0^\circ$  dan  $360^\circ$  gacha o'lchanadi, ayrim mamlakatlarda teskari yo'nalishda ham o'lchanishi mumkin.

$M$  nuqtadan o'tgan geodezik meridian tekisligi  $PmP_1$  bilan  $mk$  yo'nalish va  $m$  nuqtadan o'tgan  $mn$  normal chiziqdan o'tgan tekisliklar orasida hosil bo'lgan ikki yoqli burchakka  $mk$  yo'nalishni  $A$  geodezik azimuti deyiladi. Azimutlar meridian tekisligidan soat strelkasi yo'nalishida  $0^\circ$  dan  $360^\circ$  gacha orientirlanayotgan yo'nalishlargacha o'lchanadi.

Nuqtadan o'tgan normal chiziq bo'yicha nuqtadan ellipsoid sirtigacha bo'lgan masofaga nuqtani geodezik balandligi deyiladi. Ellipsoid sirtidan yuqorida bo'lgan balandlik musbat va aksinchasi manfiy hisoblanadi. Ellipsoid sirtida geodezik balandlik nolga teng bo'ladi ( $H^G=0$ ).

Geodezik koordinatalar bevosita o'lchanmaydi. Ular orttirmalarni hisoblash orqali davlat geodezik to'rini boshlang'ich deb qabul qilingan punkti  $B_0$ ,  $L_0$ ,  $H_0$  koordinatalariga orttirmalarni qo'shish orqali topiladi.

Yer yuzasida yulduzlarni kuzatish orqali astronomik koordinatalar ( $\varphi$ -kengliklar,  $\lambda$ -uzoqliklar,  $\alpha$ -azimutlar) aniqlanadi.  $M$  nuqtadan o'tgan shovun chizig'i yo'nalishi bilan yer ekvatori tekisligi orasida hosil bo'lgan burchakka nuqtaning  $\varphi$ -astronomik kengligi deyiladi.

Nuqtadan o'tgan shovun chizig'ida yotgan va yer aylanish o'qiga parallel bo'lgan tekislikka nuqtaning astronomik meridiani deyiladi.

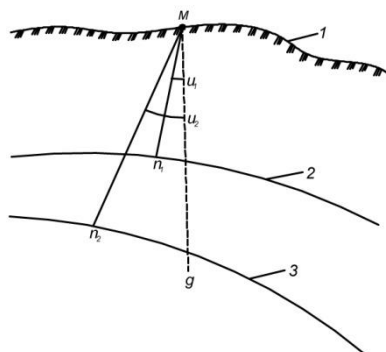
Boshlang'ich meridian tekisligi bilan nuqtadan o'tgan astronomik meridian tekisligi orasidagi ikki yoqli burchakka nuqtani  $\lambda$ -astronomik uzoqligi deyiladi.  $M$  nuqtadan o'tgan astronomik meridian tekisligi bilan  $M_k$  dan o'tgan vertikal tekislik orasida hosil bo'lgan  $\alpha$  burchakka  $M_k$  yo'nalish astronomik azimut deyiladi.

### Nazorat savollari:

1. Oliy geodeziya masalalarini yechishda qanday koordinatalar aniqlanadi?
2. Geodezik kenglik va uzoqlik ta'rifini ayting bering?
3. Geodezik azimutiga ta'rif bering?
4. Astronomik koordinatani geodezik koordinatadan farqini ayting?
5. MDX davlatlarida geodezik uzoqlik boshlang'ich meridian tekisligidan g'arbdan sharqqa qancha gradsgacha o'lchanadi?

### 1.7. Shovun chizig'ining og'ishi

Bir nuqtadan o'tgan normal chiziq bilan shovun chizig'ini ustma-ust tushmasligi sababli nuqtani  $B, L$ , geodezik koordinatalari va  $\varphi, \lambda$  astronomik koordinatalari o'zaro teng bo'lmaydi. Berilgan nuqtadan o'tgan Normal chiziq bilan shu nuqtadan o'tgan shovun chizig'i orasidagi burchakka shu nuqtadagi shovun chizig'ini astronomo-geodezik og'ishi deyiladi. Shovun chizig'ini og'ishi absolyut va nisbiy bo'lishi mumkin.

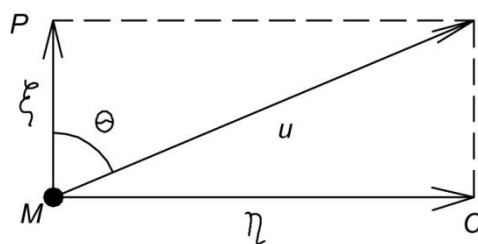


1.8- shakl. Shovun chizig'ini absolyut va nisbiy og'ishi:

1- yer fizik yuzasi; 2- Umumiy yer ellipsoidi; 3-referens ellipsoid.

$M$  nuqtadan o'tgan umumiy yer ellipsoidiga normal bo'lgan  $Mn_1$  chiziq bilan shu nuqtadan o'tgan  $Mg$  shovun chizig'i orasida hosil bo'lgan  $U_1$  burchakka shu nuqtada shovun chizig'ini **absolyut og'ishi** deyiladi. Shovun chizig'ini absolyut og'ishi yer qarida massani taqsimlanishiga bog'liq shu sababli shovun chizig'ini og'ishi yer ichki tuzilishini o'rganishda, yer qaridagi anamal massalarni aniqlashda muhim ahamiyatga ega.

$M$  nuqtadan referens ellipsoid satxiga tushirilgan Normal bilan  $Mg$  shovun chizig'i orasidagi  $U_2$  burchakka  $M$  nuqtadagi **shovun chizig'ini nisbiy og'ishi deyiladi**. Shovun chizig'ini nisbiy og'ishi yer bag'rida massani taqsimotiga, qabul qilingan referens ellipsoid o'lchamlaridagi va uni yer ichida orientirlash xatoliklariga bog'liq. Umuman olganda shovun chizig'ini nisbiy og'ishi absolyut og'ishdan katta.



**1.9-shakl. Meridian va birinchi vertikal tekisliklarida shovun chizig'ini to'liq og'ishini tashkil etuvchilari**

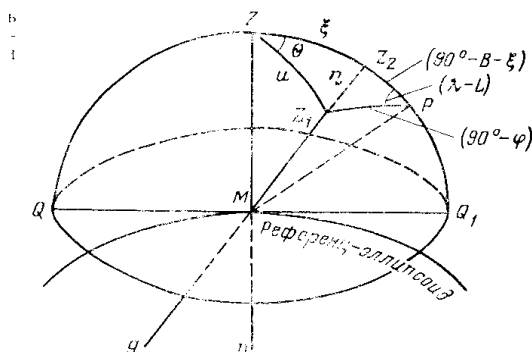
Geodezik masalalarni echishda shovun chizig'ini  $u$  to'liq og'ishini har bir nuqtada ikkita tashkil etuvchiga ajratadi:  $\xi$ - berilgan nuqtadan o'tgan  $MP$  meridian tekisligida va  $\eta$ - berilgan nuqtadan o'tgan meridian tekisligiga perpendikulyar  $MC$  birinchi vertikal tekisligida (1.9-shakl). Meridian va birinchi vertikal tekisliklarida tashkil etuvchilari,  $\xi$ (ksi) va  $\eta$ (eta) larning qiymatlari ma'lum bo'lganda shovun chizig'ini to'liq og'ishi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$U = \sqrt{\xi^2 + \eta^2} . \quad (1.23)$$

To'liq og'ish yotgan tekislik  $\Theta$  azimuti quyidagicha topiladi

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\eta}{\xi} \quad (1.24)$$

yer yuzasida yoki yer ellipsoidi yotgan qandaydir  $M$  nuqtaning shovun chizig'ining og'ishini  $\xi$  va  $\eta$  tashkil etuvchilarini, agar bu nuqta uchun  $B, L$  geodezik va  $\varphi, \lambda$  astronomik koordinatalari ma'lum bo'lsa aniqlash mumkin. Aytaylik  $M$  nuqta referens – ellipsoid yuzasida yotibdi.  $M_n$  ellipsoidga tushgan normal,  $M_g$  esa shu nuqtaning shovun chizig'i deb belgilaymiz.  $M$  nuqtaning markazi bilan yagona radiusga ega bo'lgan yordamchi sfera barpo etamiz.  $M$  nuqtani geodezik zeniti –  $Z$  nuqtada  $M_n$  normalni yordamchi sfera bilan kesishishgacha davom ettiramiz.



**1.10-shakl. Geodezik, astronomik koordinatalar va azimutlarning o'zaro bog'liqligi**

$M_g$  shovun chizig'ini esa  $M$  nuqtani astronomik zeniti-  $Z_1$  nuqtada sfera bilan kesishishgacha davom ettiramiz.  $M$  nuqta orqali yerni aylanish o'qiga parallel

chiziq o'tkazamiz, uni sfera bilan kesishish nuqtasini  $P$  deb belgilaymiz (dunyo qutbi);  $Z_1$  nuqtani katta doira yoyi bilan  $Z$  va  $R$  nuqtalar bilan birlashtiramiz.  $ZZ_1$  uchburchakda  $RZ_1$  yoy  $M$  nuqtani astronomik qutb masofasiga teng, ya'ni  $RZ_1 = 90^\circ - \varphi$ ;  $RZ$  yoy  $M$  nuqtani geodezik qutb masofani tashkil etadi, ya'ni  $RZ = 90^\circ - B$ ;  $ZZ_1$  tomon –  $M$  nuqtada shovun chizig'ini to'la og'ishi, ya'ni  $ZZ_1 = u$ .  $\theta$  burchak  $MZZ_1$  tekislikning geodezik azimutiga teng, unda shovun chizig'ining to'la og'ishi yotadi.  $M$  nuqtani  $MZR$  geodezik meridian tekisligiga  $MZ_1Z_2$  birinchi vertikal tekisligiga shovun chizig'i to'la og'ishini loyihalaymiz.  $\xi = ZZ_2$  va  $\eta = Z_1Z_2$  yoylar  $M$  nuqta meridianida va birinchi vertikalida shovun chizig'i to'la og'ishini tashkil etuvchilari hisoblanadi.  $Z_1R$  yoy  $Z_1R = 90^\circ - \varphi$ , bu erda  $\varphi$  -  $M$  nuqtaning astronomik kengligi,  $Z_2R$  yoy esa  $Z_2R = 90^\circ - V - \zeta$  teng.  $R$  dunyo qutbida  $Z_2RZ_1$  burchak  $M$  nuqtaning astronomik va geodezik uzoqliklarining farqiga teng, ya'ni burchak  $< Z_2RZ_1 = \lambda - L$ .

$Z_1Z_2R$  sferik uchburchakni yechib, yozamiz.

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

$\eta$  va  $\lambda - L$ lardan trigonometrik funksiyalarni qatorlarga yoyib hamda qatorlarning birinchi hadlarigacha chegaralanib, quyidagini olamiz.

$$\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}(B + \xi); \quad \eta = (\lambda - L) \cos \varphi \quad (1.25)$$

Bu yerda etarli aniqlikda almashtirib, yakunda topamiz

$$\xi = \varphi - B; \quad \eta = (\lambda - L) \cos B. \quad (1.26)$$

Agarda shovun chizig'ini og'ishini tashkil etuvchilari gravimetrik o'lchashlarni qayta ishlash orqali topilsa, unda ularni shovunni gravimetrik og'ish deyiladi va  $\zeta_{gr}$ ,  $\eta_{gr}$  ko'rinishida belgilanadi. Shovunni astronomo-geodezik  $\zeta_{ag}$ ,  $\eta_{ag}$  og'ishi bilan gravimetrik og'ishi orasidagi bog'lanish quyidagi formula bilan topiladi.

$$\zeta_{ag} = \zeta_{gr} + 0,171H \sin 2B = \varphi - B \quad \eta_{ag} = \eta_{gr} = (\lambda - L) \cos B, \quad (1.27)$$

bunda  $H$  - nuqtani ellipsoiddan balandligi, km da.

Shuni ta'kidlash zarurki, shovun chizig'ini astronomo-geodezik og'ishi qabul qilingan referens ellipsoid, gravimetrik og'ish sathiy ellipsoidda hisoblanadi, shuning uchun yer sathidagi bir nuqtani shovun chizig'ini og'ishi o'zaro teng bo'lmaydi.

Davlat geodezik tomoqi punktlarida shovun chizig'ini og'ishini bilish oliy geodeziyani ko'pgina masalalarini yechish uchun zarur bo'ladi: triangulyasiya usulida bajarilgan burchak o'lchash natijalaridan foydalanib yer ellipsoidi shakli va o'lchamlarini aniqlashda; qabul qilingan referens-ellipsoid satxiga nisbatan yer sathi va kvazigeoid balandliklarini aniqlashda;

Turli koordinata sistemalari orasida bog'liqliklarni o'rnatish; yer fizik sathidan referens ellipsoid sathiga o'lchangan tomanlarni (bazislarni), azimutlar, gorizontal

yoʻnalishlarni matematik jihatdan aniq reduksiyalash; hammadan ham togʻli joylarda trigonometrik nivelirlash aniqligini oshirishda.

### Nazorat savollari:

1. Shovun chizigʻini absolyut ogʻishi nima?
2. Shovun chizigʻini nisbiy ogʻishi nima?
3. Shovun chizigʻini astronomo-geodezik ogʻishi nima?

### 1.8 Laplas azimutlari

Agarda bizga nuqtani geodezik  $B$ ,  $L$  astronomik koordinatalari  $\varphi$ ,  $\lambda$  va yerdagi predmetga boʻlgan yoʻnalishni  $\alpha$  astronomik azimuti maʼlum boʻlsa u holda (1.27) formuladan foydalanib shovun chizigʻi ogʻishini tashkil etuvchilarini  $\zeta$  va  $\eta$  topish mumkin. Unda yoʻnalishni  $A$ -geodezik azimuti quyidagi formuladan aniqlash mumkin.

$$A = \alpha - (\lambda - L) \sin \varphi + (\eta \cos A - \zeta \sin A) \operatorname{ctg} Z, \quad (1.28)$$

bu yerda  $Z$ -kuzatilayotgan nuqtaning zenit masofasi.

Tekislikda  $Z = 89^\circ 30' - 90^\circ 30'$ , triangulyasiya tomon uzunligi 10-30 km boʻlganda  $\operatorname{ctg} Z \leq 0,01$  boʻladi u holda quyidagicha yozishimiz mumkin

$$A = \alpha - (\lambda - L) \sin \varphi \quad (1.29)$$

Bu formula bilan hisoblangan geodezik azimutni **Laplas azimuti** deb ataladi. Bu formulani ikkinchi hadi punktda geodezik va astronomik meridianlar tekisliklarini ustma-ust tushmaslik natijasi.

Laplas azimutini aniqlash oʻrta kvadratik xatoligi

$$m_A = \sqrt{m_\alpha^2 + m_\lambda^2 \sin^2 \varphi} \quad (1.30)$$

bu yerda

$m_\alpha$  – astronomik azimut;

$m_\lambda$  – astronomic uzoqlikni aniqlash xatoligi;

Agar  $m_\alpha = 0,5''$ ,  $m_\lambda = 0,45''$ ,  $\varphi = 45^\circ$  boʻlsa  $m_A = 0,6''$  boʻladi. Laplas azimutlarini aniqlash real aniqligini oʻrta kvadratik xatoligi  $\approx 1''$ .

### Nazorat savollari:

1. Laplas azimutiga taʼrif bering?
2. Laplas azimuti foʻrmulasini ayting?
3. Laplas azimutini aniqlash oʻrta kvadratik xatoligi foʻrmulasini ayting?

### 1.9 Reduksiya masala to'g'risida tushincha

O'lchangan kattaliklarni yer fizik sathidan qabul qilingan referens ellipsoid sathiga o'tkazishni kompleks muammolari bilan bog'liq bo'lgan aniq matematik usullarini ishlab chiqish oliy geodeziyani reduksiya masalasi deb qaraladi.

Har bir mamlakat tomonidan tanlangan referens ellipsoid yer aylanish o'qiga nisbatan orientirlanishi va yer jismida boshlang'ich geodezik sanalar bilan "Mahkamlanishi" zarur buning uchun astronomo-geodezik to'ring boshlang'ich punktining  $B_0, L_0, H_0$  geodezik koordinatalaridan foydalaniladi.

Boshlang'ich geodezik sanalarni aniqlash uchun butun astronomo-geodezik to'rda bajarilgan o'lchashlarning barcha ma'lumotlaridan foydalaniladi. Bularni aniqlash usullari nazariy geodeziya kursida ko'riladi. 1934 yil F.N.Krasovskiyni nazariy jihatdan mukammal bo'lgan proeksiyalash usulidan foydalanib, geodezik to'rdagi barcha o'lchashlar: gorizontalar yo'nalishlar, tomon uzunliklari va azimutlari va h.k. referens ellipsoid sathiga reduksiyalanadi. O'lchangan kattaliklarni ellipsoid sathiga proeksiyalash normallar bo'yicha amalga oshiriladi. O'lchangan kattaliklar (yo'nalishlar, azimutlar va h.k.) shovun chizig'i bilan bog'liq bo'lgani uchun ularni ellipsoid sathiga reduksiya uchun geodezik to'r punktlarida shovun chizig'ini og'ishini va punktlarni ellipsoid sathiga nisbatan balandliklarini bilish zarur bo'ladi.

#### Reduksion masalani yechishda quyidagi talablarni bajarish zarur

Reduksiya tuzatmalarini aniqlash xatoligi reduksiyalanayotgan o'lchangan kattalik xatoligidan hisobga olmasa ham bo'ladigan darajada kichik bo'lishi kerak (o'lchash xatoligidan reduksiya tuzatmalarini xatoligi besh-o'n marta kichik bo'lishi kerak);

Reduksiya tuzatmalarini hisoblash uchun qo'llaniladigan formulalar shunday aniqlikda olingan bo'lishi kerakki ularni xatoligi reduksiya hisoblash natijalariga ta'sir etmasligi kerak;

Shovun chizig'ini astronomo-geodezik og'ishi  $\zeta_{ag}, \eta_{ag}$ , punktlarni ellipsoiddan geodezik balandlik  $H^g$ , og'irlik kuchining tezlanish anamaliyasi  $g-\gamma$  yetarli darajadagi aniqlikda, konkret o'lchash natijalaridan foydalanib, olingan bo'lishi kerak.

Tog'li rayonlarda ish bajarishda shovun chizig'ini og'ishi barcha 1-3 klass triangulyasiya punktlari uchun ma'lum bo'lishi kerak. Astronomo-geodezik to'rlarni alohida punktlarida har 70 - 100 kilometrda astronomik  $\varphi$ -kengliklari,  $\lambda$ -uzoqliklari aniqlanadi. Bu punktlarni geodezik  $B$ - kengliklari,  $L$ - uzoqliklari hisoblab topilgandan so'ng (1.27) formuladan foydalanib, qidirilayotgan shovun chizig'ini og'ishi aniqlanadi.

Oraliq punktlar uchun shovun chizig'ini og'ishi olingan natijalarni bivosita interpolatsiyalash orqali topiladi, bunda uni punktlar orasida nochiqli o'zgarishini inobatga olinadi. Buning uchun aniq dastur bilan joyni gravimetrik s'emkasi bajariladi, barcha punktlar uchun avval shovun chizig'ini gravimetrik og'ishlari  $\zeta_{gr}, \eta_{gr}$  va so'ngra bularni inobatga olib izlangan og'ishlar  $\zeta_{ag}, \eta_{ag}$  topiladi. Shovun chiziqlarini astronomo geodezik og'ishlari  $\zeta_{ag}, \eta_{ag}$  va punktlar orasidagi masofani bilgan holda, ellipsoidga nisbatan kvazigeoid nisbiy balandligi

va uni  $H$  balandligi aniqlanadi (balandlik anamaliyasi  $\zeta$ ). Nivelirlash natijasida punktlarni  $H_v$  normal balandligi aniqlanadi va (1.19) formuladan foydalanib ularni geodezik balandliklari hisoblanadi.

Astronomo-gravimetrik usul bilan shovun chizig'i og'ishini va kvazigeoid nisbiy balandligini aniqlash katta hajmdagi geodezik, astronomik va gravimetrik o'lchashlarni bajarishni taqoza etadi. Bu esa o'z navbatida ko'p mehnat va xarajatlar qilishga olib keladi.

Fan va texnikani rivojlanishi bilan ishlab chiqarishga yuqori aniqlikdagi geodezik gravinersial sistemalar joriy etib borilayapti ular yordamida qisqa vaqtda yuqori aniqlikda, ya'ni 0,1" aniqlikda shovun chizig'i og'ishini bir punktdan ikkinchi punktga o'tishdagi nisbiy balandligini aniqlash mumkin. Shovun chizig'i astronomo-geodezik og'ishini orttirmasini o'lchab, punktlar orasidagi masofani bilgan holda, etarli darajadagi aniqlikda kvazigeoid nisbiy balandligini hisoblash mumkin. Ushbu usulda kvazigeoid (geoid) sathini o'rganishga graviinersial nivelirlash deyiladi. Bu usul su'niy yo'ldoshli altimetriya usulini qo'llash imkoniyati bo'lmagan er sharini kontinental qismda kvazigeoid (geoid) sathini o'rganishda juda ham samarali va aniq natijalar berishi mumkin.

Geodezik tormoq punktlarida shovun chizig'i og'ishi va geodezik balandliklarini aniqlab o'lchangan masofalarga, gorizontal yo'nalishlarga, azimutlarga darslikda keltirilgan formulalardan foydalanib ularni referens ellipsoid sathiga reduksiyalash uchun tuzatmalar hisoblanadi. So'ngra sferoidik geodeziya formulalaridan foydalanib o'lchangan kattaliklarni ellipsoiddan Gauss-Kryuger proeksiyasida tekislikka reduksiyalanadi.

#### **Nazorat savollari:**

1. Masofani reduksiyalash deganda nimani tushunasiz?
2. Geodezik to'rni ellipsoid sathidan tekislikga va aksincha tekislikdan ellipsoidga proeksiyalashda qanday masalalarni echishga to'g'ri keladi?
3. Qanday koordinatalarga boshlang'ich geodezik sanalar deyiladi?
4. Yer ellipsoidini geoid qarida orientirlashda nechta astronomo - geodezik punktlarni koordinatalaridan foydalanib bajarish mumkin?
5. Ellipsoidni orientirlash shartlarini ayting?

## **2-BOB. GEODEZIK TAYANCH TARMOQLARI**

### **2.1 Geodezik tarmoqlar va ularning ahamiyati**

Yer yuzasida mahsus mahkamlangan, holati umumiy koordinata va balandliklar sistemalarida aniqlangan nuqtalar tizimiga geodezik tarmoqlar deyiladi.

Geodezik tarmoqlar yer yuzasining kichik va katta maydonlarida barpo etilishi mumkin. Ular hududiy alomati va vazifasi bo'yicha global (barcha yer sharini qoplovchi); milliy qabul qilingan yagona koordinatalar va balandliklar sistemalarida har bir davlat chegarasida barpo etiluvchi; zichlashtirish (topografik

s'yomka qilishda tasvirlov asosini barpo etishga mo'ljallangan), s'emka asosi tarmoqlariga bo'linadi.

Geometrik hususiyati jihatidan planli balandlik va fazoviy geodezik tarmoqlarga ajratiladi. Planli tarmoqlarda o'lchashlarni qayta ishlash natijasida qabul qilingan ko'chirish sathida punktlarning koordinatalari aniqlanadi (ellipsoid sathida yoki tekislikda); balandlik (nivelirlash) tarmoqlarida boshlang'ich yuzaga nisbatan punktlarning balandligi olinadi masalan, kvazigeoid yuzasiga nisbatan fazoviy tarmoqlarda o'lchashlarni qayta ishlashdan punktlarning uch o'lchamli o'zaro holati aniqlanadi. Global geodezik tarmoqlar hozirgi vaqtda yerning sun'iy yo'ldoshini kuzatishdan foydalanib, kosmik geodeziya usullari yordamida barpo etiladi, shuning uchun uni sun'iy yo'ldosh yoki kosmik geodeziya tarmog'i deyiladi. Bu tarmoqda punktlarning holati geotsentrik to'g'ri burchakli koordinatalar  $X, Y, Z$  sistemasida hisoblaniladi, uning koordinata boshi yer massasi markazi bilan  $Z$  o'qi esa uning aylanish o'qi bilan  $ZY$  tekislik esa boshlang'ich meridian tekisligi bilan ustma-ust tushadi.

Global geodeziya tarmoqlar ilmiy va ilmiy-texnik muammolarni hamda oliy geodeziya, geodinamika, astronomiya va boshqa fanlarning masalalarni yechishda foydalaniladi. Bunday muammo va masalalar jumlasiga quyidagilar kiradi:

- fundamental geodezik doimiylarni aniqlashtirish;
- yer figuralari va gravitatsiya maydonini o'rganish;
- yer qutblari harakatini aniqlash;
- butun yer uchun yagona, to'g'ri burchakli fazoviy geotsentrik yoki geodezik koordinatalar sistemasini hosil qilish;
- yer qobig'idagi litosfera plitalari siljishi va deformatsiyasini o'rganish;
- yer og'irlik markaziga nisbatan to'g'ri mamlakatlarini referens ellipsoid holatini aniqlash;
- yer yuzasi dinamikasi tufayli yer umumiy geodezik punktlari koordinatalarini vaqt o'tishi bilan o'zgarish qonuniyatlarini o'rganish va ularni aniq lahzali qiymatlarini aniq belgilangan davrga keltirish

Global geodezik tarmoqlarini geotsentrik koordinata sistemasi uni "lahzali" holatini yuqori aniqlikda aniqlashga yerishish uchun uni uzluksiz ravishda takomillashtirish lozim. Global geodezik tarmoqlarning aniqligi oshgan sari, yangi ilmiy muammolarni va geodeziya, amaliy kosmonavtika, geodinamika, astronomiya va ko'plab boshqa fanlarning masalalarini echish imkoniyatlari sekin-asta ortib boradi.

Milliy geodezik tarmoqlar, yuqorida ta'kidlaganimizdek uchta turga bo'linadi: davlat geodezik tarmog'i (planli), davlat nivelirlash tarmog'i (balandlik), davlat gravimetrik tarmog'i.

Davlat geodezik tarmog'ida tanlangan ko'chirish sathida (referens-ellipsoidda yoki tekislikda) geodezik punktlarning planli o'zaro holatini yuqori aniqlikda aniqlash ko'zda tutiladi; tarmoq punktlarning balandligi nisbatan past aniqlik bilan, ayniqsa tog'li rayonlarda aniqlanadi.

Davlat nivelirlash tarmog'i kvazigeoid yuzasiga nisbatan har bir punkt balandligini yuqori aniqlik bilan aniqlash uchun xizmat qiladi; bu tarmoq punktlarning planli holati ko'chirish yuzasida taqriban aniqlanadi.

Davlat gravimetrik tarmog'i punktlarida og'irlik kuchi tezlanishini yuqori aniqlikda aniqlashga mo'ljallangan; bu punktlarni planli va balandlik holati talab qilingan aniqlikda aniqlanishi lozim.

Geodeziyani rivojlanish tarixiga nazar solsak, vaqt o'tgan sari davlat geodezik tarmoqlari aniqligiga bo'lgan talab oshib bormoqda. Shuning bilan birga davlat geodezik tarmoqlarini agar sistematik ravishda yangilanmasa va takomillashtirilmasa, asta-sekin eskiradi, punktlarning bir qismi yo'qoladi, asosan yer qobig'ining zamonaviy harakati tufayli, uni alohida qismlarining aniqligi o'zgaradi.

Har bir alohida mamlakat hududida barpo etiladigan davlat geodezik tarmoqlari quyidagi maqsadlar uchun mo'ljallangan:

- a) yer shakli va gravitatsiya maydoni va ularni vaqt o'tishi bilan o'zgarishini mufassal o'rganish (mamlakat territoriyasi chegarasida);
- b) mamlakat hududida yagona koordinatalar va balandliklar sistemalarini yaratish;
- c) yagona koordinata va balandlik sistemasida turli masshtablarda mamlakat kartalarini yaratish;
- d) xalq xo'jaligi ahamiyatidagi turli ilmiy va injener-texnik masalalarini geodezik usullar bilan echish.

O'ziga xosligi hamda turli ko'rinishda geodezik tarmoqlarni barpo etish usullariga planli geodezik to'r punktlari odatda joyning eng baland uchastkalariga joylashtiriladi; nivelirlash tarmog'i punktlari joyning tekis va tepalik uchastkalariga, daryolarning bo'ylariga va yerlarga joylashtiriladi.

Barcha turdagi davlat geodezik tarmoqlar alohida barpo etiladi, ammo ular bir-biri bilan o'zaro mustahkam bog'langan bo'ldi va bir-birini to'ldiradi. Barcha ko'rinishdagi tarmoqlar uchun alohida punktlar umumiy bo'lishi mumkin, bu esa geodeziya, geodinamika va boshqa ko'plab masalalarini yuqori samarada yechish imkonini beradi.

Mamlakat geodezik tarmog'i zamon va yaqin kelajak talabi darajasida bo'lishi uchun quyidagilar zarur:

- e) tarmoq barcha punktlarini sistematik ravishda joylarda bevosita ko'zdan kechirish, yo'qolgan punktlarni qaytadan aniqlash va o'rnatish;
- f) davriy ravishda, masalan, 25-30 yil oralig'ida takroriy yoki yer yuzasining zamonaviy harakati yoki boshqa sabablarga ko'ra tarmoqning eng katta o'zgargan qismida qo'shimcha o'lchashlarni bajarish;
- g) davlat geodezik tarmoqlari aniqligini oshirish va keyinchalik takomillashtirish uchun olib boriladigan takroriy yoki qo'shimcha o'lchashlarni bajarish va bu o'lchashlarni yuqori aniqlikdagi o'lchash texnikasi va usullarida amalga oshirish;
- h) takroriy va yoki qo'shimcha o'lchash natijalarida olingan yangi o'lchash ma'lumotlarini yig'ilishiga qarab hududning katta qismida taxminan 25-30 yil

oralig'ida, ushbu davrga tegishli, koordinatalar va balandliklarning yangi aniq qiymatlarini olish maqsadida, planli va balandlik tarmoqlarini qaytadan tenglashtirishni bajarish.

Zamonaviy geodezik tarmoqlarini barpo etishda kompleks geodezik ishlarni bajarish lozim va ular quyidagilardan iborat: geodezik tarmoqlarni loyihalash; rekognossirovka qilish; geodezik belgilarni qurish; er osti markaz va reperlarni mahkamlash; burchak va masofa o'lchashlarni bajarish; astronomik kenglik, uzoqlik va azimutlarni aniqlash; nivelirlash ishlarini bajarish; og'irlik kuchi tezlanishini aniqlash; yerning sun'iy yo'ldoshlarini kuzatish va h.k. va o'lchash natijalarini matematik qayta ishlash.

Oxirgi yillarda yerning sun'iy yo'ldoshlarini kuzatish natijalari bo'yicha punktlar koordinatasini aniqlashda aniqlikni oshirish ishlarida ancha yutuqlarga erishildi. Shu tufayli yer sun'iy yo'ldoshlarini kuzatish bilan davlat geodezik tarmoqlarini yuqori aniqlik bilan barpo etish keng qo'llanilmoqda.

Davlat geodezik tarmoqlari uzoq muddatda fan va mamlakat xo'jaligi uchun xizmat qilishi uchun ularni yuqori aniqlikdagi o'lchash texnikasi va eng yangi usullaridan foydalanib, o'ta yuqori aniqlikda ilmiy asosda barpo etish lozim.

**Mahalliy geodezik tarmoqlar.** Qator holatlarda joyning lokal uchastkalarida, har qanday vaqtda planda nuqtalarni o'zaro holati va balandligi bo'yicha aniqlash talabidan kelib chiqadigan murakkab ilmiy va ilmiy-texnik masalalarni yechishga to'g'ri keladi. Bunday hollarda o'ta yuqori aniqlikda mahsus tarmoqlar barpo etiladi va ularda aniq vaqt oralig'ida takroriy pretsizion o'lchashlar bajariladi. Bunday tarmoqlardagi o'lchashlarning matematik qayta ishlanishi mahalliy koordinatalar sistemasida bajariladi, u shunday tanlanadi-ki, bunda o'lchangan miqdorlardan ularni mahalliy ko'chirish sathida proeksiyasiga o'tish uchun reduksion tuzatma imkoni boricha kichik bo'lsin. Bunday tarmoqlardan, masalan kuchli yer silkinishlarning sabablarini qidirishda va bashorat qilishda, kuchli-qudratli radioteleskoplarni qurishda va ekspluatatsiya qilishda, elementar zarrachalar tezlatgichlarini va gidrostansiyalar qurilishida foydalaniladi.

### **Nazorat savollari:**

1. Geodezik tarmoq deb nimaga aytiladi?
2. Geodezik tarmoqlar yer yuzasiga nima maqsadda o'rnatiladi?
3. Geodezik tarmoqlar geometrik jihatdan necha hil bo'ladi?
4. Davlat geodezik tarmoqlari nima maqsadlar uchun mo'ljallangan?
5. Mahalliy geodezik tarmoqlar haqida gapirib bering.

### **2.2 Davlat geodezik tarmog'ini barpo etishning zaruriy aniqligi**

Davlat geodezik tarmoqlarini barpo etishda prinsipial ahamiyatga ega bo'lgan uchta asosiy savol tug'ilishi mumkin: mamlakatning barcha hududida davlat geodezik tarmog'ini barpo etish chizmasini tanlash; geodezik punktlar zichligini o'rnatish, hamda tarmoqdagi yonma-yon joylashgan punktlarning o'zaro holatini aniqlash aniqligi. Ikki nuqtai nazardan bu savollardan har birini birgalikda ko'rib chiqish lozim: geodeziyaning asosiy masalasini yechish, hamda mamlakat hududi

kartasini tuzish. Bu masalalarni echishda tayanch geodezik tarmoqlariga turlicha talab qo'yiladi. Shuning uchun, ikki guruh masalalarini yuqori ilmiy darajada va talab qilingan aniqlikda yechish uchun tarmoqlarni barpo etishning optimol variantini topish lozim.

Kosmik geodeziya usullaridan foydalanib, yer shaklini yetarli darajada umumlashgan tavsifi va gravitatsiya maydoni olinadi. Bir yoki bir guruh mamlakatlar territoriyasida yerning shakli astronomo-geodezik tarmoqlarni barpo etish yo'li bilan chuqurroq o'rganiladi. Yaqin vaqtgacha katta hududli mamlakatlarda astronomo-geodezik tarmoqlar, meridian va parallellar bo'ylab o'tkaziladigan va yopiq poligonlarni tashkil etadigan triangulyasiya qatorlari ko'rinishida barpo etilgan.

Astronomo-geodezik tarmoqlarda bajariluvchi barcha turdagi o'lchashlarni birgalikda matematik qayta ishlash natijasida kvazigeoidning balandligi va 1 klass triangulyasiya qatori bo'ylab uning profili olinadi. Bunda har bir poligonning ichida kvazigeoid yuzasining shakli o'rganilmay qoladi. Bu kamchilikni yo'qotish uchun davlat hududida tarmoq poligon shaklida emas, balkim punktlari mumkin qadar teng taqsimlangan yaxlit astronomo-geodezik tarmoqni barpo etish lozim.

Mamlakatning barcha hududi kartasini tuzish maqsadida bajariluvchi topografik s'yomkani geodezik taminlash uchun uning yuzasida yaxlit tayanch geodezik tarmoqni barpo etish lozim. Bunda qo'shni punktlar orasidagi masofa astronomo-geodezik tarmoqlaridagiga qaraganda ancha kichik bo'lishi lozim, ayniqsa yirik masshtabdagi kartalarni tuzish uchun.

Shunday qilib, geodeziya va kartografiyaning ilmiy va amaliy vazifalarini, shuning bilan birga bir yoki bir guruh mamlakatlar hududida yer figurasini va gravitatsiya maydanini mufassal o'rganish bilan bog'liq bo'lgan masalalarini echish uchun foydalaniladigan aniq yaxlit davlat geodezik tarmog'i, undan ajratilgan aniq astronomo-geodezik tarmoq mamlakat territoriyasida bo'lishi zarur.

Oliy geodeziyada, ilmiy va xo'jalik ahamiyatiga ega bo'lgan injenerlik-texnik vazifalariga mo'ljallangan, davlat geodezik tarmog'ini barpo etish prinsipi va sxemasi ishlab chiqilgan yaxshi shakllangan. Davlat geodezik tarmoqlari umumiydan hususiyga o'tish prinsipiga rioya qilingan holda bosqichma-bosqich barpo etiladi. Oldin asosiy, yoki yopiq poligonlar, yoki katta uchburchaklar ko'rinishidagi katta geodezik tarmoqlardan tashkil topgan astronomo-geodezik tarmoq barpo etiladi.

Astronomo-geodezik tarmoqlarda o'lchashlar imkoni boricha yuqori aniqlikda bajariladi. Ushbu tarmoqni boshlang'ich sifatida qabul qilinadi va uning asosida ancha mufassal geometrik qurilishi va nisbatan pastroq aniqlikda o'lchangan kichikroq nisbiy aniqligi bilan ikkinchi tartibdagi geodezik tarmoq barpo etiladi, lekin yonma-yon joylashgan punktlarning o'zaro holatini aniqlashda mutloq xatoning miqdori birinchi tartibdagi tarmoqdagi kabi saqlanib qoladi. So'ngra ikkinchi tartibdagi tarmoq asos qilib olinadi va uning asosida yana detallashtirilgan geometrik qurilishi va o'lchashlari kichikroq aniqlikda bajariladigan uchinchi tartibdagi tarmoq barpo etiladi, yonma-yon joylashgan punktlarning o'zaro holatini aniqlash mutloq xatoligi oldingidagi kabi bo'ladi.

Talab qilingan punktlarning zichligiga ega bo'lgan geodezik tarmoq barpo etilgunga qadar huddi shunday davom etdiriladi.

Shunday qilib, umumiydan hususiyga o'tish prinsipiga rioya qilgan holda davlat geodezik tarmoqlari 1,2,3,4 klasslarga ajratilishi muqarrar bo'ladi. Past klass tarmoqlarini tenglashtirilgan elementlariga boshlang'ich ma'lumotlar xatoligi ta'sirini kamaytirish maqsadida klasslar sonini minimumga keltirish tavsiya etiladi.

#### Nazorat savollari:

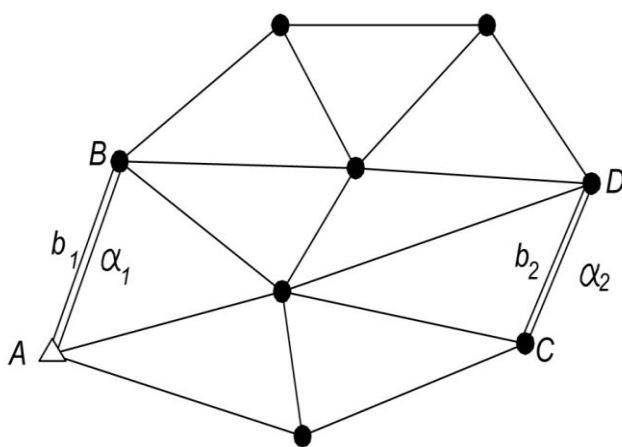
1. Davlat geodezik tarmoqlarini vazifalari ayting?
2. Davlat geodezik tarmoqlari qanday barpo etiladi?
3. Astronomo-geodezik tarmoqlar nima maqsadda foydalaniladi?

### 2.3 Davlat geodezik tarmog'ini barpo etishning asosiy usullari

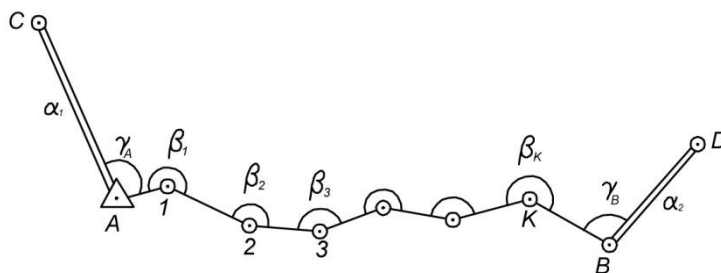
Davlat geodezik tarmoqlarini barpo etishning asosiy usullari triangulyasiya, poligonometriya va trilateratsiya hisoblanadi. Har bir holatda u yoki bu usulni tanlash to'rtini barpo etish talab etilgan aniqlik va iqtisodiy samaradorligi bilan aniqlanadi.

**Triangulyasiya usuli.** Triangulyasiya usuli birinchi marta Gollandiyalik olim Snellius tomonidan taklif etilgan deb hisoblanadi. Bu usul barcha mamlakatlarda keng qo'llaniladi. Usulning mohiyati qo'yidagidan iborat. Joyning eng baland nuqtalarida uchburchaklar sistemasi tashkil etadigan geodezik punktlar mahkamlanadi (2.1-shakl). Bu tarmoqda A boshlang'ich punktining koordinatalari aniqlanadi, har bir uchburchakda gorizontalar burchaklar o'lchanadi, hamda bazis tomon uzunligi " $b$ " va bazis tomon azimuti " $\alpha$ " o'lchanadi, bu o'z navbatida tarmoqni masshtablaydi va azimut bo'yicha orientirlaydi.

Triangulyasiya tarmog'i alohida uchburchaklar qatori, uchburchaklar qatori sistemasi hamda, yaxlit uchburchaklar to'ri shaklida barpo etilishi mumkin. Triangulyasiya tarmoqining elementlari sifatida nafaqat uchburchaklar, undan murakkabroq shakllar geodezik to'rtburchaklar va markaziy sistemalar ham xizmat qilishi mumkin.



2.1-shakl. Triangulyasiya tarmog'i



**2.2-rasm. Poligonometriya yo‘li.**

Triagulyasiya usulining asosiy afzalligi uning operativligi va turli fizik-geografik sharoitlarda qo‘llash imkoniyati borligidadir; tarmoqdagi ko‘p sonli ortiq o‘lchashlar, barcha o‘lchangan miqdorlarni bevosita dalada nazorat qilish imkonini beradi; tarmoqda qo‘shni joylashgan, ayniqsa uzluksiz punktlarni o‘zaro holatini yuqori aniqlikda aniqlanadi.

Davlat geodezik tarmoqlarini barpo etishda triangulyatsiya usuli eng ko‘p qo‘llaniladi.

### **Davlat triangulyatsiyasiga oid ma’lumotlar**

**2.1-jadval**

| № | Asosiy talablar                                                   | Klasslar                                                             |          |          |              |
|---|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------|----------|--------------|
|   |                                                                   | 1                                                                    | 2        | 3        | 4            |
| 1 | Uchburchak tomonining o‘rtacha uzunligi, km.                      | 20÷25                                                                | 7÷20     | 5÷8      | 2÷5          |
| 2 | Uchburchakda bo‘lishi mumkin bo‘lgan eng kichik burchak           | 30°                                                                  | 30°      | 20°      | 20°          |
| 3 | Har bir burchakni o‘lchashdagi o‘rta kvadratik xato.              | ±0″7″                                                                | 1″       | 1.5″     | 2″           |
| 4 | Har bir uchburchakning burchaklarining bog‘lanmasli chekli xatosi | ±3″                                                                  | 4″       | 6″       | 8″           |
| 5 | Baziz (chiqish) tomonini o‘lchash aniqligi                        | 1:400000                                                             | 1:300000 | 1:200000 | 1:200000     |
| 6 | Laplas punkti (astronomik koordinatalari) aniqligi                | $m_{\varphi} \pm 3''$<br>$m_{\lambda} \pm 0.45''$<br>$m_A \pm 0.5''$ |          |          | Aniqlanmaydi |
| 7 | Eng bo‘sh tomon nisbiy xatosi                                     | 1:200000                                                             | 1:150000 | 1:120000 | 1:70000      |
| 8 | Qo‘shni punktlarni o‘zaro holatini aniqlash xatoligi, m.          | 0.15                                                                 | 0.06     | 0.06     | 0.06         |

**Poligonometriya usuli.** Bu usul anchadan buyon ma’lum, ammo uni davlat geodezik tarmoqlarini barpo etishda qo‘llash invar simlar yordamida chiziqli o‘lchashlarni bajarilishi murakkabligi tufayli yaqinlashib borgan foydalanmay kelindi. Taxminan 20 asrning 60 chi yillaridan boshlab, geodezik ishlab chiqarishga aniq sveto-radiodolnomerlarning joriy qilinishi poligonometriya usulini rivojlantirdi va geodezik tarmoqlarni barpo etishda keng qo‘llanila boshlandi. Bu usulning mohiyati quyidagidan iborat. Joyda cho‘zilgan yakka yo‘l (2.2-shakl) yoki

kesishuvchi yo'llar sistemasi shaklidagi yaxlit tarmoqni tashkil etuvchi geodezik punktlar mahkamlanadi. Yo'lining qo'shni punktlari orasida  $S_i$  tomonlar uzunligi, punktlarda esa burilish burchaklari o'lchanadi. Poligonometriya yo'llarni azimutal orientirlash birlashuvchi  $\gamma$  burchaklar o'lchangan holda uning oxirgi punktlarida aniqlanuvchi yoki beriluvchi azimutlar yordamida amalga oshiriladi. Ba'zan yuqori klass aniqlikdagi geodezik tarmoqlarning koordinatalari ma'lum punktlari orasida poligonometrik yo'llar o'tkaziladi.

Qator hollarda poligonometriya usuli, masalan, aholi yashaydigan joylarda, yirik shaharlar hududida va o'rmonzorlarda triangulyasiya usuliga qaraganda qulay va iqtisodiy jihatdan maqbul hisoblanadi, sababi triangulyasiya punktlarida poligonometriya punktlariga qaraganda baland geodezik belgilar o'rnatib, ko'p sonli punktlar orasida to'g'ridan-to'g'ri ko'rinishni ta'minlash lozim bo'ladi. Geodezik belgilarni qurish geodezik tarmoqlarni barpo etishda eng qimmat turuvchi ish turi hisoblanadi va u barcha harajatlarni o'rtacha 50-60% ni tashkil qiladi.

Poligonometriya usulida ham o'ziga yarasha kamchiliklar mavjud, ular quyidagilardan iborat:

a). poligonometriya tarmog'i, ayniqsa yakka yo'llari, triangulyasiya qatori yoki tarmog'iga qaraganda geometrik jihatdan ancha past hisoblanadi, poligonometriyada punktlar orasida geometrik bog'liqliklar soni triangulyasiyaga qaraganda ancha kam (ikkala holatda ham punktlar soni bir xil bo'lishiga qaramasdan);

b.) ortiqcha o'lchashlar soni (shartli tenglamalar soni) triangulyasiyaga qaraganda poligonometriyada ancha kam, shu sababli teng sharoitlarda poligonometriya tarmog'i triangulyasiyaga qaraganda aniqligi ancha kichik bo'lishiga olib keladi;

c). poligonometriyada daladagi o'lchashlarni nazorati triangulyasiyaga qaraganda ancha kam, chunki poligonometriyada shartli tenglamalar soni kam, punktlar soni triangulyasiya teng bo'lishiga qaramasdan.

Yuqoridagi kamchiliklardan aytishimiz mumkinki, yuqori klass aniqlikda geodezik tarmoqlarni barpo etishda poligonometriya usulining imkoniyati triangulyasiyaga qaraganda chegaralangan.

Tayanayotgan punktlariga nisbatan past bo'lgan klassdagi geodezik tarmoqlarni barpo etishda ayniqsa sveto va radiodolnomerlardan foydalanilganda poligonometriya usulining operativligi kuchlidir, o'lchash ishlarida raqamni indikatsiyalashli.

## Davlat poligonometriyasi oid ma'lumotlar.

**2.2-jadval**

| № | Asosiy talablar                                    | Klasslar |          |          |          |
|---|----------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|   |                                                    | 1        | 2        | 3        | 4        |
| 1 | Yo'l uzunligi (km gacha)                           | 200      | 60       | 30       | 15÷11    |
| 2 | Tomon uzunligini o'lchash chekli xatosi            | 1:300000 | 1:250000 | 1:200000 | 1:150000 |
| 3 | Yo'ldagi tomonlar soni, (gacha)                    | 12       | 6        | 6        | 20       |
| 4 | Burchak o'lchashning o'rta kvadratik chekli xatosi | 0.7"     | 1"       | 1.5"     | 2"       |

**Trilateratsiya usuli.** Ushbu usul, triangulyasiya usulidek, joylarda geodezik tarmoqlar uchburchaklar zanjiri, geodezik to'rtburchak va markaziy sistema ko'rinishida yoki uchburchaklarning yaxlit to'ri ko'rinishida barpo etish ko'zda tutiladi, unda barcha tomonlar uzunligi o'lchanadi (burchaklar o'lchanmaydi). Trilateratsiyada triangulyasiya kabi, joyda tarmoqni orientirlash uchun qator tomonlarini ayrimlarini azimuti aniqlangan bo'lishi lozim.

Masofa o'lchash sveto va radiodalnomer texnikasini takomillashishi va aniqligini oshishi sababli trilateratsiya usuli katta ahamiyatga ega bo'lmoqda, ayniqsa injenerlik-geodezik ishlar amaliyotida.

Quyidagi sabablarga ko'ra 1-2 klass davlat geodezik to'rlarini barpo etishda trilateratsiya usuli qo'llanilmaydi:

1. Masofalarni o'lchash nazorati yo'q bu esa yuqori aniqlikdagi geodezik tarmoqlarni barpo etishda to'g'ri kelmaydi. Tomonlari o'lchangan uchburchaklarda masofa o'lchash nazorati umuman yo'qligi sababli uchburchaklarda bitta ham shartli tenglama kelib chiqmaydi; tomonlari o'lchangan geodezik to'rtburchaklarda va markaziy sistemalarda esa atiga bittadan shartli tenglama hosil bo'ladi, huddi shunday shaklli triangulyasiyada o'lchangan burchaklari bilan unda ancha ko'p mustaqil shartli tenglamalar paydo bo'ladi: geodezik to'rtburchakda to'rtta, markaziy sistemada esa undan ham ko'p.

2. Texnik-iqtisodiy tomondan trilateratsiya usuli triangulyasiya usuliga yon beradi. Teng sharoitlarda chiziqli o'lchashda brigadalar shtati va transport harajatlari, burchak o'lchashga qaraganda bir necha marta ko'p, chunki punktdan har bir o'lchanuvchi chiziq ohiriga qaytargich o'rnatiladi, so'ngra sveto-dalnomerni boshqa punktlarga ko'chirganda barcha ishchilarni qaytargichlar bilan boshqa punktga ko'chirishga to'g'ri keladi, burchak o'lchashlarda bunday ishlar talab etilmaydi.

3. Mos aniqlikda burchak va chiziq o'lchashda trilateratsiya qatori tarmoqlarida azimut uzatish aniqligi triangulyasiyaga qaraganda ancha past bo'ladi.

## 1 va 2 razryadni trilateratsiyaga oid ma'lumotlar.

### 2.3-jadval

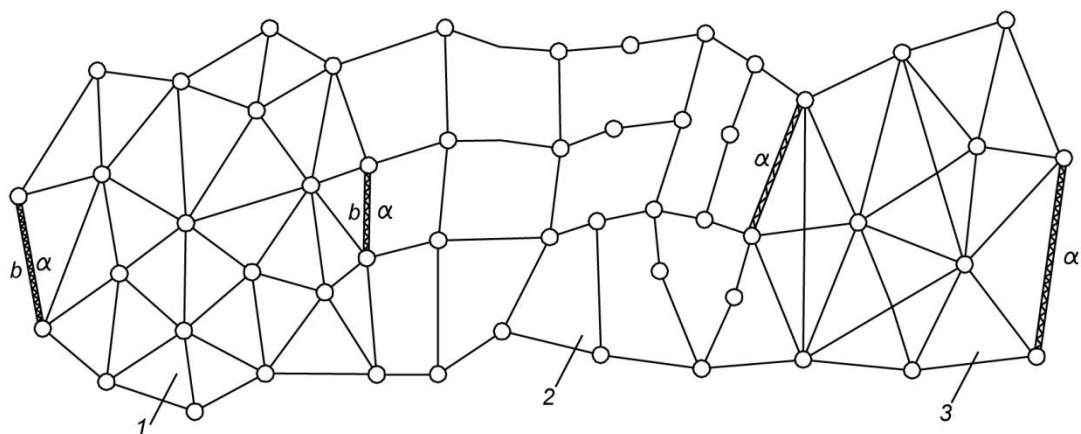
| № | Asosiy talablar                            | Razryad |         |
|---|--------------------------------------------|---------|---------|
|   |                                            | 1       | 2       |
| 1 | Uchburchak tomonlarini uzunligi, km.       | 0,5-5   | 0,25-3  |
| 2 | Tomon uzunligini o'lchash nisbiy xatoligi  | 1:50000 | 1:20000 |
| 3 | Uchburchak eng kichik burchagi             | 20°     | 20°     |
| 4 | Uchburchak qatorining chekli uzunligi, km. | 5       | 3       |

**Chiziqli-burchakli geodezik tarmoqlar.** Chiziqli-burchakli tarmoq deganda triangulyasiya yoki trilateratsiyaning shunday ko'rinishi tushuniladiki, unda bir vaqtda uchburchaklarning burchaklari va tomonlari o'lchanadi. Ularda ma'lum uchburchaklar sonidan so'ng, tarmoqni orientirlash uchun zarur bo'lgan Laplas azimutlari o'lchanadi. Chiziqli-burchakli tarmoqlar, geodezik tarmoqlarni maksimal yuqori aniqlikda barpo etish talab etilgan hollarda quriladi, chunki uni barpo etishga ketadigan harajatlar, mehnat, mablag' va vaqt, huddi shunday triangulyasiya yoki trilateratsiya tarmoqlariga qaraganda bir qancha ko'p bo'ladi. Chiziqli-burchakli tarmoqni barpo etishda burchak va chiziqli o'lchashni birgalikda qo'llashdan eng yuqori samara olish uchun, radian o'lchov birligida ifodalangan  $m_N / \rho$  yo'nalishni o'lchash o'rta kvadratik xatosi tomon uzunligini o'lchash nisbiy  $m_s / s$  o'rta kvadratik xatosiga teng bo'lishi lozim, ya'ni o'lchash quyidagi tenglikka rioya etishi zarur

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

Ikkala holatda ham xatolik shartli tenglamalarning ozod hadlari bo'yicha (bog'lanmasliklari) hisoblanadi. Bu tenglik bajarilmagan holda chiziqli-burchakli tarmoq huddi shunday triangulyasiya yoki trilateratsiyaga qaraganda aniqligi bo'yicha sezilarli yutuqni bermaydi.

**Kombinatsiyalangan geodezik tarmoqlar.** Geodezik ishlar bajarilayotgan hudud turli shakldagi relefga ega (masalan, bitta uchastka- tekis, qo'shni uchastka tog'li), yoki turli o'simliklar bilan (masalan bir uchastka botqoqlik, yana birida mayda o'simliklar o'sgan, qo'shni uchastkada esa baland o'rmon) qoplangan bo'lsa bunday hollarda texnik-iqtisodiy tomondan kelib chiqqan holda uchastkalarining birida (iqtisodiy jihatdan qulayligi inobatga olinib) triangulyasiya (2.3-shakl), boshqasida poligonometriya, uchinchisida esa trilateratsiya usulida geodezik tarmoqlar barpo etiladi.



**2.3-shakl. Kombinatsiyalangan geodezik tarmoq.**

**1-triangulyasiya; 2-poligonometriya; 3-trilateratsiya;**

Boshqacha soʻz bilan aytganda turli sharoitli hududlarda kombinatsiyalangan deb aytiluvchi geodezik tarmoqlar barpo etiladi.

Kombinatsiyalangan geodezik tarmoqlarni barpo etishni chizmasi va usuli turlicha boʻlishi mumkin va ular hududni konkret sharoitlaridan kelib chiqqan holda tanlanishi lozim.

#### **Nazorat savollari:**

1. Davlat geodezik tarmogʻini barpo etishning asosiy usullarini ayting?
2. Triangulyasiya usuli qanday amalga oshiriladi?
3. Triangulyasiya usuli qaysi olim tomonidan tavsiya etilgan?
4. Poligonometriya usuli qanday amalga oshiriladi?
5. Trilateratsiya usuli qanday amalga oshiriladi?
6. Chiziqli-burchakli geodezik tarmoqlar qanday amalga oshiriladi?

#### **2.4 Asosiy geodezik ishlarni bajarish ketma-ketligi**

Davlat geodezik tarmoqlari fan va texnikaning yangi yutuqlaridan foydalangan holda mamlakatning barcha territoriyasida barpo etiladigan, yer yuzasidagi oʻziga xos injenerlik –texnik inshootidan iboratdir. U uzoq muddatga xizmat qilishga moʻljallangan va shuning uchun vaqt oʻtishi bilan unga boʻlgan talabalarning oʻsishini hisobga olib barpo etilishi lozim. Joylarda tarmoq punktlarini saqlanishini va uzoq vaqt orasida planda va balandlik boʻyicha oʻrni oʻzgarmasligini taʼminlash uchun erosti mahsus markazlar bilan mahkamlanishi zarur.

Zamonaviy davlat geodezik tarmoqlarini barpo etishda texnologik chizmani aniqlash boʻyicha katta hajmdagi turli ishlar bajariladi.

Davlat geodezik tarmogʻini barpo etish, har qanday sanoat obʼyekti kabi, uni ilmiy-texnik tomondan isbotlangan loyahasini ishlab chiqishdan boshlanadi. Soʻngra kameral sharoitda tuzilgan geodezik tarmoq loyihasi (joyda) aniqlanadi. Bu maqsadda dala sharoitida loyihalangan geodezik tarmoq punktlari rekognossirovka qilinadi, buning natijasida joylarda har bir punktning konkret holati aniqlanadi, zarurat boʻlganda tarmoq barpo etish chizmasiga tuzatishlar kiritiladi; punktlar orasida oʻzaro koʻrinishini taʼminlash uchun geodezik belgilar toʻrlari va yerosti markazlari aniqlanadi; gruntga yerosti markazlarini

oʻrnatishning zarur chuqurligi aniqlanadi va yakunida geodezik tarmoqlarni barpo etish uchun moliyaviy xarajatlari aniqlanadi.

Punktlarni rekonossirovka qilishdan soʻng geodezik belgilarni qurishga va erosti markazlarini oʻrnatishga kirishiladi. Bu ishlar natijasida geodezik tarmoq joyda mustahkam mahkamlanishi lozim.

Soʻngra bazis va boshqa tomonlar oʻlchanadi, tarmoqni loyihasida koʻzda tutilgan astoronomik aniqlashlar (kenglik, uzoqlik va azimutlar) bajariladi, tarmoq punktlarida gorizantal burchaklar oʻlchanadi, hamda geometrik va trigonometrik nivelerlashlar yordamida dengiz sathidan (kvazigeoddan) punktlar balandligi aniqlanadi, aniq dastur asosida astronomik punktlarning atrofida mufassal gravimetrik sʻemka olib boriladi. Bu ishlarni bajarishni tashkil etish, geodezik ishlarni olib boruvchi davlat qoʻmitasi tomonidan koordinatsiyalanadi.

Dala ishlari yakunlagandan soʻng oʻlchash natijalarini matematik qayta ishlashga kirishiladi, u esa 3 ta bosqichga boʻlinadi: 1. Kvazigeoid balandliklarini aniqlash va astoronomo-geodezik punktlarning geodezik va normal balandliklarini va ularda shovun chizigʻini ogʻishini aniqlash; 2. Dastlabki hisoblashlar bajariladi, buning natijasida punktlar markazga keltirilgan va referens ellipsoidga reduksiyalangan oʻlchangan miqdorlarning jadvali olinadi; 3. Geodezik tarmoqlarni tenglashtirish, tenglashtirilgan elementlarning aniqligini baholash, punktlarning koordinatalari va balandliklar xatoligini tuzish bajariladi.

#### **Nazorat savollari:**

1. Asosiy geodezik ishlarni bajarish ketma-ketligi ayting?
2. Matematik qayta ishlash necha uslda amalga oshiriladi?
3. Zamonaviy davlat geodezik tarmoqlarini barpo etishda nima ishlar qilinadi?

### **2.5 Geodezik tarmoqlarni loyihalash**

Loyihalashning asosiy vazifasi geodezik tarmoqning ishlab chiqilgan loyiha varianti oʻz aniqligi va punktlarning zichligi boʻyicha qoʻyilgan meʼyoriy talablarga javob berishi va uni joriy qilish uchun kam mablagʻ, mehnat va vaqt sarflanishini taʼminlashdan iborat. Loyihalashda asosiy etakchi xujjatlar boʻlib davlat geodezik tarmoqlarini barpo etish toʻgʻrisidagi asosiy nizom va yoʻriqnomalar hisoblanadi. Loyihalash uchun rahbar korxona tomonidan berilgan koʻrsatma va bu koʻrsatmada keltirilgan ishlar bajariladigan hudud, tarmoqning vazifasi, uni barpo etish boʻyicha muhim koʻrsatmalar, ishlarni bajarish muddatlari asos boʻlib xizmat qiladi. Geodezik tarmoqlarni barpo etish 3 ta ketma-ket bosqichni oʻz ichiga oladi: 1) loyihani tuzish uchun zaruriy maʼlumotlar va materiallarni yigʻish; 2) karta va chizmalarda geodezik tarmoq loyihasining grafik chizmasini ishlab chiqish; 3) tarmoqni barpo etish uchun umumiy moliyaviy xarajatlarni hisoblash bilan birga loyihani texnikaviy va iqtisodiy asoslash. Loyihalash uchun ish bajariladigan hudud toʻgʻrisida quyidagi materiallar va maʼlumotlar zarur:

1:100000 va undan yirik masshtablardagi topografik kartalar, ushbu rayonda oldin barpo etilgan planli va balandlik geodezik tarmoqlari to'g'risidagi materiallar (tarmoqning chizmasi, katologlar, hisobotlar), fizik-geografik va geomorfologik sharoitning ta'rif, gidrologik tadqiqotlar haqida ma'lumotlar, aloqa vositalari to'g'risida ma'lumotlar va hakoza. Agar yig'ilgan ma'lumotlar ishlar bajariladigan hudud to'g'risida to'la tavsif bermasa, unda ishlab chiqilgan dastur bo'yicha dalada geodezik izlanishlar o'tkaziladi. Loyihalash uchun yig'ilgan boshlang'ich materiallar sinchiklab o'rganilishi va bir tizimga keltirilishi kerak. Bu bosqichda, hamda keyingi loyihalash paytida shuni e'tiborga olish kerakki, geodezik tarmoqning sifati, uni barpo etish aniqligi va narxi texnik loyihaning sifatiga bevosita bog'liq bo'ladi.

Qoniqarsiz ishlab chiqilgan loyiha dala ishlarini bajarishda ortiqcha mehnat xarajatini keltirib chiqaradi, topshiriqqa rioya qilmaslikka va topshiriq muddatini uzaytirishga olib keladi. Loyihalash tarmoqni barpo etish bilan bog'liq bo'lgan barcha tashkiliy, texnik va iqtisodiy masalalarni to'g'ri echishni talab etuvchi mas'uliyatli masala hisoblanadi. Shuning uchun texnik loyihani tuzish, asosiy geodezik ishlarni bajarish etarli tajribaga ega bo'lgan mutaxassislarga beriladi. 1-2 klass geodezik tarmoqlarni loyihalash aslida 1:100000 masshtabdagi topografik kartada bajariladi, 3-4 klass geodezik to'rlarni loyihalashda esa yirik masshtabdagi (1: 50000 - 1:10000) topografik kartalardan foydalaniladi. Loyihalashni boshlashdan, kartani tayyorlash lozim, masalan, ko'k rangda gidrografiya to'ri, suvayrgich chiziqlari boshqa (pushti rang) rangda ko'rsatiladi va unda eng baland tepaliklar belgilanadi, geodezik qidiruv ma'lumotlari bo'yicha yoki o'rmon xo'jaligining materiallaridan foydalanib o'rmon darxatlarining haqiqiy balandligi to'g'risidagi aniqlashlar kiritiladi. Kartani bunday tayyorlash punktlar o'rnini to'g'ri tanlashni sezilarli engillashtiradi.

Geodezik tarmoq loyihasini ishlab chiqishda avvalambor uni barpo etilish maqsadi va aniqligidan kelib chiqiladi. Bu masala echigandan keyin ish bajariladigan hududni iqlimi va fizik-geografik xususiyatlarini hisobga olgan holda geodezik tarmoqni barpo etish uchun triangulyasiya, trilateratsiya, poligonometriya, sun'iy yo'ldoshli usullaridan birini tanlash va asoslashga kirishiladi.

Tarmoqni bir kun sharoitda barpo etishda eng kam mehnat, material, mablag' va vaqt sarflash bilan birga eng yuqori aniqligini ta'minlaydigan usul maqsadga muvofiq hisoblanadi. Ushbu hudud uchun geodezik tarmoqni barpo etish usulining optimal variantini tanlash uchun uni turli usullar bilan barpo etishning bir necha variantlari ishlab chiqiladi, yakuniy echimi texnik-iqtisodiy hisoblar asosida qabul qilinadi.

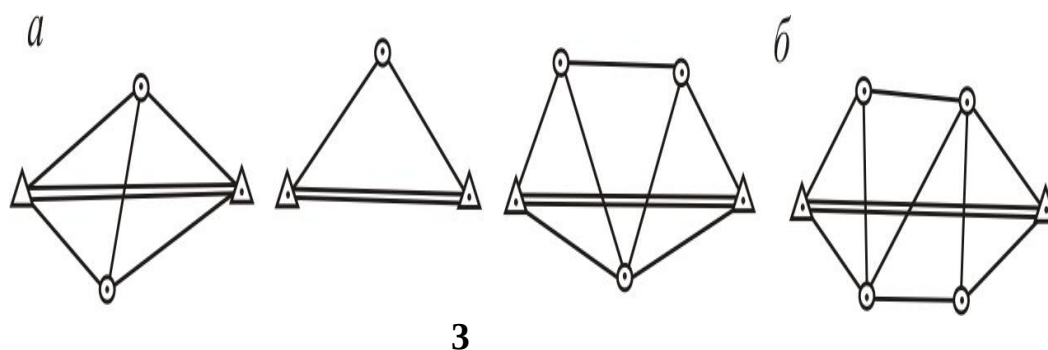
To'rtinchi barpo etishda talab qilingan aniqlikni ta'minlash uchun geometrik nuqtai nazardan tarmoq chizmasida quyidagilarga e'tibor berish lozim: triangulyasiya va trilateritsiya uchburchaklari shakli bo'yicha teng tomonlga yaqin bo'lishiga; burchaklari 40° dan kam bo'lmasligiga; (markaziy sistema va geodezik to'rtburchaklarda ayrim burchaklari 20° gacha ruxsat etiladi); poligonometriyada yo'llar imkoni boricha cho'ziq bo'lishiga.

Davlat geodezik tarmoqlarida bazis tomonlar va har bir bazis tomonlarning ikkala uchlarida aniqlanuvchi Laplas punktlari tarmoq bo'yicha teng oraliqda joylashgan bo'lishi lozim; har 100-150 km dan kvazigeoid balandligini aniqlash uchun astronomo-geodezik o'lchashlarga qo'shimcha aniq dastur bo'yicha bajariluvchi hududni qo'shimcha gravimetrik s'yomkasi ko'zda tutiladi.

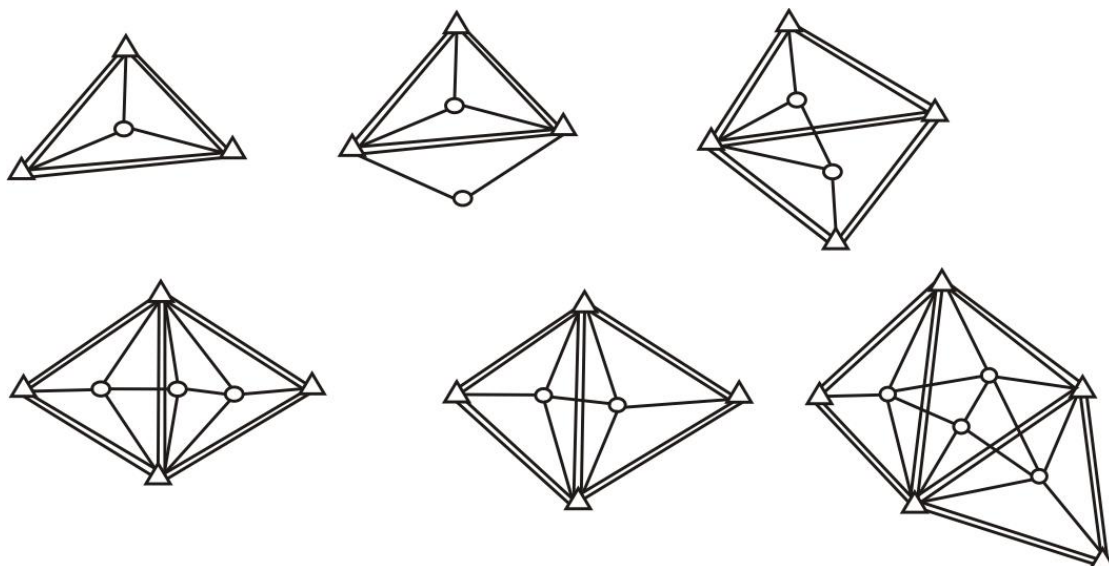
Turli klassdagi tayanch geodezik tarmoqlar aniqlangan ketma-ketlikda loyihalanadi: oldin eng yuqori klassdagi tarmoqlar loyihalanadi, masalan, 1 so'ngra 2, 3 va hakoza. Tarmoqni grafik loyihasini ishlab chiqishda har bir punktni joylashish o'rnini tanlashga muhim ahamiyat berishligi lozim.

Davlat geodezik tarmoqlarining barcha punktlari joyning baland (tepa) joylarida o'rnatilishi lozim. Bunda birinchidan yonma-yon joylashgan punktlar orasida geodezik belgilarning minimal balandligida o'zaro ko'rinishni ta'minlashga, ikkinchidan kelajakda tarmoqni hojlagan yo'nalishda rivojlantirish imkoniyatiga erishiladi. Barcha hollarda geodezik punktlar shunday joylarda joylashgan bo'lishi kerakki, ularning plandagi va balandlik bo'yicha holati uzoq vaqt davomida qo'zg'olmas saqlansin. 1 klass triangulyasiya va poligonometriyada yuqori aniqlikda burchak o'lchash va azimutal aniqlash natijalariga tashqi muhit ta'sirini hisobga olib, talab etiladi, ya'ni janubiy va cho'l rayonlarida vizir nuri to'siq ustidan 4 metr va qolganlarida kamida 2 metr balanddan o'tishi lozim. Laplas azimutlarini aniqlashda yirik suv omborlari, daryolar, tog' etaklari bo'ylab ularga parallel o'tuvchi yo'nalishlardan voz kechish lozim, chunki bu holda refraksiya tufayli xatolik paydo bo'lishi mumkin.

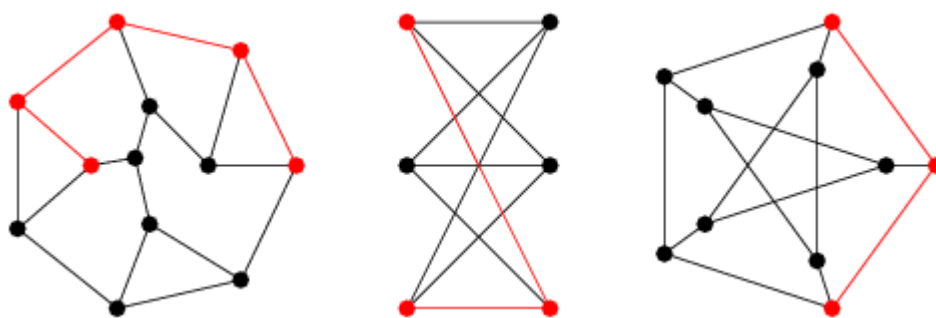
Tayanch geodezik tarmoqlarini barpo etishda eng qimmat geodezik ishlarining turlaridan biri, geodezik belgilarni qurish hisoblanadi. 2 va 3 klass triangulyasiya tarmoqlarida asosiy turdagi ishlarining o'rtacha narxini aniqlashga turli fizik-geografik sharoitlari inobatga olinadi, MDH hududi oltita mintaqalarga bo'lingan: 1-Rossiyani Evropa qismi shimoli; 2-priney taygasi; 3-Sayan tog' oldi; 4-Yakutiyaning shimoliy sharqi; 5-Shimoliy Qozog'istonning cho'l rayonlari; 6-O'rta Osiyoning qumli saxrosi.



**2.4- shakl. Yuqori klass triangulyasiya tomonlariga (a) va punktlariga (b) geodezik to'rlarni bog'lash sxemasi**



**2.5 - shakl. 3,4 klass triangulyasiya to'rlarini barpo etishning namunaviy sxemasi**



#### **Nazorat savollari:**

1. Geodezik to'rlarini loyihalash qanday amalga oshiriladi?
2. 3-4 klass geodezik to'rlarni loyihalashda qaysi mashtablardan foydalaniladi?
3. Geodezik tarmoqlarni barpo etish nechta bosqichni o'z ichiga oladi?
4. 3-4 klass triangulyasiya to'rlarini barpo etish qanday amalga oshiriladi?

#### **2.6 GPS texnologiyasida geodezik punktlarini rekognossirovkalash**

GPS texnologiyasiga asoslanib geodezik to'rnini barpo etishda punkt uchun tanlangan joy topografik xarita yoki aerosuratda belgilanadi. Bevosita joyda punkt markazi o'rnatiladigan yer tavsifi va abrisi (xomaki plani) tuziladi. Bu punktlarga quyidagi umumiy talablar qo'yiladi:

- Punkt uzoq vaqt planli va balandlik jihatdan turg'un bo'ladigan, joyda tezda topiladigan bo'lishi kerak;
- Yo'ldoshlardan kelayotgan signallarni qabul qilish apparatlariga kelishida  $+15^\circ$  qiyalikda to'siqlar bo'lmasligi kerak;
- Olti va undan ortiq yo'ldoshlardan kelayotgan signallarni turg'un qabul qilish imkoniyati bo'lishi kerak;

- Punkt atrofida signallarni qaytaruvchi yuza (sirt) bo'lmashligi kerak, bunday sirtni punkt atrofida bo'lishi **ko'p punktli effekt**ni hosil qilishi mumkin;
- Yo'ldoshdan qabul qilish antenasini yerdan (yerni to'shagan narsalardan) 1,2 metr balanda o'rnatish imkoniyati bo'lishi kerak;
- Punktdan 1 km masofada kuchli radionurlanish (teleko'rsatuv, radioeshittirish, radiouzatish stansiyalari, radarlar va h.k) bo'lmashligi kerak;
- Yil davomida va ixtiyoriy vaqtda punktga borish qulay bo'lishi kerak;
- Punkt markazi o'rnatilgan yerda grunt suvlari yer sathidan 3 metrdan pastda bo'lishi kerak.

#### **Nazorat savollari:**

1. Bevosita joyda punkt markazi o'rnatishda nima ishlar qilinadi?
2. Geodezik to'rni barpo etishda GPS texnologiyasidan foydalaniladimi?
3. Punkt markazi o'rnatilgan yerda grunt suvlari yer sathidan necha metrdan past bo'lishi kerak?

### **2.7 Geodezik belgilar balandligini hisoblash**

Geodezik tarmoqlarning punktlarida geodezik belgilar shunday balandlikda qurilishi kerakki, ulardan burchak va masofa o'lchashda vizir nuri har bir yo'nalishda joydagi to'siqlar ustidan, belgilangan minimal balandlikdan o'tishi lozim. Belgilar balandligini hisoblash odatda V.N.Shishkinning eng oddiy formulasi bo'yicha bajariladi. Masala ikkita yaqinlashishida echiladi. Oldin har bir juft yonma-yon joylashgan punktlar uchun belgilarning taqribiy  $l_1^1$  va  $l_2^1$  balandliklari aniqlanadi. So'ngra ular korektirlanadi  $l_1$  va  $l_2$  balandliklarinig yakuniy qiymati topiladi.

Belgilarning  $l_1$  va  $l_2$  taqribiy balandligi (2.7-shakl) quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$l_1' = h_1 + a + v; \quad l_2' = h_{21} + a + v_2; \quad (2.1)$$

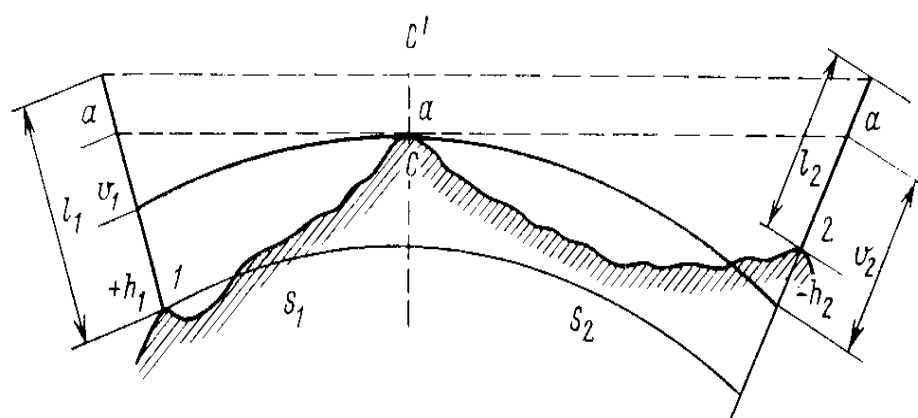
bu erda  $h_1$  va  $h_2$  - birinchi va ikkinchi belgi asoslardan (o'rmon darahlari balandligini hisobga olgan holda)  $S$  nuqtadagi to'siq uchiing nisbiy balandligi;  $a$  - amaldagi yo'riqnomada belgilangan vizir nuriing to'sin ustidan o'tish chekli balandligi;  $v_1$  va  $v_2$  - yerni egriligi va refraksiya uchun tuzatma.

$h_1$  va  $h_2$  ishoralari quyidagi ayirmalar bo'yicha aniqlanadi:

$$h_1 = H_c - H_1; \quad h_2 = H_c - H_2, \quad (2.2)$$

bu erda  $H_c - C$  nuqtadagi to'siq uchi balandligi;

$H_1$  va  $H_2$  - birinchi va ikkinchi belgilarni o'rnatish joyidagi yer yuzasining balandligi,  $h_i$  - nisbiy balandliklar yirik masshtabli karta bo'yicha yoki punktlarni rekognossirovka qilish jarayonida bajarilgan o'lchashlardan aniqlanadi.



**2.7-shakl. Belgilar balandligini aniqlash chizmasi**

yer egriligi va refraksiya uchun tuzatma qo'yidagi formuladan hisoblanadi

$$v = \frac{1-k}{2R} s^2, \quad (2.3)$$

bu yerda  $k$ -yer refraksiyasi koeffitsienti;  $R$ - yer radiusi;  $s$ -to'siqdan tegishli punktgacha bo'lgan masofa.

$k=0,13$  va  $R= 6371$  km bo'lganda (2.3) formula quyidagi ko'rinishni olinadi:

$$v = 0.068 s^2,$$

bu yerda  $v$  metrda,  $s$  esa kilometrda ifodalanadi.

Agarda,  $h_1$  va  $h_2$  bir xil ishoraga esa bo'lsa,  $s_1$  va  $s_2$  masofalar turli bo'lsa, (2.1) formula bo'yicha hisoblangan belgilarning  $l'_1$  va  $l'_2$  balandligi bir-biridan anchaga farq qiladi: bir belgi baladligi kichik, boshqasi katta bo'ladi. Baland belgilarni qurish iqtisodiy jihatdan maqul emas. Shuning uchun (2.1) formula bilan hisoblangan belgilar balandligini shunday o'zgartirish kerakki, bunda belgilarning yakuniy  $l_1$  va  $l_2$  balandliklari kvadratlarning yig'indisi eng kichik bo'lsin,  $\sum l^2 = \min$ . Ushbu talabga rioya etilganda olingan juft belgilarni qurishga ketgan xarajat eng kichik bo'ladi, chunki teng sharoitda har bir belgini qurish narxi uni balandligiga proporsionaldir.

**2.4-jadval.**

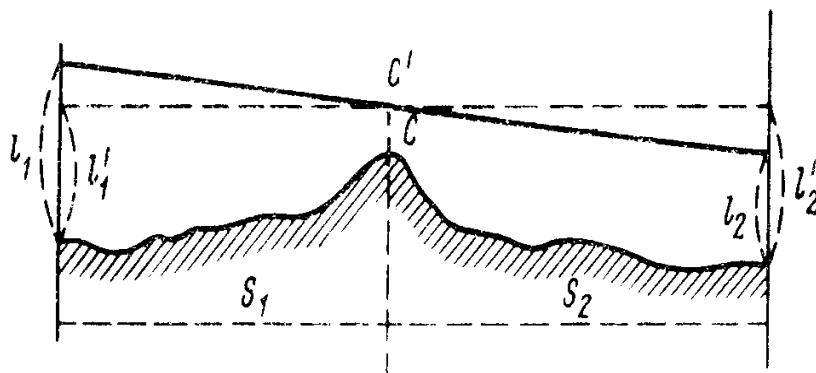
| Nuqtalar | Masofalar<br>$s_1(s_2)$ ,<br>km | Nuqta<br>balandligi<br>$H, m$ | Nisbiy<br>balandlik<br>$h_i, m$ | $a, m$ | $v, m$     | Taqribiy<br>balandlik<br>$l'_1 (l'_2)$ ,<br>m | Tuzatilgan<br>balandlik<br>$l_1 (l_2), m$ |
|----------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------|------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1        | 8                               | 309                           | +6                              | +4     | +4.3       | 14.3                                          | 16.3                                      |
| S        |                                 | 315                           |                                 |        |            |                                               |                                           |
| 3        | 15                              | 322                           | -7                              | +4     | +15.2      | 12.2                                          | 8.6                                       |
|          |                                 |                               |                                 |        | $\sum l^2$ | 353.3                                         | 336.4                                     |

Tomon uchlarida joylashgan har bir juft belgilar balandligini tuzatish,  $\sum l^2 = \min$  shartga rioya qilgan holda va to'siq ustidan vizir nurini berilgan  $a$

balandlikdan o'tish talabini bajargan holda quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$l_1 = s_2 D; \quad l_2 = s_1 D; \quad D = \frac{s_2 l'_1 + s_1 l'_2}{s_1^2 + s_2^2}; \quad (2.5)$$

Ushbu formulalar bo'yicha bajarilgan hisoblashlar natijalari (2.4-jadval)da keltirilgan.



### 2.8-shakl. Geodezik belgilar balandligini tuzatish chizmasi.

Agar birinchi va ikkinchi punktlarga sarflanadigan qurilish materiallari narxi anchaga farq qilsa, (2.5) formula bo'yicha olingan balandliklarni ushbu faktorni hisobga olgan holda yana bir marta to'g'irilash lozim.

S punktida  $p$  yo'nalishlar bo'yicha belgilar balandligining  $p$  ta qiymatlari olinadi, chunki har bir alohida tomon yo'nalishi bo'yicha hisoblash ushbu punktdagi belgi balandligining turli qiymatlarini beradi.

Yakuniy balandlik sifatida to'siq ustidan vizir nurini minimal chekli balandlikda o'tishi uchun barcha yo'nalishlar bo'yicha ko'rinishni ta'minlovchi balandlik qabul qilinadi.

Amaliyotda rekognossirovka ishlarida shunday holat bo'lishi mumkinki, unda bitta punktlardan bittasida belgining balandligi, masalan, ikkinchi, punktni balandligi  $l_2$  berilgan (belgi qurilgan). Birinchi punktdagi belgining  $l$  balandligini hisoblash talab qilinadi. Buning uchun (2.1) formulalar bo'yicha belgilarning taqribiy  $l'_1$  va  $l'_2$  balandlaklarini hisoblaymiz. O'xshash uchburchaklardan (2.4-shakl) yozamiz:

$$\frac{l_1 - l'_1}{l'_2 - l_2} = \frac{s_1}{s_2} \quad (2.6)$$

Bundan belgining izlanayotgan balandligini topamiz:

$$l_1 = l'_1 + (l'_2 - l_2) \frac{s_1}{s_2} \quad (2.7)$$

### Nazorat savollari:

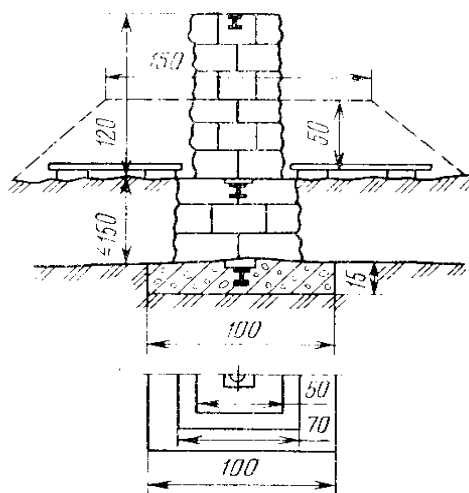
1. Geodezik belgilar qanday qurilishi kerak?
2. Yer egriligi va refraksiya uchun tuzatma qaysi formulada hisoblanadi?
3. Yer egriligi va refraksiya uchun tuzatma topishda yer radiusi hisobga olinadimi?

4. (2.8-shakl)dagi geodezik belgilar balandligini tuzatish chizmasi tushintirib bering?

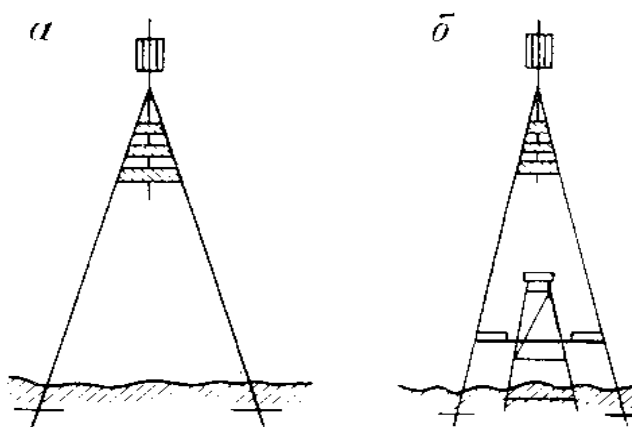
### 2.8 Geodezik belgilar

Geodezik tarmoqlarni har bir punkti joyda gruntga oʻrnatilgan markaz bilan mahkamlanadi, bunda metalla markaga nuqtaning nomeri yoziladi, ular punktning koordinatasiga tegishli boʻladi. Punkt markazi ustiga talab eutilgan balandlikda vizirlash silindri va oʻlchash asbobini oʻrnatish uchun mahsus stol oʻrnatiladi, unda kuzatuvchi uchun ham turish joyi qurilgan boʻladi

Geodezik tarmoqlarda quyidagi turdagi belgilar qoʻllaniladi: toʻr, piramida (oddiy va shtativli), oddiy signal va murakkab signal.



2.9- shakl. Geodezik punktdagi tormoq

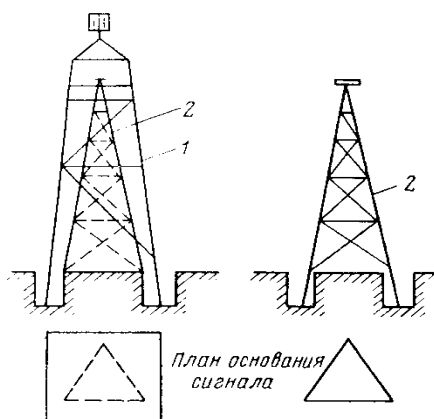


2.10-shakl. Oddiy piramida (a) va shtativli piramida (b)

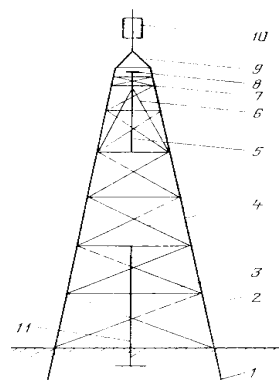
Toʻrlar togʻning oʻtkir choʻqqilarida, agar barcha yoʻnalishlar yerdan turib koʻrinsa va qoya grunt 1,5 metrdan kam chuqurlikda joylashgan boʻlsa qoʻllaniladi. (2.9-shakl. Oʻlchamlar santimetrda berilgan). Toʻr ustiga vizir silindrlil oddiy piramida quriladi. Agar piramidani qurish imkoni boʻlmasa, unda vizir silindr bevosita turga oʻrnatiladi.

Oddiy piramidalar (2.10-shakl) shunday holatlarda, ya'ni barcha yo'nalishlar bo'yicha tur yoki shtativdan kuzatishning imkon bo'lganda quriladi. Agar qo'shni punktlarda kuzatishni ta'minlash uchun asbobni erdan 2-3 metrga ko'tarish talab etilsa, unda asbobni o'rnatish uchun shtativli piramida (shtativ piramidadan ajralgan holda) quriladi. Kuzatuvchi uchun maydoncha piramida ustunlariga, shtativni undan ajratgan holda, o'rnatiladi. Piramidalar balandligi 5-8 metr bo'lgan yog'och yoki metallardan quriladi.

Oddiy signal (2.11-shakl) bir-biridan ajratilgan ikkita piramidalardan: vizir silindriga ega tashqi 1 va kuzatuvchi uchun maydoncha va asbob o'rnatish uchun stolga ega ichki 2 piramidalardan tashkil topadi. Ichki piramida uchqirrali, tashqi piramida esa uchqirrali yoki to'rtqirrali shaklga ega bo'ladi. Tashqi piramida asosidagi asosiy ustunlar orasidagi masofani kuzatuvchi maydonchasigacha bo'lgan balandlikni  $\frac{1}{5}$  hissasidan 2 metrga kaptita qilib olinadi. Oddiy signallar 10 metrgacha balandlikda quriladi; ular yog'ochdan yoki metallardan, doimiy va yig'iluvchi bo'lishi mumkin. Yig'iluvchi belgilar avtotransport borishi uchun qulay bo'lgan rayonlarda qo'llaniladi. Ko'pincha ichki piramidalar punktda doimiy o'rnatiladi, tashqi yig'iladigan bo'ladi, uni punktdan punktga olib yuriladi.



**2.11-shakl. Oddiy signal**



**2.12 -shakl. Murakkab signal:**

Murakkab signal tuzilish qismlari: 1-signal ustunlarining asosi; 2-signalning asosiy ustunlari; 3-venets; 4-krestovina; 5-bolvanka; 6-ichki piramida ustuni; 7-kuzatuvchi uchun maydon; 8-stol; 9-tom; 10-vizir nishoni; 11-oraliq ustun.

Murakkab signal (2.12-shakl) konstruksiyasi bo'yicha oddiydan shunisi bilan farq qiladiki, unda asbob o'rnatish uchun mahsus stoga ega ichki piramida oyoqlari bilan erga tayanmasdan balkim signal ustunning asosiga tayanadi (kuzatuvchi maydonchasidan 6 metr pastda).

Belgining oraliq ustunlari signalni qurish sifatini oshiradi. Murakkab signallar 11 dan 40 metrgacha balandlikda quriladi. Ular to'rtqirrali konstruksiyaga ega bo'lib, erda yig'iladi (gorizontal holatda), so'ngra tugallagan shaklda vertikal o'rnatiladi. Bu holda balandlikda havfli ishlarni bajarish zarurati tug'ilmaydi, hamda belgi qurishda ishlab chiqarish unumdorligi oshadi.

Murakkab signalning tashqi piramidasini uchburchak asosining kengligi uni balandligini  $\frac{1}{4}$  ga teng bo'lib, kuzatuvchi maydongacha 2 metr qo'shiladi.

**Geodezik signallarga bo'lgan asosiy talablar.** Geodezik signallar (oddiy va murakkab) yuqori aniqlikda o'lchashni va havfsiz ish yuritishni ta'minlashi lozim. Geodezik signallar chidamli, mustahkam va qattiq bo'lishi lozim.

**Signalning chidamliligi** deganda unga ta'sir etuvchi doimiy (signal detallarining massasi) va vaqtinchalik yukka (shamol, signalda turgan asboblarning va kuzatuvchining massasi va hakoza.) qarshilik qilish qobiliyati tushuniladi, ularning ta'siri ostida signallarning ayrim detallari va tugunlari (uzellari) deformatsiyaga uchrashishi mumkin. Agar signal buzilmasa va unda deformatsiyaning qoldig'i paydo bo'lmasa u chidamli hisoblanadi.

**Signalning mustahkamligi** deb, uni shamolning ta'sirida o'zining holatini saqlab qolishiga aytiladi. Signalning konstruksiyasi yomon bo'lsa, asosi tuproqqa yaxshi mahkamlangan bo'lmasa shamol uni ag'darib tashlashishi mumkin. Signalning mustahkamligi asosining zaruriy kengligi va asosiy ustunlar yakorlarining qo'yilish chuqurligi bilan ta'minlanadi. Tuproqni mavsumiy muzlash rayonlarida signalning asosiy ustunlarini o'rnatish chuqurligi quydagicha (metrda):

**2.5-jadval.**

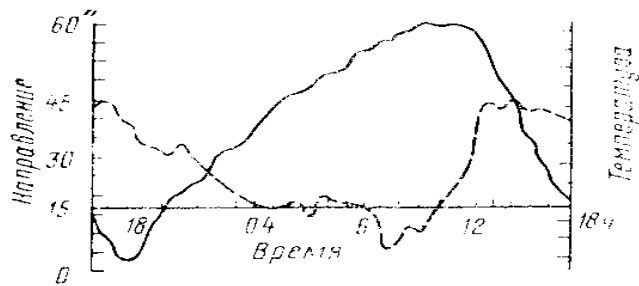
|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| Oddiy piramidalar                            | 1   |
| Oddiy signallar                              | 1,5 |
| Murakkab signallar                           | 25  |
| asosiy ustunlar                              | 2   |
| oraliq ustunlar                              | 1,5 |
| Balandligi 25 m dan ortiq murakkab signallar | 25  |
| asosiy ustunlar                              | 2,5 |
| oraliq ustunlar                              | 2   |

Asosiy ustunlarning pastki qismi yakorlar bilan ta'minlanadi va chuqurning tagiga o'rnatiluvchi, mustahkam shitlarga o'rnatiladi; grunt bilan ko'miladi va yaxshilab shibbalanadi.

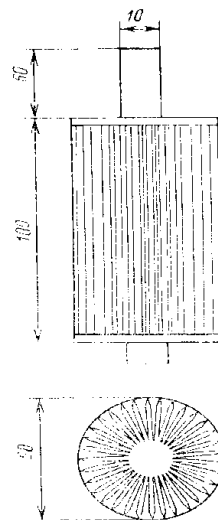
**Signalning qattiqligi** deganda, uni tashqi faktorlarning ta'sir qilishi tufayli yuzaga keluvchi deformatsiyalarga qarshilik qilishi va bu kuchlar ta'siri tugagandan so'ng o'zining dastlabki holatini tiklash qobiliyati tushuniladi.

Shamol kuchi signalni nafaqat egilishiga va tebranishiga balkim yiqitishiga ham sabab bo'lishi mumkin.

Signalning qattiqligi uni egilish miqdori va tebranish chastotasi bilan karakterlanadi; egilish chiziqli siljishga va signalning yuqori qismini ozroq aylanishiga olib keladi; vibratsiya teodolitni ko'rish maydonida vizir nishonini tebranish amplitudasini kuchaytiradi. Gorizont tekisligida stolning siljishi 1 sm dan oshmasa, hamda shamolning tezligi 5 m/s gacha bo'lganda burchak o'lchash imkoni bo'lsa signal qattiq hisoblanadi, geodezik signal konstruksiyasining chidamligi, mustahkamligi va qattiqligini hisoblash qurilish mexanikasi va materiallar qarshiligi nazariyalari asosida bajarildi.



**2.13-shakl. Geodezik signalning burilish grafigi**



**2.14-shakl. Shishkining kichik fazali vizir silindri**

**Signalning burilishi.** Tashqi faktorlar ta'siri ostida (harorat, havoning namligi, shamol va x.q.) signalning yuqori qismi bir muncha deformatsiyalanadi. Buning natijasida signalning stoli, unga o'rnatilgan teodolit bilan birgalikda azimut bo'yicha asta-sekin buraladi. Bu hodisani signalning burilishi deb, atash qabul qilingan. Signalni burilishi ishorasi va miqdori har bir sutka ichida o'zgaradi (2.13-shakl), shu bilan-birga bu hodisa aniq qonuniyat bilan ifodalanmaydi. Bajarilgan tadqiqotlarni, ko'rsatishicha noqulay sharoitlarda baland signal stolining azimutal burilishi kun davomida bir necha burchak minutiga etishi mumkin. Masalan, 10 minut vaqt ichida - 10". Signalning burilishi burchak o'lchash aniqligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi, shuning uchun geodezik signallarni shunday qirish kerakki, ularni burilishi imkoni boricha kichik bo'lsin.

**Vizir nishonlar.** Burchak o'lchashni bajarish uchun geodezik belgining yuqori qismida vizir nishon o'rnatiladi, u quyidagi talablarni qanoatlantirishi lozim:

1. Vizir nishonning shakli, o'lchami va rangi shunday bo'lishi kerakki, uni ishonch bilan topish va geodezik tarmoqlarning tegishli klasslaridagi masofalarda teodolitning qarash trubasini o'nga aniq qaratish mumkin bo'lsin.

2. Vizir nishon shunday vertikal oʻrnatilishi kerakki, uning geometrik oʻqi punktini erosti markazi orqali oʻtsin.

3. Vizir nishoni konstruksiyasi boʻyicha kichik fazali boʻlishi, uni yuzasi quyosh nurlari bilan yoritilganda burchak oʻlchashda yuzaga keluvchi sistematik xatolar nolga yaqin boʻlishi kerak.

Maʼlumki, agar vizir nishoni uzluksiz doiraviy silindrdan iborat boʻlsa, unda bunday silindrning yorugʻ va soya tomonlaridagi tiniqlikning farqi tufayli yuzaga keluvchi xatoliklar koʻpincha 1"dan oshadi. Hozirgi vaqtda silindrning toʻla yuzasida soya qorongʻulikni teng taqsimlanishni taʼmin etuvchi radial oʻrnatilgan plastikali silindrdan iborat boʻladi (2.14-shakl). Bunday silindrlarning oʻlchami tarmoq tomonlari uzunliklariga bogʻlik boʻladi. 2.8-shaklda 1 klass triangulyatsiyasi punktlari uchun silindrning oʻlchamlari keltirilgan. Bunday vizir silindrlari vizir nishonlar fazasi uchun xatolikni 0,2-0,4" gacha kamaytirish imkonini beradi.

#### **Nazorat savollari:**

1. Geodezik tarmoqlarda qaysi turdagi belgilar qoʻllaniladi?
2. Geodezik punktdagi toʻr qayerlarda qoʻllaniladi?
3. Oddiy signal va murakkab signallar farqini aytib bering?
4. Geodezik signallarga boʻlgan asosiy talablar?
5. Signalning qattiqligi nima?

### **2.9 Geodezik punktlarning markazlari**

Geodezik tarmoqlarning har bir punktini oʻrni joyda odatda kamida 1,5-2 m, ayrim rayonlarda kamida 6 metr chuqurlikda gruntga oʻrnatiladigan mahsus markazlar yordamida mahkamlanadi.

Markazning yuqori qismiga sement qorshimasida chugun marka oʻrnatiladi yoki markaz metall trubaga kovsharlanadi. Markani sferik yuzasida diametri 2 mm li teshikcha belgisi qoʻyilgan boʻlib, uni markaziga punktning koordinatalari va unda bajarilgan oʻlchash natijalari tegishli boʻladi, shuning uchun ular joylarda mustahkam mahkamlanishi lozim.

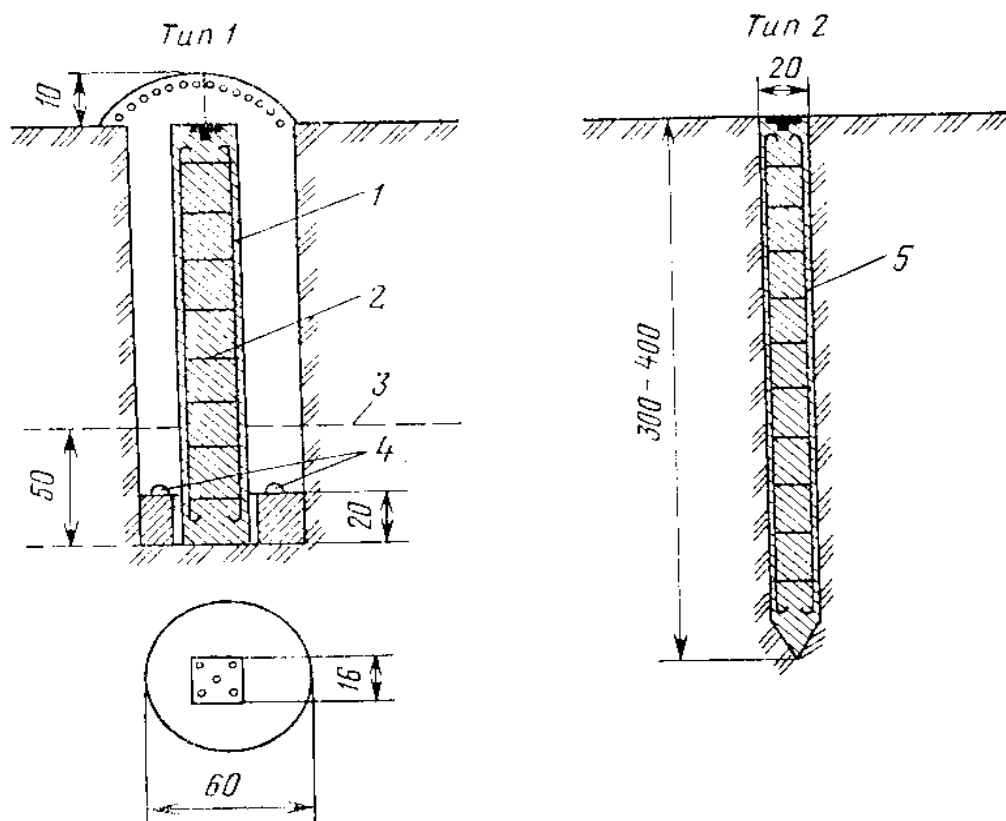
Davlat geodezik tarmoqlarini klassiga bogʻlik boʻlmagan holda markazning saqlanishi va uni uzoq vaqt davomida gruntga planli va balandlik oʻrnini oʻzgarmas boʻlishi geodezik punktlarning markazlariga qoʻyiladigan muhim talab hisoblanadi.

Markazlarni uzoq vaqt saqlanishini taʼminlash uchun ular korroziyaga qarshi vositalar bilan qoplangan yuqori sifatli qurilish materiallaridan: temir beton pilon va svaylardan, asbotsement va metall quvurlardan tayyorlanadi. Markazning asosi yuqoridagi qurilmalar bilan mahkamlanadi va gruntning muzlash chegarasidan pastda oʻrnatiladi.

Tuproqda markazning mustahkamligi koʻplab faktorlarga bogʻliq, jumladan gruntning tarkibi va husuiyatiga, tuproqning muzlash va erish chuqurligiga, tuproq namligining oʻzgarishiga, yerosti suvlari satxining oʻzgarishiga va boshqalarga. Bularni ichida eng muhimi tuproq gruntning muzlashi va erishi hisoblanadi. Shuning uchun geodezik markazlarni mahkamlash va saqlanish

masalasiga juda katta e'tibor beriladi. Markazlar konstruksiyasi va ularni mamlakatning turli mintaqalarida o'rnatish texnologiyasining tavsifi "Davlat geodezik to'rlarning markazlari va reperlari" yo'riqnomasida keltirilgan.

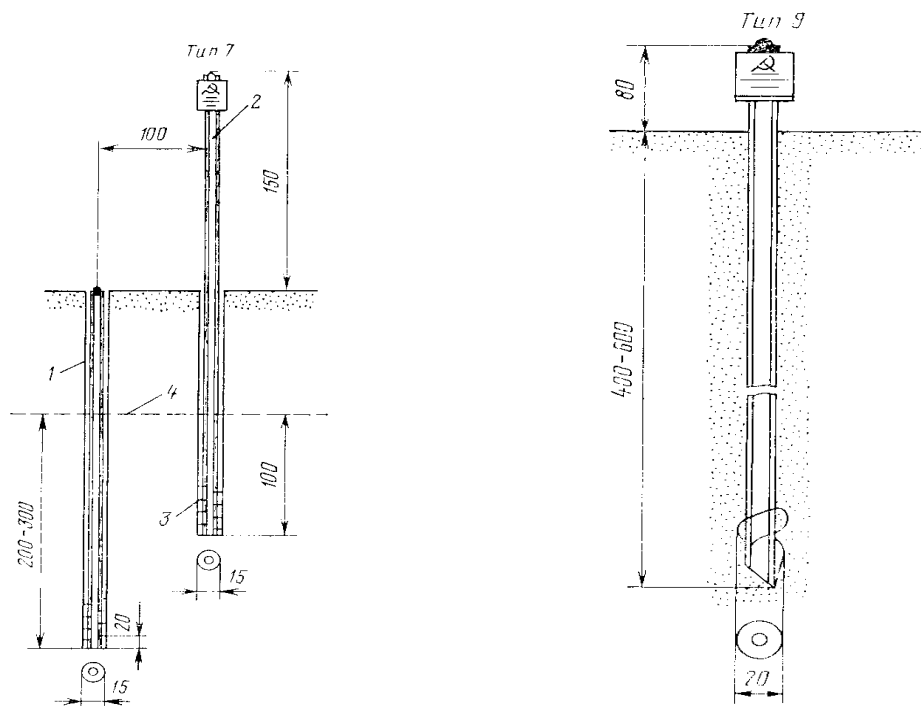
1 tipdagi markazlar (2.15-shakl.) tuproqning mavsumiy muzlaydigan joylarda qo'llaniladi.



**2.15-shakl. Gruntlari mavsumiy muzlaydigan hududlar uchun geodezik punktlarning markazlari:**

1-armatura D 10-12 mm; 2-armaturali halqa D 5-6 mm; 3-tuproqni muzlash chegarasi; 4-temir dasta; 5-temir beton qoziq (svay).

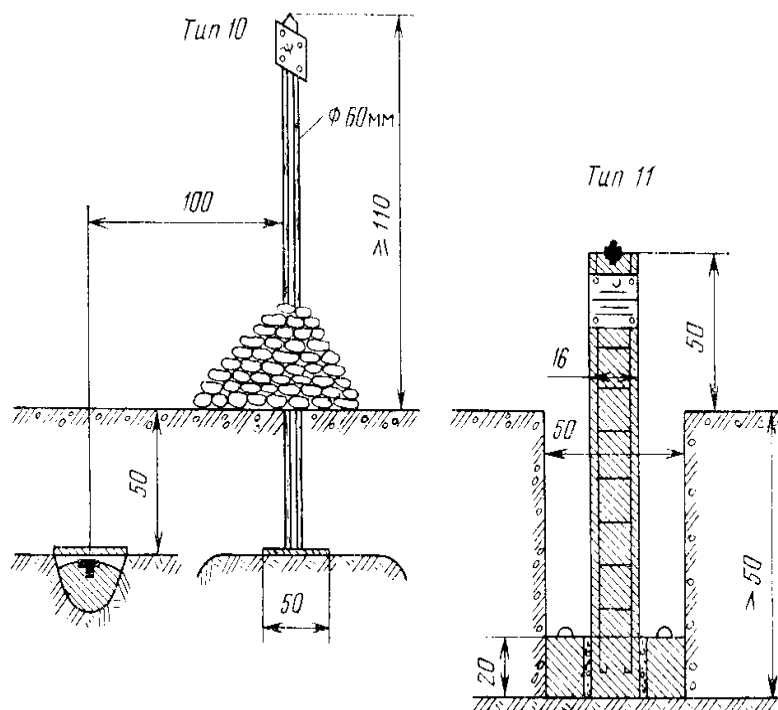
Markaz 16x16 sm diametrdagi temir beton (yoki beton bilan to'ldirilgan 14-16 sm diametrli asbotsementli truba), burg'ilab o'rnatilganda diametri 50 sm va balandligi 20 sm li yoki kotlovanga o'rnatilganda 50x50x20 sm o'lchamdagi beton yakordan tashkil topadi. Markazning asosi gruntning muzlash chegarasidan kamida 0,5 m pastda va barcha holatlarda yer yuzasidan kamida 1,5 m pastda joylashishi lozim.



2.16-shakl. Ko'p yillar davomida muzlaydigan rayonlar uchun geodezik markazlar:

1- metall truba; 2-topish belgisi;  
3- yakorli; 4-erish chegarasi.

2.16-shakl. Harakatlanuvchi qumli rayonlar uchun geodezik punkt markazi.



2.18-shakl. Qoyalarga o'rnatiladigan markazlar

2 tipdagi markazlar gruntlarni mavsumiy muzlaydigan barcha hududlar uchun mo'ljallangan, markazlar 20x20 sm kesimli hamda uzunligi 3-4 m bo'lgan temir beton qoziqdan (svaydan) iborat.

10 tipdagi qoya markazlar (2.18- shakl) qoya jinslari 0,5 metrgacha chuqurlikda yotgan tog'li rayonlarda qo'llaniladi. Markaz qoya gruntiga sementlangan markadan iborat bo'ladi. 0,5 metrdan ortiq bo'lgan chuqurlikdagi qoya jinslarida 11 tip markazlari qo'llaniladi (2.18-shakl).

Markazning yuqori qismi yer yuzasi satxida yoki undan pastda joylashsa va markaz ustida doimiy metall belgi bo'lmaganda markazdan 1-1,5 metr masofada cho'yan yoki siluminli saqlash plitasi markaz tomonga qaratilgan temir beton topish ustuniga o'rnatiladi. Plitada quyidagi yozuv bo'lishi lozim: "Geodezik punkt. Davlat tomonidan qo'riqlanadi".

### **Nazorat savollari.**

1. Markazning yuqori qismiga sement qorshimasida nima o'rnatiladi?
2. Markazlarni joyda mahkamlashda nima hisobga olinadi?
3. Nima uchun har bir punktga ikkitadan markaz o'rnatiladi?
4. Markazni joyda mahkamlashda nimalarga ahamiyat berish kerak?
5. Geodezik punkt kim tamonidan qo'riqlanadi?

## **3-BOB. YUQORI ANIQLIKDA BURCHAK O'LCHASH**

### **3.1 Yuqori aniqlikdagi teodolitlar va ulardan foydalanish**

Burchak o'lchash geodezik asboblari vazifasi, o'lchash aniqligi va konstruksiyasiga qarab turli guruxlarga bo'lish mumkin. Vazifasiga qarab burchak o'lchash geodezik asboblari teodolitlarga va astronomik teodolitlarga bo'linadi.

Teodolitlar geodezik tarmoqlar punktlarida gorizontal burchaklar va zenit masofalarni o'lchashda, astronomik teodolitlar esa Laplas punktlarida astronomik kuzatishlarni bajarib kenglik, uzoqlik va azimutlarni aniqlashda ishlatiladi. Aniqligi bo'yicha teodolitlar yuqori aniqlikdagi teodolitlar, aniq teodolitlar va texnik teodolitlarga bo'linadi. Yuqori aniqlikdagi teodolitlarga burchakni laboratoriya sharoitida bir priyomda  $m \leq 1''$ , aniq teodolitlarga  $-1 < m \leq 10''$  va texnik teodolitlarga  $-m \geq 10''$  o'rta kvadratik xatolik bilan o'lchashni ta'minlaydigan teodolitlar kiradi. Konstruksiyasi bo'yicha hozirgi teodolitlarni sanoq olish moslamasiga qarab ikkita katta guruxlarga: optik sanoq olish moslamasiga ega teodolitlarga va elektron teodolitlarga bo'linadi. Amaldagi ctandart bo'yicha teodolitning har bir tipiga ularni o'lchash aniqligiga bog'liq holda maxsus shifr beriladi, bu shifr «T» xarfidan (teodolit) va laboratoriya sharoitida burchak o'lchashni o'rta kvadratik xatosi chegarasini belgilovchi raqamlardan tashkil topadi. Masalan, T1 bir sekund aniqlikdagi teodolit hisoblanadi.

Davlat geodezik tarmoqlarini qurishda burchak o'lchash ishlari turli fizik-geografik va iqlimiy sharoitlarda: issiq cho'l va qumlik hududlarda, tog' oldi va baland tog' hududlarda, xavo haroratini keskin tebranishlarda (+50 dan -20°S) bajariladi.

Har bir asbobni bunday sharoitlarda uzoq yillar davomida foydalanish, kam mehnat va vaqt sarflab yuqori aniqlikdagi o'lchash natijalariga erishish burchak

o'lchash asboblari ishlab chiqishda maxsus talablarni hisobga olish va ularni ta'minlashni talab etadi.

Bu talablardan eng asosiylari quyidagilar:

- turli fizik-geografik va iqlimiy sharoitlarda bajarilgan o'lchashlardan yuqori aniqlikda va kam o'zgaruvchan natijalarni olish;
- qiyin ekspiditsiya sharoitlarida va uzoq vaqt davomida foydalanishda teodolit asbobini ishchi holatda bo'lishini ta'minlash;
- asbobni kichik hajmli va engil bo'lishi bilan birga uni o'lchash jarayonida turg'unligini, qismlarini oddiy va ishonchli bo'lishini hamda ishlashda qulayligini ta'minlash.

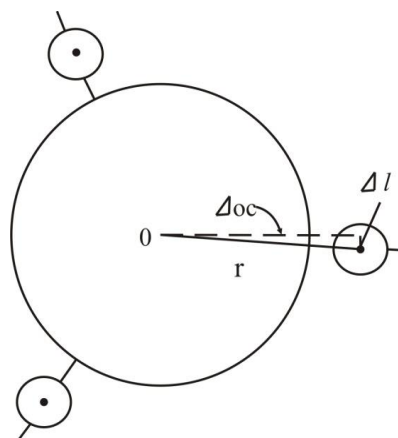
Asosiy geodezik ishlarni bajaruvchi mutahassislar teodolitlar tuzilishini mukammal bilishi, ularni tadqiq qila olishi, asbob doimiy qiymatlarni yuqori aniqlikda aniqlay olishi (adilak bo'lak qiymatini, mikrometr bo'lak qiymatini va hakoza), punktda ishlash paytida teodolitni sozlashni bilishi va asbob xatolarini o'lchash natijalariga ta'sirini hisobga olib bilishi kerak. Yuqori aniqlikdagi teodolit murakkab sistema bo'lib metall va optik qismlari ichki zo'riqish yoki kengayishi natijasida deformatsiyaga uchraydi. Deformatsiya esa burchak o'lchash natijalarida xatoliklarga olib keladi.

Oddiy misol, punktda ishlash jarayonida kuzatuvchini beparvoligi oqibatida ko'targich vintlardan biriga ma'lum vaqt davomida quyosh nurining tushib turishi ko'targich vintlarni  $\Delta l$  o'ta kichik chiziqli ( $0,5 \text{ mkm}$ ) siljishga olib keladi.

Teodolit o'qi bilan ko'targich vintlar orasidagi masofa  $r = 14 \text{ sm}$  bo'lganda bu siljish teodolitni limbi bilan birga quyidagi burchak qiymatga burilishiga sabab bo'ladi

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta\ell}{r} \rho'' = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 10^5}{14 \cdot 10^4} = 0,7'',$$

bu esa o'z navbatida o'lchangan yo'nalish qiymatiga shu miqdorda ta'sir etadi. Agar burchaklar yuqori aniqlikda o'lchansa xatosi  $0,5''$  dan oshmasligi kerak, demak yuqoridagi  $0,7''$  yo'l qo'yib bo'lmaydigan xatolikdir.



**3.1-shakl. Ko'tarish vintining deformatsiyasi tufayli teodolit tagligining azimutal siljishi**

Bundan kelib chiqadi kuzatishlar davomida katta extiyotkorlik bilan ishlash talab qilinadi. Geodezik tarmoqlarda punktlar orasidagi masofalar 15-20 km bo'lganda asbob xatolari  $m_{a*x}$  bilan tashqi muhit ta'siri  $m_{m*M}$  (yon refratsiya, signallarni buralishi va h.k) xatolarini o'zaro teng deb qabul qilish mumkin. Shuni hisobga olib 1klass triangulyasiyasi uchun burchak o'lchashni o'rta kvadratik xatosini ( $1 \leq 0,7''$ ) quyidagicha yozamiz

$$m_{\beta} = m_{a.x.}^2 + m_{m.m.}^2 \leq 0,7''.$$

Asbob xatosi  $m_{a.x.}$  teodolit kompleks xatolarini qo'shma ta'siridan kelib chiqadi. Teng ta'sir etish prinsipiga asosan aytish mumkinki har bir xato manbaasining ta'siri 0,2-0,3" dan oshmasligi kerak.

Ushbu murakkab bo'lmagan hisoblash yuqori aniqlikdagi teodolitni tayyorlash, yig'ish va sozlash uchun qanday yuqori talablar qo'yilishini ko'rsatadi.

### **Nazorat savollari.**

1. Burchak o'lchash geodezik asboblari vazifasi, o'lchash aniqligi va konstruksiyasiga qarab nechta guruxga bo'linadi?
2. Davlat geodezik tarmoqlarini qurishda qanday geodezik asboblardan foydalaniladi?
3. Teodolitlar geodezik tarmoqlar punktlarida qanday geodezik ishlarni bajaradi?
4. Astronomik teodolitlar vazifasi?

### **3.2 Yuqori aniqlikdagi teodolitlarning teksherish va tadqiq qilish**

Teodolitni tekshirish va tadqiqotlari vazifasiga uni konstruksiyalashda asos qilib olingan geometrik parametrlari va optik-mexaniq talablardan cheklanishni aniqlash va uni imkoni boricha to'la bartaraf etish kiradi. Tadqiqotlar bartaraf etib bo'lmaydigan cheklanishlarni aniqlash va ularga tegishli tuzatmalarni kiritish; teodolitni doimiylari ( sanoq olish qurilmasi bo'lak qiymatini, okulyar mikrometri, adilaklar bo'lak qiymatlari va boshqalar) ni aniqlash; teodolit ayrim bog'lanmalari to'g'ri ishlashini sinash; limb diametrlari xatosini aniqlash; teodolitni ayrim bog'lanmalari va butun teodolitni ishlashga tashqi muxit ta'sirini aniqlash va boshqalarni ko'zda tutadi.

Bajarilgan tadqiqotlar natijalari bo'yicha teodolitni berilgan aniqlik klassidagi ishlarga yaroqliligi aniqlanadi.

Har bir punktda bajariladigan kuzatishlardan oldin o'tkaziladigan majburiy tekshirishlarga quyidagilar kiradi:

1. Truba aylanish o'qida o'rnatilgan adilak o'qi trubaning gorizontal aylanish o'qi bilan bitta tekisligida joylashishi va unga paralel bo'lishi kerak.
2. Alidadani teodolit vertikal o'qi atrofida aylanishi tekis hech qanday tebranishsiz va ozod (tegib qolmasdan) o'tishi kerak.
3. Trubaning gorizontal aylanish o'qi teodolit vertikal aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lishi kerak.
4. Teodolit trubasini trubani qaratish vinti orqali vertikal tekislikda qiyshaytirish truba o'qini lagerlarda azimutal siljishishga olib kelmasligi kerak.

5. Sanoq qurilmasi tekshirilgan va sozlangan bo'lishi kerak.
6. Trubaning kollimatsiya xatosi 10" dan oshmasligi kerak.
7. Truba okulyari mikrometrining iplar bissektori vertikal o'rnatilgan bo'lishi kerak.
8. Vertikal doira zenit o'rni ZO' yoki nol o'rni NO' qiymati 10" dan oshmasligi kerak; ZO' yoki NO' quyidagi formulalar bo'yicha topiladi:  
OT-02M teodoliti uchun

$$Z\ddot{Y} = \mathcal{M}\mathcal{Y} + \mathcal{M}\ddot{Y} - 180^0; Z = \mathcal{M}\ddot{Y} - \mathcal{M}\mathcal{Y} + 90^0;$$

T1 teodoliti uchun

$$Z\ddot{Y} = (\mathcal{M}\mathcal{Y} + \mathcal{M}\ddot{Y} - 360^0) / 2; Z = \mathcal{M}\mathcal{Y} - Z\ddot{Y};$$

T05 teodoliti uchun

$$H\ddot{Y} = (\mathcal{M}\mathcal{Y} + \mathcal{M}\ddot{Y} \pm 180^0) / 2; \beta = 90^0 - Z = \mathcal{M}\mathcal{Y} - H\ddot{Y}; .$$

9. Ko'targich va qaratgich vintlari yumshoq va ozod yurishi kerak.

Yuqori aniqlikdagi har bir teodolit zavoddan olingandan keyin yoki kapital ta'mirlashdan keyin to'la dastur asosida tadqiq qilinadi. Yuqori aniqlikdagi burchak o'lchash ishlariga uni yaroqliligini aniqlash uchun tadqiqotlardan adilak bo'lak qiymati (truba aylanish o'qidagi va alidadagi adilaklar); truba okulyar mikrometrini bo'lak qiymati (bosh truba va tekshirish trubasi); truba fokuslash linzasining to'g'ri yurishi; limb shtrixlari tasvirini birlashtirish xatosi optik mikrometr reni; yassi paralel plastinkali mikrometrni foydasiz yo'li (мертвый ход); mikrometr shkalasining bo'laklari xatosi; limb va alidadani ekscentrisiteti; alidada aylanishi to'g'riligi; limb diametrlari xatosi; teodolit gorizontal va vertikal o'qlarini o'zaro perpendikulyar emasligi aniqlanadi. Labaratoriya sharoitida teodolit bilan gorizontal va vertikal burchaklarni bitta priemda o'lchashni o'rta kvadratik xatosi aniqlanadi.

Teodolitni tekshirish ishlari va tadqiqotlarni to'g'ri bajarish haqidagi batafsil ko'rsatmalar amaldagi Standartlarda va me'yoriy hujjatlarda keltiriladi.

### Leka-elektron teodalit TS-600



Shvetsariyada ishlab chiqarilgan.  
Asbobning og'irligi – 4,2 kg.

Ob'yektning diametri – 28 mm  
 Eng kichik masofa o'lchovi – 2 m.  
 Eng uzun masofa o'lchovi – 1100 m.  
 O'lchov vaqti – 3 sek.  
 Xotirasidagi o'lchov hajmi – 1200 ta.  
 Old tomonidagi 7 ta funksional klavish quyidagi vazifalarni bajaradi:  
 ALL – burchak va masofani o'lchaydi.  
 DIST **DIST** – burchak va masofani o'lchaydi.  
 REC **REK** – o'lchov ma'lumotlarini xotiraga saqlaydi.  
 MENU **Menyu** –dasturni o'zgartiradi.  
 CONT **Kont** – ekran yoritkichini yoqib-o'chiradi.  
 SE- noaniq olingan o'lchovni o'chiradi hamda dastur ishining tugaganligini bildiradi.  
 ON **ON**- asbobni yoqib o'chiradi.  
 CONT **KONT** – kutilgan ma'lumotni tasdiqlaydi.  
 Despley ekranidagi shartli belgilar:  
 Ptnr – nuqta nomeri  
 Nz – gorizontal burchak.  
 V- vertikal burchak  
 E-X- qiyalik masofa  
 N-Y- **N**- gorizontal masofa.  
 N-H- balandlik masofa.

**Asbobni gorizontal holatga keltirish** uchun asbob shtativ orqali nuqtaga o'rnatiladi. Asbobni yoqib Menyu, keyin Level dasturiga kiriladi. Ekranda bo'ylama va ko'ndalang uchburchaklar hosil bo'lganga qadar ko'tarish vintlari orqali to'g'rilanadi, keyin PROG-STATION GOORD dasturiga kiriladi. *ptnt*– nuqta nomeri, *hi*–asbob balandligi yoziladi. X,Y,Y ma'lumotlar, agar xotirasi bo'lsa Fayl orqali chaqiriladi agar yo'q bo'lsa, KEYB orqali qo'lga kiritiladi va CONT orqali tasdiqlaniladi

Keyin yo'naltirish uchun asbob ikkinchi nuqtaga qaratiladi.

PROG-orientatsion dasturga kiriladi va CONT orqali tasdiqlaniladi va ekranda Orietatsion set yozuv chiziladi. Shunday qilib asbob uchinchi holatda keladi. Endi s'yomka ishlarini bajarish uchun qaytargichni aniq joyga qo'yib AL tugma bosiladi va xotiraga olinadi. Asbob bilan s'yomka qilinadigan joylarni abrisga nomer bilan yoziladi.

Leca operativ xotirasiga joylangan nuqta (ma'lumot)lar maxsus dastur Tctools yordamida kompyuter xotirasiga ko'chirib olinadi, u quyidagi ketma-ketlik yordamida bajariladi.

1. DATA TRANSFER (UPLOAD/DOWNLOAD).
2. DOWNLOAD-shu bo'limda kompyuterdagi papkaga ma'lumotga nom berib o'tkaziladi.
3. Kompyuterga maxsus shnur orqali ulanib, Lekaning maxsus ma'lumot uzatish dasturi orqali kompyuterga joylanadi. Mavjud fayl GRE shaklida qabul qilinadi

Qabul qilib olingan GRE faylni Gredo dasturining **sifrovoy modeli mestnosti** bo'limi yordamida *Top* fayli shaklida keltiriladi. Faylni Gredo mix dasturi yordamida mavjud nuqtalar ekranga chiqiladi. Ekranga chiqarish uchun navbatdagi ketma-ketliklar amalga oshiriladi:

1. **Import данных** bo'limiga kiriladi.
2. **Fayl.** *Top* bo'limidan biz uchun kerakli bo'lgan GRE fayli tanlanib olinadi va ENTER klavishi bilan tasdiqlanadi, shundan so'ng mavjud nuqtalar kompyuter ekraniga hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan nuqtalar orqali belgilangan nuqtalar yordamida joydagi mavjud tasvir hosil qilinadi.

Tasvir hosil qilib bo'lingach, chizma bo'limi yordamida tasvir chizig'i va tasvir uchun qog'oz o'lchami belgilanadi va tasvir DXF (fayl) shaklida AUTOCAD yoki COREL DRAW dasturlariga qayta ishlash uchun o'tkazib beriladi.

#### **Nazorat savollari.**

1. Teodolitni tekshirish shartlarini ayting?
2. Har bir punktda bajariladigan kuzatishlardan oldin o'tkaziladigan majburiy tekshirishlarga misollar keltiring?
3. Zamonaviy teodolit afzalliklari nimalardan iborat?

### **3.3 Yuqori aniqlik bilan burchak o'lchashda asbob xatalari**

Faraz qilamiz punktda burchak o'lchashdan oldin teodolit sinchiklab tekshirilgan, sozlangan va unga qo'yilgan texnik talablarga to'la javob beradi. Shunga qaramay yuqorida ko'rsatib o'tilgan asbob xatalari burchak o'lchashda to'la yo'qotilgan bo'lmaydi, demak ular ta'sirini kamaytirish kerak bo'ladi. Davlat geodezik tarmoqlarida punktlar orasidagi masofalar har doim 1 km dan katta bo'ladi, shuning uchun har bir punktda truba cheksiz fokuslanib butun kuzatishlar davomida u o'zgartirilmaydi (uni priyomlar orasida o'zgartishga yo'l qo'yiladi). Bu holatda fokuslash linzasini noto'g'ri yurishi burchak o'lchash natijalariga ta'sir etmaydi. Limb va alidada ekssentrisiteti limbni diametral qarama-qarshi shtrixlari bo'yicha sanoq olish yo'li bilan yo'qotiladi. Agarda mikrometr reni yo'l qo'yarli chekidan oshsa o'lchash natijalariga tegishli tuzatmalar kiritiladi. Shunga o'xshash amal mikrometr shkalasi bo'laklarining xatosiga nisbatan bajariladi.

Truba okulyar mikrometri bo'lak qiymatini aniqlash xatosi ( $m_{\mu} = 0,01''$ ) burchak o'lchash natijalariga jiddiy ta'sir etmasligini ta'minlash uchun okulyar bissektorini vizirlash nishoniga qaratilganda okulyar mikrometridan sanoq  $\pm 5''$  dan oshmasligi kerak va nishon turli sanoqlarda navbati bilan mikrometr nol punktidan har ikkala tomonda joylashishi kerak.

#### **Nazorat savollari.**

1. Yuqori aniqlikdagi teodolitlarga misollar keltiring?
2. Yuqori aniqlik bilan burchak o'lchashda asbob xatalari?
3. Truba okulyar mikrometri bo'lak qiymatini aniqlash xatosini ayting?

### 3.4 Punktda teng aniqlikdagi yo'nalishlarni olish sharti

Agar punktda ixtiyoriy tartibda burchaklar o'lchangan bo'lsa tenglangan burchaklar vaznlari  $P_{j,l}$  bilan tenglangan yo'nalishlar vaznlari  $P_j$  ( $P_l$ ) orasida bog'lanishini tiklash ko'pincha qiyinlik tug'diradi.

Amalda stansiyadagi tenglangan yo'nalishlarni oldindan berilgan vaznda olish kerak bo'ladi: turli  $P_j \neq P_l$  yoki bir xil  $P_j = P_l = \text{const}$  ( $j, l = 1, 2, \dots, n$ ).

Agarda berilgan yo'nalishlar jufti  $j$  va  $l$ , xohlagan burchak  $j.l$ , ni tashkil qiluvchi kuzatish dasturini bitta yoki bir nechta guruhida birga o'lchangan bo'lsa; bu burchakni o'lchash vazni  $P_{j,l}$  guruhlarda quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$P_{j,l} = \left[ \frac{P_j P_l}{\sigma_i} \right] j \neq l = 1, 2, \dots, n, \quad (3.1)$$

bu yerda  $\sigma_i = (p_1 + p_2 + \dots + p_k)_i$  -  $i$  guruhidagi o'lchangan hamma yo'nalishlar (shu jumladan  $j$  va  $l$ ) summasi; har bir guruhdagi yo'nalishlar soni  $k_i$  quyidagi chegarada o'zgarishi mumkin  $2 \leq k \leq n$ , bu yerda  $n$ -punktdagi yo'nalishlar soni.

Stansiyada tenglangan vaznlar  $P_j$  ( $P_l$ ) konkret qiymatlari bo'lgan yo'nalishlar  $j$  ( $l$ ) ni olish uchun shunday burchak o'lchash dasturini foydalanish kerakki, bunda quyidagi tenglik sharti bajarilsin

$$P_{j,l} = \frac{P_j P_l}{[P]} (j \neq l = 1, 2, \dots, n), \quad (3.2)$$

bunda hamma burchaklar uchun

$$\begin{array}{ccccccc} 1.2 & 1.3 & 1.4 & \dots & 1.n, \\ & 2.3 & 2.4 & \dots & 2.n, \\ & & 3.4 & \dots & 3.n, \\ & & & \dots & \dots, \\ & & & & n-1.n \end{array} \quad (3.3)$$

bunda burchaklar soni  $r$  stansiyadagi  $n$  punktdan 2 tadan juftlash soniga teng, yani

$$r = n(n-1)/2; [P] = P_1 + P_2 + \dots + P_n.$$

Yuqorida ta'kidlanganday triangulyasiyani har bir punktda burchaklarni o'lchash natijalari berilgan bir xil vaznda  $P_j = \text{const}$  teng aniq yo'nalishlar bitta qatori ko'rinishda berilish kerak.

Keltirilgan (3.2) formulada  $P_1 = P_2 = \dots = P_n = \text{const}$  deb qabul qilib, uni quyidagicha yozamiz

$$P_{j,l} = \left[ \frac{P_j P_l}{\sigma} \right] = \frac{P}{n} = \text{const} (j \neq l = 1, 2, \dots, n), \quad (3.4)$$

Bu tenglik sharti punktdagi hamma yo‘nalishlarni qo‘sh juftlashdan hosil bo‘lgan (3.3) dagi hamma burchaklar uchun bajarilish kerak. (3.4) dagi shartlar taminlanganda stansiyada tenglangan yo‘nalishlar quyidagiga teng bir xil vazn oladi

$$P = nP_{j,l} = const. \quad (3.5)$$

Agarda kuzatish dasturida har bir  $i$  guruxda yo‘nalishlar  $1, 2, \dots, n$  bir xil vaznda o‘lchanishi ko‘rsatilgan bo‘lsa

$$(P_1 = P_2 = \dots P_n)_i = P_i = const, \quad (3.6)$$

va vaznlar yo‘nalishlar bir guruhdan ikkinchisiga o‘tishda o‘zgaruvchan bo‘lsa (3.4) tenglama quyidagi shaklni oladi.

$$P_{j,l} = \left[ \frac{P_i}{k_i} \right]_{j,l} = \frac{P}{n} = const \quad (j \neq l = 1, 2, \dots, n), \quad (3.7)$$

Agarda har bir burchak  $j, l$  yo‘nalishlar turli guruhda qat’iy teng  $t$  marotaba o‘lchansa ( $t=const$ ) quyidagi talabga rioya qilinishi kerak

$$\left( \frac{P_i}{k_i} \right)_{j,l} = const, \quad (3.8)$$

unda (3.7) formula o‘rniga quyidagini yozamiz

$$P_{j,l} = t \left( \frac{P_i}{k_i} \right)_{j,l} = \frac{P}{n} = const \quad (j \neq l = 1, 2, \dots, n), \quad (3.9)$$

Shunday qilib punktda bajarilgan kuzatishlar natijasi teng aniq yo‘nalishlar qatori ko‘rinishda berilishi mumkin, agarda, birinchidan kuzatish dasturi o‘lchashlardan hamma burchaklarni olish imkonini bersa, ikkinchidan bu burchaklardan har biri  $j, l$  qat’iy bir xil vaznda  $P_{j,l} = P/n = const$ , o‘lchansa, bu yerda  $P$  - tenglangan yo‘nalishlarning berilgan vazni,  $n$  -punktdagi yo‘nalishlar soni.

Yuqoridagi (3.9) shart bajarilganda stansiyadagi tenglangan burchaklar  $[j, l]$  quyidagi formuladan topiladi

$$\left. \begin{aligned} [1.2] &= \frac{2 \cdot 1.2 + (1.3 - 1.2) + \dots + (1.n - 2.n)}{n}; \\ [1.3] &= \frac{2 \cdot 1.3 + (1.2 - 1.3) + \dots + (1.n - 3.n)}{n}; \\ &\dots \dots \dots \\ [1.n] &= \frac{2 \cdot 1.n + (1.2 - 1.n) + \dots + (1.n - 1 + n - 1.n)}{n}, \end{aligned} \right\} \quad (3.10)$$

bu yerda har bir burchak  $j, l$ , qat’iy bir xil sonda  $t$  o‘lchangan yo‘nalishlar turli guruhlaridan ( $t=1, 2, \dots$ ) o‘rtacha sifatida topiladi, ya’ni

$$j.l = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t (j.l)_i, \quad (3.11)$$

bu yerda  $(j.l)_i$  -  $i$  guruhida o'lchangan yo'nalishlardan olingan burchak qiymati.

Boshqa har qanday tenglangan burchaklar  $[j.l]$  ayirma sifatida  $[j.l] = [1.l] - [1.j]$  yoki (3.10) ko'rinishdagi formulalardan topilishi mumkin.

Yuqorida keltirilgan (3.9) shart bajarilganda stansiyada burchak o'lchashlarni tenglashdan olingan vazn birligining o'rta kvadratik xatosi quyidagiga teng

$$\mu = \sqrt{\frac{\frac{P_i}{k_i} [\mathcal{G}_{j,l}^2]}{\sum_{i=1}^r (k_i - 1) - (n - 1)}}. \quad (3.12)$$

Tenglangan yo'nalishning o'rta kvadratik xatosi quyidagiga teng

$$M_H = \sqrt{\frac{[\mathcal{G}_{j,l}^2]}{\left[ \sum_{i=1}^r (k_i - 1) - (n - 1) \right] nt}}. \quad (3.13)$$

Agar har bir guruh bir xil adadli yo'nalishlardan tashkil topgan bo'lsa ( $k_i = k = \text{const}$ )  $\mu$  va  $M_H$  formulalar soddaroq ko'rinishda bo'ladi, yani

$$\mu = \sqrt{\frac{P[\mathcal{G}_{j,l}^2]}{(n-1)(nt-k)}}; \quad (3.14)$$

$$M_H = \sqrt{\frac{k[\mathcal{G}_{j,l}^2]}{nt(n-1)(nt-k)}}. \quad (3.15)$$

Berilgan (3.12–3.15) formulalardagi o'lchangan va tenglangan miqdorlar orasidagi farq  $v_{j,l} = (j.l)_i - [j.l]$  hamma guruhlardagi yo'nalishlarni burchaklar imkonli kombinatsiyalariga ajratishdan hosil bo'lgan hamma burchaklar (3.3) uchun hisoblanadi.

Masalan, guruhdagi uchta yo'nalishlardan 1.2; 1.3 va 2.3 hisoblanadi va ularning har biri uchun ayirmalar  $\mathcal{G}_{12}$ ,  $\mathcal{G}_{13}$  va  $\mathcal{G}_{23}$  topiladi.

### ***Gorizontal yo'nalishlar va burchaklarni yuqori aniqlikda o'lchashning asosiy prinsiplari.***

Har bir punktda teng aniq yo'nalishlarni olish va o'lchashda yuqori aniq natijalarga erishish uchun har bir yo'nalish va burchakni yuqori aniqlikda o'lchashni qat'iy bir xil, eng mukammal dasturda va o'lchash natijalariga tashqi muhit ta'siri eng kam bo'ladigan sutka vaqtida, yani kuzatishlarni "foydali" vaqtida bajarish kerak bo'ldi.

Punktdagi kuzatishlarni qo'yidagi talablarga rioya qilgan holda bajarish kerak bo'ladi:

- har bir yo'nalish limbning butun aylanasi bo'yicha teng taqsimlangan har xil diametrlarida o'lchanishi kerak;
- har bir yarim priyomda har bir kuzatiladigan yo'nalish bo'yicha o'lchash operatsiyalarini to'la bir xil bajarilishi ta'minlanishi kerak;

- yoʻnalishlar har bir priyomda priyom uchun belgilangan oʻrtacha vaqtga nisbatan simmetrik oʻlchanish kerak;
- har bir punktda barcha yoʻnalish va burchaklar havo izotermiyasi oniga nisbatan simmetrik oʻlchanishi kerak (ertalabki va kechki kuzatishlarda).

### **Nazorat savollari.**

1. Punktda teng aniqlikdagi yoʻnalishlarni olish shartini tushintirib bering?
2. Gorizontal yoʻnalishlar va burchaklarni yuqori aniqlikda oʻlchashning asosiy prinsiplarini ayting?
3. Punktdagi kuzatishlar qoydalarini ayting?

### **3.5 Doiraviy qabul usuli**

Punktdagi kuzatish natijalarini teng aniq yoʻnalishlar bitta qatori koʻrinishida olish imkonini beradigan burchak oʻlchashni eng sodda usuli bu yoʻnalishlarni doiraviy priyomlarda oʻlchash usulidir.

**Bu usulni mohiyati quyidagilardan iborat.** Limbning qoʻzgʻalmas holatida teodolit alidadasini boʻshatib soat mili yoʻli boʻyicha aylantirib qarash trubasini birinchi, ikkinchi, uchinchi va h.k. punktlarga va yakunida oxirgi punktga qaratiladi; bunda har bir punktga qaratilganda limbdan sanoqlar olinadi. Bu oʻlchashlarni jami birinchi yarim priyomni tashkil etadi. Shundan keyin trubani zenit orqali oʻtkazib va alidadani soat mili yoʻliga qarshi yoʻnalish boʻyicha aylantirib trubani yana oʻsha punktlarga faqat teskari kema-ketlikda qaratiladi: oxirgi punktga, oxirgi punktdan bitta oldingisiga va h.k., oxirida birinchi punktga qaratiladi va shu bilan ikkinchi yarim priyom yakunlanadi. Ikkala yarim priyomlar bitta priyomni tashkil qiladi va priyomlar soni tenglangan yoʻnalishlarni zarur vazniga qarab belgilanadi. Agarda har bir yarim priyom oxirida trubani boshlangʻich (birinchi) punktga qayta qaratib limb boʻyicha yana sanoq olinsa, yani ufq yopilsa, yoʻnalishlarni bunday oʻlchash usuliga **doiraviy priyomlar usuli** deyiladi.

Doiraviy priyomlar usuli 1816 yilda buyuk rus geodezisti va astronomi akademik V.Ya.Struve tomonidan taklif etilgan. Bu usul jahonni deyarli hamma davlatlarida tarqalgan. MDH davlatlarida u 2-4 klass davlat geodezik tarmoqlarini qurishda qoʻllanadi.

### **Triangulyasiya punktida kuzatish tartibi va dasturi**

Birigada tayyorgarlik ishlari majmuasini bajaradi, geodezik belgi (piramida yoki signal) ni koʻzdan kechiradi, zarur boʻlsa kichik taʼmirlash ishlarini bajaradi; burchak oʻlchash natijalarini punkt markaziga bogʻlash uchun uni er ostidagi markagacha kavlab ochiladi; geodezik signalga teodolit va kerakli anjomlarni koʻtariladi; teodolitni quyosh nuridan saqlash uchun palatka yoki brezet oʻrnatiladi. Kuzatuvchi geodezik belgini sinchiklab qarab chiqib teodolit oʻrnatiladigan stolni mustahkamligiga va signalni ichki piramidasi, koʻtargich stolcha, hech qayerida pol va narvonga tegib turmaganiga ishonch hosil qilishi kerak. Aniqlangan kamchiliklarni kuzatuvchi bartaraf qilishi kerak.

Stolcha markazida nuqtani belgilab, uni ustiga teodolit oʻrnatiladi. Agarda teodolit komplektida markazlash plitasi boʻlsa avval nuqta ustiga u oʻrnatiladi, keyin teodolit plitaga mahkamlanadi. Kuzatishga oʻtishdan avval kuzatuvchi geodezik tarmoq chizmasiga asosan joydagi kuzatiladigan punktlarga teodolit trubasidan qarab chiqib gorizont va vertikal doiralardan 1' aniqlikda olingan sanoqlarni yozib oladi. Keyin limbni oʻrnatish jadvalini tuzishi kerak, bu jadval burchak oʻlchashni dasturi hisoblanadi.

Teodolit signal stoliga oʻlchashlarni boshlashdash 40 minut avval oʻrnatiladi va sinchiklab tekishiriladi. Kuzatiladigan silindrik nishonlarni tasviri yaxshi va ustuvor yoki engil tebranayotgan ( $\pm 2''$ ) holati tushishi bilan gorizont yoʻnalishlarni kuzatishga oʻtiladi.

Yoʻnalishlarni doiraviy qabullar usulida oʻlchashda quyidagi talablarga rioya qilinadi:

- birinchi yarim priyomda alidada faqat soat mili yoʻli boʻyicha aylantiriladi, ikkinchi yarim priyomda, truba zenit orqali aylantirilgandan keyin faqat teskari yoʻnalishda;
- birinchi yarim priyomda iplar toʻrining markazi predmetdan ozroq oʻtkaziladi, ikkinchisida ozroq etkazilmaydi. Bu qarash trubasini nishonga aniq qaratishda qaratgich vintini, soat milining yoʻli boʻyicha burash maqsadida qilinadi;
- har bir yarim priyomni boshlashdan oldin alidadani ushbu qabulda aylantirish yuli boʻyicha bir necha marta boʻsh aylantiriladi;
- tekshirish trubasi bilan taʼminlangan teodolitlar bilan kuzatishda oʻlchash tartibi quyidagi bilan toʻldiriladi. Har bir kuzatish bosh truba okulyar mikrometr bissektorini predmetga (punktga) uch marta qartish, birdaniga tekshirish trubasi okulyar mikrometrini ham 1 km chamasi oraliqda oʻrnatilgan marka yoki yaqinroq joylashgan va aniq koʻrinadigan geodezik belgiga uch marotaba qaratishdan iborat;
- turli priyomlarda oʻlchanadigan yoʻnalishlarni mustaqilligini taʼminlash va oʻrtacha natijaga limb diametrlari xatosi taʼsirini kamaytirish uchun, priyomlar orsida limb quyidagi burchakka oʻzgartib olinadi

$$\delta = (180^\circ / m) + i, \quad (3.16)$$

bu yerda  $m$  - priyomlar soni,  $i$  - limb boʻlagining qiymati.

Yoʻnalishlar 2 klass punktlarida 12-15 ta, 3 klass punktlarida – 9 ta, 4 klass punktlarida esa – 6 ta priyomlarda oʻlchanadi.

Uchlangan yoʻnalishlar qiymatiga quyidagi tuzatmalar kiritiladi: ufq yopilmagani uchun, ren uchun ( $r > 0,5''$  boʻlganda), teodolit vertikal oʻqining qiyaligi uchun (vizir nurining ogʻish burchagi  $1^\circ$  dan oshganda).

Burchak oʻlchash natijalarini nazorat qilish har bir yarim priyomda boshlangʻich yoʻnalishga qarab priyom boshida va oxirida olingan natijalarni (sanoqlarni) tengligi boʻyicha, priyomlarda esa har bir priyomda nolga keltirib hisoblangan, bir xil yoʻnalishlar qiymatlarini tengligi boʻyicha amalga oshiriladi.

Masalan, 2 – 4 klass triangulyasiyasida yarim qabul boshida va oxirida boshlangʻich yoʻnalishni kuzatish natijalari (sanoqlar) orasidagi farq  $T_{05}, T_1$

teodolitlar uchun 5", T2 uchun esa 6" dan oshmasligi kerak; alohida priyomlardagi nolga keltirilgan yo'nalishlar farqi esa tegishli 4" va 5" dan.

Quyida gorizontal yo'nalishlarni o'lchash jurnalining shakli 3.1-jadvalda keltirilgan.

Teodolit 2T5K №27200

Punkt "Jar"

Sana 10.05.16

Vaqt 16s.00 d.

Tasvir aniq

Priyom 1

$t = +24^\circ$

Ob-havo: ochiq, shabada

Ko'rinish: qoniqarli

### 3.1-jadval

| Yo'nalish | Doira | Limbdan sanoq | Mikrometrdan sanoq |       | $\frac{a_1 + a_2}{2}$ | 2C   | $\frac{\mathcal{D}\mathcal{U} + \mathcal{D}\mathcal{V}}{2}$<br>$\sigma$ | Nolga keltirilgan yo'nalishlar |
|-----------|-------|---------------|--------------------|-------|-----------------------|------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|           |       |               | $a_1$              | $a_2$ |                       |      |                                                                         |                                |
| 1         | 2     | 3             | 4                  | 5     | 6                     | 7    | 8                                                                       | 9                              |
| "Amur"    | DCH   | 0°00'         | 40,2"              | 40,4" | 40,3"                 | -    | 0°00'42,8"                                                              | 0°00'00"                       |
|           | DO'   | 180 00        | 45,3               | 45,1  | 45,2                  | 4,9" | 0,0                                                                     |                                |
| "Daryo"   | DCH   | 63 16         | 26,2               | 25,8  | 26,0                  |      | 63 16 26,9                                                              | 63 15 44,0                     |
|           | DO'   | 243 16        | 27,4               | 28,2  | 27,8                  | -1,8 | -0,1                                                                    |                                |
| "Zenit"   | DCH   | 109 48        | 04,6               | 05,0  | 04,8                  |      | 109 48 07,1                                                             | 109 47 24,1                    |
|           | DO'   | 289 48        | 09,7               | 09,1  | 09,4                  | -4,6 | -0,2                                                                    |                                |
| "Janub"   | DCH   | 186 35        | 27,2               | 27,8  | 27,5                  |      | 186 35 30,3                                                             | 186 34 47,2                    |
|           | DO'   | 6 35          | 32,7               | 33,5  | 33,1                  | -5,6 | -0,3                                                                    |                                |
| "Amur"    | DCH   | 0 00          | 41,1               | 41,8  | 41,4                  |      | 0 00 43,2                                                               |                                |
|           | DO'   | 180 00        | 44,8               | 45,3  | 45,0                  | -3,6 | -0,4                                                                    |                                |

Ufq yopilmasligi:  $\Delta_{\mathcal{D}\mathcal{U}} = +1,1''$ ;  $\Delta_{\mathcal{D}\mathcal{V}} = -0,2''$ .

$$\Delta_{yp} = \frac{1,1'' - 0,2''}{2} = +0,4''; \sigma = -\frac{0,4''}{4} = -0,1''.$$

$$2c = 3,8''.$$

Jurnalni ishlab chiqishda 4 va 5 ustunlari bo'yicha mikrometr sanoqlari o'rtachasi topilib 6 ustunga yoziladi. Keyingi, 7 ustunda har bir yo'nalish  $\mathcal{D}\mathcal{U}$  va  $\mathcal{D}\mathcal{O}'$  sanoqlarining o'rtachasi bo'yicha 2s qiymati  $2c = \mathcal{D}\mathcal{U} - \mathcal{D}\mathcal{V}$  hisoblanib yoziladi.

Har bir yo'nalishga  $\mathcal{D}\mathcal{U}$  va  $\mathcal{D}\mathcal{V}$  sanoqlarning o'rtachasi  $(\mathcal{D}\mathcal{U} - \mathcal{D}\mathcal{V})/2$  olinib 8 ustunga yoziladi, bunda gradus qiymatlari faqat  $\mathcal{D}\mathcal{U}$  bo'yicha olinadi.

Quyidagi formula  $\sigma_k = (-\Delta_{yp}/n)(k-1)$  bo'yicha har bir yo'nalishiga tuzatma topiladi; bunda  $\sigma_k$  - yo'nalish uchun tuzatma;  $n$  - kuzatilgan yo'nalishlar soni;  $k$  - kuzatilgan yo'nalishning tartib raqami.

Jurnalda yozilgan raqamlarni o'chirib qayta yozish, ustidan yozib tuzatishga yo'l qo'yilmaydi.

Birinchi yarim priyom oxirida ufq yopilmasligi va 2s qiymati to'la priyom o'rtasida ularning yo'l qo'yarli chekidan oshib ketsa kuzatish to'xtatiladi va priyom qayta bajariladi.

### **Stansiyada o'lchangan natijalarni tenglash va aniqligini baholash**

Har bir priyomda avval ikki yarim priyomlarda o'lchangan yo'nalishlar qiymatlari o'rtachasi topiladi; keyin "ufq yopilmagani" xatosi teskari ishorasi bilan hamma yo'nalishlarga, ularni nomeriga proporsional ravishda taqsimlanadi, keyin esa hamma yo'nalishlar boshlang'ichga uni  $0^{\circ}00'00,00''$  ga teng deb qabul qilib keltiriladi. Stansiyada tenglangan yo'nalishlar, aniqrog'i burchaklar  $[j.l]$  (boshlang'ich yo'nalishdan hisoblanadigan)  $m$  priyomlardagi o'lchashlar o'rtachasi sifatida topiladi

$$[1.j] = \frac{1}{m} \sum 1.j. \quad (3.17)$$

Boshqa har qanday juft yo'nalishlar  $j$  va  $l$  tashkil qilgan tenglangan burchak  $[j.l]$  boshlang'ich yo'nalishdan hisoblanadigan tenglangan yo'nalishlar, aniqrog'i burchaklar, farqi sifatida topiladi:

$$[j.l] = [1.l] - [1.j]. \quad (3.18)$$

Tenglangan yo'nalish vazni  $P$  formulaga asosan  $P_i = m$ ,  $k_i = n$  va  $t = 1$  bo'lganda qo'yidagiga teng

$$P = nt \frac{P_i}{k_i} = m, \quad (3.19)$$

ya'ni yo'nalishlarni doiraviy priyomlarda o'lchashda tenglangan yo'nalish vaznini o'lchash priyomlari soniga teng deb qabul qilinadi.

Bunda vazn birliigi o'rta kvadratik xotasi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$\mu = \sqrt{\frac{n \sum [\vartheta_{1,j}^2] - \sum [\vartheta_{1,j}]^2}{n(n-1)(m-1)}}, \quad (3.20)$$

bu yerda

$$V_{1,j} = 1.j - [1.j]$$

-  $m$  qabulda o'lchangan yo'nalishlarni ularning o'rtacha qiymatidan farqi:  $n$  - yo'nalishlar soni.

Amalda (3.20) aniq formula o'rniga ko'pincha Peters taqribiy formulasi qo'llanadi

$$\mu = \frac{1,25}{\sqrt{m(m-1)}} \frac{\sum |\vartheta_{1,j}|}{n} = k \frac{\sum |\vartheta_{1,j}|}{n}, \quad (3.21)$$

bu yerda  $\sum |\vartheta_{1,j}|$  - priyomlarda o'lchangan yo'nalishlar qiymatlarini, ularning o'rtachasidan farqining absolyut qiymatlari yig'indisi;  $m$  - priyomlar soni;  $n$  - yo'nalishlar soni. Har xil priyomlar soni uchun (3.21) formuladagi  $k$  qiymatlari quyidagilarga teng:

|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| $m$ | 6    | 9    | 12   | 15   |
| $k$ | 0,23 | 0,15 | 0,11 | 0,08 |

Tenglangan yoʻnalishlarning oʻrta kvadratik xatosi quyidagiga teng,

$$M_H = \frac{\mu}{\sqrt{m}} \quad (3.22)$$

bu erda  $m$  - oʻlchash priyomlari soni; tenglangan burchak oʻrta kvadratik xatosi quyidagiga teng  $M_y = M_H \sqrt{2}$ .

Quyidagi formula boʻyicha  $q$  nomerli yoʻnalish tenglangan qiymatining oʻrta kvadratik xotasi hisoblanadi.

$$M_q = \sqrt{\frac{(n-2)[\mathcal{Q}_{q,l}^2] - [\mathcal{Q}_{i,k}^2]}{m(m-1)(n-1)(n-2)}}, \quad (3.23)$$

bu yerda  $m$ -qabullar soni;  $n$ -yoʻnalishlar soni  $\mathcal{Q}_{q,l} = q.l - [q.l]$ ;  $\mathcal{Q}_{i,k} = i.k - [i.k]$ .

Oʻrta kvadratik xatosini topish kerak boʻlgan yoʻnalish nomeri  $q$  boʻlsin. Stansiyadagi barcha burchaklar  $j.l$  ni ikki guruhga boʻlamiz: bitta guruhga  $q$  - yoʻnalish qatnashib tashkil qilgan burchaklar kirsin, ularni  $q.l$  bilan belgilaymiz; ikkinchi guruhga  $q$  yoʻnalish kirmagan, qolgan hamma burchaklar, ularni  $i.k$  orqali belgilaymiz. Shu belgilarni qabul qilib yuqoridagi (3.23) formula boʻyicha hohlagan tenglangan yoʻnalishni oʻrta kvadratik xatosi topiladi.

### ***Stansiyada burchak oʻlchashni matematik ishlash***

Qabullarda oʻlchangan natijalar jadvali tuziladi (3.3.2 jadval); keyin boshlangʻich yoʻnalishga keltirilgan har bir yoʻnalish, yaʼni  $1, j$  burchaklar uchun oʻrtacha chiqariladi va u tenglangan burchak  $[1, j]$  deb qabul qilinadi. Keyin aniqligini baholashga oʻtiladi. Burchaklar  $1, j$  uchun qabullardagi oʻrtachadan ogʻishi  $\mathcal{Q}_{1,j} = 1.j - [1, j]$  hisoblanadi; boshqa hamma burchaklar  $j.l = 1.l - 1.j$  uchun esa  $\mathcal{Q}_{j,l} = v_{1,l} - v_{1,j}$  formula boʻyicha ogʻish  $\mathcal{Q}_{j,l}$ , hamda aniqlikni yuqorida keltirilgan formulalar bilan baholash uchun boshqa qiymatlar hisoblanadi.

Yakuniy vazn birligining oʻrta kvadratik xotasi topiladi, u olingan misolda quyidagiga teng:

$$\mu = \sqrt{\frac{n \sum [\mathcal{Q}_{1,j}^2] - \sum [\mathcal{Q}_{1,j}]^2}{n(n-1)(m-1)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 78,50 - 146,50}{4 \cdot 3 \cdot 11}} = 1,13'',$$

hamda punkt uchun tenglangan yoʻnalish oʻrta kvadratik xatosini punkt uchun oʻrtachasi topiladi

$$M_H = \frac{\mu}{\sqrt{m}} = \frac{1,13}{\sqrt{12}} = 0,33''.$$

Yuqoridagi qiymatlar quyida keltirilgan 3.2 jadvaldan topilgan.

### 3.2 jadval

| Qabul<br>nomeri     | 1.2                                                |                    | 1.3               |                    | 1.4               |                    | $\vartheta_{2,3}$  | $\vartheta_{2,4}$  | $\vartheta_{3,4}$  | $[v_{1,j}]$ |
|---------------------|----------------------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------|
|                     | 63°15′                                             | $\vartheta_{1,2}$  | 109°47′           | $\vartheta_{1,3}$  | 186°34′           | $\vartheta_{1,4}$  |                    |                    |                    |             |
| 1                   | 44,0″                                              | -1,32″             | 24,1″             | -0,12″             | 47,2″             | -1,86″             | +1,20″             | -0,54″             | -1,74″             | -3,30″      |
| 2                   | 45,8                                               | +0,48              | 26,7              | +2,48              | 51,5              | +2,44              | +2,00              | +1,96              | -0,04              | +5,40       |
| 3                   | 44,3                                               | -1,02              | 22,4              | -1,82              | 50,1              | +1,04              | -0,80              | +2,06              | +2,86              | -1,80       |
| 4                   | 43,0                                               | -2,32              | 24,8              | +0,58              | 45,9              | -3,16              | +2,90              | -0,84              | -3,74              | -4,90       |
| 5                   | 46,7                                               | +1,38              | 27,3              | +3,08              | 50,8              | +1,74              | +1,70              | +0,36              | -1,34              | +6,20       |
| 6                   | 44,0                                               | -1,32              | 22,5              | -1,72              | 48,2              | -0,86              | -0,40              | +0,46              | +0,86              | -3,90       |
| 7                   | 44,6                                               | -0,72              | 23,9              | -0,32              | 49,4              | +0,34              | +0,40              | +1,06              | +0,66              | -0,70       |
| 8                   | 46,0                                               | +0,68              | 23,0              | -1,22              | 48,2              | -0,86              | -1,90              | -1,54              | +0,36              | -1,40       |
| 9                   | 46,4                                               | +1,08              | 23,3              | -0,92              | 49,7              | +0,64              | -2,00              | -0,44              | +1,56              | +0,80       |
| 10                  | 47,8                                               | +2,48              | 25,4              | +1,18              | 49,9              | +0,84              | -1,30              | -1,64              | -0,34              | +4,50       |
| 11                  | 44,9                                               | -0,42              | 24,0              | -0,22              | 50,2              | +1,14              | +0,2               | +1,56              | +1,36              | +0,50       |
| 12                  | 46,4                                               | +1,08              | 23,2              | -1,02              | 47,6              | -1,46              | -2,10              | -2,54              | -0,44              | -1,40       |
| Oʻrtacha<br>nazorat | 45,32<br>$\sum \vartheta$<br>$[\vartheta_{1,j}^2]$ | +0,06<br><br>21,68 | 24,22<br><br><br> | -0,04<br><br>27,18 | 49,06<br><br><br> | -0,02<br><br>29,65 | -0,10<br><br>31,45 | -0,08<br><br>24,69 | +0,02<br><br>32,89 |             |

$$\sum |\vartheta_{1,j}| = 45,36; \quad \sum [\vartheta_{1,j}] = 78,50; \quad \sum [\vartheta_{1,j}]^2 = 146,50.$$

Yuqoridagi jadvalda 2 klass triangulyasiya punktida oʻlchangan yoʻnalishlarni tenglash berilgan; bunda boshlangʻich yoʻnalish 0°00′00″ ga teng; misoldan olingan.

Navbatda tenglangan yoʻnalishlar jadvali tuziladi va (3.23) formula boʻyicha ular har birining oʻrta kvadratik xatosi  $M_q$  topiladi (3.3 jadval).

Hisoblangan  $M_q$  va  $M_H$  xatolar qiymatlarini toʻgʻriligi tekshiriladi, bunda quyidagi tenglikdan foydalanadi

$$\sum_{q=1}^n M_q = n M_H^2. \quad (3.24)$$

Doiraviy priyomlar usuli quyidagi muhim afzalliklarga ega:

- burchaklarni oʻlchashni juda sodda dasturi bir xil vazndagi tenglangan yoʻnalishlarni olish imkonini beradi;

- har bir yoʻnalishni koʻp sonli priyomlarda bevosita oʻlash imkoni (2 klass triangulyasiya punktida  $m=12-15$ ). Buning natijasida oʻlchashlarda ishonchli natijalar olinadi va oʻlchangan yoʻnalishlardagi yoʻl qoʻyilgan xatolar oson topilib bir vaqtda tuzatib boriladi;

- limb diametri sistematik xatosini priyomlardagi oʻlchash natijalari oʻrtachasiga taʼsiri sezilarli kamayadi.

### 3.3 jadval

| Yo'nalish<br>$q$ | Tenglangan<br>yo'nalish | $[v_{q.l}^2]$ | $[v_{i.k}^2]$ | $M_q$ |
|------------------|-------------------------|---------------|---------------|-------|
| 1                | 0°00'00"                | 78,51         | 89,03         | 0,29" |
| 2                | 63 15 45,32             | 77,82         | 89,72         | 0,29" |
| 3                | 109 47 24,22            | 91,92         | 76,02         | 0,37" |
| 4                | 186 34 49,06            | 87,23         | 80,31         | 0,34" |

$$\sum M_q^2 = 0,42.$$

#### Usulni kamchiliklariga quyidagilar kiradi:

- punktda o'lchanadigan yo'nalishlar soni ko'p bo'lsa bitta priyomni bajarishga nisbatan ko'p vaqt talab qilinadi. Kuzatish qancha uzoq davom etsa shunchalik xatoliklar ta'siri oshadi;
- bir vaqtni o'zida hamma kuzatiladigan yo'nalishlar bo'yicha ko'rinish yaxshi bo'lishi kerak, bu esa har doim bo'lavermaydi. Kuzatish davrida ko'rinishi yaxshi bo'lmagan yo'nalishlar qoldiriladi, keyin ularni bitta yoki ikkita qo'shni va boshlang'ich yo'nalishlar bilan o'lchanadi, bu esa kuzatish dasturini buzishga va tenglangan yo'nalishlarni tengmas aniqlikka olib keladi.

Punktdagi boshlang'ich yo'nalish, boshqalariga qaraganda bir muncha aniqroq qiymatga ega bo'ladi.

#### Nazorat savollari.

1. Doiraviy priyomlar usuli kim tamonidan nechanchi yil fanga kiritilgan?
2. Doiraviy qabul usulini tushintirib bering?
3. Doiraviy priyomlar usuliga ta'rif bering?
4. Doiraviy qabullar usulida o'lchashda qanday talablarga rioya qilinadi?
5. Doiraviy priyomlar usuli qanday muhim afzalliklarga ega?
6. Usulni kamchiliklarini ayting?

### 3.6 Barcha kombinatsiyalarda burchak o'lchash usuli

Bu usulni mohiyati punktda burchaklarni barcha yo'nalishlardan tuziladigan turli juftlangan barcha kombinatsiyalarda o'lchashdan iborat.

Punktda yo'nalishlar soni  $n$  ta bo'lganda quyidagi burchaklar o'lchanadi:

$$\left. \begin{array}{l} 1.2 \ 1.3 \ 1.4 \ \dots \ 1.n, \\ 2.3 \ 2.4 \ \dots \ 2.n, \\ 3.4 \ \dots \ 3.n, \\ \dots \ \dots \ \dots, \\ n-1.n. \end{array} \right\} \quad (3.25)$$

Bunday burchaklarni soni 2 tadan  $n$  juftlikka teng, ya'ni

$$r = C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2}. \quad (3.26)$$

Masalan, 5 ta yo'nalishli punktda 10ta burchak o'lchanadi, Stansiyada tenglangan yo'nalishlarning vazni (3.5) formulaga asosan quyidagiga teng

$$P = mn, \quad (3.27)$$

bu yerda  $m$ -har bir burchakni o'lchash priyomlari soni,  $n$  - punktdagi yo'nalishlar soni; tenglangan burchakning vazni tenglangan yo'nalish vaznining yarimiga teng, ya'ni

$$P_{\text{тенгл}} = mn/2. \quad (3.28)$$

Bir xil klassdagi punktlarda tenglangan yo'nalishlar vazni, ularni soni turli bo'lishiga qaramay, bir xil bo'lishi uchun Shreyber birinchi qilib  $mn$  ko'paytmasi hamma punktlarda doimiy qiymatga teng bo'lishi talabini qo'ydi, ya'ni

$$P = mn = \text{const}.$$

Ushbu usul 1 va 2 klass triangulyasiyasi va poligonometriyasida qo'llanadi. Tenglangan yo'nalishlar vazni  $P = mn$  quyidagilarga teng qabul qilinadi:

triangulyasiya:

1 klass . . . . . 35 - 36;

2 klass . . . . . 21 - 25;

poligonometriya:

1 klass . . . . . 48;

2 klass . . . . . 36.

Burchaklarni bir-biriga bog'liq bo'lmagan tartibda o'lchashni va limb diametrlari xatosi ta'sirini kamaytirishni ta'minlash maqsadida Shreyber ikkinchi talabni shakllantirdi: har bir yo'nalishni limbning bitta holatida bir marotaba, imkon boricha o'lchash kerak.

Bu talab limb o'rnini o'zgartirishni kerakli sistemasini qo'lashda bajarilishi mumkin. Limbning ixtiyoriy holatida bir-biriga bog'liq bo'lmagan diametrlarida  $n$  ta juft burchaklar  $n/2$ ,  $n$  ta toq burchaklar esa  $(n-1)/2$  marta o'lchanishi mumkin.

Jami bo'lib punktda  $r = n(n-1)/2$  ta burchaklar o'lchanadi. Bunday burchaklar har bir guruhida bir-biriga bog'liq bo'lmagan o'lchashlarni ta'minlash uchun, bir guruhdan ikkinchisiga o'tishda limbni burchaklar soni  $n$  juft bo'lsa

$$\frac{n(n-1)}{2} : \frac{n}{2} = n-1, \quad (3.29)$$

$n$  toq bo'lsa

$$\frac{n(n-1)}{2} : \frac{n-1}{2} = n \quad (3.29)$$

marta o'zgartirib olish kerak bo'ladi.

Har bir burchak  $m$  ta qabulda o'lchanishi va qabullar orasida limbni  $\delta = (180/m) + i$  burchakka o'zgartirib olish kerakligi uchun bir-biriga yondosh

bo'lmagan burchaklar bir guruhini o'lchashdash boshqa guruhga o'tishda limbni o'zgartish burchagi  $\sigma$  quyidagicha hisoblanadi:

burchaklar soni  $n$  juft bo'lsa

$$\sigma = \frac{\delta}{n-1} + i, \quad (3.30)$$

burchaklar soni  $n$  toq bo'lsa

$$\sigma = \frac{\delta}{n} + i.$$

Bu formulalarda limb kichik bo'lagining qiymati  $i$  limb diametri qisqa davriy xatolari ta'sirini kamaytirish maqsadida olinadi.

Limbni o'rnatish jadvalini, masalan,  $n=4$ ,  $mn=24$ ,  $i=10'$  bo'lganda hisoblashni ko'rib chiqamiz, 3.4 jadval. Bosh yo'nalishdan o'lchanmaydigan burchaklar  $j.l$  uchun limbni jadval bo'yicha o'rnatish qiymati o'rniga ishchi deb ataladigan qiymatga o'tish kerak bo'ladi. Buning uchun jadval bo'yicha limbni har bir o'rnatish qiymatiga boshlang'ich yo'nalish bilan o'lchanadigan  $j.l$  burchakni chap yo'nalishi orasidagi  $1'$  aniqlikda o'lchangan burchak  $1. j$  burchak qo'shiladi. Topilgan qiymatlar limb bo'lagi  $i$  qoldiqsiz bo'ladigan songacha yaxlitlanadi.

Hisoblash natijasi quyidagi 3.4 jadvalda berilgan.

**3.4 jadval**

| <b>Burchak</b> | <b>Qabullar</b> |           |            |           |          |           |
|----------------|-----------------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|
|                | <b>I</b>        | <b>II</b> | <b>III</b> | <b>IV</b> | <b>V</b> | <b>VI</b> |
| 1.2            | 0°00'           | 30°10'    | 60°20'     | 90°30'    | 120°40'  | 150°50'   |
| 1.3            | 10 10           | 40 20     | 70 30      | 100 40    | 130 50   | 161 00    |
| 1.4            | 20 20           | 50 30     | 80 40      | 110 50    | 141 00   | 170 10    |
| 2.3            | 20 20           | 50 30     | 80 40      | 110 50    | 141 00   | 170 10    |
| 2.4            | 10 10           | 40 20     | 70 30      | 100 40    | 130 50   | 161 00    |
| 3.4            | 0 00            | 30 10     | 60 20      | 90 30     | 120 40   | 150 50    |

**Alohida burchakni o'lchash uslubi.** Har bir burchak limbning bitta o'rnatilishida ikki yarim priyomlarda o'lchanadi. Birinchi yarim priyomda aniqlanayotgan burchak o'lchanadi, ikkinchi yarim priyomda esa shu burchakni 360°ga to'ldiruvchisi. Har ikkala yarim priyomlarda alidada bir xil yo'nalish bo'yicha aylantiriladi. Priyomdan priyomga o'tishda esa alidada oldingisiga nisbatan teskari yo'nalishda aylantiriladi. O'lchanadigan bitta punktdagi hamma burchaklar turli sharoitlarda, ya'ni kech (ertalab) ki vaqt davomida hamma burchaklar ushbu punktda avval bitta priyomda, keyin shu burchaklar ikkinchi priyomda, uchinchi priyomda va h.k. o'lchab chiqilishi kerak.

Ushbu usulda yuqoridagi 3.1 shakl ko'rsatilgan burchaklar quyidagicha o'lchanadi. Qarash trubasining bissektori chap yo'nalishning vizirlash nishoniga qaratiladi. Optik mikrometr va limbdagi dastur bo'yicha hisoblangan sanoq qo'yiladi (2-3'aniqlikda). Alidada bo'shatiladi va u soat yo'liga qarshi yo'nalishda 30-40°ga aylantiriladi. Teskari yo'nalishda (soat yo'li bo'yicha) alidada aylantirilib

truba o'lchanadigan burchakning chap yo'nalishiga (3.1-shaklda 1-punkt) qo'lda qaratiladi va alidada mahkamlanadi. Alidadaning yo'llovchi vinti bilan vizirlash nishoni truba bissektoriga kiritiladi. Okulyar mikrometrning bissektori uch marotaba vizirlash nishoniga qaratiladi (*T05*, *T1* teodolitlarda) va har cafar okulyar mikrometri shkalasidan sanoq olinadi. Limbning qarama-qarshi shtrixlari ikki marotaba tutashtirilib (OT-02M va T2 teodolitlarda) har birida optik mikrometrdan sanoq olinadi (birinchi tutashtirishda limbdan ham sanoq olinadi). Alidada bo'shatilib u soat yo'li bo'yicha qo'l bilan aylantirilib truba o'lchanayotgan burchakning o'ng yo'nalishiga qaratiladi va alidada mahkamlanadi. Alidada yo'llovchi vinti bilan vizirlash nishoni trubaning bissektoriga kiritiladi va okulyar mikrometri, limbdan sanoqlar olinadi (OT-02M va T2 da optik mikrometrdan sanoq olinadi). Shu bilan birinchi yarim priyom tugaydi.

Truba zenit orqali aylantirilib (ikkinchi yarim priyom) alidada  $180^\circ$ ga o'zgartiriladi. Bissektor o'ng yo'nalishni vizirlash nishoniga qaratiladi, birinchi yarim priyomdagi amallar va sanoq olishlar takrorlanadi. Alidada bo'shatilib soat yo'li bo'yicha o'lchanayotgan burchakni  $360^\circ$ ga to'ldiradigan burchak qiymatiga aylantiriladi va oldingi yo'nalish bo'yicha bajarilgan amallar va sanoqlar takrorlanadi va shu bilan ushbu burchakni bitta priyomda o'lchash yakunlanadi.

Limb qarama-qarshi shtrixlarini tutashtirishda optik mikrometr bo'yicha olingan sanoqlar farqi OT-02M teodoliti uchun 2,5" va T2 uchun 4"dan oshmasligi kerak.

Okulyar mikrometri barabani bo'yicha olingan sanoqlarni o'zgarishi uni bitta bo'lagidan (1") oshmasligi kerak.

Punktdagi o'lchash dasturining yarimini alidadani soat yo'li bo'yicha aylantirib, ikkinchi qismini soat yo'liga teskari aylantirib bajariladi. Buning uchun priyomdan priyomga o'tishda alidadani aylantirish yo'nalishini o'zgartirish tavsiya etiladi. Bitta burchakni ketma-ket bir nechta priyomda o'lchashga yo'l qo'yilmaydi.

Quyidagi 3.5 jadvalda burchaklarni barcha kombinatsiyalarda o'lchash jurnalining shakli keltirilgan.

### Barcha kombinatsiyalarda burchak o'lchash jurnali

Teodolit T1  
Sana 09.05.16 y.  
 $T=+26^{\circ}$   
Vaqt 17<sup>00</sup>-17<sup>10</sup>

Ob-havo: ochiq  
Shamol: Jshq, sekin  
Ko'rinish: yaxshi  
Tasvir: aniq

#### 3.5 jadval

| Burchak, priyom | Doira | Yo'nalish nomeri, vizir noshoni | Sanoqlar        |                  | Yarim priyomlardagi qiymatlar |              | Burchakning o'rtacha qiymati |
|-----------------|-------|---------------------------------|-----------------|------------------|-------------------------------|--------------|------------------------------|
|                 |       |                                 | Limb shtrixlari | Shkala           | Yo'nalishlar                  | Burchaklar   |                              |
| 1-3<br>III      | DCH   | 1 v.n.                          | 53°15'          | 1'19,4"<br>19,8" | 16'19,6"                      |              | 151°11'04,4"                 |
|                 |       | 3 v.n.                          | 204°25'         | 2'24,6"<br>25,0" | 27'24,8"                      | 151°11'05,2" |                              |
|                 | DO'   | 3 v.n.                          | 24°25'          | 2'24,2"<br>23,8" | 27'24,0"                      |              |                              |
|                 |       | 1 v.n.                          | 233°15'         | 1'20,2"<br>20,8" | 16'20,5"                      | 151°11'03,5" |                              |

$$DCH - DO' = +1,7''$$

O'lchangan hamma burchaklar teng vaznlarga ega bo'ladi. Lekin har bir burchak, bevosita o'lchangan qiymatidan tashqari boshqa o'lchangan burchaklarning ayirmasi yoki yig'indisidan topilishi mumkin. Masalan, burchak

$$(1.2) = (1.3) - (2.3) = (1.4 - 2.4), \quad 3.1 \text{ (rasm),}$$

$$\text{burchak } (1.3) = (1.2) + (2.3) = (1.4 - 3.4) \text{ va hakoza.}$$

Punktida  $n$  ta yo'nalish bo'lsa ikkita burchaklar ayirmasi yoki yig'indisiday bevosita o'lchangan burchak qiymatlarini  $n-2$  tasini hosil qilinishi mumkin. Burchakni bevosita o'lchangan qiymati, uni boshqa qiymatlariga qaraganda aniqroq bo'ladi; bundan tashqari hamma qiymatlari o'zaro teng bo'lmaydi. Shu sababli o'lchashlar yakunlangandan keyin burchaklarni tenglash kerak bo'ladi, ya'ni har bir burchak uchun bitta yakuniy qiymat topilishi kerak bo'ladi.

**Burchaklarni stansiyada tenglash va aniqligini baholash.** Dastlab  $m$  priyomlardan har bir burchakning o'rtacha qiymati topiladi

$$j.l = \frac{1}{m} \sum (j.l)_i, \quad (3.31)$$

bunda priyomlarda topilgan qiymatlarning farqi belgilangan cheklardan oshmagan bo'lishi kerak.

Priyomlardagi burchaklar qiymatlari o'rtachasidan foydalanib stansiyadagi tenglangan burchaklar topiladi

$$\left. \begin{aligned} [1.2] &= \frac{2 \cdot 1.2 + (1.3 - 2.3) + \dots + (1.n - 2.n)}{n}, \\ [1.3] &= \frac{2 \cdot 1.3 + (1.2 + 2.3) + \dots + (1.n - 3.n)}{n}, \\ &\dots \dots \dots \\ [1.n] &= \frac{2 \cdot 1.n + (1.2 - 2.n) + \dots + (1.n - 1 + n - 1.n)}{n}, \end{aligned} \right\} \quad (3.32)$$

bu yerda  $n$  - punktdagi yo'nalishlar soni.

Yuqoridagi (3.32) formulalardan ko'rinishicha har qanday tenglangan burchak  $[j.l]$  vaznli o'rtacha sifatida topiladi: bevosita o'lchangan burchakka 2 ga teng vazn, tegishli qo'sh burchaklar kombinatsiyalaridan topilgan qiymatlarga esa vazn 1 ga teng deb olinadi.

Tenglangan yo'nalishlar 1, 2, 3, . . . ,  $n$  tegishli raqamli qiymatlarni oladi:  $0^{\circ}00'00''$ ,  $[1.2]$ ,  $[1.3]$ , . . . ,  $[1.n]$ .

Vazn birligining o'rta kvadratik xatosi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$\mu = \sqrt{\frac{2m \sum \vartheta^2}{(n-1)(n-2)}}, \quad (3.33)$$

bu yerda

$$V = j.l - [j.l]$$

-burchaklarni o'lchangan (priyomlardan o'rtachasi) va tenglangan qiymatlarining farqi,  $m$  - priyomlar soni;  $n$  - yo'nalishlar soni.

Tenglangan yo'nalishlar o'rta kvadratik xatosi quyidagiga teng

$$M_H = \frac{\mu}{\sqrt{mn}} = \sqrt{\frac{2 \sum \vartheta^2}{(n-1)(n-2)}}, \quad (3.34)$$

tenglangan burchaklarning o'rta kvadratik xatosi esa

$$M_m = \frac{\mu}{\sqrt{mn/2}} = \sqrt{\frac{4 \sum \vartheta^2}{n(n-1)(n-2)}}. \quad (3.35)$$

To'rtta yo'nalishli punktda burchak o'lchash natijalarini ishlab chiqishga misol ko'rib chiqamiz. Hisoblashlar quyidagi tartibda olib boriladi:

1. O'lchashlar natijalari yoziladi

| Burchaklar | Priyomlar o'rtachasi    |
|------------|-------------------------|
| 1.2        | $61^{\circ}18'48,57''$  |
| 1.3        | $117^{\circ}27'18,04''$ |
| 1.4        | $175^{\circ}49'02,59''$ |
| 2.3        | $56^{\circ}08'28,36''$  |
| 2.4        | $114^{\circ}30'13,39''$ |
| 3.4        | $58^{\circ}21'45,02''$  |

2. Quyidagi 3.6 jadvalda tenglangan burchaklar hisoblanadi.

**3.6 jadval**

| 1.2                                      | 1.3            | 1.4           | 2.3            | 2.4            | 3.4            |
|------------------------------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 48,57"                                   | 18,04"         | 2,59"         | 28,36"         | 13,39"         | 45,02"         |
| 48,57"                                   | 18,04"         | 2,59"         | 28,36"         | 13,39"         | 45,02"         |
| 49,68"                                   | 16,23"         | 1,96"         | 29,47"         | 14,02"         | 44,55"         |
| 49,20"                                   | 17,57"         | 3,06"         | 28,37"         | 13,38"         | 45,03"         |
| O'rtacha<br>49,00<br>$\vartheta = -0,43$ | 17,64<br>+0,40 | 2,55<br>+0,04 | 28,64<br>-0,28 | 13,54<br>-0,15 | 44,90<br>+0,12 |

$$\sum \vartheta^2 = 0,4618$$

3. Tenglangan yo'nalishlar jadvali tuziladi (3.7 jadval).

**3.7 jadval**

| Yo'nalish<br>N | Tenglangan<br>yo'nalishlar | Yo'nalishlar<br>vazni |
|----------------|----------------------------|-----------------------|
| 1              | 0°0'00"                    | $n = 4$               |
| 2              | 61 18 49,00                | $m = 9$               |
| 3              | 117 27 17,64               | $P = mn = 36$         |
| 4              | 175 49 02,55               |                       |

4. Vazn birligining o'rta kvadratik xatosi hisoblanadi

$$\mu = \sqrt{\frac{2m \sum \vartheta^2}{(n-1)(n-2)}} = \sqrt{\frac{18 \cdot 0,4618}{3 \cdot 2}} = 1,18''.$$

5. Tenglangan burchak o'rta kvadratik xatosi hisoblanadi

$$M_m = \frac{\mu}{\sqrt{mn/2}} = \frac{1,18}{\sqrt{18}} = 0,28''.$$

Barcha kombinatsiyalarda burchak o'lchash usuli quyidagi afzalliklarga ega.

1. Stansiyada o'lchangan burchaklarni tenglash natijasi teng aniq o'lchashlar qatorini tashkil qiladi.

2. Burchaklarni hohlangan ketma-ketlikda o'lchash mumkin, bunda kuzatish uchun qulay ko'rinish sharoitini tanlab va o'lchashlarni yuqori aniqlikda ta'minlash mumkin.

3. Bitta priyomga sarflanadigan vaqtni qisqartish (2-4 daqiqa) asosida har bir burchak geodezik signalni va tashqi muhitni bir xil ustuvor holatida o'lchanishi va aniq natijaga erishishi ta'minlanadi.

4. Limb doirasini ko'p marotaba o'zgartib olish sababli o'lchashlar natijasiga limb diametri xatolarining ta'siri kamaytiriladi.

Usulni kamchiliklari: punktda yo'nalishlar soni  $n$ , oshishi bilan priyomlar soni  $m$  keskin kamayib ketishi (bunda priyomlarda ulchangan burchak o'rtacha qiymatining aniqligi pasayib ketadi; o'lchangan burchaklar sonini ko'payib ketishi sababli o'lchashlar hajmini oshishi va boshqalar.

### Nazorat savollari.

1. Barcha kombinatsiyalarda burchak o'lchash usuli mohiyatini tushintiring?
2. Stansiyada tenglangan yo'nalishlarning vazni qaysi formula orqali topiladi?
3. Barcha kombinatsiyalarda burchak o'lchash usuli afzalliklarini ayting?
4. Alohida burchakni o'lchash uslubini mohiyatini tushintiring?
5. Barcha kombinatsiyalarda burchak o'lchash usuli kamchiliklarini ayting?

### 3.7 To'la bo'lmagan qabul usuli

Ushbu usul Yu.A.Aladjalov usuli deyilib, unda berilgan punktdagi yo'nalishlar har birida uchtdan yo'nalishlar bo'lgan guruhlariga bo'linadi. Guruhlar shunday tanlanadiki bunda o'lchashlar natijalari bo'yicha  $n$  ta juftlangan yo'nalishlarni ikkitasidan hosil bo'ladigan hamma burchaklarni hisoblash mumkin bo'lsin. Har bir guruh mustaqil yo'nalishlar usulida (ufqni yopmasdan) kuzatiladi.

Guruxda uchtdan yo'nalish olib punktdagi hama kuzatishlarni to'la bajarish mumkin, agarda yo'nalishlar soni toq bo'lib, barcha kombinatsiyalarda o'lchash uchun usuli hisoblangan burchaklar soni esa uchga bo'linsa, ya'ni punktda 7, 9 va 13 ta yo'nalishlar bo'lsa.

Masalan, 7 ta yo'nalishi bo'lgan punktda quyidagi guruhlar o'lchanadi: 1.2.3, 2.4.5, 3.4.6, 5.6.1, 6.7.2 va 4.7.1. Agarda punktda 8, 10, 11, 12 ta yo'nalishlar bo'lsa o'lchash dasturiga, uchtdan yo'nalishli guruhlardan tashqari, uchtdan yo'nalishlardan kombinatsiya tuzishda foydalanmagan alohida burchaklar kiritiladi. Alohida burchaklar  $m$  ta qabulda o'lchanadi, bu yerda  $m$  - barcha kombinatsiyalarda o'lchash usulida burchaklarni o'lchash priyomlari soni. Uchtdan yo'nalishli guruhlar  $3/2m$  qabullarda o'lchanadi.

O'lchangan yo'nalishlar mustaqilligini ta'minlash va birdaniga limb diametri xatolarining ta'sirni kamaytirish maqsadida priyomlar orasida limb doirasi quyidagi burchakka o'zgartib boriladi  $\delta = (180^\circ / m) + i$ , bitta guruh yo'nalishlaridan ikkinchisiga o'tishda esa  $\sigma = (\delta / r) + r$  burchakka o'zgartiriladi, bu yerda  $m$  - priyomlar soni,  $r$  - kuzatish dasturidagi yo'nalishlar guruhlarining soni,  $i$  - limbning kichik bo'lagi qiymati. Tenglangan yo'nalishlar vazni quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$P = 2mn / k, \quad (3.36)$$

bu yerda  $m$  - yo'nalishlar va alohida burchaklarni o'lchashda qabullar soni;  $n$  - punktdagi yo'nalishlar soni;  $k$  - guruhdagi yo'nalishlar soni ( $k = 3$ ); burchaklar uchun  $k = 2$ .

**Stansiyada tenglash va aniqlikni baholash.** Dastlab guruhlarda  $m$  ta priyomda o'lchangan yo'nalishlar va alohida burchaklar qiymatlarining o'rtachasi hisoblanadi. Keyin, bu hisoblangan o'rtacha qiymatlardan foydalanib uchta yo'nalishlardan iborat har bir guruhdan uchtdan chiqariladigan hamma burchaklar (3.25) hisoblanadi. Bu burchaklarni bevosita o'lchangan burchaklar deb hisoblab (3.32) formulalar bo'yicha ularni tenglangan qiymatlari burchaklar  $[1. j]$  hisoblanadi.

Tenglangan yo'nalishlarning o'rta kvadratik xatosi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$M = \sqrt{\frac{3 \sum g^2}{n(n-1)(n-3) + rn}}, \quad (3.37)$$

bu yerda  $g = j.l - [j.l]$  - qabullardan o'rtacha qiymatlar bilan burchaklarning tenglangan qiymatlari orasidagi farq;  $n$  - punktdagi yo'nalishlar soni  $r$  - kuzatishlar dasturidagi alohida burchaklar soni.

Ushbu usulni ko'qidagi afzalliklari bor:

- stansiyada o'lgangan burchaklarning tenglangan natijalari teng aniq yo'nalishlar bir qatorini tashkil qiladi;
- punktdagi ishlarning hajmi burchaklarni barcha kombinatsiyalarda o'lchashga karaganda 20-25% gacha kam;
- turli yo'nalishlar bo'yicha ko'rinish sharoiti o'zgaruvchan bo'lganda bu usul ushbu vaqtda ko'rinish yaxshi bo'lgan yo'nalishlarni o'lchash imkoniyatini beradi.

Usulni kamchiliklariga quyidagilar kiradi:

- uchta yo'nalishlardan iborat guruhlarini tashkil qilishni ma'lum tartibi yo'q, bu esa punktda burchaklarni o'lchashda noqulaylik tug'diradi;
- punktda yo'nalishlar soni  $n=8$  bo'lganda kuzatish dasturi katta miqdordagi alohida burchaklarning o'lchashni talab etadi, bu esa kuzatishlar aniqligi oshirish va mehnat sarfini kamaytirishga imkon bermaydi;
- kuzatishlar dasturi bir tamonlama ta'sir etadigan hatoliklar ta'sirini kamaytirishni ko'zda tutmaydi.

### **Nazorat savollari.**

1. To'la bo'lmagan qabul usuli kim tamonidan fanga kiritilgan?
2. Tenglangan yo'nalishlarning o'rta kvadratik xatosi qaysi formula bo'yicha hisoblanadi?
3. To'la bo'lmagan qabul usuli afzalliklarini ayting?
4. To'la bo'lmagan qabul usuli kamchiliklarini ayting?

## **4-BOB. YUQORI ANIQLIKDA GEOMETRIC VA TRIGONOMETRIK NIVELIRLASH**

### **4.1 Давлат нивелирлаш тармоқлари**

Nivelir tarmoqlari davlat va soha (marksheyderlik, qurilish va boshqalar) tarmoqlariga bo'linadi. Davlat nivelirlash tarmog'i deganda davlat butun hududida joylashtirilgan va joyda ishonchli mahkamlangan, balandliklari esa hisoblash boshi (noli) deb qabul qilingan boshlang'ich punktdan bir sistemada aniqlangan geodezik punktlar (reperlar) sistemasi tushiniladi.

Davlat nivelir tarmog'i «umumdan ayrimga» o'tish prinsipida qurilib, to'rtta klassga bo'linadi: I, II, III va IV. I klass nivelirlash tarmog'i davlat hududidagi bosh balandlik asosi bo'lib, eng yuqori aniqlikda, yuqori aniqlikdagi asboblardan bilan va mukammal yuqori aniq nivelirlash usullarida, gravimetrik s'yomkani bajarish bilan bir vaqtda quriladi. II-klass nivelirlash tarmog'i davlat yuqori aniqlikdagi tarmog'ini zichlash uchun quriladi va aniq tarmoqlar qatoriga kiradi. II-klass

nivelirlash tarmog'i asosida avval III va keyin IV-klass nivelirlash tarmog'lari quriladi.

I va II-klass davlat nivelirlash tarmoqlari eng aniq hisoblanib, birinchi navbatda butun davlat hududida balandliklar yagona sistemasini tarqatish maqsadida kerak bo'ladi. Ular ilmiy maqsadlar uchun ham qo'llanadi. Yuqori aniqlikdagi nivelirlash usuli bilan ham etiladigan ilmiy problema va vazifalarga birinchi navbatda quyidagilar kiradi:

- Yerning fizik sirti, shakli va tashqi gravitatsiya maydonini batafsil o'rganish;
- dengiz va okeanlarni o'rta sathiy yuzalarining balandliklari farqlari va qiyaliklarni aniqlash;
- Yer qobig'i yirik bloklarning asriy ko'tarilishi;
- Yer osti massalarini surilishidan sodir bo'ladigan Yerning sathiy yuzalari deformatsiyasini aniqlash;
- Yer sirtining zamonaviy vertikal xarakatini o'rganish, shu jumladan seysmoaktiv hududlarda yirik zilzilar alomatlarini qidirish va kelgusida bashorat qilish;
- yirik shaharlar hududlarini mikroseysmik rayonlash, bosh palnlarini tuzish uchun zarur bo'lgan hamda binolarni ishonchli konstruksiyalarini va qavatlarini tanlash va boshqa maqsadlarda.

Yuqori aniqlikdagi I va II-klass nivelirlash o'rganilayotgan ob'yektlar va tabiat hodisalarini yer sirtining nuqtalari balandliklari farqi ko'rinishida va bu balandliklarni vaqt o'tishi bilan o'zgarib borishi haqida eng aniq miqdoriy ma'lumotlar beradi.

Yerning qobig'i vaqt o'tishi bilan birga asta-sekin ko'tarilish va tushishni kechirib boradi, bunda turli fizik-geografik hududlarda tezligi har hil bo'ladi. Yer qobig'ining vertikal harakati tufayli nivelir reper va markalarini balandliklari o'zgaradi, o'zgarish turli joylarda turli qiymatga ega bo'ladi. Shu sabablarga ko'ra nivelir tarmog'ining aniqligi vaqt o'tishi bilan asta sekin pasayib boradi, ya'ni tarmoq "eskiradi".

Nivelir tarmog'ini aniqligi yo'l qo'yarli darajadan pasayib ketmasligini ta'minlash uchun nivelirlashni davriy, ma'lum vaqt oralig'ida, takrorlab turishi ta'lab etiladi. Davlat nivelir tarmog'ida takroriy I va II-klass nivelirlashni o'rtacha har 25 yilda bajarib turiladi. Seysmoaktiv hududlarda takroriy nivelirlash boshqalarga qaraganda qisqaroq vaqtlarda takrorlab turiladi.

I va II-klass nivelirlash tarmoqlari topografik s'ynomkalarini balandlik asosini qurish uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Bundan tashqari ular joydagi nuqtalar balandligini turli injenerlik maqsadlar uchun aniqlashni ta'minlaydi.

Alohida guruxga yirik shaharlarda, geodinamik poligonlarda va qurilish maydonchalarida quriladigan yuqori aniqlikdagi nivelir tarmoqlari kiritish kerak bo'ladi. Bunday nivelir tarmoqlarini hamma turlari, maxsus maqsadi va barpo etilish tartibi bilan o'zini xususiyatiga ega. Bu nivelir tarmoqlari davlat balandlik tarmoqlariga bog'lanadi.

**Zamonaviy davlat nivelir tarmog'i** Hozirgi kungacha davlat nivelir tarmog'i I, II, III va IV-klass tarmoqlariga bo'linadi. Bosh balandlik asosi bo'lib I va II-klass nivelir tarmog'lari xizmat qiladi. I va II-klass nivelir yo'llari imkoni

boricha temir yo‘llar va avtomobil yo‘llari bo‘ylab o‘tkaziladi. Ular yo‘q joylarda esa daryo va kanallar sohili bo‘ylab, so‘qmoq yo‘llar yoqalab o‘tkaziladi. Hamma hollarda nivelirlash yo‘llari ushbu hududdagi qulay bo‘lgan tuproq sharoitiga ega, kichik nishablikli iloji borichaunchalik baland past bo‘lmagan joydan o‘tishi maqsadga muvofiq.

I-klass nivelir tarmog‘i yopiq poligonlar ko‘rinishida yoki katta uzunlikdagi yakka chiziqlar ko‘rinishida quriladi. II-klass nivelir tarmog‘i I-klass nivelir chiziqlariga tayanadi va yopiq poligonlar shaklida qurilib, ularning perimetri 400 dan 800 km gacha, o‘zlashtirilmagan hududlarda esa 1000 dan 2000 km gacha etadi.

III va IV-klass nivelir tarmoqlari yuqori klass poligonlari ichida alohida yo‘llar hamda tugun nuqtali yo‘llar sistemasi ko‘rinishida o‘tkaziladi. III-klass tarmoqlari poligonlarining perimetri 150 km dan oshmasligi kerak. IV-klass poligonlari perimetri va alohida nivelir yo‘llarining uzunligi 50 km dan oshmasligi kerak. Hamma klassdagi nivelir yo‘llari trassa bo‘yicha 5 km dan katta bo‘dlmagan oraliqda doimiy belgilar reperlar yoki devoriy markalar bilan maxkamlanadi. Noqulay sharoitli bo‘lgan joylarda belgilar orasi 6-7 km gacha etkazilishi mumkin. I va II-klass nivelir yo‘llarida har 50-60 km da fundamental reperlar o‘rnatiladi, ulardan 50-150 m masofada oddiy yo‘ldosh reperlari –o‘rnatiladi. Fundamental reperlar shuningdek I va II-klass yo‘llarini tugun punktlarida, dengiz sathini o‘lchash stansiyalari yonida va daryo (ko‘l) suv o‘lchash postlari oldida olinadi.

I, II va III-klass nivelir tarmoqlarida har bir yo‘l to‘g‘ri va teskari yo‘nalishlarida nivelirlanadi. I va II- klass nivelir yo‘llari yoqalab, tog‘li hududlarda hatto III-klass nivelir yo‘llari yoqalab maxsus dastur asosida o‘lchangan nisbiy balandliklarga tuzatmalar hisoblab, normal balandliklar sistemasiga o‘tish uchun og‘irlik kuchi o‘lchanadi. I, II, III va IV-klass poligonlari va yo‘llari bo‘yicha bog‘lanmasliklar mos ravishda quyidagilardan oshmasligi kerak

$3\sqrt{L}$ mm;  $5\sqrt{L}$  mm;  $10\sqrt{L}$  ; va  $20\sqrt{L}$  mm; bu yerda  $L$  poligon perimetri, yoki nivelir yo‘lining uzunligi, km da vaqt o‘tishi bilan bog‘liq holda I va II klass nivelir tarmog‘ini aniqligiga va punktlari zichligiga talab oshib boradi. Shuning uchun bu tarmoq butun davlat hududida to‘xtovsiz rivojlanib va modernizatsiyalanib boradi. 70- yillar o‘rtasida sobiq Ittifoq (Hozirgi MDH) hududi I, II –klass nivelir tarmoqlari bilan turli zichlikda qoplangan, shundan I –klass nivelir yo‘llarining umumiy uzunligi 70 ming km ni, II –klass –360 ming km ni tashkil qilgan. Bunday o‘ta katta va aniq nivelir tarmog‘ini tenglash uchun, u ikkita bloklarga: «G‘arb» va «Sharq» bloklarga bo‘linib, ularning chegarasi Arxangel’sk-Qozon- Orol dengizi-Aris I –klass yo‘li bo‘yicha o‘tgan edi.

G‘arbiy blok krellata usuli, sharqiy blok esa parametrik usulda tenglanadi. Hisoblashlar quruqlik bilan gidrostatik nivelirlash usulida 5 km nivelir yo‘liga 0,8 mm aniqlikda bog‘langan, Kronshtadt futshtokining nolidan olingan normal balandliklar sistemasida bajarilgan.

Har bir blokda I va II –klass nivelir yo‘llari birgalikda, ularning quyidagi formulalar bo‘yicha hisoblangan vaznlarni hisobga olgan holda tenglangan I –klass yo‘llari uchun

$$P = 1/3L; \quad (4.1)$$

II –klass yo‘llari uchun

$$p = 1/L, \quad (4.2)$$

bu yerda  $L$  – nivelir yo‘lining uzunligi, km da. Tenglashga poligonlardagi bog‘lanmaslik xatosi quyidagi talablarga javob bergan nivelir yo‘llari kiritilgan:

I –klass uchun

$$\omega_{чекли} = 3\sqrt{L}, \text{ мм}; \quad (4.3)$$

«G‘arb» bloki bo‘yicha II –klass uchun

$$\omega_{чекли} = 5\sqrt{L}, \text{ мм}; \quad (4.4)$$

«Sharq» bloki bo‘yicha II –klass uchun

$$\omega_{чекли} = 6\sqrt{L}, \text{ мм}; \quad (4.5)$$

I va II –klass nivelir yo‘llaridan tashkil bo‘lgan (qo‘shma) poligonlar uchun chekli bog‘lanmasliklar quyidagi formulalar bo‘yicha hisoblangan

«G‘arb» bloki uchun

$$\omega_{чекли} = \sqrt{9L_I + 25L_{II}} \quad (4.6)$$

«Sharq» bloki uchun

$$\omega_{чекли} = \sqrt{9L_I + 36L_{II}}. \quad (4.7)$$

Tenglanadigan I va II –klass nivelir tarmog‘i (har ikkala bloklar) turli perimetrdagi 500 tadan ortiqroq poligonlardan iborat edi.

Tenglashlar natijasidan 1 km nivelir yo‘liga quyidagi o‘rta kvadratik xotolar olindi. (4.1-Jadval)

(4.1-Jadval)

| loklar  | I–klass | II–klass |
|---------|---------|----------|
| «G‘arb» | 1,6 mm  | 2,7 mm   |
| «Sharq» | 2,1 mm  | 3,6 mm.  |

Shuningdek Kronshtadt futshtoki noliga nisbatan turli joylardagi reperlarning tenglangan balandliklarini aniqlash o‘rta kvadratik xatolari ham hisoblab topiladi.

1977 yil I va II –klass nivelir tayanch tarmog‘ining blandliklar katalogi tuzildi, katalogdan ko‘rinadiki, kronshtadt futshtokidan eng uzoq joylashgan

punktlarining (reperlarini) balandliklari atigi 15 sm oʻrta kvadratik xatolik bilan aniqlandi, bu esa katta aniqlikni tashkil etadi.

Davlat I va II –klass nivelir yoʻllarini yanada aniq va zich yoʻllar bilan rivojlantirishi istiqboli saqlanib qoladi, chunki nivelir pligonlari perimetrlari katta boʻlgan yerlarda yer qobigʻining hozirgi zamon siljishini aniq oʻrganish masalasi qiyinlashadi.

Yer qobigʻining hozirgi zamon vertikal xarakatini hisobga olib yuqori aniqlikdagi nivelirlash natijalarini maʼlum tartibga keltirish muammosi hozirda xal qilinib qolmoqda.

#### **Nazorat savollari.**

1. Nivelir tarmoqlari qanday sohalarga boʻlinadi?
2. Davlat nivelirlash tarmogʻiga taʼrif bering?
3. Davlat nivelir tarmogʻi necha klassga boʻlinadi?
4. Davlat nivelir tarmogʻida takroriy I va II-klass nivelirlashni oʻrtacha har necha yilda bajarib turiladi?
5. Zamonaviy davlat nivelir tarmogʻlari afzalliklari ayting?
6. MDH hududi I, II –klass nivelir tarmoqlari qanday qoplangan?
7. Nechanchi yil I va II –klass nivelir tayanch tarmogʻining blandliklar katalogi tuzildi?

#### **4.2 Нивелирлаш йўллариини лойиҳалаш, рекогносцировка қилиш ва жойда маҳкамлаш**

##### **I va II klass nivelirlash yoʻllarini loyihalash**

Nivelirlash tarmoqlari boshqa geodezik tarmoqlar kabi ishlab chiqilgan va tasdiklangan texnik loyihaga muvofik barpo etiladi. Texnik loyihada nivelirlash tarmoqlarining chizmasi va barpo etish dasturi ishlab chiqiladi, unda ish bajariladigan hududning fizik-geografik va iqlimiy xususiyati keltiriladi; gruntning muzlash va erish chuqurligi toʻgʻrisida maʼlumotlar keltiriladi; reperlar balandligini hisoblash uchun boshlangich maʼlumotlar, hamda oldin oʻrnatilgan va yangidan loyihalanayotgan reperlarning soni va tiplari toʻgʻrisida maʼlumot, oldin bajarilgan nivelirlash ishlari va ularning usullari hamda loyihalanayotgani bilan aloqasi toʻgʻrisidagi maʼlumot beriladi; loyihalanayotgan I va IIklass nivelirlash yoʻllari boʻylab gravimetrik aniqlashlar toʻgʻrisida maʼlumotlar keltiriladi. I va II klass takroriy nivelirlashda oʻzgarish va qoʻshimchalar kiritishni asoslovchi asoslari keltiriladi, undan tashqari nivelirlash usullari va asboblari, nivelirlash natijalarini matematik kayta ishlash va aniqligini baholash usullari, ishlarni tashkil etish masalasi, texnika xavfsizligi va mehnat muxofazasi boʻyicha tadbirlar va xarajatlar smetasi tuziladi.

Nivelirlash tarmoqining sxemasi 1:100000-1:300000 masshtablardagi kartalarda ishlab chiqiladi. Loyihaning detallari zarur paytda yirikroq masshtabdagi kartalarda aniqlanadi.

Turli klassdagi nivelirlash yoʻllari ketma-ketlikda loyihalanadi: dastlab I klass, II klass keyin III va IV klass.

Texnik loyihani tuzishda har bir yangi loyihalanayotgan nivelirlash yo'li, joyda mavjud nivelirlash yo'li bilan bog'lanishi shart.

Har bir loyihalanayotgan nivelirlash yo'lining boshlanish va oxiri o'zidan yuqori yoki shu klassdagi mavjud nivelirlash yo'llari bilan mustahkam bog'lanishi kerak.

Loyihalanayotgan va mavjud I va II klass nivelirlash yo'llarining o'zaro bog'lanishi mavjud nivelirlash yo'llarining bitta reperini loyihalanayotgan nivelirlash yo'lga kiritish yo'li bilan va ushbu reperga tutashuvchi nivelirlash yo'llarining bir seksiyasini nazorat nivelirlashni bajarish orqali ta'minlanadi.

Loyihalanayotgan nivelirlash yo'lida joylashgan barcha klass aniqlikdagi mavjud reperlari (devoriy markalar) unga kiritiladi. Loyihalanayotgan nivelirlash yo'li yaqinida joylashgan oldingi nivelirlash reperlari, ulardan loyihalanayotgan nivelirlash yo'llarining ikkita reperiga alohida yo'l o'tkazish bilan bog'lanadi.

Nivelirlash yo'llarini tutashib hosil qiluvchi har bir tugun nuqtasini chizmasi alohida yirik masshtabda tuziladi, unda barcha nivelirlash yo'llarining yo'nalishi, bog'lanish tugun nuqtasi loyihalanayotgan nivelirlash yo'lga kiritilishi kerak bo'lgan yoki nazorat nivelirlash yo'lidagi mavjud reperlar ko'rsatiladi.

### **I va II klass nivelirlash yo'llarini rekognossirovka qilish**

Nivelirlash tarmog'i texnik loyihasini joriy etishning birinchi bosqichlaridan biri bu joylarda nivelirlash yo'llarini rekognossirovka qilish hisoblanadi.

Rekognossirovka qilishning vazifasiga quyidagilar kiradi:

- joyda loyihalangan nivelirlash yo'llarini va ular tugun nuqtalarini eng ishonchli variantini tanlash;

- joyda reperlarni o'rnatish joyini aniqlash va belgilash;

- iqlimiy sharoitlarga hamda ish hududini relefi va gruntiga bog'liq holda nivelirlash reperlarining turlarini tanlash;

- nivelirlash tarmog'ini barpo etish bo'yicha ishni tashkil etish va amalga oshirish uchun zaruriy ma'lumotlarni yigish;

- nivelirlash tarmog'i chizmasini va smeta xarajatlarini aniqlash;

Yangi reperlarni o'rnatish o'zni joydagi orientirlar, hamda xarakterli konturlar yaqinida tanlanadi, bu reperlarni keyinchalik topishni osonlashtirdi va aerofoto s'ymkada ularni aniqlash oson bo'ladi.

Asosan fundamental reperlarni o'rnatish uchun joy tanlash murakkablik tug'diradi. Bunda gruntning xarakteri va gidrologiyasi 4-5 metrgacha chuqurlikda hisobga olinadi.

Devoriy reperlar mustahkam toshli, gishtli, betonli va temir beton bino va inshootlar devorlariga o'rnatiladi.

Reperlarni o'rnatish uchun joy tanlash paytida rekognossirovkachi nivelirlash yo'lining afzal va qulay yo'nalishini belgilashni ta'minlaydi, ya'ni imkoni boricha tog' yonbag'irlarini, baland tepaliklarni, yumshoq tuproqli joylarni, botqoqlik va ekinzorlarni aylanib o'tish varianti aniqlanadi.

Rekognossirovka natijasida quyidagilar olinadi:

-1:100000 va 1:300000 masshtabli kartada tuzilgan nivelirlash yoʻnalishi va reperlarning joylashish chizmasi;

-mavjud va loyihalangan nivelirlash yoʻlini aniqlangan tugunlarining bogʻlanish chizmasi;

-suv toʻsiqlari orqali nivelirlash yoʻlining aniqlangan chizmasi;

-reperlarni oʻrnatish joylarning abrisi, yoʻqotilgan yoki topilgan nivelirlash belgilarining aktlari;

-I-klass nivelirlash punktlarida reperlarni oʻrnatish joyining geologik tekshiruvi;

- texnika xavfsizligi va mexnat muxofazasi boʻyicha talablarni hisobga olgan holda nivelirlash ishlarini tashkil etish boʻyicha tavsiyalari bilan tushuntirish matni.

### **Nivelirlash yoʻllarini joyda mahkamlash**

Nivelirlash tarmogʻi punktlari oʻrni joylarda reperlar bilan maxkamlanadi. Joyda nivelirlash tarmogʻi uzoq muddat davomida yuqori aniqlikni saqlanishini taʼminlash uchun har bir alohida oʻrnatilgan reper fiziko-geografik va iqlimiy sharoitlaridan qattiq nazar gruntida mustahkam maxkamlangan bulishi lozim.

Gruntga oʻrnatilgan repera koʻtaruvchi (yuqoriga yoʻnalgan) va qarshilik (pastga yoʻnalgan) kuchlar taʼsir etadi. Reper holatining oʻzgarmasligini taʼminlash maqsadida bu ikki kuch bir-biriga teng bulishi lozim. Bu kuchlarning mikdori kuplab faktorlarga bogʻliq boʻladi. Gruntning turiga, fizik-mexanik xususiyatiga, namligiga, muzlash va erish chuqurligiga qarab.

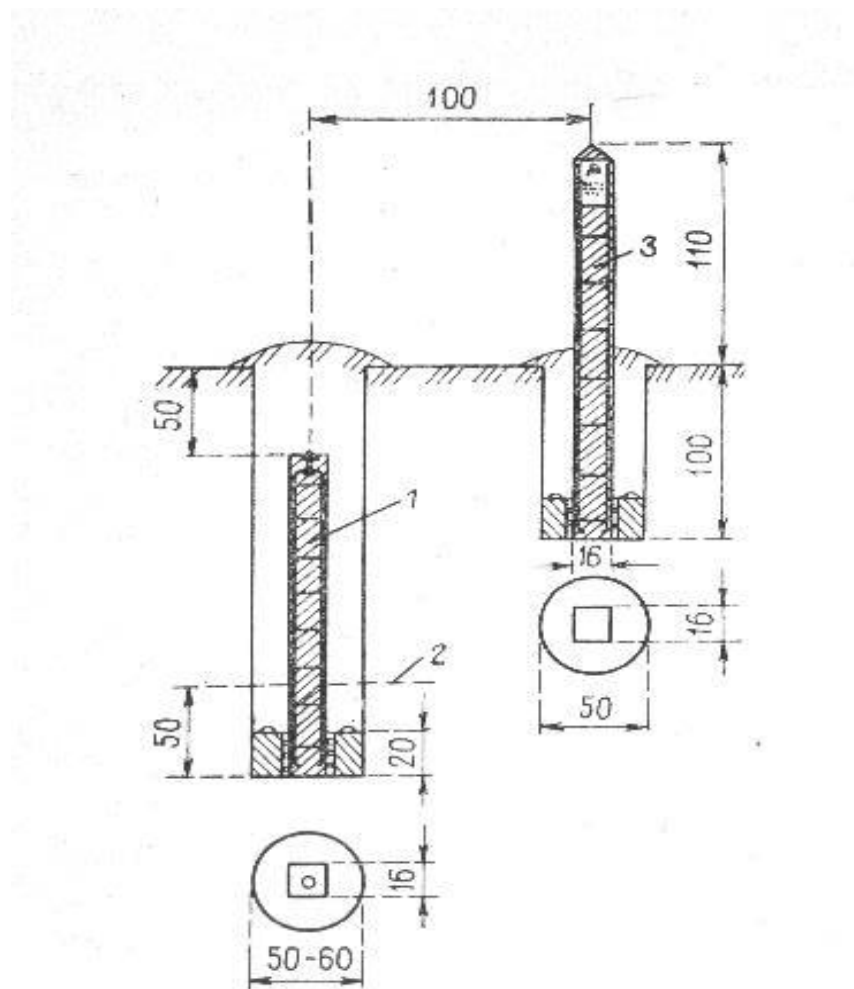
Reperlarning konstruksiyasi ishlab chiqilgan va ularning 11 ta tipi qabul qilingan.

Reperlarning gruntga oʻrnatilish mustahkamligi boʻyicha oddiy va fundamental reperlarga boʻlinadi. Oddiy reperlar nivelirlash yoʻllarida har 5-7 km dan oʻrnatiladi, I va II klass nivelirlash yoʻllarida (qoʻshimcha) har 50-60 km dan fundamental reperlar oʻrnatiladi.

Konstruksiyasi va oʻrnatish joyi boʻyicha nivelirlash reperlari- grunt, qoya va devoriy reperlarga boʻlinadi. Masalan, 5 tipdagi grunt reper (4.1-shakl). Mavsumiy muzlash gruntlarida I-IV klass nivelirlash yoʻllarida va janubiy hududlarda I va II klass nivelirlash yoʻllarida oʻrnatiladi.

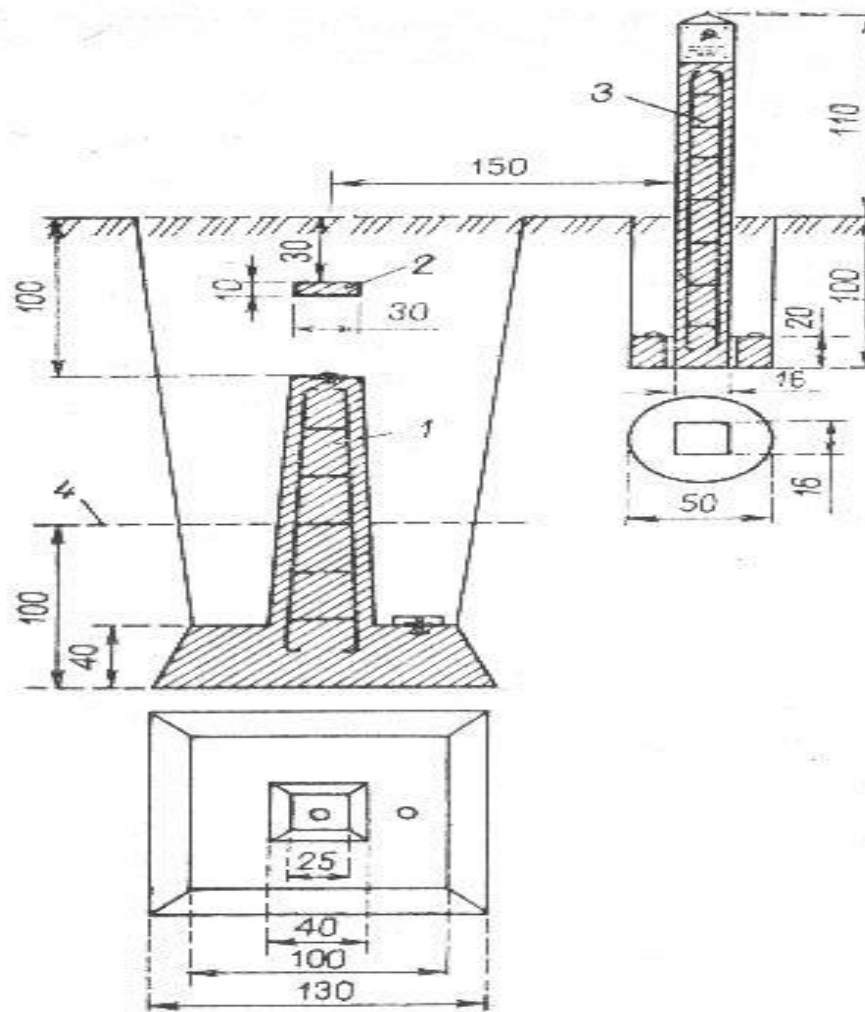
Fundamental reperlar mavsumiy muzlaydigan gruntlar uchun 4.2-shaklda keltirilgan oʻlchamlardagi elementlardan tashkil topadi.

Qabul qilingan II tipdagi nivelir reperlarining tavsifi va chizmalari, ularni tayyorlash, joyda oʻrnatish va rasmiylashtirilishi “Сentry i реперы госудarstvennoy geodezicheskoy seti” yoʻriqnomasida berilgan. “Davlat geodezik tarmoqlar markazlari va reperlari” yoʻriqnomasida beriladi.



**4.1-shakl. Grunt reperi (Tip.5)**

- 1- marka va yaroq qurilmali temi r-beton piloni;
- 2-muzlash (muz erish) chegarasi;
- 3-tanituvchi (topish) belgi



#### 4.2-shakl. Fundamental reper

- 1) To'rtqirrali kesik beton peramida
- 2) Tanitadigan belgi
- 3) Tanituvchi temir beton ustun
- 4) eritishni eng pastki chegarasi

#### Nivelirlash yo'llarini gravimetrik ta'minlash

Nivelirlash tarmoqlarida reperlar balandligi Boltiq dengizi sathiy yuzasiga nisbatan normal balandlik sistemasida hisoblanadi (Kranshtadt Futshtoki nolidan). Bu balandlik sistemasiga o'tish uchun I va II klass nivelirlashda reperlar orasidagi nisbiy balandliklarga (tog'li rayonlarda III klass nivelirlashda) quyidagi formula yordamida hisoblanilgan tuzatma kiritiladi

$$f_{ik} = -\frac{1}{\gamma_m}(\gamma_{ok} - \gamma_{oi})H_m + \frac{1}{\gamma_m}(g - \gamma_m)h_{ik}. \quad (4.8)$$

bu yerda  $\gamma_m$  -normal og'irlik kuchining taqribiy qiymati u 980000 m Gal. ga teng;  
 $\gamma_{oi}$  va  $\gamma_{ok}$  - qabul qilingan ellipsoiddagi  $i$  va  $k$  nuqtalardagi normal og'irlik kuchi;

$N_m$  -  $i$  va  $k$  nuqtalardagi normal balandliklarning o'rtacha qiymati;  
 $g$  -og'irlik kuchining o'lchangan qiymati;  
 $\gamma$ -normal og'irlik kuchining qiymati;  
 $(g-\gamma)_m$  -  $i$  va  $k$  nuqtalardagi anomal og'irlik kuchlarining o'rtachasi;  
 $h_{ik}$  -  $i$  va  $k$  nuqtalari orasidagi o'lchangan nisbiy balandlik.

Yonma-yon joylashgan gravimetrik punktlar orasidagi masofa  $S$ , joyning qiyaligiga bog'liq holda aniqlanadi.

Tog'li hududlarda qo'shimcha gravimetrik aniqlashlar bajariladi: I va II klass nivelirlash yo'llaridagi reperlarda, relefni o'zgarish joylarida va nivelir yo'llarini burilish joylarida. Nishabligi 0,04 dan 0,03 gacha bo'lgan joylarda I va II klass nivelir yo'llarini o'tkazishda  $f$  tuzatma qiymatlari nivelir yo'lini har bir reperida bajariladigan gravimetrik aniqlashlardan yoki gravimetrik s'yomka batafsil kartasidan olinadi.

Gravimetrik aniqlashlar bajariladigan nuqtalar nivelir tarmog'larini loyihalash jarayonida kartada belgilab olinadi.

Normal balandlik sistemasiga o'tish uchun  $f$  tuzatmalar dastlabki hisoblash bosqichida hisoblanadi va ularni hisobga olgan holda nisbiy balandliklar vedomosti tuziladi.

#### **Nazorat savollari.**

1. Nivelirlash tarmoqlari qanday barpo etiladi?
2. I va II klass nivelirlash yo'llarini rekognossirovka qilish vazifalarini ayting?
3. Yangi reperlarni qanday o'rnatiladi?
4. Nivelirlash tarmog'i punktlari o'rni joylarda nima bilan maxkamlanadi?
5. Reperlarning konstruksiyasi ishlab chiqilgan va ularning nechta tipi qabul qilingan?
6. Konstruksiyasi va o'rnatish joyi bo'yicha nivelirlash reperlari qanday reperlarga bo'linadi?
7. Nivelirlash tarmoqlarida reperlar balandligi qaysi dengizi sathiy yuzasiga nisbatan hisoblanadi?
8. Yonma-yon joylashgan gravimetrik punktlar orasidagi masofa ( $S$ ) nimaga bog'liq holda aniqlanadi.

#### **4.3 Yuqori aniqlikda geometrik nivelirlar**

Yuqori aniqlikdagi nivelirlashda nisbiy balandliklar xozirgi vaqtda 1km ikkilangan (to'g'ri va teskari) yo'lda 0,3-0,5mm tasodifiy, 0,03-0,05 mm sistematik o'rta kvadratik xatolar bilan aniqlanishi lozim. Bunday yuqori aniqlikda o'lchashni ta'minlash uchun tegishli aniqlikdagi nivelir va reykalarni qo'llash zarur, hamda kuzatishning va o'lchash natijasini qayta ishlashning eng takomillashgan usullarni, ya'ni barcha turdagi xatoliklar manbalari, shu jumladan shaxsiy, asbob va tashqi muhit, ayniqsa kattaligidan qat'iy nazar sistematik xatolar ta'sirini to'la kamaytirishga olib keluvchi usullarin qo'llash kerak bo'ladi.

Nivelirlash paytida xar bir stansiyada reyka bo'yicha sanoq olishda vizir nuri gorizontal holatda bo'lishi lozim. Vizir nurini gorizontal holatga keltirish

adilak yoki kompensator yordamida (m) oʻrta kvadratik xato bilan amalga oshiriladi. Bu xatoning chekli miqdorini va unga toʻgʻri keluvchi qarash trubasining kattalashtirishi va adilak boʻlagining qiymatini hisoblaymiz. Faraz qilaylik silindrik adilak oʻqi va qarash trubasining vizir oʻqining oʻzaro parallellik sharti bajarilgan va nivelirdan reytagacha boʻlgan masofa 50 metr ga teng.

Aytaylik 1km nivelirlash yoʻlida toʻgʻri va teskari yoʻllaridan oʻrtacha nisbiy balandlikni aniqlashning oʻrnatilgan oʻrta kvadratik xatosi quyidagi minimal qiymatga teng boʻlsin

$$m_{hyp} = 0,25 \text{ mm} / \text{km}. \quad (4.9)$$

Bundan faqat toʻgʻri yoki teskari yoʻldan nisbiy balandligini aniqlash xatosi quyidagidan oshmaydi

$$m_{hyp} = m_{yp} \sqrt{2} = 0,35 \text{ mm/km}. \quad (4.10)$$

Tekis joy sharoitda 1 km uzunlikdagi yoʻlini nivelirlashda nivelir va reyka orasidagi masofa 50 m boʻlganda oʻlchashni 10 ta nivelirlash stansiyalaridan bajarish mumkin. Buni hisobga olgan holda xar bir alohida stansiyada nisbiy balandlikni aniqlashni chekli oʻrta kvadratik xatosi quyidagidan katta boʻlmasligi kerak

$$m_{hst} = \frac{m_{h_{o'p}}}{\sqrt{10}} = \frac{0,35}{\sqrt{10}} = 0,11 \text{ mm}. \quad (4.11)$$

Nuqtalar orasida nisbiy balandlikni stansiyada ikki marotaba (reykaning asosiy va qoʻshimcha shkalasi boʻyicha) « orqaga qarash minus oldinga qarash» qoidasiga binoan aniqlanadi

$$h_{cT} = O_p - O_{\wedge}, \quad (4.12)$$

va bundan soʻng nisbiy balandlikning ikkita qiymatlaridan oʻrtachasi topiladi.

Har bir reykaga qarash xatoligini bir xil va teng m qarash deb qabul qilib stansiyadagi nisbiy balandlikni aniqlash oʻrta kvadratik xatosini qarash xatosi orqali ifodalaymiz

$$m_{hct} = m_{vzch} \sqrt{2}. \quad (4.13)$$

Bu tenglik nisbiy balandlikni faqat reyaning asosiy shkalasi yoki faqat qoʻshimcha shkalasi boʻyicha hisoblansa xam oʻzgarmas boʻlib koladi. Agar  $m_{hct}$  malum boʻlsa reyaning 1 ta shkalasi boʻyicha qarash oʻrta kvadratik xatosini topish mumkin

$$m_{vzch} = \frac{m_{hct}}{\sqrt{2}} = \frac{0,11}{\sqrt{2}} = 0,08 \text{ mm}. \quad (4.14)$$

Qarash xatoligi 3 ta tashkil etuvchidan hosil bo‘ladi. Reyka bo‘yicha sanoq olishdan oldin, adilak pufakchasi qarama-qarshi uchlarining tasviri birlashtiriladi ( $m_{br}$  xatolik bilan), bu elevatsion vint yordamida nivelirning qarash turbasini qiyalash yo‘li bilan bajariladi. So‘ngra mikrometr bissektorini reykaga ( $m_{mo'g}$  xatolik bilan) to‘g‘rlanadi va mikrometr shkalasi bo‘yicha sanoq olinadi ( $m_0$  xatolik bilan). Sanoq olish xatoligi boshqa xatolardan kichik ( $m_0 = 0,1 \mu = 0,005 mm$ , bu erda  $\mu$  - mikrometr shkalasi bo‘lak qiymati), uni hisobga olmaslik mumkin. SHunda qarash xatoligi uchun quyidagini olamiz

$$m_K^2 = m_{br}^2 + m_{to'g'}^2. \quad (4.15)$$

Qarash xatoligi vizir nurini gorizontallash xatosi  $m_r$  dan kichik yoki teng bo‘lishi, yani  $m_K \leq m_G$  shartini qo‘yib teng ta’sir etish prinsipiga binoan quyidagiga ega bo‘lamiz

$$m_{\phi} = m_{\text{TYTP}} = m_r$$

Bu tenglamani hisobga olib

$$m_K = m_G \sqrt{2},$$

bundan topamiz

$$m_G = \frac{m_K}{\sqrt{2}} = \frac{0,08}{\sqrt{2}} = 0,06 mm. \quad (4.16)$$

Olingan xatolikning miqdori  $m_r = 0,06 mm$  nivelir va reyka orasidagi qabul qilingan  $d = 50 m$  masofaga to‘g‘ri keladi. Bu xatolikni burchak o‘lchovida ifodalab, nivelir adilagi yoki kompensatori yordamida amalga oshiriladigan vizir nurini gorizontallashni o‘rta kvadratik xatosi miqdorini topamiz

$$m_g'' = \frac{m_g}{d} \rho = \frac{0,06 \cdot 2 \cdot 10^5}{50000} \leq 0,23''. \quad (4.17)$$

Bu miqdorni boshlangich deb qabul qilib, talab qilingan adilak bo‘lak qiymati va nivelirni qarash turbasining zaruriy kattalashtirish darajasini xisoblaymiz.

Adilak pufakchasini ko‘z bilan ilg‘ab olish mumkin bo‘lgan siljishi  $\tau/10$ ni tashkil etadi, bu yerda  $\tau$ -adilak bo‘lagining qiymati (2 mm ga teng). Yuqori aniqlikdagi nivelirlarda adilak pufakchasining qarama-qarshi uchlarining tasvirini birlashtirishga imkon beruvchi, optik sistemalardan foydalaniladi, bunda adilak pufakchasini nol-punktga keltirish xatoligi 4-5 marotaba kamayadi (o‘rtacha 4,5 marta) va quyidagiga teng bo‘ladi

$$m_{\phi} = \frac{\tau}{10 \cdot 4,5} = \tau / 45 \quad (4.18)$$

bundan olamiz

$$\tau'' = 45m_{\varphi}$$

$m_{\varphi}$  o'rniga vizir nurini gorizontallashtirish o'rnatilgan xatosini  $m_{\Gamma} = m_{\varphi} = 0,23''$  qo'yib, adilak bo'lagining izlanayotgan qiymatini topamiz

$$\tau = 45 \cdot 0,23 = 10''.$$

Nivelir qarash trubasining kerakli kattalashtirishini quyidagi tarzda hisoblaymiz.

Malumki yaxshi ob-xavo sharoitida mikrometr bissektorini reykaning shtrixiga to'g'irlash o'rta kvadratik xatosi nivelirdan reytagacha bo'lgan  $d$  masofaga, ko'zning chekli ajrata olish qobiliyatiga  $P_{\Gamma}$  va nivelir ko'rish trubasining  $\vartheta$  kattalashtirishiga bog'liq. Berilgan  $d$  masofada bu bog'liqlik quyidagi formula bilan hisoblanadi

$$m_{\text{ТИП}} = \frac{P_{\Gamma}}{\vartheta} \quad (4.19)$$

Ko'zning chekli ajrata olish kobiliyati  $P_{\Gamma} = 10''$  ga teng,  $d = 50$  m masofa uchun yuqorida olingan to'g'irlash xatosining qiymati  $m_{\text{ТИП}} = m_{\Gamma} = 0,23''$  uchun reytagacha masofa 50 metrdan oshmasa nivelir qarash trubasining talab etilgan kattalashtirish darjasini hisoblaymiz, u quyidagiga teng

$$\vartheta = \frac{P_{\Gamma}}{m_{\text{ТИП}}} = \frac{10}{0,23} = 43^{\times} \quad (4.20)$$

Yuqorida bajarilgan hisoblar taqribiy hisoblanadi lekin amaliyot bilan yaxshi muvofiqlashadi. Ularning ko'rsatishicha yuqori aniqlikda nivelirlashga mo'ljallangan nivelirlar qarash trubasining kattalashtirish darajasi  $40^{\times}$  kichik bo'lmasligi, adilak bo'lagining qiymati 2 mm ga 10''dan katta bo'lmasligi kerak va vizir nurini gorizontallashtirish 0,2'' o'rta kvadratik xatolikda ta'minlanishi kerak.

Nivelir aniq adilakdan tashqari, xuddi shunday aniqlikda qarash trubasini qiyaligini amalga oshirishga imkon beruvchi, yuqori sifatli elevatsion vintga ega bo'lishi lozim. Reykadan 0,1mm aniqlikda sanoq olish paytida reyka bo'lagining kasr qismini baxolash uchun tegishli aniqlikdagi nivelirning optik mikrometri xizmat qiladi. Shuni inobatga olish kerak-ki, yuqori aniqlikdagi nivelirlash ishlari turli fizik-geografik, hamda

-30dan +50°s gacha xaroratli iqlim sharoitlarda bajariladi. Shuning uchun yuqori aniqlikdagi nivelirlar xaroratning barcha diapazonida, asbob aniqligini sezilarli darajada pasaytirmay ishlashi lozim. Shu tufayli, shunday talab quyiladiki, nivelir xaroratning 1° ga o'zgarishida adilak o'qi va qarash trubasi vizir o'qining i burchagining o'zgarish 0,5''dan oshmasligi kerak. Nivelir bilan ishlashda qulaylik tug'dirish uchun iplar to'ri, hamda adilak pufakchasi qarama-qarshi uchlarining tasviri optik mikrometrni maydonida joylashtirish lozim. Nivelirning og'irligi nisbatan kichik bo'lish lozim. Shu bir-biriga zid barcha talablarni hisobga olib, zamonaviy yuqori aniqlikdagi nivelirlar ishlab chiqilmokda.

### Nazorat savollari.

1. Yuqori aniqlikdagi nivelirlashda nisbiy balandliklar hozirgi vaqtda qanday aniqlanadi?
2. Nivelirlash paytida xar bir stansiyada reyka bo'yicha sanoq olishda vizir nuri qanday holatda bo'lishi lozim?
3. To'g'ri yoki teskari yo'ldan nisbiy balandligini aniqlash xatosi qanchadan oshmasligi kerak?
4. Zamonaviy yuqori aniqlikdagi nivelirlar afzalliklari?

### 4.4 Invar reykalalar

Nivelir reykalari nisbiy balandliklarini aniqlashda uzunlikning ishchi o'lchovi hisoblanadi, shuning uchun ular yuqori aniqlikda tayyorlanishi, bo'laklari esa o'ta yuqori aniqlikda tushurilishi lozim. Reykalar uzoq vaqt davomida  $-30^{\circ}\text{S}$  dan  $+50^{\circ}\text{S}$  gacha iqlim va turli fizik-geografik sharoitda foydalanishda metrli va xoxlagan boshqa bo'laklarining qiymati o'zgarmas bo'lishi lozim. Shuning uchun barcha reykalarning uzunligi va bo'laklarga bo'lingan shkala tushirilgan ishchi qismining kengayish  $(2 \div 2,5) \times 10^{-6}$  ga teng bo'lgan kichik haroratdan kichik uzayish koeffitsientiga ega bo'lgan invardan tayyorlanadi. Yoz paytida tog'li hududlarda yuqori aniq o'lchashlarni bajarishda orqadagi va oldingi reykalalar invar polosalari haroratining farqi  $10^{\circ}\text{S}$  va undan ortiqni tashkil qilish mumkin, reykalalar haroratini aniqlash uchun hamda o'lchash natijalariga tegishli tuzatmalarni hisoblash uchun reykalalar termodatchiklar bilan ta'minlanishi kerak. Reykalalar metrli intervallariga, kerak bo'lganda detsimetrli intervallariga tuzatmalar topish maqsadida reykalalar statsionar komparatorlarda etolanlanishi lozim, umuman olganda reykalalar shkalasining har bir alohida shtrixlarning holatiga tuzatma aniqlash va hisobga olish to'g'ri bo'lar edi. Nivelirlar kabi reykalalar bilan ishlash juda katta e'tiborni talab etadi. Yuqori aniqlikda o'lchashlarni ta'minlash uchun reykalalar nivelir bilan birga sistematik ravishda tadqiqotlardan o'tkazib borilishi lozim.

**Reykalar o'rtacha metri farqi uchun nisbiy balandliklarga tuzatmalar.** Har bir invar reykaning komparatorda etalonlashda asosiy shkalasini 10 - 30, 30 - 50 va qo'shimcha shkalasini 70 - 90, 90 - 110 shtrixlari orasini o'lchashdan bir metr uzunligi  $l_i$  ni to'rttadan qiymati topiladi. Komplektga kiradigan bir juft reykalalar uchun sakkizta uzunlik qiymatlari olinadi va o'rtacha metr uzunligi quyidagicha topiladi

$$l_g = \frac{1}{n} \sum l_i, \quad (4.21)$$

bu yerda  $n$  -  $l_i$  qiymatlar soni, keyin esa reyka metri o'rtacha uzunligini nominal qiymatdan farqi quyidagicha aniqlanadi

$$\Delta l_g = l_g - 1000,00 \text{ mm.} \quad (4.22)$$

Invar reykalarda mavsumdan oldin va mavsum o'tkandan keyin etalonlanadi, tog' hududlarida nivelirlashda mavsum o'rtasida ham tekshiriladi. Agarda reyka metrining o'rtacha uzunligi birinchi etalonlash bilan keyingi etalonlash orasida 0,02 yoki 0,03 mm dan, tegishli I va II klass nivelirlash uchun ortiqqa farq qilmasa, ikkala etalonlashda olingan uzunliklar qiymatidan  $l_0$  va  $\Delta l_0$  o'rtachasi olinadi. Agarda farqlari yuqorida keltirilgan qiymatlardan oshsa farq  $\Delta l_0$  nivelirlashni o'rtacha vaqtiga interpolatsiya qilinadi.

Reyka metri o'rtacha uzunligining farqi uchun o'lchangan nisbiy balandlikka tuzatma  $\delta h_0$  (mm) quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$\delta h_0 = \Delta l_0 \cdot h', \quad (4.23)$$

bu yerda tuzatma  $\Delta l_0$  mm da ifodalangan, o'lchangan nisbiy balandlik  $h'$  esa m da. Tuzatilgan nisbiy balandlik quyidagi formuladan aniqlanadi

$$h = h' + \delta h_0. \quad (4.24)$$

**Invar reykalari harorati uchun tuzatma.** Yuqori aniqlikdagi nivelirlash ishlari havo harorati  $-20$  dan  $+50^\circ\text{S}$  oralig'ida bo'lganda bajariladi. Ochiq havoda reykalardan birini invar polosasi Quyosh bilan yoritilgan bo'lsa, ikkinchisi soya bo'lsa, ular haroratining farqi  $5^\circ\text{S}$  va undan ham oshishi mumkin. Reykani metrli bo'laklari uzunligi va tula (3 m) uzunligi komparatorda  $t_0$  haroratda o'lchanadi; stansiyadagi nisbiy balandlik esa boshqa harorat  $t_H$  da o'lchanadi.

Shu sababli o'lchangan nisbiy balandliklarni reykalarni etalonlashdagi va nivelirlashdagi haroratlari farqi uchun tuzatishga to'g'ri keladi. Quyidagi belgilarni qabul qilamiz:  $\alpha'$  va  $\alpha''$  - chiziqli kengayish koeffitsienti,  $t'_H$  va  $t''_H$  - stansiyada nivelirlashda tegishli orqadagi va oldingi reykalarda invar polosalarining harorati. Shunda stansiyada o'lchangan nisbiy balandlik  $h' = O_P - O_n$  uchun tuzatma quyidagi ga teng

$$\delta h_t = \alpha'(t'_H - t_0)O_P - \alpha''(t''_H - t_0)O_n, \quad (4.25)$$

bu yerda  $O_P$  va  $O_n$  - orqadagi va oldingi reykalardan sanoqlar (m).

Turli reykalarda invar polosalarining chiziqli kengayish koeffitsienti ancha katta qiymatga o'zgaradi -  $+0,5 \cdot 10^{-6}$  dan  $+3,5 \cdot 10^{-6}$  gacha. Shuni hisobga olib konkret har bir reyka uchun chiziqli kengayish koeffitsienti aniqlanishi va uni nisbiy balandlikka tuzatma hisoblashda foydalanishi kerak. Reykalarda invar polosalarining haroratini ularda o'rnatiladigan datchiklar bilan o'lchash kerak. Chunki havo harorati bilan quyosh nuri yoritib turgan invar polosasi harorati orasidagi farq  $10 \div 15^\circ\text{S}$  gacha etadi, shuning uchun reyka haroratini o'lchashda termometr - prashdan foydalanish tavsiya etilmaydi.

Harorat uchun tuzatmani tog'li hududlarda, hamda nishobligi 0,01 dan ortiq bo'lgan trassalar bo'yicha nivelirlashda hisobga olish kerak bo'ladi.

To'g'ri va teskari yo'llarda o'lchangan nisbiy balandliklar uchun  $\delta h_s$  va  $\delta h_t$  tuzatmalarni hisobga olgan holda nisbiy balandlik quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$h = h' + \delta h_s + \delta h_t. \quad (4.26)$$

#### Nazorat savollari.

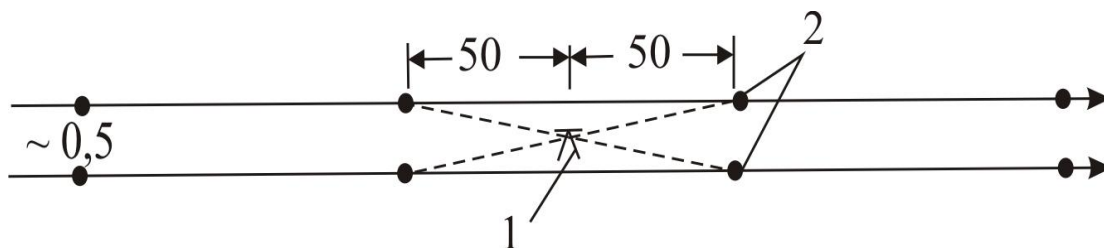
1. Инвар рейкалар qanday geodezik ishlarda foydalaniladi?
2. Yuqori aniqlikdagi nivelirlash ishlari havo harorati necha grads oralig'ida bo'lganda bajariladi?
3. To'g'ri va teskari yo'llarda o'lchangan nisbiy balandliklar uchun  $\delta h_s$  va  $\delta h_t$  tuzatmalarni hisobga olgan holda nisbiy balandlik qaysi formula bo'yicha hisoblanadi?
4. Reyka metri o'rtacha uzunligining farqi uchun o'lchangan nisbiy balandlikka tuzatma  $\delta h_s$  (mm) qaysi formula bo'yicha hisoblanadi?

### 4.5 Yuqori aniqlikda nivelirlash usullari

**I klass nivelirlash usuli va dasturi.** Yuqori aniq nivelirlar yassi parallel plastinkali optik mikrometrga ega bo'lib, u reykalardan sanoq olishda tutashtirish usulini qo'llash imkonini beradi. Mikrometr yassi parall plastinkasini burab trubaning iplar to'ri bessektorini nivelir reykasining unga yaqin shtrixi bilan tutashtiriladi va shu tarzda reyka bo'lagining 0,01 mm kasr qiymatigacha o'lchab uni reyka shtrixi bo'yicha sanoqqa qo'shib yoziladi.

Reykadan har bir sanoq olishdan oldin adilak pufakchasi qarama-qarshi uchlarining tasviri sinchiklab tutashtirladi, kompensatorli nivelirni qo'llashda esa vizirlash chizig'ining holati stabil bo'lishi kuzatib boriladi.

1 klass nivelirlashda qabul qilingan dasturga asosan bir-biridan 0,5 metr oraliqda o'tadigan ikkita nivelirlash chiziqlari o'tkazishni ko'zda tutadi (4.3-shakl).



4.3-shakl. 1-klass nivelirlashda stansiyada o'lchash sxemasi:

#### 1-nivelir; 2-nivelirlash kostillari

Yo'l bo'yicha o'ng tomondagi chiziq o'ng chiziq, chap tomondagisi chap chiziq deyiladi. Yuqori aniqlikda nivelirlashni bajarish uchun yuqori aniq nivelir, bir juft invar reykalari, nivelir reykalarni o'rnatish uchun 4 - 5 juft dan kam bo'lmagan nivelir kostillari (temir qoziq) topografik zont va havo haroratini o'lchab borish uchun termometr kerak bo'ladi.

Kostillar gruntga juftlikda, bir biridan 0,5 m dan kam bo'lmagan oraliqda qoqiladi, (4.3-shakl). Qo'shni juft kostillar orasidagi nivelirlash yo'li bo'yicha

masofa tekis joyda 100 m gacha olinadi. Tik qiya joylarda bu masofa bir muncha qisqartirishi mumkin.

Nivelirlash yo'li bo'yicha oldindan yerga bir qancha juft kostillar qoqib chiqilsa nivelirlash ishini unimdorligi oshadi, chunki kostillarni yerda o'rnatish nivelir stansiyasidagi ishlardan oldin olib boriladi.

Bundan tashqari, bunday dastur har bir stansiyada nivelirlashni ishonchli nazoratini ta'minlaydi, agarda extiyotsizlikdan birorta kostil o'rnidan siljitib yuborilsa orqaga faqat bitta stansiyaga qaytish kerak bo'ladi, orqadagi bir juft kostillarni quzg'almay turganiga ishonch hosil qilish va ishni davom ettirish imkonini beradi. Nivelirlash yo'llari to'g'ri va teskari yunalishlarda o'tqaziladi, unda bitta trassa bo'yicha va bir xil tipdagi o'tish nuqtalaridan o'tiladi.

Qo'shni reperlar orasidagi seksiyada to'g'ri va teskari nivelirlash yullarida stansiyalar soni bir xil va albatta juft olinishi zarur, shunda reyklar tovonlarining nollari teng emaslik xatosidan ozod bo'linadi.

Stansiyalarda shtativ tik o'rnatiladi, uning ikkita oyog'i nivelir yo'li bo'yicha, uchinchisini esa bir safar o'ng tomonidan keyin esa chap tomonidan ketma-ketlikda o'rnatib boriladi.

Shtativ oyoqlarini gruntga qattiq botirib kiritish tafsia etilmaydi, maxkamlash vintlari esa qattiq tortilmasligi kerak, aks xolda shtativ o'lchash jarayonida gruntan siqilib chiqadi. Vizir nurining normal uzunligi 50 m ni tashkil etadi. Nivelir o'rnatilgan joydan reyklar o'rnatiladigan nuqtalargacha (kostillargacha) masofa metall troscha bilan o'lchanadi. Nivelirdan rekalargacha masofalarni (elkalarni) teng emasligi stansiyada 0,5 m dan oshmasligi kerak.

Bu masofalar farqini nivelirlash seksiyasida yig'ilib borishi ish davomida to'g'rilab boriladi va uning qiymati reperdan - repera 1 m dan oshmasligi kerak. Nivelirlash nurining yer sirti qoplamasidan baladligi 0,8 m dan kam bo'lmasligi kerak. Ayrim xollarda nurning uzunligi 25 m dan oshmaganda uni balandligini 0,5 m gacha kamaytirishga ruxsat etiladi.

1 klass nivelirlashda stansiyadagi kuzatishlar birga qo'shish (tutashtirish) usuli bilan bajariladi, bunda toq nomerli stansiyadan juft nomerli stansiyaga, hamda to'g'ri yo'ldan teskari yo'lga o'tishda simmetrik o'lchashlar prinsipiga amal qilinadi.

$O_a$  va  $O_q$  lar bilan orqadagi reykanı asosiy va qo'shimcha shkalalari bo'yicha sanoqlarni,  $O_a^n$  va  $O_k^n$  bilan esa oldingi reykanı asosiy va qo'shimcha shkalalari bo'yicha sanoqlarni belgilaymiz.

To'g'ri nivelirlash yo'lining toq nomerli stansiyalarida kuzatishlar orqadagi reykanı sanoq olish bilan boshlanadi, juft stansiyalarda esa – oldingi reykanı boshlanadi va ishlar quyidagi dastur bo'yicha amalga oshiriladi

| Stansiya: | niverlash<br>o'ng chizig'i  | niverlash<br>chap chizig'i  |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| toq       | $O_a \ O_a^n \ O_k^n \ O_k$ | $O_a \ O_a^n \ O_k^n \ O_k$ |
| juft      | $O_a^n \ O_a \ O_k \ O_k^n$ | $O_a^n \ O_a \ O_k \ O_k^n$ |

Teskari niverlash yo'lida toq stansiyalarda kuzatishni oldingi reykanan boshlanadi, juftlarida orqadagidan. To'g'ri nivelirlash yo'lidan teskariga o'tishda reykalarining o'rinlari almashtiriladi.

Har bir stansiyada nivelirlashni avval o'ng chiziq bo'yicha bajariladi, keyin esa chap chiziq buyicha. Mo'ljallangan joyda shtativ bilan nivelir o'rnatilib, ishchi holatga keltiriladi. Keyin kuzatuvchining ko'rsatmasiga asosan reykachilar ehtiyokorlik bilan reykalarini o'ng yo'ldagi kostillarga qo'yishadi va doiraviy adilak yordamida ularni vertikal holatga keltirishadi. Shu bilan stansiyadagi o'lchashlarga tayyorgarlik ishlari yakunlanadi. Kuzatishlar quyidagi tartibda bajariladi:

- doiraviy adilak va ko'targich vintlar yordamida nivelir vertikal o'qi vertikal holatga keltiriladi;

- nivelir trubasi orqadagi o'ng kostilda turgan reykaning asosiy shkalasiga qaratiladi; nivelir optik mikrometrini 50 sanoqqa qo'yiladi; elevatsiya vintini burab pufakchaning uchlari tasviri taqribiy tutashtiriladi va uchta iplar bo'yicha dalnomer sanoqlari olinadi;

- elevatsiya vinti yordamida truba qiyalanadi va adilak pufakchasining uchlari tasviri aniq tutashtiriladi; mikrometr bissektori yaqin joylashgan reyka asosiy shkalasining shtrixiga qaratiladi va reykadan hamda mikrometr shkalasidan sanoqlar olinadi;

- truba o'ng kostilda turgan boshqa reykaning asosiy shkalasiga qaratiladi va yuqoridagi 2 va 3 baldlarda ko'rsatilgan amallar bajariladi;

- trubani yo'naltiruvchi vinti yordamida ushbu reykani qo'shimcha shkalasiga qaratiladi va elevatsiya vintini chorak aylanishga burab truba ozroq qiyalanadi, keyin adilak pufakchasining uchlari tasviri aniq tutashtirilib reyka shkalasi va mikrometr shkalasi bo'yicha sanoqlar olinadi;

- keyin nivelir o'z vertikal o'qi atrofida aylantirilib avvalgiday o'ng kostilda turgan oldingi reykani qo'shimcha shkalasiga qaratiladi va reyka hamda mikrometr shkalalari bo'yicha sanoqlar olinadi; shu bilan nivelirlash o'ng chizig'ida ishlar yakunlanadi;

- reykalar chap kostillarga olib o'rnatiladi va o'lchashlar nivelirlash aynan o'ng chizig'ida bajarilgan nivelirlash ketma-ketligida amalga oshiriladi; shu bilan stansiyadagi kuzatishlar yakunlanadi;

- kerakli hisoblashlar bajarilib va hamma qo'yim (dopusk)larga rioya qilinganiga ishonch hosil qilib navbatdagi stansiyaga o'tiladi. Navbatdagi stansiyaga kuzatuvchini nivelir bilan o'tish davrida oldingi reyka kostildan olib qo'yiladi, orqadagi reyka esa keyingi kostilga olib o'tiladi.

Reyka bo'yicha sanok reykani kostilga qo'yilganidan boshlab 0,5 daqiqa o'tgandan keyin va kontaktli adilak to'la muvozanatga kelgandan so'ng olinadi.

Nivelir "sakkizlik" sxema asosida, 25-30 km dan bo'laklarga bo'linib bajariladi. Ya'ni bo'lak birinchi yarim qismining seksiyalari dastlab to'g'ri yo'nalishda o'tiladi, ikkinchi qismi – teskari yo'nalishda, keyin esa aksincha. Har bir seksiyada qo'shni reperlar orasidagi to'g'ri yo'lda nivelirlash ertalab

(kechqurun), orqaga qarab nivelirlashda aksincha, kechqurun (ertalab) bajarilishi kerak. Kuzda va bulutli kunlarda bu talablarga qat'iylik qisman bo'shashtiriladi.

Kuzatishlarni boshlashdan avval shtativda o'rnatilgan nivelir soyada eng kamida 45 daqiqa saqlanadi. Stansiyadagi kuzatishlar davomida nivelir oq astarli zont bilan bir stansiyadan ikkinchisiga o'tishda esa – oq materialdan qilingan g'ilof yordamida saqlanadi quyosh nurlaridan. Har ikki stansiyadan keyin prash termometri yordamida nivelir balandligidagi havo harorati o'lchab boriladi.

Har bir stansiyadagi o'lchashlar vaqtini yozib borish tavsiya etiladi. Ertalab nivelirlash quyosh chiqqanidan so'ng yarim soatdan keyin boshlanib, 3 soat davom etadi, bunda agar reyka shtrixlari tasvirining tebranishi (siljishi) kichik va mikrometr bissektorini shtrixga ishonchili qaratish mumkin bo'lsa. Kechki kuzatishlarni quyosh botishidan chamasi 5 soat chamasidan oldin boshlab, botishga 0,5 soat qolganda yakunlanadi. Ertalabki va kechki kuzatishlarni havo izotermiyasi daqiqasiga nisbatan simmekrik joylashtirishga erishish kerak.

Quyidagi holatlarda nivelirlashga ruxsat etilmaydi.

1) reyka shtrixiga mikrometr bissektorini aniq qaratishni qiyinlashtiruvchi tasvirni tebranishlarida va tasvir aniq ko'rinmaydigan holatlarida;

2) kuchli va shiddatli shamol esayotganda;

3) qisqa vaqt ichida havo haroratini keskin o'zgarib borishi davrida.

1 klass nivelirlashda har bir stansiyadagi o'lchashlar natijasi quyidagi talablarga javob berishini ham kuzatib borish talab qilinadi:

- nivelirlashni alohida o'ng va chap chiziqlari uchun reykalarni asosiy va qushimcha shkalalari bo'yicha o'lchashlardan aniqlangan nisbiy balandliklar farqi 0,5 mm dan oshmasligi kerak;

- orqadagi (oldingi) bir juft kostillar orasidagi, orqadagi va oldingi stansiyalardagi kuzatishlardan olingan, nisbiy balandliklar farqi 0,7 mm dan oshmasligi kerak. I klass nivelirlashni dasturi va uslubi turli xatoliklar manbaalari ta'sirini kamaytirish va eng aniq natijalarga erishishini ta'minlash maqsadida ishlab chiqilgan.

**II klass nivelirlash usuli va dasturi.** II klass nivelirlashni bajarish uchun aynan I klass nivelirlash uchun kerak bo'lgan nivelir va invar reykalari ishlatiladi. Reykaning metrli shkalasi va butun shkalasining xatosi 0,20 mm dan oshmasligi, tog'li hududlarda ishlashda 0,1 mm dan oshmasligi kerak. Ishga jo'nab ketishdan avval niverlir va reykarlar sinashlardan o'tkazilib ishga yaroqliligi aniqlanadi.

II klass nivelirlash to'g'ri va teskari yunalishlarda bitta chiziq bo'yicha I klass nivelirlash uslubida bajariladi.

Vizir nurining normal uzunligi 65 metrni tashkil qilinadi. Qiya joylar bo'ylab nivelirlashda va reperlarga etib kelinganda nur uzunligi kamayishi mumkin. Qarash trubasining kattalashtirishi 44° dan past bo'lmagan nivelirlar bilan ishlashda kuzatish qulay sharoitlarida nur uzunligini 75 metrgacha etkazish mumkin. DiNi007 niverlirini ishlatishda nur uzunligi 40 m dan oshmasligi kerak. Nivelirdan reykalargacha masofalar farqi bitta stansiyada 1 m dan, bu farqlarni seksiya bo'yicha yig'ilib borgan qiymati 2 metrdar oshmasligi kerak. Vizirlash

nurini yer sirtidan balandligi 0,5 m dan kam bo'lmashligi, ayrim vaqtlarda nur uzunligi 30 m dan oshmaganda 0,3m gacha yo'l qo'yilishi mumkin.

Kuzatishlar tartibi qo'yidagicha: to'g'ri yo'lning toq stansiyasida: orqadagi reykaning asosiy shkalasidan sanoq; oldingi reykaning asosiy shkalasidan sanoq; oldingi reykaning qo'shimcha shkalasidan sanoq; orqadagi reykaning qo'shimcha shkalasidan sanoq.

To'g'ri yo'lning juft stansiyasida: oldingi reykaning asosiy shkalasidan sanoq; orqadagi reykaning asosiy shkalasidan sanoq; orqadagi reykaning qo'shimcha shkalasidan sanoq; oldingi reykaning qo'shimcha shkalasidan sanoq. Teskari yo'lda, aksincha, toq stansiyalarda kuzatish oldingi reykanidan boshlanadi, juftlarda esa – orqadagi reykanidan. Kuzatishlarni bunday tartibi nivelirlash sistematik xatolarini sezilarli kamaytirishni ta'minlaydi.

To'g'ri yo'lni toq stansiyasida bajariladigan ishlar mazmuni va ketma-ketligi, hamda dala jurnalini to'ldirish va uni ishlab chiqishni quyidagi misolda ko'rib chiqamiz (4.1-jadvalda jurnalni to'ldirish tartibi qavslarda raqamlar bilan ko'rsatilgan).

#### **Nazorat savollari.**

1. Юқори аниқликда нивелирлаш усуллари аytинг?
2. I-klass nivelirlash stansiyada o'lchash sxemasi tushintirib bering?
3. Stansiyadagi kuzatishlar qandayi tartibda bajariladi?
4. Qanday holatlarda stansiyada nivelirlashga ruxsat etilmaydi?
5. II klass nivelirlashni bajarish uchun aynan I klass nivelirlashda qanday reykalari ishlatiladi?
6. II klass nivelirlash to'g'ri va teskari yunalishlarda bitta chiziqli bo'yicha qaysi klass nivelirlash uslubida bajariladi?

## II klass nivelirlash jurnalida yozish namunasi

### 4.1-jadval

914-grunt reperdan 948-grunt repergacha yoʻl  
Ish sharoiti; grunt – qumloq, temir yoʻlcheti

Sana 20.04.16; ish boshlanishi 16s. 40 daqiqa, tugashi  
10 s. 30 daqiqa

Tasvir aniq va tinch

| SHtativ<br>N,<br>reykalar<br>N              | Bogʻlash<br>chizmasi | Dalnomer iplari<br>boʻyicha sanoqlar<br>(0,5 dm) |                                              |                                                                | Bissektor iplaridan sanoqlar (0,5 dm)                   |                                                    |                                                       |                                                                 | Nazorat                       |
|---------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|                                             |                      |                                                  |                                              |                                                                | Asosiy shkala                                           |                                                    | Qoʻshimcha shkala                                     |                                                                 |                               |
|                                             |                      | $O_R/u$                                          | $O_I/d$                                      |                                                                | R                                                       | B                                                  | R                                                     | B                                                               |                               |
| 1                                           | 2                    | 3                                                | 4                                            | 5                                                              | 6                                                       | 7                                                  | 8                                                     | 9                                                               | 10                            |
| 1<br>1-2<br>$t=+17^{\circ}$                 | 914-grunt<br>reper   | 12,75(1)<br>15,60(2)<br>285(21)<br>-14,98(24)    | 27,72(5)<br>30,59(6)<br>287(22)<br>-2/-2(23) | $O_R$<br>$O_I$<br>$O_I-O_I$<br>$i$                             | 14,2(3)<br>29,2(7)<br>-15,0(13)                         | 43(4)<br>31(8)<br>+12(14)                          | 73,4(11)<br>88,4(9)<br>-15,0(16)                      | 99(12)<br>86(10)<br>+13(17)                                     | 59,256<br>59,255<br>-1/-1(19) |
|                                             |                      |                                                  |                                              |                                                                | -14,988(15)                                             |                                                    | -14,987(18)                                           |                                                                 |                               |
| 2<br>2-1                                    |                      | 15,95<br>25,96<br>1001<br>19,36                  | 35,32<br>45,32<br>1000<br>+1/-1              | $O_R$<br>$O_I$<br>$O_I-O_I$<br>$i$                             | 21,0<br>40,3<br>-19,3                                   | 0<br>73<br>-73                                     | 80,2<br>99,6<br>-19,4                                 | 54<br>24<br>+30                                                 | 59,254<br>59,251<br><br>-3/-4 |
|                                             |                      |                                                  |                                              |                                                                | -19,373                                                 |                                                    | -19,370                                               |                                                                 |                               |
| 3<br>1-2                                    |                      | 18,40<br>30,35<br>1195<br>-7,06                  | 25,46<br>37,42<br>1196<br>-1/-2              | $O_R$<br>$O_I$<br>$O_I-O_I$<br>$i$                             | 24,4<br>31,4<br>-7,0                                    | 22<br>89<br>-67                                    | 83,6<br>90,7<br>-7,1                                  | 72<br>41<br>+31                                                 | 59,250<br>59,252<br>+2/-2     |
|                                             |                      |                                                  |                                              |                                                                | -7,067                                                  |                                                    | -7,069                                                |                                                                 |                               |
| 4<br>2-1                                    |                      | 26,01<br>34,31<br>830<br>+6,53                   | 19,48<br>27,78<br>830<br>0/-2                | $O_R$<br>$O_I$<br>$O_I-O_I$<br>$i$                             | 30,2<br>23,6<br>+6,6                                    | 20<br>93<br>-73                                    | 89,4<br>82,9<br>+6,5                                  | 71<br>42<br>+29                                                 | 59,251<br>59,249<br>-2/-4     |
|                                             |                      |                                                  |                                              |                                                                | +6,527                                                  |                                                    | +6,529                                                |                                                                 |                               |
| 5<br>1-2                                    |                      | 36,32<br>49,37<br>1305<br>+18,73                 | 17,60<br>30,63<br>1303<br>+2/0               | $O_R$<br>$O_I$<br>$O_I-O_I$<br>$i$                             | 42,8<br>24,1<br>+18,7                                   | 87<br>56<br>+31                                    | 102,1<br>83,4<br>+18,7                                | 40<br>06<br>+34                                                 | 59,253<br>59,250<br>-3/-7     |
| 6<br>2-1<br>$t=+18^{\circ}$                 | 948-grunt<br>reper   | 39,01<br>51,28<br>1227<br>-13,28                 | 52,31<br>64,55<br>1224<br>+3/+3              | $O_R$<br>$O_I$<br>$O_I-O_I$<br>$i$                             | 45,2<br>58,4<br>-13,2                                   | 03<br>91<br>-88                                    | 104,4<br>117,7<br>-13,3                               | 47<br>36<br>+11                                                 | 59,244<br>59,245<br>+1/-6     |
|                                             |                      |                                                  |                                              |                                                                | -13,288                                                 |                                                    | -13,289                                               |                                                                 |                               |
| 914-grunt reperdan 948 repergacha hisoblash |                      |                                                  |                                              |                                                                |                                                         |                                                    |                                                       |                                                                 |                               |
|                                             |                      | 5843( $\Sigma 21$ )                              | 5840( $\Sigma 22$ )+<br>+3                   | $\Sigma O_R$<br>$\Sigma O_I$<br>$\Sigma O_I-O_I$<br>$\Sigma i$ | 177,8( $\Sigma 3$ )<br>207,0( $\Sigma 7$ )<br>-29,2(13) | 175( $\Sigma 4$ )<br>433( $\Sigma 8$ )<br>-258(14) | 533( $\Sigma 4$ )<br>562,7( $\Sigma 9$ )<br>-29,6(16) | 383( $\Sigma 12$ )<br>235( $\Sigma 10$ )<br>+148( $\Sigma 17$ ) | -6                            |
|                                             |                      |                                                  |                                              |                                                                | -29,453( $\Sigma 15$ )                                  |                                                    | -29,452( $\Sigma 18$ )                                |                                                                 |                               |

( $\Sigma 21$ )+( $\Sigma 22$ )=11683( $\frac{1}{2}$  mm)=5,8415 m

Dalnomer koeffitsienti = 100

$L=0.6$  km;  $n=6$

$t_{o,r}=+17,8^\circ$

$h_{o,r}=-29,455(\frac{1}{2}$  dm)

oʻlchangan nisbiy badandlik  $h'=-29455(\frac{1}{2}$  dm)=

=-14,7275 dm = -1,4728 m.

Reykalar juftining oʻrtacha uzunligiga

tuzatma  $\delta_h = +0,1$  mm.

Tuzatilgan nisbiy balandlik  $h = -1.4727$  m.

Nivelir asbobini reykalar orasida bir xil masofada oʻrnatib, qarash trubasi gorizontal holga keltiriladi, mikrometr barabani 50 sanogʻiga qoʻyiladi va elevatsiya vinti burab adilak pufakchasining uchlari tasviri tutashtiriladi. Orqadagi reyka asosiy shkalasidan yuqoridagi dalnomer ipi boʻyicha sanoq olinadi va u dala jurnaliga yoziladi (1); pastki dalnomer ipi boʻyicha sanoq olinadi (2). Elevatsiya vintini burab pufakchaning uchlari tasviri yana aniq tutashtiriladi va sanoq barabanini burab bissektor reyka asosiy shkalasining yaqin shtrixiga qaratiladi.

Reykadan sanoq jurnalni R grafasiga yoziladi (3), barabandan sanoq esa – B grafasiga yoziladi (4). Keyin truba oldingi reykani asosiy shkalasiga qaratiladi va dalnomer ipidan sanoq (5), pastki ipdan sanoq (6) olinib, jurnalga yoziladi. Adilak pufakchasining holati aniqlab olinib bissektor asosiy shkalaning yaqin shtrixi bilan tutashtirilib reyktan sanoq olinib (7) va barabandan sanoq olinib (8) yoziladi, keyin truba oldingi reyka qo‘shimcha shkalasiga qaratiladi va reyktan sanoq (9), barabandan sanoq (10) olinib yoziladi; shundan keyin orqadagi reykani qo‘shimcha shkalasiga truba qaratilib reyktan sanoq (11) va barabandan sanoq (12) olinib jurnalga yoziladi. Shu bilan kuzatish stansiyada tugatiladi va hisoblashlarga o‘tiladi. Asosiy shkalalardan dalnomer iplari bo‘yicha olingan sanoqlar ayirmasi hisoblanadi, ya’ni nivelirdan orqadagi reykgacha va oldingi reykgacha masofalar hisoblanadi:  $(21)=(2)-(1)$ ;  $(22)=(6)-(5)$ . Bu masofalar farqi hisoblanadi  $(23)=(21)-(22)$ . II klass nivelirlashda stansiyada masofalar farqi 1 m gacha yo‘l qo‘yiladi, ularni seksiyadagi yig‘indisi to‘rlanishi 2 m gacha ruxsat etiladi.

Nazorat nisbiy balandlik o‘rtachasi, dalnomer iplari bo‘yicha hisoblangan nisbiy balandliklardan topildi:  $(24)=\{[(1)-(5)]+[ (2)-(6)]\}:2$ .

Stansiyadagi nisbiy balandlikni hisoblash uchun avval orqadagi va oldingi reykalarning asosiy shkalalari bo‘yicha sanoqlar ayirmasi topiladi:  $(13)=(3)-(7)$  va baraban bo‘yicha sanoqlar ayirmasi  $(14)=(4)-(8)$ . Keyin reykalarni qo‘shimcha shkalalari bo‘yicha stansiyadagi nisbiy balandlik topiladi:  $(16)=(11)-(9)$  va baraban bo‘yicha:  $(17)=(21)-(10)$ . Nisbiy balandlikni to‘la qiymati baraban sanoqlari ayirmalarini reyka bo‘yicha sanoklar ayirmasiga ishoralarini hisobga olib qo‘shib yozish bilan topiladi:  $(15)=(13)$  va  $(14)$ ;  $(18)=(16)$  va  $(17)$ . Stansiyada reykalarni asosiy va qo‘shimcha shkalalari bo‘yicha olingan nisbiy balandliklar ikkala qiymatlari orasidagi farq kuzatishlar va hisoblashlar nazorati bo‘lib xizmat qiladi:  $(19)=(15)-(18)$ . Bu farq 0,7 mm (sanoq barabanning 14 ta bo‘lagi)dan oshmasligi kerak. Nisbiy balandliklar farqining yig‘indisi “nazorat” grafasiga yoziladi. Huddi shu grafaga reykalarning asosiy va qo‘shimcha shkalalari tovonlarining farqi yoziladi. Masalan,  $59,256=73,499-14,243$  va  $59,255=88,486-29,231$ . Ular orasidagi farq reykalarning asosiy va qo‘shimcha shkalalari bo‘yicha olingan nisbiy balandliklar farqiga to‘g‘ri kelishi kerak. Bundan tashqari stansiyada hisoblangan nollar balandligining farqi bilan reykani sinashda aniqlangan farqlar bir-biriga teng yoki 0,7 mm dan oshmasligi kerak.

Dala jurnalida nazorat hisoblash o‘ntalik stansiyalar bo‘yicha bajariladi va u quyidagidan iborat: jurnal chap qismida reykalargacha bo‘lgan dalnomer masofalari yig‘indisi topiladi:  $\Sigma(21)$  va  $\Sigma(22)$  va ulardan seksiya uzunligi hisoblanadi; o‘ng qismida orqadagi va oldingi reykalarning asosiy va qo‘shimcha shkalalari bo‘yicha sanoqlar yig‘indisi, bu sanoqlar ayirmalarining yig‘indisi va hamma nisbiy balandliklar yig‘indisi olinadi:  $\Sigma(3)$ ,  $\Sigma(4)$ ,  $\Sigma(11)$ ,  $\Sigma(12)$ ,  $\Sigma(7)$ ,  $\Sigma(8)$ ,  $\Sigma(9)$ ,  $\Sigma(10)$ ,  $\Sigma(13)$ ,  $\Sigma(14)$ ,  $\Sigma(16)$ ,  $\Sigma(17)$ ,  $\Sigma(15)$  va  $\Sigma(18)$ . Bu summalar bo‘yicha o‘rtacha nisbiy balandlikni hisoblash nazorat qilinadi. Reykalarni asosiy va qo‘shimcha shkalalari bo‘yicha topilgan seksiyadagi nisbiy balandlikning to‘la qiymati quyidagicha topiladi: untalik stansiyalar bo‘yicha bajarilgan hisoblashlar

summasi chiqariladi va o'lgangan umumiy nisbiy balandlik qiymati  $\frac{1}{2} dm$  da chiqariladi. Uni  $mm$  ga o'tkaziladi va reykarlar jufti o'rtacha metri uchun tuzatma kiritiladi va tuzatilgan umumiy nisbiy balandlik  $h$  olinadi. Seksiya uzunligi  $L$  (km) va shtativlar soni  $n$  hisoblanadi.

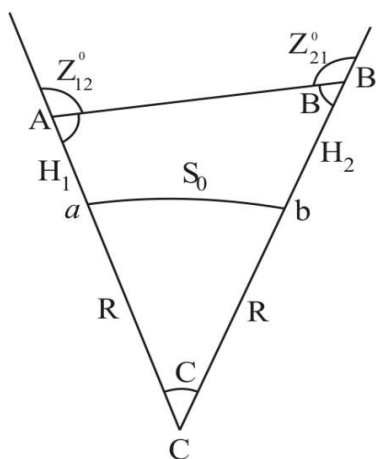
#### 4.6 Trigonometrik nivelirlash

Tekis va qisman notekis joylardagi geodezik punktlarning balandligi geometrik nivelirlashdan aniqlanadi. Tog' va tog' oldi hududlarda esa trigonometrik nivelirlash keng qo'llanadi; bunda punktlar balandliklarining farqi ular orasidagi masofalar va o'lgangan zenit masofalar  $Z$  yoki og'ish burchaklari  $\nu=90^\circ-Z$  dan foylanib hisoblanadi.

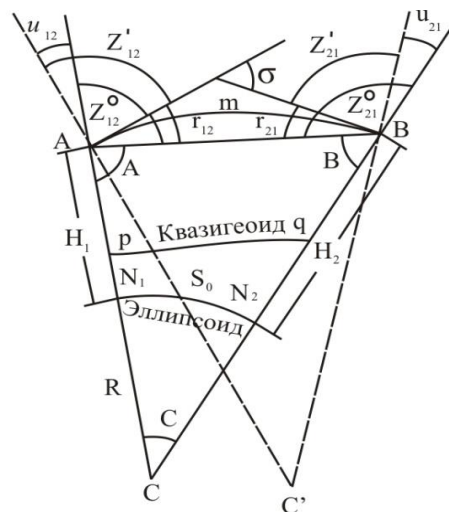
Trigonometrik nivelir usuli ko'p vaqtlardan buyon ma'lum. Bu usul mehnat unumdorligi bo'yicha ustun hisoblanadi. Lekin o'lgashlar natijalarining aniqligi bo'yicha geometrik nivelirlashdan pastda turadi. Aniqlik bo'yicha bu usulni salbiy tomoni, unga vertikal refraksiya hamda geodezik punktlarda shovun chizig'ining og'ishi xatolarini ta'siridadir, ular ayniqsa tog'li hududlarda katta qiymatlarga ega bo'ladi. Punktlar orasidagi masofalar qancha katta bo'lsa refraksiyaning ta'siri shuncha oshib boradi; shuni hisobga olib qoniqarli natijalarni olish uchun nisbiy balandliklarni mumkin qadar kaltaroq tomonlar bo'yicha aniqlash tavsiya etiladi ( $s \leq 10$  km).

Punktlarning geodezik balandliklari ayirmasini hisoblash uchun refraksiya va shovun chizig'ining og'ishi ta'sirini nolga teng deb qabul qilib dastlabki formulalarni topamiz.

Quyidagi belgilarni kiritamiz:  $H_1 = aA$  va  $H_2 = bB - ab$  ellipsoidi sirtidan  $AC$  va  $BC$  normallar bo'yicha hisoblanadigan  $A$  va  $B$  nuqtalarning geodezik balandligi (4.4-shakl);



4.4-shakl. Punktlarning geodezik balandliklari va o'zaro teskari nazariy zenit masofalar



4.5-shakl. Kvazigeodda refraksiya va nisbiy balandlik, shovun chizig'ining og'ishi ta'sirini hisobga olgan holda ikki tomonlama trigonometrik nivelirlash sxemasi

$S_0 = ab$  -  $A$  nuqtada ellipsoid  $AB$  normal qirqimining yoy uzunligi;  $R$  - ushbu qirqimning egrilik radiusi;  $z_{12}^0$  va  $z_{21}^0$  -  $A$  nuqtasidagi  $AC$  va  $B$  nuqtasidagi  $BC$  normallarga tegishli  $B$  va  $A$  nuqtalarining nazariy (geodezik) zenit masofalari.

$ABC$  uchburchagining burchaklarini  $A$ ,  $B$ ,  $C$  bilan belgilab tangenslar teoremasiga asosan yozamiz

$$\frac{BC - AC}{BC + AC} = \operatorname{tg} \frac{A - B}{2} \operatorname{ctg} \frac{A + B}{2}. \quad (4.27)$$

Masofa  $S \leq 20$  km bo'lganda  $ab$  normal qirqim yoy uzunligini katta aniqlik bilan o'rta radiusi  $R$  bo'lgan aylana yoy uzunligiga teng deb qabul qilish mumkin. SHunda quyidagilarni yozish mumkin

$$\begin{aligned} aC = bC = R; \quad AC = R + H_1; \\ BC = R + H_2; \quad A + B = 180^\circ - C. \end{aligned}$$

Bu qiymatlarni (4.27) formulaga qo'yib topamiz

$$\frac{H_2 - H_1}{2R + (H_1 + H_2)} = \operatorname{tg} \frac{A - B}{2} \operatorname{tg} \frac{C}{2}$$

bu yerda

$$H_2 - H_1 = 2R \left( 1 + \frac{H_1 + H_2}{2R} \right) \operatorname{tg} \frac{C}{2} \operatorname{tg} \frac{A - B}{2}. \quad (4.28)$$

Ellipsoid qirqimi  $ab$  ni  $R$  radiusga ega aylana yoyi bilan approksimatsiya qilib ellipsoid normallari orasidagi markaziy burchakni topamiz

$$C = \frac{S_0}{R} \rho. \quad (4.29)$$

$C$  burchagi kichikligini hisobga olib quyidagini yozish mumkin

$$\operatorname{tg} \frac{C}{2} = \frac{C}{2} + \frac{C^3}{24} = \frac{S_0}{2R} + \frac{S_0^3}{24R^3}.$$

Bunda  $S_0 \leq 20$  km bo'lsa yuqoridagi  $S_0^3/24R^3$  hadni kichik bo'lganligi uchun hisobga olmaslik mumkin va shunda

$$\operatorname{tg} \frac{C}{2} = \frac{S_0}{2R}. \quad (4.30)$$

(4.30) ifodani (4.28) formulaga quyib  $S \leq 20$  km uchun nuqtalar geodezik balandliklari farqi uchun boshlang'ich formulalarni olamiz

$$H_2 - H_1 = S_0 \left( 1 + \frac{H_1 + H_2}{2R} \right) \operatorname{tg} \frac{A - B}{2}$$

yoki

$$H_2 - H_1 = S \operatorname{tg} \frac{A - B}{2}, \quad (4.31)$$

bu erda

$$S = S_0 \left( 1 + \frac{H_1 + H_2}{2R} \right). \quad (4.32)$$

Yuqoridagi (4.31) formulada  $S$  -  $A$  va  $V$  nuqtalar orasidagi ellipsoid sirtidan o'rtacha balandlikka keltirilgan masofa.

$A$  va  $V$  burchaklarni ham geodezik (nazariy) zenit masofalar  $z_{12}^0$  va  $z_{21}^0$  singari o'lchash imkoni yo'q. Shu sababli ularni bevosita joyda o'lchangan zenit masofa  $z$  orqali ifodalash kerak bo'ladi. Bunda ikkita muhim holat e'tiborga olinishi kerak. Birinchidan, joyda zenit masofalarni o'lchashda teodolit vertikal o'qi  $AC$  ( $VS$ ) ellipsoid sirtiga normal chiziq bilan emas, balkim shovun chizig'i  $AS'$  ( $BC'$ ) bilan tutashadi (4.4-shakl). Keltirilgan (4.31) formulaga asosan teodolit o'qi normal chiziq  $AC$  ( $VS$ ) bilan tutashgan bo'lishi kerak. Ikkinchidan,  $A$  va  $V$  nuqtalari orasidagi yorug'lik nuri atmosfera zichligini har xil bo'lishidan  $AV$  to'g'ri chiziq bo'yicha emas, balkim murakkab egri  $AmB$  bo'yicha o'tib, ushbu nuqtalarda vatar  $AmB$  va unga o'rinmalar orasidagi vertikal refraksiya burchaklari  $r_{12}$  va  $r_{21}$  ni hosil qiladi.

Ixtiyoriy  $A$  va  $V$  nuqtalari orasidagi nisbiy balandlikni aniqlashda bir tomonli yoki ikki tomonli trigonometrik nivelirlash qo'llanadi. Birinchisida zenit masofa  $z_{ik}$  tomonni (chiziqni) faqat bir uchida o'lchanadi, ya'ni  $A$  yoki  $V$  nuqtasida; ikkinchisida  $A$  va  $V$  nuqtalarida bir-biriga teskari zenit masofalar  $z_{ik}$  va  $z_{ki}$  o'lchanadi, bunda ular odatda turli kunlarda o'lchanadi.

Quyidagi belgilarni qabul qilamiz:  $u_{12}$  va  $u_{21}$  -  $A$  va  $V$  nuqtalaridan o'tuvchi vertikal tekislikda yotuvchi va shu nuqtalardagi shovun chizig'ini og'ishi;  $z'_{12}$  va  $z'_{21}$  - punktlar markaziga keltirilgan  $A$  va  $V$  nuqtalardagi yorug'lik nuriga o'rinmalar va shovun chiziqlari orasidagi to'g'ri va teskari zenit masofalar;  $r_{12}$  va  $r_{21}$  - ushbu nuqtalardagi vertikal refraksiya burchaklari.

Shovun chizig'ining  $i - k$  yo'nalishidagi og'ish qiymatini quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi

$$u_{ik} = \xi_i \cos A_{ik} + \eta_i \sin A_{ik}, \quad (4.33)$$

bu yerda  $\xi$  va  $\eta$  - punktdagi meridian tekisligi va birinchi vertikalidagi shovun chizig'i og'ishini to'la qiymati  $u = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}$ ;  $A_{ik}$  -  $i - k$  yo'nalishi azimuti.

Vertikal refraksiya burchaklarining taqribiy qiymati quyidagi formuladan topiladi

$$r = \frac{C}{2}k = \frac{S_0\rho}{2R}k, \quad (4.34)$$

bu yerda  $S - A$  va  $V$  nuqtalardagi ellipsoidga normalar orasidagi burchak;  $k$  - yerning sindirish koeffitsienti bo'lib, uni yer ellipsoidi radiusi  $R$  ni yorug'lik nurining egrilik radiusi  $M$  ga nisbati deb tushiniladi, bunda nurning vertikal tekislikdagi traektoriyasi aylana yoyi deb olinadi (taqribiy).

### **Bir tomonlama trigonometrik nivelirlashda geodezik balandliklar farqini hisoblash**

Masalan, zenit masofa  $z_{12}$  faqat  $A$  punktida o'lchangan bo'lsin,  $V$  punktda esa o'lchanmagan bo'lsin (4.4-shakl). Shaklga asosan AVS uchburchakdan geodezik balandliklar ayirmasini hisoblash formulasi uchun yozamiz

$$\left. \begin{aligned} A &= 180^\circ - z_{12}^0; \\ B &= 180^\circ - (A + C) = z_{12}^0 - C, \end{aligned} \right\} \quad (4.35.1)$$

Bu yerda

$$z_{12}^0 = z'_{12} + r_{12} - u_{12}. \quad (4.35.2)$$

Zenit masofa  $z_{12}$  ni o'lchashda teodolit vertikal doirasining markazi  $A$  punktining markazidan "asbob balandligi"da ( $i_1$ ) joylashadi, qarash trubasi esa  $V$  punktiga, uni markazidan  $l_2$  balandlikda joylashgan nishonga qaratiladi. Shuning uchun punkt markaziga keltirilgan zenit masofa quyidagiga teng bo'ladi

$$z'_{12} = z_{12} + \frac{l_2 - i_1}{S}\rho, \quad (4.36)$$

bu yerda  $z_{12}$  - bevosita o'lchangan zenit masofa;  $S - A$  va  $V$  punktlari orasidagi masofa;  $\rho'' = 206265''$ .

Yuqoriagi (4.35) ifodani (4.29), (4.34) va (4.36) formularni hisobga olib quyidagicha yozamiz

$$z_{12}^0 = z_{12} + \frac{Sk_{12}}{2R}\rho - u_{12} + \frac{l_2 - i_1}{S}\rho. \quad (4.37)$$

Navbatda (4.37) formulani (4.35.1) formulalarga qo'yib va (4.29) formulani hisobga olib topamiz

$$\left. \begin{aligned} A &= 180^\circ - z_{12} - \frac{Sk_{12}}{2R}\rho + u_{12} - \frac{l_2 - i_1}{S}\rho; \\ B &= z_{12} + \frac{Sk_{12}}{2R}\rho - \frac{S}{R}\rho - u_{12} + \frac{l_2 - i_1}{S}\rho, \end{aligned} \right\} \quad (4.38)$$

(4.29) formuladagi  $S_0 = S$  deb qabul qilinsa, bunda hatto  $(H_1 + H_2)/2 = 2$  km va  $S = 10$  km bo'lganda ham,  $V$  burchagini hisoblash xatosi  $0,10''$  dan oshmaydi. Bunday kichik qiymatni hisobga olmay (4.29) formulalar asosida yozamiz

$$\frac{A - B}{2} = 90^\circ - z_{12} + S \frac{1 - k_{12}}{2R} \rho + u_{12} - \frac{l_2 - i_1}{S} \rho, \quad (4.39)$$

bundan topamiz

$$\operatorname{tg} \frac{A - B}{2} = \operatorname{ctg} \left( z_{12} - \frac{1 - k_{12}}{2R} S - \frac{u_{12}}{\rho} + \frac{l_2 - i_1}{S} \right). \quad (4.40)$$

Bu formuladagi tuzatmalar hadlarini juda kichikligini hisobga olib yozamiz

$$\operatorname{tg} \frac{A - B}{2} = \operatorname{ctg} z_{12} + \left( \frac{1 - k_{12}}{2R} S + \frac{u_{12}}{\rho} - \frac{l_2 - i_1}{S} \right) \operatorname{cosec}^2 z_{12}, \quad (4.41)$$

bu formulani  $S$  ga ko'paytirib geodezik balandliklar farqini hisoblash formulasini olamiz

$$H_2 - H_1 = S \operatorname{ctg} z_{12} + \left( \frac{1 - k_{12}}{2R} S^2 + \frac{u_{12}}{\rho} S - l_2 + i_1 \right) \operatorname{cosec}^2 z_{12}. \quad (4.42)$$

Geodezik tarmoqlarda zenit masofalar  $90^\circ$  dan anchaga farq qiladi. Agar  $87^\circ \leq z \leq 93^\circ$  bo'lsa yetarli aniqlikda  $\operatorname{cosec} z = 1$  ga deb qabul qilib bu hol uchun yuqoridagi formuladan yozamiz

$$H_2 - H_1 = S \operatorname{ctg} z_{12} + \frac{1 - k_{12}}{2R} S^2 + \frac{u_{12}}{\rho} S - (l_2 - i_1). \quad (4.43)$$

Bu formuladagi ikkinchi hadni quyidagicha belgilaymiz

$$v = \frac{1 - k_{12}}{2R} S^2 = E_R + E_r, \quad (4.44)$$

bu nisbiy balandlikka yigʻma tuzatma boʻlib yer egriligi uchun

$$E_R = S^2 / 2R \quad (4.45)$$

va refraksiya uchun

$$E_r = -k_{12} S^2 / 2R. \quad (4.46)$$

Yuqoridagi (4.43) formuladagi uchunchi hadni

$$E_u = u_{12} S / \rho \quad (4.47)$$

bilan belgilaymiz va u A punktidagi shovun chizigʻi ogʻishi uchun tuzatmani ifodalaydi.

Teskari nisbiy balandlik, yaʼni balandliklar farqi  $H_1 - H_2$  quyidagi formula boʻyicha topiladi

$$H_2 - H_1 = S \operatorname{ctg} z_{12} + \frac{1 - k_{12}}{2R} S^2 - \frac{u_{21}}{\rho} S - (l_1 - i_2). \quad (4.48)$$

Vizir nurining balandligi 6 m va undan yuqori boʻlganda erning sindirish koeffitsienti qiymati yozda, masalan, oʻrtacha  $k = 0,13$ ; ertalabki va kechqurungi havo izotermiyasida uni oʻrtacha qiymati  $k = 0,22$  ni tashkil qilganda nisbiy balandlikka yer egriligi va refraksiya uchun tuzatmalar  $E_R$  va  $E_r$  qiymatlari turli masofalar uchun quyidagi 4.2 jadvalda keltirilgan

4.2 jadval

| Tuzatmalar, m | Tomonlar uzunligi S , km |      |      |     |      |      |
|---------------|--------------------------|------|------|-----|------|------|
|               | 1                        | 3    | 5    | 10  | 15   | 20   |
| $E_R$         | 0,08                     | 0,71 | 1,96 | 7,8 | 17,6 | 31,4 |
| $E_r$         |                          |      |      |     |      |      |
| $k = 0,13$ da | 0,01                     | 0,09 | 0,25 | 1,0 | 2,3  | 4,1  |
| $k = 0,22$ da | 0,02                     | 0,15 | 0,42 | 1,7 | 3,9  | 6,9  |

Trigonometrik nivelirlashga punktlardagi shovun chizigʻi ogʻish burchagining oʻzgarishi ham katta taʼsir etadi. Bir tomonga nivelirlashda bunday xatoliklarni turli masofalar uchun qiymati quyidagi 4.3 jadvalda berilgan.

| Tuzatmalar, $E_u$<br>Og'ish, u m | Tomonlar uzunligi, km |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|
|                                  | 1                     | 3    | 5    | 10   | 15   | 20   |
| 3"                               | 0,01                  | 0,04 | 0,07 | 0,15 | 0,22 | 0,29 |
| 5                                | 0,02                  | 0,07 | 0,12 | 0,24 | 0,36 | 0,48 |
| 15                               | 0,07                  | 0,22 | 0,36 | 0,73 | 1,09 | 1,45 |
| 30                               | 0,15                  | 0,44 | 0,73 | 1,45 | 2,18 | 2,91 |

Yuqoridagi jadvallar ma'lumotlaridan ko'rinishicha er egriligi, refraksiya va shovun chizig'ining og'ishi trigonometrik nivelirlash aniqligiga jiddiy ta'sir etadi. Shuni hisobga olib aniq trigonometrik nivelirlashda, ayniqsa tomon uzunligi  $S$  katta bo'lganda, refraksiya va shovun chizig'ini og'ishi sinchiklab aniqlanishi va ular hisobga olinishi zarur.

#### Nazorat savollari.

1. Tekis va qisman notekis joylarda qanday nivelirlash usulida foydalaniladi?
2. Tog' va tog' oldi hududlarda nivelirlashning qaysi usulidan foydalaniladi?
3. Triganamerik nivelirlashning afzalligini tushintirib bering?
4. Bir tomonlama trigonometrik nivelirlashda geodezik balandliklar farqini hisoblash qanday amalga oshiriladi?

#### 4.7 Zamonaviy elektron raqamli nivelirlar

Keyingi yillarda yuqori aniqlikdagi nivelirlarlarning yangi turi – elektron raqamli nivelirlar ishlab chiqildi va ular ishlab chiqarishda keng qo'llanilmoqda. Bularga misol qilib Dini 11, Dini 21, Carl Zeiss (Germaniya), Dini 12, Dini12T, Dini22 Trimble (AQSH), DNA03, DNA10 Leica (Shveysariya) va boshq. raqamli nivelirlarni keltirish mumkin.

An'anaviy nivelirlardan raqamli nivelirlar elektronika bilan jihozlanganligi va maxsus ish dasturlari bilan ta'minlanganligi uchun farq qiladi. Bu esa dala o'lchash ishlarini va natijalarini ishlab chiqish jarayonlarini avtomatlashtirish imkonini beradi, jumladan:

- shtrix – kodli nivelir reyksi bo'yicha sanoq olishini avtomatik ravishda bajarishi;

- o'lchash natijalariga ko'rish trubasi vizir o'qining silindrik adalak o'qiga parallel emasligi(i burchagiga), hamda yer egriligi va refraksiya holatlari uchun tuzatmalarni avtomatik ravishda kiritish;

- nivelir bilan reyka orasidagi masofa 100m gacha bo'lganda gorizontal qo'yilishni 25mm gacha aniqlikda avtomatik o'lchash;

- o'lchash natijalarini avtomatik ravishda ichki yoki tashqi yodlash(xotira) moduliga yozish;

- nivelirlash elkalarini (nivelirdan orqa va oldingi reykalargacha masofalar) tengligi va nisbiy balandlik o'lchash natijasini avtomatik tekshirib borish;

- o'lchash natijalarini avtomatik ishlab chiqib, nuqtalar balandligini tabloga chiqarish;

- o'lchangan ma'lumotlarni yozib saqlash uchun PCMCIA kartasidan foydalanish;

- asbobni boshqarish jarayoni qulayligi, shuningdek, undan foydalanishni o'zlashtirib olish osonligi.

Dini 11 va Dini 21 raqamli nivelirlar bilan 1km yo'lni to'g'ri va teskari yo'nalishlarda invar reyka orqali 0,3mm aniqlikda, oddiy buklama reyka qo'llab esa 1mm aniqlikda o'lchash mumkin. Bekatda turib 2,5m dan 100m gacha masofadagi nuqtalar 4 daqiqa vaqtda o'lchanadi. Nivelirda o'rnatilgan kompensatorlarni ishlash chegarasi  $\pm 15''$  ga teng. Asbobda gorizontal doira o'rnatilgan bo'lib, uning bo'lak qiymati  $1''$  ni tashkil qiladi.

Nivelirda o'rnatilgan dastur alohida o'lchash, kayta o'lchash, o'rtadan va oldinga nivelirlash, rejalash ishlari va nivelir yo'llini tenglash kabi jarayonlarni bajarishini ta'minlaydi.

Reykadan olingan sanoqlarni nivelir xotirasiga yozib saqlash yoki asbob displeyi(ekrani)dan o'qib jurnalga yozish mumkin.

Oxirgi yillarda Dini rusumli raqamli nivelirlar Trimble firmasi tomonidan Din 12, Dini 12 T va Dini 22 nomlanib ishlab chiqarilmoqda (61 – shakl).



**4.6 – shakl. Dini 12 raqamli niveliri**

Trimble Dini avtomatik raqamli nivelirlar oddiy va unumli ishlar uchun mo'ljallangan bo'lib, ko'pincha balandlik asoslarini barpo etishda va injenerlik geodezik masalalarni echishda qo'llaniladi.

Trimble Dini raqamli nivelirlarni afzalligi:

- katta ekran;
- asbob bilan ishlashda boshqarishni osonligi;
- o'lchangan ma'lumotlarni yozib saqlash uchun RS kartalar;
- o'lchashlarni bajarishda vaqtni tejash;
- shtrix-kodli reykalarni tanlash imkonligi;

Yetarli aniqlikda masofani o'lchash qobiliyati nivelir yo'llarda oldi va orqa elkalarni tez muddatda tenglash imkonini beradi. Bu esa elkalarni maksimal uzunligini oshmasligi, shuningdek ishonchli natijalari bilan ta'minlashga va xatolar tarqalishini minimallashtirishiga sabab bo'ladi.

Ko‘pincha joyning sharoiti va boshqa to‘siqliklar tufayli nivelir reykalarning ko‘p qismini ko‘rish qiyin bo‘ladi, lekin Dini nivelirlar bilan o‘lchashlarni bajarish uchun faqat reykaning 30sm uzunligini ko‘rinishi kifoya qiladi.

Dini 12 va Dini 12T nivelirlari yuqori aniqlikda nisbiy balandliklar va masofalarni esa aniq elektron o‘lchashlar orqali bajarishga mo‘ljallangan. Invar reykalar bilan o‘lchashlarni bajarishda 1km ikkilangan nivelir yo‘lda o‘rta kvadratik xatosi bor yo‘g‘i 0,3mm ni tashkil qiladi, oddiy nivelir reykalar bilan ishlashda esa -1,0mm.

Dini 12T niveliri qo‘shimcha elektron gorizontal doira bilan jihozlangan. Ushbu nivelir bilan 3ta o‘lchashlar turi: nisbiy balandlik, masofa va gorizontal burchaklarni bajarish mumkin. Burchaklar 6" aniqligi bilan o‘lchanadi.

Dini 12 va Dini 12T nivelirlar yordamida nivelir yo‘llarni o‘tkazishda bevosita dalani o‘zida ham o‘lchash hamda tenglash ishlarini bajarish mumkin.

Dini 22 raqamli nivelir nisbiy balandliklarni o‘lchanadigan va nazorat qiladigan injenerlar uchun mo‘ljallangan. Ushbu nivelir bilan 1km ikkilangan nivelir yo‘li uchun o‘rta kvadratik xato buklanadigan reykalari bilan -1,3mm, invar reykalari bilan esa -0,7mm ni tashkil qiladi.

Dini raqamli nivelirlarni qo‘llash sohalari:

- nishabliklarni aniqlash va profillarni tuzish uchun tezkor nivelir yo‘llarni o‘tkazish;
- cho‘kish zonalarni s‘yomka qilish;
- temir yo‘llar bo‘ylab tezkor nivelir yo‘llarni o‘tkazish;
- avtomobil yo‘llarni nivelirlash;
- uzanli s‘emkalarni bajarish;
- yuzani nivelirlash.

Trimble Dini(AQSH) va DNA (Shveysariya) raqamli nivelirlarni texnik tavsiflari 4.4-jadvalda keltirilgan.



**4.7 – shakl. DNA 03 va Sokkia(SDL30) raqamli niveliri**

#### 4.4 – jadval

| Texnik tavsiflari                               | Dini 12                                                                                                               | Dini 22                               | DNA 03                | DNA 10          |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------|
| Oʻlchash aniqligi (elektron)                    |                                                                                                                       |                                       |                       |                 |
| 1. Nivelirlash:                                 |                                                                                                                       |                                       |                       |                 |
| 1 km yoʻlda oʻrta kvadratik xato                |                                                                                                                       |                                       |                       |                 |
| - shtrix kodli invar reykalarda                 | 0,3 mm                                                                                                                | 0,7mm                                 | 0,3 mm                | 0,9mm           |
| - buklanadigan reykalarda                       | 1,0 mm                                                                                                                | 1,3 mm                                | 1,0 mm                | 1,5mm           |
| 2. Masofa (elektron oʻlchashlar)                |                                                                                                                       |                                       |                       |                 |
| Nivelir rejimida (reykani 30 sm segmenti bilan) |                                                                                                                       |                                       |                       |                 |
| - shtrix-kodli invar reykalarda bilan           | 20 mm                                                                                                                 | 25 mm                                 |                       |                 |
| -buklanadigan reykalar bilan                    | 25 mm                                                                                                                 | 30 mm                                 |                       |                 |
| 3. Burchaklar                                   |                                                                                                                       |                                       |                       |                 |
| Tashqi belgilangan doira                        |                                                                                                                       |                                       |                       |                 |
| - sanoqlar                                      | 1°gacha                                                                                                               | 1°                                    |                       |                 |
| - baholash                                      | 0,1° gacha                                                                                                            | 0,1°                                  |                       |                 |
| Oʻlchash diapazoni                              | 1,5m-                                                                                                                 | 1,5m-                                 | 1,8m-                 | 1,8 – 110m      |
| Oʻlchash vaqti                                  | 3 sek                                                                                                                 | 3 sek                                 | 3 sek                 | 3 sek           |
| Koʻrish trubasining kattalashtirishi            | 32 <sup>x</sup>                                                                                                       | 26 <sup>x</sup>                       | 24 <sup>x</sup>       | 24 <sup>x</sup> |
| Kompensator ishlash diapazoni                   | 15'                                                                                                                   | 15'                                   | 15'                   | 15'             |
| Diapozon oʻrnatish aniqligi                     | 0,2"                                                                                                                  | 0,5"                                  | 0,2"                  | 0,5"            |
| Displey                                         | 21 simvoldan 4 qator, grafik kobiliyati                                                                               |                                       |                       |                 |
| Klaviatura                                      | 22 klavisha, kontekstli funksional klavishalar (menyu va dialoglar, muloqotlar)                                       |                                       |                       |                 |
| Oʻlchash dasturlari standartlari                | Bir necha oʻlchashlar, oraliq vizirlash bilan yoʻllarni oʻtkazish, yuza nivelirlash. Balandliklarni joyga koʻchirish. |                                       |                       |                 |
| Maʼlumotlarni yozish xotirasi                   | PCMCIA kartasi (SRAM)                                                                                                 | 2200 qator maʼlumot uchun oʻrnatilgan | PCMCIA kartasi (SRAM) |                 |
| Quvvatlash mansabi                              | NiMH batareya kompreksi: 6V, 1.1Ach zaryadlanadigan, zaryadlash va 1 soat                                             |                                       |                       |                 |
| Batareyaning ishlash vaqti                      | 3 kun                                                                                                                 | 1 hafta                               | 3 kun                 | 1 hafta         |
| Ishlash harorati                                | -20° S dan +50° S dan                                                                                                 |                                       |                       |                 |
| Vazni (faqat asbobning)                         | 3,5 kg                                                                                                                | 3,2 kg                                | 2,8 kg                | 2,8 kg          |

### **Nazorat savollari.**

1. Zamonaviy nivelirlar afzalligi?
2. Hozir kunda zamonaviy nivelirlar ishlab chiqaruvchi qaysi korhonalarni bilasiz?
3. Zamonaviy nivelirlar qaysi davlatlarda ishlab chiqarilmoqda?
4. An'anaviy nivelirlardan raqamli nivelirlar farqi?

## **5-BOB. GEODEZIK TARMOQLARNI TENGLASHTIRISH**

### **5.1 Geodezik tarmoqlarda dastlabki hisoblashlar**

Dastlabki hisoblashlarni yakuniy maqsadi geodezik tarmoqda o'lchangan, punktlar markaziga keltirilgan, qabul qilingan referens – ellipsoid sirtiga, hamda tekislikka Gauss – Kryuger proeksiyasida reduksiyalangan hamma qiymatlar jamlovchi jadvallarini tuzishdan iborat. Bulardan tashqari, yana eng muhim vazifalaridan biri, bu o'lchashlar natijalarini har tomonlama tahlil qilish va ularni mustaqil va bog'liqli shartli tenglamalar ozod hadlari bo'yicha nazorat qilishdir. Bunda ularga qo'yilgan texnik talablardan cheklanish aniqlansa tenglashni boshlashdan avval ular bartaraf etilishi kerak. Dastlabki hisoblashlarni birinchi bosqichida geodezik tarmoqning ishchi chizmasini tuzish, dala jurnallaridagi hisoblashlarni tekshirish, stansiyada o'lchangan va tenglangan qiymatlar jamlamasi (svodka) ni tuzish, uchburchaklarni dastlabki echish va ularni sferik ortiqchalarni hisoblash, markazlash reduksiya uchun tuzatmalarni hisoblash, tarmoqda o'lchangan qiymatlarni punktlar markaziga keltirish jamlama jadvallarini tuzish ishlari ko'zda tutiladi. Bulardan tashqari boshlang'ich punktlar koordinatalari va balandliklari jadvallari, Laplas punktlarida shovun chizig'ini og'ishi jadvallari, punktlar normal va geodezik balandliklari jadvallari, Laplas azimutlari va bazis tomonlari uzunligi jadvallari tuziladi.

Yer sirtidan ellipsoid sirtiga o'lchangan yo'nalishlar, azimutlar va tomonlar uzunligini reduksiyalash ellipsoid sirtiga normal bo'yicha amalga oshiriladi. O'lchangan yo'nalishlar va azimutlarga quyidagi tuzatmalar kiritiladi: shovun chizig'ini og'ishi uchun; kuzatilgan nishonlarni referens – ellipsoiddan balandligi uchun (1 - 2 klass triangulyasiyasida); ellipsoid normal kesimidan geodezik chiziqqa o'tish uchun (faqat 1 klass triangulyasiyasida). O'lchangan tomonlarni proeksiyalashda ularni referens – ellipsoiddan balandligi uchun tuzatma hisoblanadi.

Referens – ellipsoid sirtidan tekislikka Gauss – Kryuger proeksiyasida burchaklar va chiziqlar elementlarini reduksiyalashda, yo'nalishlar va azimutlarga geodezik chiziqlar egriligini tekislikda tasvirlash uchun tuzatmalar, o'lchangan tomonlar masshtabidagi xatolik uchun tuzatmalar hisoblanadi.

**Uchburchaklarni dastlabki yechish va sferik ortiqlikni hisoblash.** Triangulyasiyada uchburchaklarni dastlabki yechish markazlash va reduksiya xatolari uchun tuzatmalarni hisoblash, hamda sferik ortiqchalar va triangulyasiya punktlarining dastlabki koordinatalarini hisoblash uchun tomonlar uzunligini

aniqlash maqsadida bajariladi. Uchburchaklarni sinuslar teoremasi bo'yicha echiladi.(5.1)

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{c}{\sin C} = \frac{b}{\sin B} = q, \quad (5.1)$$

bundan  $a$  tomonni boshlang'ich deb kabul qilib, topiladi

$$b = q \sin B, \quad c = q \sin C. \quad (5.2)$$

Boshlang'ich tomon uchun bazis yoki chiqish tomonlari, hamda yuqori klass triangulyasiya tomoni yoki oldingi tenglangan tarmoq tomoni qabul qilinadi. Uchburchaklar har biri 1" gacha yaxlitlangan burchaklar qiymati bo'yicha yechiladi.

Bir vaqitda sferik ortiqchalar ham quyidagi formulalarni biri bo'yicha yechiladi

$$\varepsilon'' = f a \sin C = f a \sin B = f b \sin A,$$

bu yerda  $f = \rho / 2R_m^2$ ;  $R_m$  - geodezik tarmoq kengligidagi ellipsoid o'rtacha egrilik radiusi. 2 – 4 klass triangulyasiyasidagi hisoblashlarda  $S \leq 30$  km uchun  $f$  qiymati o'rtacha 0,00253, agarda uchburchaklar tomonlari va  $R_m$  qiymatlari km da ifodalangan bo'lsa. Trilateratsiyada har bir uchburchakda burchaklar hisoblanishi kerak. AVS uchburchakda o'lchangan  $a$ ,  $b$  va  $c$  tomonlar uzunligi orqali ularga qarshi joylashgan burchaklarni qiymatlari quyidagi formulalardan topilishi mumkin.

$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}; \quad (5.3)$$

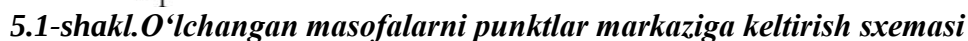
$$\cos B = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}; \quad (5.4)$$

$$\cos C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}. \quad (5.5)$$

**Yo'nalishlarga markazlash va reduksiya uchun tuzatmalarni hisoblash.**  
 $i$  punktda o'lchangan  $M_{ik}$  yo'nalishiga teodolitni markazlash xatosi uchun tuzatma  $c''_{ik}$  va ushbu punktning vizirlash nishoni reduksiyasi uchun tuzatma  $r''_{ki}$  oldin keltirilgan (5.6) va (5.7) formulalar bo'yicha hisoblanadi. Ularni qo'shimcha indeks bilan quyidagicha yozamiz

(5.6-5.7)

**Elektron dalnomerlar bilan o‘lchangan chiziqlarni punktlar markaziga keltirish.** Har bir o‘lchangan tomonni  $D' = ik$  har ikkala uchlarida qabul qiluvchi va uzatuvchi blok (boshqaruvchi stansiya) markazlash elementlari  $(e, \theta)$  va qaytargich (boshqariladigan stansiya) reduksiya elementlari  $(e_1, \theta_1)$  ni  $c_1$  va  $c_2$  punktlar markazlariga nisbatan aniqlanadi (5.1-shakl).


$$\left. \begin{aligned} \delta c &= -e \cos(M + \theta) + \frac{e^2 \sin^2(M + \theta)}{2D'_H - e \cos(M + \theta)}; \\ \delta r &= -e_1 \cos(M_1 + \theta_1) + \frac{e_1^2 \sin^2(M_1 + \theta_1)}{2D'_H - e_1 \cos(M_1 + \theta_1)}. \end{aligned} \right\} \quad (5.8)$$

108

$$\left. \begin{aligned} \delta c &= -e \cos(M + \theta); \\ \delta r &= -e_1 \cos(M_1 + \theta_1). \end{aligned} \right\} \quad (5.9)$$

Punktlar markaziga keltirilgan tomonlar uzunligini quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi

$$D_H = D'_H + \delta c + \delta r. \quad (5.10)$$

### **Nazorat savollari.**

1. Geodezik tarmoqlarda dastlabki hisoblashlar mohiyatini tushintirib bering?
2. Yer sirtidan ellipsoid sirtiga o'lchangan yo'nalishlar, azimutlar va tomonlar uzunligini reduksiyalash qanday amalga oshiriladi?
3. Punktlar markaziga keltirilgan tomonlar uzunligini qaysi formula bo'yicha aniqlanadi?

### **5.2 Geodezik tarmoqlarni korrelat usulida tenglashtirish**

Geodezik tarmoqlarni barpo etishda yangidan aniqlanadigan punktlarning koordinatalarini hisoblash uchun boshlang'ich punktlar koordinatasi, tomon uzunligi va azimutlari, hamda uchburchaklarning o'lchangan burchaklari va tomon uzunligining zaruriy soni (har bir uchburchakda ikkita burchak va ikkita tomon) ma'lum bo'lishi lozim. Bu holatda punktlar koordinatasi nazoratsiz, katta hatolik bilan aniqlanadi. Bunda xatoliklarni aniqlash, tuzatash hamda tarmoqning u yoki bu elementini aniqligini baholashning imkoni bo'lmaydi. Bu kamchiliklarni tuzatish hamda tarmoqni barpo etish aniqligini oshirish uchun unda gorizontalar burchaklarni, tomon uzunligini va tomon azimutlarni ortiqcha o'lchash deb ataluvchi katta hajmdagi o'lchashlar bajariladi.

Yuqori klassdagi tarmoq past klassdagi bilan zichlashtirilganda (to'ldirilganda) burchak, tomon uzunliklari va tomon azimutlarini ortiqcha o'lchashdan tashqari zichlashtirish to'rini tenglashtirganda o'zgartirishi mumkin bo'lmaydigan ortiqcha boshlang'ich ma'lumotlar ham paydo bo'ladi. Bunga yuqori klass tarmog'i punktlarining koordinatalari, tomon uzunligi va direksion burchaklari kiradi.

Geodezik tarmoqlarda ortiqcha o'lchangan miqdorlar va ortiqcha boshlang'ich ma'lumotlar bo'lganda ularda paydo bo'ladigan geometrik shartlar bo'yicha tenglashtirish zarurati tug'iladi. Geodezik tarmoqlarni odatda eng kichik kvadratlar usuli bo'yicha tenglashtiriladi, bunda

- 1) tarmoqdagi o'lchangan barcha miqdorlar (yo'nalishlar, azimutlar, tomonlar uzunligi va h.q.) mustaqil hisoblanadi;
- 2) o'lchash natijalarida sistematik xatolar yo'q;
- 3) o'lchashdagi tasofiy xatolar matematik kutilish nolga teng bo'lib, normal taqsimot qonuniga bo'ysunadi.

Har bir punktda burchak o'lchash natijalarining mustaqilligi, hamda priyomlarda azimutal aniqlashlar, aniq dastur bo'yicha priyomlar orasida limbni qayta o'rnatish bilan ta'minlanadi. Boshqa ikkita talab to'liq o'lchamda

bajarilmaydi. Shuning uchun geodezik tarmoqlarni tenglashtirish matematik nuqtai nazardan mukammal bo'lishi uchun dala ishlari bosqichidayoq ikkinchi va uchinchi talablarni bajarishga yo'nalgan barcha choralarni ko'rish lozim.

Aks holda geodezik tarmoqni tenglashtirishda eng kichik kvadratlar usuli normal foydalanilgan bo'ladi.

Geodezik tarmoqlarni eng kichik kvadratlar usuli bilan tenglashtirishining ikkita klassik usuli mavjud: korrelat va parametrik. Matematik nuqtaiy nazardan bu usullar ekvivalent bo'lib, tarmoqni tenglashtirilgan elementlarning bir xil qiymatlarini beradi. Ammo texnik-iqtisodiy nuqtasi nazardan bu usullar muayyan sharoitga bog'liq holda bir xil hisoblash vositalaridan foydalanganda ham baravar bo'lmasligi mumkin.

Masalan, o'lchami bo'yicha katta to'rlar yoki boshlang'ich punktlari va diagonal yo'nalishlari ko'p bo'lgan kichik to'rlarni EHMda korrelat usuliga qaraganda parametrik usulda tenglashtirish maqsadga muvofiq bo'ladi, chunki birinchi holatda tenglashtirish algoritmi ikkinchi holatga qaraganda oddiydir, hisoblash operatsiyalari esa bir xil, bu esa EHMda ishlashda juda muhim.

Korrelat usulida ko'plab mantiqiy (logik) operatsiyalar mavjud (shartli tenglamalarning turlari) ular sezirarli darajada EHM uchun dastur tuzishni murakkablashtiradi va tenglashtirishda katta vaqt va mehnatni talab etadi. Shuning uchun har bir muayyan holatda geodezik tarmoqlarni tenglashtirish usulin tanlashda geodezik tarmoq o'lchami va murakkabligi, hamda mavjud hisoblash vositalarini hisobga olgan holda ijodiy yondashiladi.

#### **Nazorat savollari.**

1. Geodezik tarmoqlarni eng kichik kvadratlar usuli bilan tenglashtirishining nechta klassik usuli mavjud?
2. Geodezik tarmoqlarni tenglashtirishda nimalar hisobga olinadi?
3. Geodezik tarmoqlarni korrelat usulida tenglashtirishning afzalligi?

### **5.3 Triangulyasiyada shartli tenglamalar soni**

Triangulyasiya tarmoqlari yo'nalishlar bo'yicha va burchaklar bo'yicha ham tenglashtiriladi. Eng kichik kvadratlar prinsipiga muvofiq tenglashtirishdan barcha o'lchangan miqdorlarga tuzatma aniqlash lozim. Yuqorida ta'kidlanganidek triangulyasiyada punktlarda kuzatish natijalari yo'nalishlar qatori ko'rinishida bo'ladi. Shuning uchun triangulyasiya va poligonometriya tarmoqlar yo'nalishlar bo'yicha tenglashtiriladi. Ammo amaliyotda ayrim hollarda yo'nalishlar o'rniga burchaklar tenglashtiriladi, ular yo'nalishlar farqidan topiladi va shuning uchun mustaqil bo'lmagan miqdorlar hisoblanadi. Tenglashtirish hisoblari jarayonida bu bog'liqlik hisobga olinmaydi, buning natijasida tarmoqni tenglashtirilgan elementlarida ayrim buzilishlar paydo bo'ladi, ayniqsa aniqlikni baholashda. Bu holatni o'ta aniq geodezik tarmoqlarni barpo etishda hisobga olish lozim.

Geodezik tarmoqlarni korrelata usuli bilan tenglashtirishida mustaqil shartli tenglamalar sonini va turini behato aniqlash ahamiyatga ega. Birorta ham mustaqil shartli tenglama o'tkazib yuborilmasligi kerak ortiqchalari kerak emas.

Umumiy holda geodezik tarmoqlarda mustaqil bo‘lmagan shartli tenglamalar soni undagi ortiqcha o‘lchashlar soni bilan boshlang‘ich punktlar koordinatalari yoki ular bo‘yicha hisoblanilgan boshlang‘ich (qattiq) tomonlarning uzunliklari va direksion burchaklari ko‘rinishida berilgan ortiqcha boshlang‘ich (qattiq) elementlar soni yig‘indisiga teng.

Faraz qilaylik, triangulyasiya qatori qurilishi bo‘yicha yaxlit bo‘lib, unda yopiq poligonlar hosil qiluvchi punktlar bilan to‘ldirilgan uchastkalar (derazalar) yo‘q; tarmoq koordinatalari berilgan bitta boshlang‘ich punktga ega; turning barcha punktlarida gorizont yo‘nalishlar mustaqil ravishda o‘lchangan, joyda triangulyasiya tarmog‘ining tegishli masshtabini beruvchi va orientirlovchi bevosita o‘lchangan bazis tomonlari va Laplas azimutlarining soni etarli.

Geodezik tarmoq faqat bitta boshlang‘ich punktga ega bo‘lib, kerakli miqdorda bazis tomonlar, azimutlar, gorizont yo‘nalishlar yoki to‘rni barcha tomonlarining uzunliklari o‘lchanilgan bo‘lsa, uni **nol-ozod geodezik tarmoq** deb atash qabul qilingan.

Ozod triangulyasiya tarmog‘ini  $\sum p v^2 = \min$  sharti ostida tenglashtirilganda to‘la bajarilishi lozim bo‘lgan quyidagi geometrik shartlar paydo bo‘lishi mumkin: shakllar sharti (uchburchaklar yoki ko‘p burchaklar), gorizont (burchaklar tenglashtirilganda), qutb, proeksiya, bazis va azimutlar (direksion burchak) shartlari.

Amaliyotda past klassda yangidan barpo etilayotgan tarmoq yuqori klassdagi geodezik tarmoqning tomoniga yoki punktlariga tayanadi. Bu holda yuqori klassdagi tarmoq boshlang‘ich punktlarning koordinatalari, boshlang‘ich tomon uzunligi va direksion burchaklari, yangidan barpo etilaetgan tarmoqni tenglashtirganda o‘zgarmas boshlang‘ich ma’lumotlar sifatida qabul qilinadi.

Shunday **ozod bo‘lmagan triangulyasiya tarmog‘ida** undagi o‘zgarmas deb qabul qilinadigan elementlar bilan birga (punktlar koordinatasi, yuqori klass tarmog‘i tomoning uzunligi va direksion burchagi) ozod tarmoqdagi kabi shartli tenglamalarning turlari paydo bo‘lishidan tashqari, koordinatlar (abssissa va ordinata) sharti paydo bo‘lishi mumkin.

Geodezik tarmoqlarni  $\sum p v^2 = \min$  sharti ostida tenglashtirganda tarmoqni barcha bevosita o‘lchangan miqdorlarga: gorizont yo‘nalishlar, tomonlar uzunligi azimutlari va x.q.lar, har bir o‘lchangan miqdorning vazni hisobga olinib tuzatmalar aniqlanadi. Ozod bo‘lmagan tarmoqlarda boshlang‘ich koordinatalarga, uzunliklarga va direksion burchaklarga tuzatmani nolga teng deb qabul qilinadi, ya’ni aniqlanmaydi.

Ozod va ozod bo‘lmagan triangulyasiya tarmoqlarida paydo bo‘ladigan shartli tenglamalarni quyida ko‘riladi.

**Shakl sharti.** Yopiq shaklda, uning barcha burchaklari o‘lchangan bo‘lsa, bu burchaklarning tenglashtirilgan nazariy qiymatlari yig‘indisi quyidagiga teng bo‘lishi lozim

$$\sum \beta = (n - 2)180^\circ, \quad (5.11)$$

bu yerda  $n$ - yopiq shaklni hosil qiluvchi, tomonlar soni.

Triangulyasiyani tenglashtirishni ikkita holatini farqlaymiz: birinchi xolatda, tarmoq burchaklar bo'yicha tenglashtiriladi, bunga burchaklar mustaqil deb hisoblanadi, va ikkinchi xolatda tarmoq yo'nalishlar bo'yicha tenglashtiriladi.

Uchburchakni 1,2 va 3 uchlaridagi bilan (5.2-rasm) tenglashtirilgan burchaklarini  $I, II, III$  raqamlar bilan, ularning o'lchangan qiymatlarini esa 1,2,3 raqamlar bilan belgilaymiz, tenglashtirishdan burchaklarga tuzatmalarni qavsga olingan arab raqamlari bilan belgilaymiz, ya'ni burchaklarni tenglashtirishda yozamiz

$$\begin{aligned} I &= 1 + (1) \\ II &= 2 + (2) \\ III &= 3 + (3). \end{aligned} \quad (5.12)$$

Har bir uchburchakda ikkita burchak zaruriy miqdor hisoblanadi, uchinchi esa ortiqcha.  $I + II + III = 180^\circ$  bo'lganligi sababli tarmoqni burchaklar bo'yicha tenglashtirganda shartli tenglamalar uchburchak uchun quyidagi qo'rinishda yoziladi

$$(1) + (2) + (3) + \omega = 0, \quad (5.13)$$

bu yerda ozod had

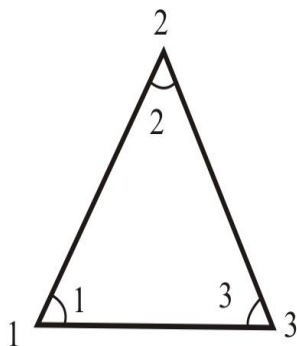
$$\omega = 1 + 2 + 3 - 180^\circ \quad (5.14)$$

Agar burchaklar ellipsoid yuzasida berilgan bo'lsa

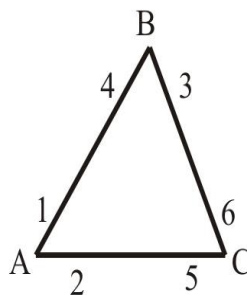
$$\omega = 1 + 2 + 3 - (180^\circ + \varepsilon), \quad (5.15)$$

bu yerda  $\varepsilon$  - uchburchakning sferik ortiqqligi

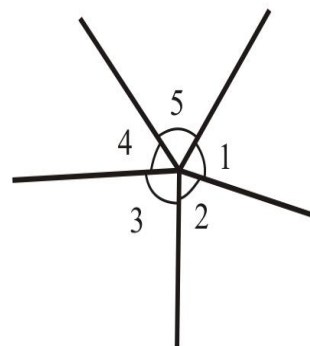
Yo'nalishni o'lchashda va tenglashtirishda har bir burchakni tegishli yo'nalishlar farqi bilan ifodalash lozim.



5.2-shakl. Burchaklari o'lchangan uchburchak



5.3-shakl. Yo'nalishlari o'lchangan uchburchak



5.4-shakl. Gorizont shartini hosil qiluvchi burchaklar

Har bir punktda yoʻnalishlarni soat mili yoʻnalishi boʻyicha nomerlash qabul qilingan.

Yoʻnalishlarni oʻlchab ularni tenglashtirishda AVS uchburchak uchun shakl shartli tenglamasi (5.2-shakl) quyidagi koʻrinishda yoziladi.

$$-(1)+(2)-(3)+(4)-(5)+(6)+\omega=0, \quad (5.16)$$

bu yerda

$$\omega=[2-1]+[4-3]+[6-5]-180^0. \quad (5.17)$$

**Gorizont sharti.** Agar punktda, masalan, markaziy sistema qutbida barcha yonma-yon joylashgan yoʻnalishlar orasidagi burchaklar oʻlchangan boʻlsa (5.4-shakl.), ularni tenglashtirilgan qiymatlarining yigʻindisi  $360^0$ ga teng boʻlish lozim. Gorizont sharti triangulyasiyani faqat burchaklar boʻyicha tenglashtirgan holatda paydo boʻladi.

Bu holda gorizont sharti quyidagi koʻrinishga ega boʻladi

$$(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+\omega=0, \quad (5.18)$$

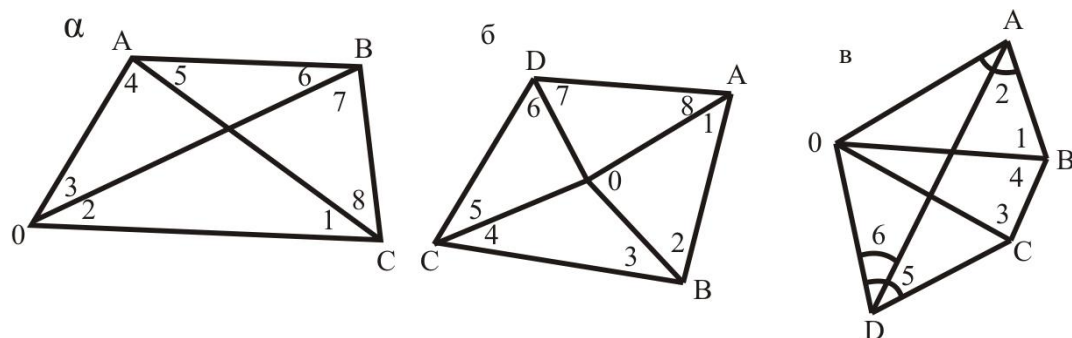
bu yerda

$$\omega=1+2+3+4+5-360^0. \quad (5.19)$$

Triangulyasiyani yoʻnalishlar boʻyicha tenglashtirishganda gorizont sharti paydo boʻlmaydi va tenglashtirishga kiritilmaydi, chunki bu holda gorizont shartini ozod hadlari hamma vaqt nolga teng.

Biroq r punktlarda yoʻnalishlar oʻlchanib, tarmoq burchaklar boʻyicha tenglashtirilsa, tenglamalar ozod hadlarining nol boʻlishiga qaramasdan gorizont shartini tuzish va hisobga olish zarur. Aks holda punktda tenglashtirilgan burchaklar yigʻindisi  $360^0$ ga teng boʻlmaydi.

**Qutb sharti.** Geodezik toʻrtburchakda va markaziy sistemada bitta tomon ortiqcha hisoblanadi. Shuning uchun bunday shakllarda qutb sharti paydo boʻladi, uning mohiyati quyidagicha boʻladi.



5.5-shakl. geodezik toʻrtburchak (a) va oʻlchangan burchaklari bilan markaziy sistema (b), (v)

Markaziy sistema (geodezik to'rtburchak)  $O$  qutbida shartli ravishda boshlang'ich deb qabul qilingan, masalan,  $OA$  tomon uzunligiga uchburchaklarni tenglashgan burchaklar (yo'nalishlari) bo'yicha ketma-ket yechish natijasida ikkinchi marta hisoblanilgan natijalari teng chiqishi lozim.

Bu talab uchburchak tomonlarning nisbati orqali ifodalanishi mumkin. Geodezik to'rtburchakda (5.5,a-shakl) qutb sifatida  $O$  nuqtani qabul qilamiz. Bunda qutb sharti quyidagi tenglik ko'rinishida yoziladi

$$\frac{OA \cdot OB \cdot OC}{OB \cdot OC \cdot OA} = 1. \quad (5.20)$$

Tomonlar nisbatini uchburchakni qarama-qarshi burchaklarini sinuslari nisbati bilan almashtirib, (5.20) tenglama o'rniga yozamiz

$$\frac{\sin VI \sin(I + VIII) \sin IV}{\sin(IV + V) \sin VII \sin I} = 1. \quad (5.21)$$

Markaziy sistema uchun (5.5,b-shakl) qutb sifatida  $O$  nuqtani qabul qilamiz va qutb shartini oldin uchburchak tomonlarini nisbati qo'rinishida yozamiz

$$\frac{OA \cdot OB \cdot OC \cdot OD}{OB \cdot OC \cdot OD \cdot OA} = 1,$$

so'ngra qarama-qarshi burchaklarni sinuslarining nisbati ko'rinishida yozamiz

$$\frac{\sin II \sin IV \sin VI \sin VIII}{\sin I \sin III \sin V \sin VII} = 1. \quad (5.22)$$

Oldingiga tenglashtirilgan  $X_i$  qiymatlarni o'lchangan  $x_i$  miqdorlar va  $v_i$  tuzatmalar yig'indisidan topishimiz mumkin

$$X_i = x_i + v_i. \quad (5.23)$$

$X_1, X_2, \dots, X_n$  – bog'lovchi miqdorlar shartli tenglamasini umumiy ko'rinishda yozamiz

$$F = (X_1, X_2, \dots, X_n) = 0. \quad (5.24)$$

$X_i$  miqdorlarni  $x_i$  va  $v_i$  yig'indilari bilan almashtiramiz. Shunda

$$F = (x_1, x_2, \dots, x_n) + \omega = 0, \quad (5.25)$$

bu yerda  $\omega$ -shartli tenglama bog'lanmasligi (ozod hadi).

(5.24) ifodani (5.23)ni hisobga olgan holda Teylor qatoriga yoyib birinchi tartibli kichiklar bilan chegaralanamiz. Natijada olamiz

$$F = (x_1 + v_1, x_2 + v_2, \dots, x_n + v_n) = F(x_1, x_2, \dots, x_n) + \frac{\partial F}{\partial x_1} v_1 + \dots + \frac{\partial F}{\partial x_n} v_n = 0$$

yoki

$$\sum \left( \frac{\partial F}{\partial x_i} \right) v_i + \omega = 0 \quad (5.26)$$

bu yerda

$$\omega = F(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (5.27)$$

(5.26) ifoda geodezik tarmoqlarni tenglashtirishida qabul qilingan kabi, chiziqli ko‘rinishiga keltirilgan shartli tenglamalarning umumiy ko‘rinishidan iborat bo‘ladi.

Geodezik to‘rtburchakda (5.5a-shaklga qarang) (5.21) qutb shartli tenglamasini chiziqli ko‘rinishiga keltirish uchun belgilaymiz

$$G' = \frac{\sin VI \sin(I + VIII) \sin IV}{\sin(IV + V) \sin VII \sin I},$$

(5.26) ifodaga muvofiq har bir o‘lchangan  $\beta$  burchak bo‘yicha  $G'$  dan xususiy hosila olamiz, so‘ngra har bir hosilani  $\sin \beta$  ga ko‘paytiramiz va bo‘lamiz. Natijada to‘rt burchaklar bo‘yicha tenglashtirish holati uchun olamiz

$$\begin{aligned} & \text{ctg}6(6) + \text{ctg}(1+8)(1) + \text{ctg}(1+8)(8) + \text{ctg}4(4) - \text{ctg}(4+5)(4) - \\ & - \text{ctg}(4+5)(5) - \text{ctg}7(7) - \text{ctg}1(1) + \omega = 0, \end{aligned} \quad (5.28)$$

bu yerda tenglamaning ozod hadi quyidagiga teng

$$\omega = \left( \frac{\sin 6 \sin(1+8) \sin 4}{\sin(4+5) \sin 7 \sin 1} - 1 \right) \rho'' = \left( \frac{\Pi_1}{\Pi_2} - 1 \right) \rho = \frac{\Pi_1 - \Pi_2}{\Pi_2} \rho'' . \quad (5.29)$$

Ushbu holda  $P_1$  va  $P_2$  -burchak sinusini surat va maxrajga ko‘paytmasi.

(5.28) ifodada bir xil tuzatmalarda o‘xshash xadlarni keltirishni bajarib, geodezik to‘rtburchakda qutb shartli tenglamasini yakuniy kurinishida yozamiz

$$\begin{aligned} & [\text{ctg}(1+8) - \text{ctg}1](1) + [\text{ctg}4 - \text{ctg}(4+5)](4) - \\ & - \text{ctg}(4+5)(5) + \text{ctg}6(6) - \text{ctg}7(7) + \text{ctg}(1+8)(8) + \omega = 0 \end{aligned} \quad (5.30)$$

Markaziy sistema uchun (5.5,b-shaklga qarang) (2.22) qutb shartli tenglamasi uni burchaklar bo‘yicha tenglashtirilganda quyidagi ko‘rinishida yoziladi

$$-ctg1(1) + ctg2(2) - ctg3(3) + ctg4(4) - ctg5(5) + ctg6(6) - ctg7(7) + ctg8(8) + \omega = 0, \quad (5.31)$$

bu yerda

$$\omega = \left( \frac{\sin 2 \sin 4 \sin 6 \sin 8}{\sin 1 \sin 3 \sin 5 \sin 7} - 1 \right) \rho = \frac{\Pi_1 - \Pi_2}{\Pi_2} \rho'' . \quad (18.22)$$

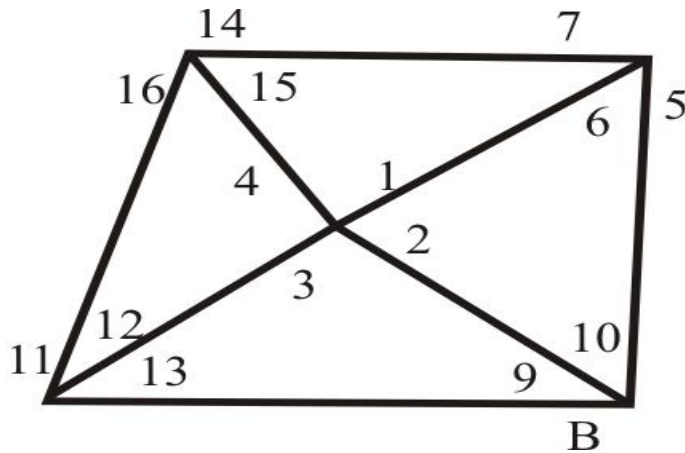
(5.28) va (5.31) qutb shartli tenglamalari triangulyasiyani burchaklar bo'yicha tenglashtirish holatiga to'g'ri keladi. Yo'nalishlar bo'yicha tenglashtirganda burchaklarga tuzatmalarni o'lchangan yo'nalishlarning tuzatmasi orqali ifodalash lozim. Masalan, agar  $\beta$  burchak 2 va 1 yo'nalishlar farqiga teng bo'lsa, ya'ni agar  $\beta = 2-1$ , unda tarmoqni burchaklar bo'yicha tenglashtirishda yozamiz:  $ctg\beta(\beta)$ , to'g'ri yo'nalishlar bo'yicha tenglashtirishda  $ctg(2-1)(1) + ctg(2-1)(2)$

Markaziy sistemani (5.6-rasm.) yo'nalishlar bo'yicha tenglashtirganda bir xil tuzatmalarda o'xshash hadlarni keltirgandan so'ng qutb shartli tenglamasi quyidagi ko'rinishida yoziladi.

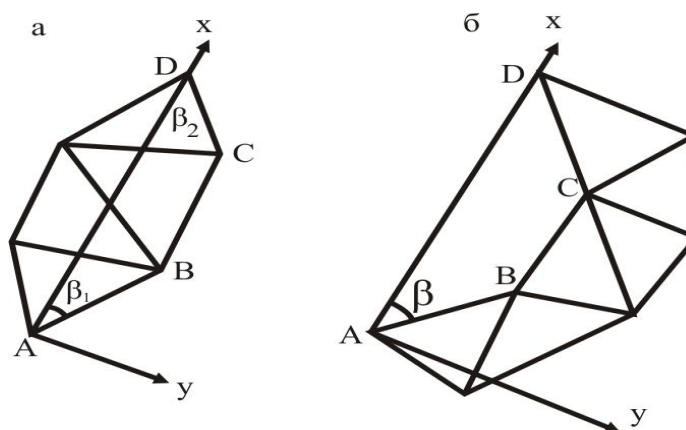
$$ctg(6-5)(5) - [ctg(6-5) + ctg(7-6)](6) + ctg(7-6)(7) + ctg(9-8)(8) + [ctg(10-9) - ctg(9-8)](9) - ctg(10-9)(10) + ctg(12-11)(11) - [ctg(13-12) + ctg(12-11)](12) + ctg(13-12)(13) + ctg(15-14)(14) - [ctg(15-14) + ctg(16-15)](15) + ctg(16-15)(16) + \omega = 0, \quad (5.33)$$

bu yerda

$$\omega = \left( \frac{\sin(10-9) \sin(13-12) \sin(16-15) \sin(7-6)}{\sin(6-5) \sin(9-8) \sin(12-11) \sin(15-14)} - 1 \right) \rho'' = \frac{\Pi_1 - \Pi_2}{\Pi_2} \rho'' . \quad (5.34)$$



5.6-shakl. O'lchangan yo'nalishlari bilan markaziy sistema



5.7-shakl. Proeksiya sharti kelib chiqadigan triangulyasiya tarmoqlari

Shuni ta'kidlash kerak, tarmoqni yo'nalishlar bo'yicha tenglashtirganda hohlagan shartli tenglama tuzatmasidagi koeffitsientlar yig'indisi nolga teng bo'lishi lozim, chunki burchaklar tuzatmasini yo'nalish tuzatmasiga almashtirishdan so'ng ularning koeffitsientlari bir marta musbat, ikkinchi marta esa ma'nfiy ishoraga ega bo'ladi. Yo'nalishlarini tenglashtirganda hisoblashlarni oraliq nazorat qilishda bu talabdan foydalaniladi.

**Proeksiya sharti.** Ular tarmoqda, yonma-yon joylashmagan uchburchaklar uchlarini birlashtiruvchi uzun diagonalga ega bo'lganda va unda bitta yoki ikki ortiqcha burchak o'lchanganda paydo bo'ladi (5.7-shakl).

Boshi A nuqtada bo'lgan yordamchi koordinatalar sistemasini kiritamiz; absissa o'qini AD diagonali bo'ylab, ordinata o'qini esa unga perpendikulyar yo'naltiramiz. Proeksiya shartining mohiyati shundan iboratki AVSDA yopiq konturda uni tomonlari uzunligini hohlagan yo'nalishga proeksiyasining yig'indisi nolga teng bo'lishi lozim. AD diagonal uzunligi noma'lum bo'lgani uchun, tomon uzunligini proeksiyalanadigan, u yo'nalishni A nuqtada AD tomonga perpendikulyar bilan birlashtiriladi. Oldin umumiy ko'rinishida proeksiya shartini yozamiz

$$\sum(\Delta y) + \omega = 0, \quad (5.35)$$

bu yerda

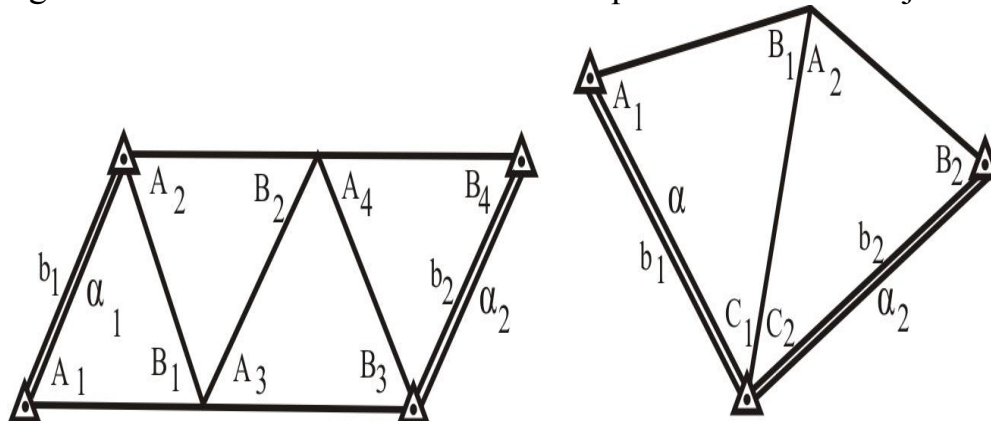
$$\omega = \Delta y'_{AB} + \Delta y'_{BC} + \Delta y'_{CD} + \Delta y'_{DA} = \sum \Delta y' \quad (5.36)$$

(5.35) ifodadagi  $(\Delta y)$  – Bosh nuqta A boshi bilan  $x, u$  shartli koordinata sistemasida hisoblanilgan  $\Delta y'$  orttirmaga topilgan tuzatma.  $\Delta y$  tuzatmani o'lchangan yo'nalishlarga (burchaklarga) tuzatma orqali ifodalab shartli tenglama yakuniy ko'rinishida olinadi.

Proeksiya sharti tarmoq aniqligini oshirishga olib kelmaydi; u faqat tenglashtirish hisoblari jarayonini murakkablashtiradi. Shuning uchun geodezik tarmoqlar loyihalashda ularda proeksiya shartini paydo bo'lmasligiga erishish kerak.

AVSDA shaklda (5.7,a-shakl) ikkita qo'shimcha  $\beta$  burchaklar o'lchangan. SHuning uchun unda ikkita qo'shimcha shartlar paydo bo'ladi: proeksiya va shakl sharti. Xuddi shunday shaklda (5.7,b -shakl) bitta qo'shimcha  $\beta$  burchak o'lchanganda qo'shimcha faqat proeksiya sharti paydo bo'ladi.

**Bazis sharti.** Tarmoq ortiqcha boshlang'ich tomonlar (bevosita o'lchangan yoki boshlang'ich punkt koordinatalari bo'yicha hisoblanilgan) bo'lganda paydo bo'ladi. Bazis shartini tuzayotganda qisqa yo'l bo'yicha  $v_1$  va  $v_2$  eng yaqin boshlang'ich tomonlarni birlashtiruvchi tarmoq uchburchaklar zanjiri belgilanadi.



5.8-shakl. Koordinatalari berilgan punktlar orasidagi uchburchaklar zanjiri

5.9-shakl Koordinatalari berilgan uchta boshlang'ich punkt mustahkam burchakiga punkt o'rnatish

$v_1$  boshlang'ich tomondan uchburchaklarning tenglashtirilgan burchaklari orqali hisoblanilgan  $v_2$  boshlang'ich tomon uzunligi uning berilgan qiymatiga teng bo'lishi lozim. Masalan, boshlang'ich punkt koordinatalari bo'yicha hisoblanilgan ikkita boshlang'ich (mustahkam)  $v_1$  va  $v_2$  tomonlar orasidagi (5.8-shakl) uchburchaklar zanjirida bazis sharti paydo bo'ladi va u quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi

$$b_1 = \frac{\sin A_1 \sin A_2 \sin A_3 \sin A_4}{\sin B_1 \sin B_2 \sin B_3 \sin B_4} - b_2 = 0. \quad (5.37)$$

Aytaylik  $A=A'+(A)$  va  $V=V'+(V)$ , bu yerda  $(A)$  va  $(V)$  -  $A'$  va  $V'$  o'lchangan burchaklarga tenglashtirishdan topilgan tuzatma (5.37) tenglamani chiziqli ko'rinishga keltirib, hosil qilamiz

$$\begin{aligned} & \frac{b'_2}{\rho} \operatorname{ctg} A'_1 (A_1) + \frac{b'_2}{\rho} \operatorname{ctg} A'_2 (A_2) + \frac{b'_2}{\rho} \operatorname{ctg} A'_3 (A_3) + \frac{b'_2}{\rho} \operatorname{ctg} A'_4 (A_4) - \frac{b'_2}{\rho} \operatorname{ctg} B'_1 (B_1) \\ & - \frac{b'_2}{\rho} \operatorname{ctg} B'_2 (B_2) - \frac{b'_2}{\rho} \operatorname{ctg} B'_3 (B_3) - \frac{b'_2}{\rho} \operatorname{ctg} B'_4 (B_4) + \omega = 0, \end{aligned} \quad (5.38)$$

bu yerda

$$\omega = b'_2 - b_2,$$

$$b'_2 = b_1 = \frac{\sin A'_1 \sin A'_2 \sin A'_3 \sin A'_4}{\sin B'_1 \sin B'_2 \sin B'_3 \sin B'_4} = b_1 \frac{P_1}{P_2} \quad (5.39)$$

Tuzatmalardagi koeffitsientlar birga yaqin qiymat bo'lishi uchun  $v_1$  va  $v_2$  tomon uzunliklari va  $\omega$  ozod had detsimetrda ifodalanadi, so'ng (5.38) ifodaning ikkala qismi  $\frac{\rho}{b_2}$  ga ko'paytiriladi. Unda bazis shartli tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi

$$\begin{aligned} & \operatorname{ctg} A'_1 (A_1) + \operatorname{ctg} A'_2 (A_2) + \operatorname{ctg} A'_3 (A_3) + \operatorname{ctg} A'_4 (A_4) - \operatorname{ctg} B'_1 (B_1) \\ & - \operatorname{ctg} B'_2 (B_2) - \operatorname{ctg} B'_3 (B_3) - \operatorname{ctg} B'_4 (B_4) + \frac{\rho}{b'_2} \omega = 0. \end{aligned} \quad (5.40)$$

Punktga mustahkam burchak quyilganda, uchta boshlang'ich punktlarni berilgan koordinatalari bilan (5.9-shakl) quyidagi bazis shartini (tomon sharti) olamiz

$$b_1 = \frac{\sin A_1 \sin A_2}{\sin B_1 \sin B_2} - b_2 = 0, \quad (5.41)$$

uni (5.40) tenglamaga o'xshashligi uchun quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\operatorname{ctg} A'_1 (A_1) + \operatorname{ctg} A'_2 (A_2) - \operatorname{ctg} B'_1 (B_1) - \operatorname{ctg} B'_2 (B_2) + \frac{\rho}{b'_2} \omega = 0, \quad (5.42)$$

bu yerda

$$\omega = b'_2 - b_2;$$

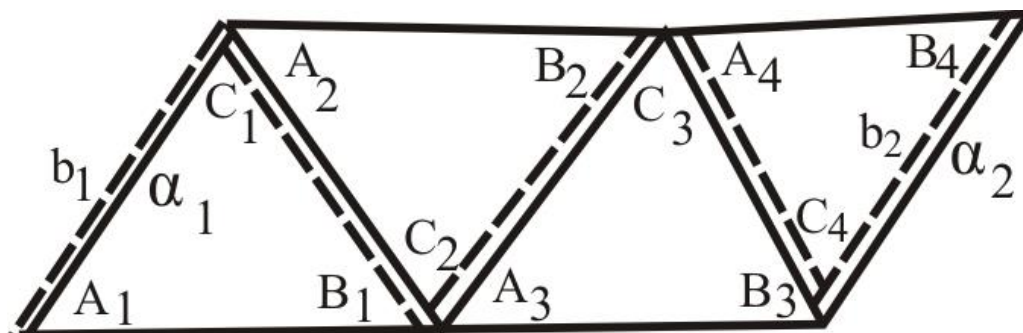
$$b'_2 = b_1 = \frac{\sin A'_1 \sin A'_2}{\sin B'_1 \sin B'_2} = b_1 \frac{P_1}{P_2}. \quad (5.43)$$

Bu holda bitta yoki ikkita boshlang'ich tomonlar  $v_1$  va  $v_2$  bevosita o'lchangan bo'lsa ularning uzunligiga tenglashtirishdan ( $v_1$ ) va ( $v_2$ ) tuzatmalar aniqlanadi, (5.40) bazis shartli tenglamasini ularga tegishli bo'lgan koeffitsientlar va bu tuzatmalar bilan to'ldirish lozim. Unda ikkita o'lchangan bazis  $v_1$  va  $v_2$  tomonlarga ega tarmoq uchun (5.10-shakl,) (5.40) o'rniga quyidagi ko'rinishdagi bazis shartli tenglamasini hosil qilamiz

$$\begin{aligned} & \operatorname{ctg} A'_1 (A_1) + \operatorname{ctg} A'_2 (A_2) + \operatorname{ctg} A'_3 (A_3) + \operatorname{ctg} A'_4 (A_4) - \operatorname{ctg} B'_1 (B_1) \\ & - \operatorname{ctg} B'_2 (B_2) - \operatorname{ctg} B'_3 (B_3) - \operatorname{ctg} B'_4 (B_4) + \frac{\rho}{b'_1} (b_1) - \frac{\rho}{b'_2} (b_2) + \frac{\rho}{b'_2} \omega = 0, \end{aligned} \quad (5.44)$$

bu yerda ozod had  $\omega$  (5.39) formulaga muvofiq hisoblanadi. Triangulyasiyani yo'nalishlar bo'yicha tenglashtirganda burchaklarga tuzatmalar yo'nalishlar tuzatmasi orqali ifodalanadi.

**Direksion burchak sharti tarmoq ortiqcha** boshlang'ich direksion burchaklar (bevosita o'lchangan va boshlang'ich punktlar koordinatasi bo'yicha hisoblanilgan) bo'lganda paydo bo'ladi. Direksion burchak shartini tuzayotgan paytda eng qisqa yo'l bo'yicha  $\alpha_1$  va  $\alpha_2$  boshlang'ich direksion burchaklarni birlashtiruvchi (5.8 va 5.10-shakllar) tarmoqdagi uchburchaklar zanjiri belgilanadi.



5.10-shakl. O'lchangan bazis va azimutlar orasidagi uchburchaklar zanjiri

Uchburchaklarning tenglashtirilgan burchaklari bo'yicha  $\alpha_1$  direksion burchakga nisbatan hisoblanilgan  $\alpha_2$  direksion burchak uning berilgan qiymatiga teng bo'lishi lozim. U holda  $\alpha_1$  va  $\alpha_2$  direksion burchaklar boshlang'ich punktlarning koordinatalari bilgan berilgan bo'lsa (5.8-shakl) ularning ( $\alpha_1$ ) va ( $\alpha_2$ ) tuzatmasi nolga teng bo'lishi kerak, ya'ni ushbu tenglik bajarilishi lozim

$$\alpha_2 = \alpha_1 - C_1 + C_2 - C_3 + C_4 \pm (n-1)180^\circ \quad (5.45)$$

bu yerda  $n$  - oraliq burchaklar uchi orqali o'tuvchi, uzatish chiziqlari (5.10-shakl punktir chiziq) bo'yicha direksion burchakni uzatishda qatnashuvchi  $S$  oraliq burchaklar soni.

Aytaylik  $S=S'+(S)$ , bu yerda  $(S)$ - o'lchangan  $S'$  burchaklarga tuzatmalar. Bu ifodani (5.45) tenglamaga qo'yib ko'rilayotgan (5.8-shakl) tarmoq uchun quyidagi direksion burchak shartli tenglamasini hosil qilamiz

$$-(C_1) + (C_2) - (C_3) + (C_4) + \omega = 0, \quad (5.46)$$

bu yerda  $\omega = \alpha'_2 - \alpha_2$  va

$$\alpha'_2 = \alpha_1 - C'_1 + C'_2 - C'_3 + C'_4 \pm (n-1)180^\circ. \quad (5.47)$$

Mustahkam burchakga punkt qo'yganda (5.9-shakl) direksion burchak sharti (burchak yig'indisi) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi

$$(C_1) + (C_2) + \omega = 0, \quad (5.48)$$

bu yerda

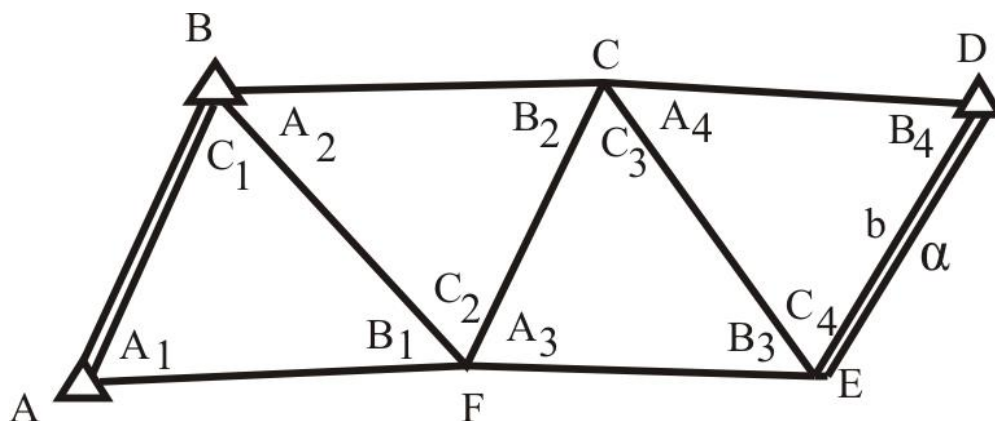
$$\omega = C'_1 + C'_2 - (\alpha_2 - \alpha_1). \quad (5.49)$$

Agar  $\alpha_1$  va  $\alpha_2$  direksion burchaklar uchburchaklar zanjiri oxirida bevosita o'lchashdan olingan bo'lsa va ularning qiymatiga ( $\alpha_1$ ) va ( $\alpha_2$ ) tuzatmalar to'rni tenglashtirishdan aniqlanadi, ammo ushbu holda direksion burchak sharti quyidagicha bo'ladi

$$-(C_1) + (C_2) - (C_3) + (C_4) + (\alpha_1) - (\alpha_2) + \omega = 0, \quad (5.50)$$

bu yerda  $\omega$  ozod had (5.47) formula bo'yicha hisoblanadi. Triangulyasiyani yo'nalishlar bo'yicha tenglashtirganda burchaklarga tuzatmani yo'nalish tuzatmasi orqali ifodalash lozim.

**Abssissalar va ordinatalar shartli tenglamasi.** Koordinatalar (abssissa va ordinata) shartli tenglamasi agar triangulyasiya tarmog'i bir-biridan kamida ikkita aniqlanuvchi tomonlar oralab joylashgan boshlang'ich punktlarni alohida guruhlar bo'lsa, paydo bo'ladi. Alohida guruhdagi boshlang'ich punktlar bitta shunday punktdan eki bir necha yonma-yon joylashgan punktlardan tashkil topgan bo'lishi mumkin. Masalan bitta guruhdagi boshlang'ich punktlar A va V ikkita yonma-yon joylashgan punktlar kiradi, boshqasiga esa birinchidan ikkita aniqlanuvchi VS va SD tomonlarga uzoqda joylashgan - bitta D boshlang'ich punkt (5.11-shakl).



5.11-shakl. Uchta boshlang'ich punktlar va o'lchangan tomon va azimut orasidagi uchburchaklar zanjiri

Tarmoq koordinatalar shartini tuzishda uchburchaklar oraliq burchaklari uchidan o'tuvchi uzatuvchi chiziq belgilanadi va turli guruhdagi boshlang'ich punktlarning yaqin punktlarini birlashtiruvchi uchburchaklar zanjiri belgilanadi. Tenglashtirilgan tarmoq quyidagi tengliklarga rioya qilinishi lozim

$$x_D = x_B + \sum_B^D \Delta x; \quad y_D = y_B + \sum_B^D \Delta y. \quad (5.51)$$

VFSED uzatuvchi chiziq bo'yicha uzatiladigan koordinataning tenglashtirilgan  $\Delta x$  va  $\Delta u$  ortirmasining qiymatini yig'indi kabi faraz qilamiz

$$\Delta x = \Delta x' + (\Delta x); \quad \Delta y = \Delta y' + (\Delta y). \quad (5.52)$$

bu yerda  $\Delta x'$  va  $\Delta y'$  - uchburchakdagi A', V', S' o'lchangan burchaklardan foydalanib hisoblangan koordinatalar ortirmalari,  $(\Delta x)$ ,  $(\Delta u)$  - to'rni tenglashtirishdan ularning qiymatiga topilgan tuzatmalar.

Koordinatalar shartini yakuniy ko'rinishda olish uchun koordinatalar ortirmalari  $(\Delta x)$  va  $(\Delta u)$  tuzatmasini uchburchakda o'lchangan burchaklarning (A),

(V), (S) tuzatmasi orqali ifodalash lozim. Bu o'zgartirishni bajarib, triangulyasiyani burchaklar bo'yicha tenglashtirish holati uchun quyidagini hosil qilamiz:

abssissa shartli tenglamasi

$$\sum (x_n - x) \operatorname{ctg} A(A) - \sum (x_n - x) \operatorname{ctg} B(B) - \sum (y_n - y)(\pm C) + 206,265 \omega_x = 0, \quad (5.53)$$

ordinata shartli tenglamasi

$$\sum (y_n - y) \operatorname{ctg} A(A) - \sum (y_n - y) \operatorname{ctg} B(B) + \sum (x_n - x)(\pm C) + 206,265 \omega_y = 0, \quad (5.54)$$

bu yerda

$$\omega_x = x'_n - x_n; \quad \omega_y = y'_n - y_n. \quad (5.55)$$

Bu tenglamalarda :  $x_n - x$  va  $y_n - y$  - uzatuvchi chiziq oxiridagi  $D$  punkt koordinatalari bilan (km-da), bu chiziq boshidagi  $V$  boshlang'ich punktni, hamda uzatuvchi chiziqdagi joriy punktlar koordinatalarining farqi;  $(A)$  va  $(V)$  - uchburchakning bog'lovchi  $A$  va  $V$  burchaklariga tuzatmalar, bunda o'lchangan  $V$  burchak boshlang'ich tomon qarshisida yotadi,  $A$  burchak esa-uchburchakni aniqlovchi tomon qarshisida yotadi;  $(S)$  - oraliq  $S$  burchakga tuzatma; bunda  $(S)$  tuzatma, agar  $S$  burchak uzatish chizig'idan chap tomonda joylashsa musbat qiymatga  $(+S)$  va undan o'ng tomonda joylashgan ma'nfiiy qiymat  $(-S)$  ega bo'ladi. Bunda  $V$  punktdan oxirgi  $D$  punktga bu chiziq bo'yicha yurilsa.  $\omega_x$  va  $\omega_y$  (metrda) ozod hadlar (5.55) formula bo'yicha o'lchangan burchaklar orqali hisoblangan koordinatalar  $x'_n$ ,  $y'_n$  bilan uzatuvchi chiziq oxirgi  $D$  punktning berilgan  $X, Y$  koordinatalarining farqlari sifatida topiladi.

#### **Nazorat savollari.**

1. Triangulyasiya tarmoqlari qanday tenglashtiriladi?
2. Geodezik tarmoqlarni barpo etishda nimalarni hisobga olish lozim?
3. Nol-ozod geodezik tarmoqqa ta'rif bering?
4. Ozod va ozod bo'lmagan triangulyasiya tarmoqlarida paydo bo'ladigan shartli tenglamalarni usullarini ayting?
5. Bazis sharti qanday amalga oshiriladi?
6. Abssissalar va ordinatalar shartli tenglamasini tushintiring?

#### **5.4 Geodezik tarmoqlarni parametrik usulda tenglashtirish**

##### **Tenglashtirish hisoblarining ketma-ketligi va aniqligini baholash:**

Geodezik ishlab chiqarishga EHM larni keng joriy qilinish tufayli geodezik to'rlarni parametrik usul bilan tenglashtirish eng qulay bo'ladi, chunki geodezik to'r puntlarida tuziladigan, chiziqli tuzatma tenglamalari bir xil ko'rinishga ega bo'ladi. Bu geodezik to'rlarni, triangulyasiya, trilateratsiya, chiziqli-burchakli, kombinatsiyalashgan va h.k., EHM da tenglashtirishning universal dasturini tuzish

imkonini beradi, Parametrik usulda tenglashtirish masalasi huddi shunday korrelat usulidagi kabi  $\sum pv^2 = \min$  shart ostida yechiladi.

Parametrik usulda tenglashtirish uchun quyidagi ketma-ketlikda tenglashtirish hisoblarini bajarish o‘rinlidir. Oldin imkon darajasida yuqori aniqlikda uchburchaklar yechiladi, bunda triangulalyasiya to‘rida tomonlar uzunligi, trilateratsiya to‘rida esa uchburchakning burchaklari topiladi. So‘ngra, huddi shunday yuqori aniqlikda, barcha aniqlanuvchi punktlarning koordinatalari hisoblanadi. Keyin olingan koordinatalardan foydalanib, to‘rning barcha tomonlar bo‘yicha teskari geodezik masala yechiladi va yuqori aniqlikda tomonlar uzunligi va direksion burchaklari topiladi, unda boshlang‘ich punktlar koordinatalaridan foydalaniladi. Hisoblashning keyingi bosqichida bevosita o‘lchangan miqdor uchun tuzatma tenglamalari tuziladi: gorizontali yo‘nalishlar, o‘lchangan azimutlar (direksion burchaklar), punktlar orasidagi o‘lchanilgan masafalar. Har bir o‘lchanilgan elementning vaznini umumiy holatda  $p = \frac{c}{m^2}$  ga teng deb qabul qilinadi. Vaznlarni hisobga olgan holda tuzatmalar tenglamasidan normal tenglamalar sistemasiga o‘tiladi, ularni echish orqali aniqlanuvchi punktlarning taqribiy koordinatalariga tuzatma topiladi. So‘ngra punktlarning tenglashtirishga koordinatalari hisoblanadi va tenglashtirish natijasiga dastlabki o‘lchangan miqdorlar tuzatmalar bilan to‘g‘rilanib, nazorat hisoblari bajariladi.

Turli xil o‘lchamlarga ega bo‘lgan geodezik tarmoqlarini tenglashtirishda (burchak, azimutlar, tomonlar uzunligi va h.k.) eng muhim va murakkab masalalarni biri tarmoqdagi barcha o‘lchangan miqdorlar vaznlarining aniq bog‘lanishini o‘rnatishdir. Umumiy holda o‘lchangan miqdorlarning vaznlari qo‘yidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$p = \frac{c}{m_j^2} = \frac{\mu^2}{m_j^2} \quad (5.56)$$

Bu yerda  $\mu$ -vazn birligining o‘rtacha kvadratik xatoligi:  $m_j$  -j-chi miqdorni o‘lchashning o‘rtacha kvadratik xatoligi.  $c = \mu^2$  doimiy, tanlash ma’lum darajada ixtiyoriydir va hisoblashning qulayligi bilan aniqlanadi.

$$\mu^2 = m_N^2 = \text{const} \quad (5.57)$$

deb qabul qilamiz, bu yerda  $m_N$  -o‘lchangan yo‘nalishning o‘rtacha kvadratik xatoligi, o‘lchangan yo‘nalishlar  $N$ , azimutlar  $\alpha$  va tomonlar  $s$  larning vaznlarini hisoblash uchun qo‘yidagi ifodani olamiz:

$$p_N = 1; \quad p_\alpha = \frac{m_N^2}{m_\alpha^2}; \quad p = \frac{m_N^2}{m_s^2}. \quad (5.58)$$

Geodezik tarmoqlarni tenglashtirish natijalarning bog‘lanuvchi ishonchliligi  $m_N^2, m_\alpha^2$  va  $m_s^2$ , empirik dispersiyalarning qay darajada ishonchliligiga o‘rnatilishga bog‘liqdir. Bunda quydagini inobatga olish zarurligi, ya’ni  $m$  o‘rtacha kvadratik xatolari, priyomdagi o‘lchash natijalarining ichki o‘xshashligi bo‘yicha emas, balki tasodifiy va takrorlanuvchi xatolarning birgalikdagi ta’sirini hisobga olgan holda aniqlash kerak. Xatolarni o‘ta ishonchli baholash shartli tenglamalarining ozod xadlari bo‘yicha olinadi. Triangulyasiya tarmoqlarida o‘lchangan yo‘nalishlarning o‘rta kvadratik xatosini uchburchaklarning yetarli  $n$  katta sonlarining  $\omega$  bog‘lanmasliklari bo‘yicha hisoblash mumkin

$$m_N = \frac{m}{\sqrt{2}}, \text{ bu yerda } m = \sqrt{\frac{\sum \omega^2}{3n}}. \quad (5.59)$$

Trilatiratsiya tarmog‘ida o‘lchangan tomonlarining o‘rta kvadratik xatosining o‘rta miqdori, markaziy sistema va geodezik to‘rtburchaklarining shartli tenglamalarining katta sonlarining ozod xadlari bo‘yicha aniqlaniladi.

$$m_s = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=k}^k \frac{\omega_i^2}{(\sum \lambda^2)_i}}, \quad (5.60)$$

bu yerda  $\omega_i$  va  $(\sum \lambda^2)$  - markaziy sistema va geodezik to‘rtburchak shartli tenglama koeffitsienti kvadratlarining yig‘indisi va tegishli ozod xadlar;  $k$ - $\omega_i$  ozod xadlarining soni.

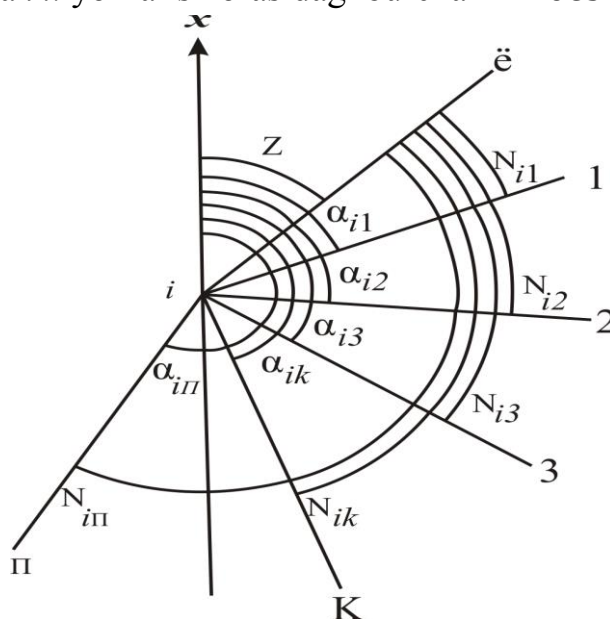
Astronomo-geodezik ishlarining amaliyoti ko‘rsatishicha, Laplas punktida azimutlarni aniqlash o‘rta kvadratik xatosi, o‘zaro teskari azimutlarning katta sonlari bo‘yicha hisoblanilgan real miqdoriga etarli ravishda yaqindir. Ularning aniqligini baholash priyomda o‘lchangan miqdorlarning natijalarining ayirmalari bo‘yicha bajariladi va uning real miqdori ( $\sim 1,1-1,2''$ ) ga nisbatan ancha kichik (2-3 marotaba) xatolik olinadi. Yana bir marta takidlash zarurki, geodezik to‘rlarni tenglashtirishda tuzatmani barcha bevosita o‘lchangan miqdorlarga aniqlash zarur: yo‘nalishlar azimutlar va tomonlar uzunligi, shu bilan birga ularning xaqiqiy vaznlarini hisobga olib, ularning aniqlashga juda jiddiy e’tibor berish zarur.

**Yo‘nalishlar shartli tenglamasi** Faraz qilaylik, geodezik tarmoqlar yuqorida keltirilgan tavsiyalarga muvofiq ( 5.61 qaraymiz). Barcha aniqlanuvchi

taqribiy koordinatalari  $x^0, y^0$  va teskari geodezik masalalar yechishda direksion burchaklar  $\alpha^0_{ik}$  va hamma tomonlar uzunligi  $S^0_{ik}$  hisoblanilgan.

$$\operatorname{tg} \alpha^0_{ik} = \frac{y^0_k - y^0_i}{x^0_k - x^0_i}; \quad S^0_{ik} = \frac{x^0_k - x^0_i}{\cos \alpha^0_{ik}} = \frac{y^0_k - y^0_i}{\sin \alpha^0_{ik}}. \quad (5.61)$$

Aytaylik,  $i$  raqamli punktda 1, 2, 3,..... $n$  punkt yo‘nalishlari o‘lchangan. (5.12-shakl).  $i$  nuqta orqali  $i x$ , yo‘nalish o‘tkazamiz, Gauss-Kryuger zona proeksiyasi o‘q meridianiga parallel ravishda, bu o‘qga nisbatan direksion burchak hisoblaniladi.  $iO$ , yo‘nalish o‘tkazamiz, limb nolinci diametriga mos tushuvchi, unga nisbatan punktdagi o‘lchangan yo‘nalish qiymati sanaladi. Limbning nolinci diametri  $iO$  yo‘nalishi va  $i x$  yo‘nalish orasidagi burchakni  $z$  deb belgilaymiz.



5.12-shakl. Gauss-Kryuger proeksiyasi zonasini o‘qiy meridianiga nisbatan punktda o‘lchangan yo‘nalishlarni orientirlash sxemasi

$z$  burchakni orientirlash burchagi deb ataymiz, madomiki u Gauss-Kryuger zona proeksiyasining o‘q meridianiga nisbatan punktda o‘lchangan yo‘nalishni orientirlayadi.

Punktda o‘lchangan istalgan  $ik$  yo‘nalish uchun qo‘ydagi belgilash kiritamiz  $\alpha^0_{ik}$  - punktlarning koordinatalari bo‘yicha hisoblangan direksion burchakning takribiy qiymati;

$\Delta \alpha_{ik}$  - tenglashtirish natijasida direksion burchakga topilgan tuzatma;

$\alpha_{ik} = \alpha^0_{ik} + \Delta \alpha_{ik}$  - tenglashtirilgan direksion burchak;

$N_{ik}$  - o‘lchangan yo‘nalishlar, limbni nolinci diametridan hisoblanadi;

$v_{ik}$  - tenglashtirish natijasida yo‘nalishga topilgan tuzatma;

$N_{ik} = N_{,ik} + v_{ik}$  - tenglashtirililgan yoʻnalish

$z_0$  - punktdagi orientirlash burchagiga topilgan taqribiy qiymat;

$\delta z_0$  - tenglashtirish natijasida orientirlash burchagiga topilgan tuzatma;

$z = z_0 + \delta z_0$  - tenglashtirilgan orientirlash burchagi.

Hisoblanilgan direksion burchak  $\alpha_{ik}^0$  va oʻlchangan yoʻnalish  $N_{ik}$  lardan foydalanib, orientirlash burchagining (yoʻnalishlar soni boʻyicha)  $n$  taqribiy qiymatini olamiz:

$$\begin{aligned} z_{i1} &= \alpha_{i1}^0 - N_{i1}; \\ z_{i2} &= \alpha_{i2}^0 - N_{i2}; \\ z_{in} &= \alpha_{in}^0 - N_{in}. \end{aligned} \quad (5.62)$$

Punktdagi orientirlash burchagi qiymatining oʻrtachasini topamiz:

$$z_0 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n z_{ik} \quad (5.63)$$

Quyidagi belgilashlardan foydalanib (5.12-shaklga qaraymiz) istalgan  $ik$  yoʻnalish uchun yozamiz

$$a_{ik} = a_{ik}^0 + \Delta a_{ik} = z_0 + \delta z_0 + N'_{ik} + v_{ik} \quad (5.64)$$

Bu yerda topamiz.

$$v_{ik} = -\delta z_0 + \Delta a_{ik} + a_{ik}^0 - N'_{ik} - z_0 \quad (5.65)$$

Anglash qiyin emas, yaʼni

$$\alpha_{ik}^0 - N'_{ik} - z_0 = z_{ik} - z_0,$$

belgilab

$$v_{ik} = z_{ik} - z_0 \quad (5.66)$$

yozamiz

$$V_{ik} = -\delta z_0 + \Delta\alpha_{ik} + l_{ik} \quad (5.67)$$

Punktda o'rta arifmetikqiymatdan og'ishi yig'indisi, hamda  $\sum l_{ik} = 0$  hamda  $\sum V_{ik} = 0$ , tenglikka rioya qilinishi kerak, bu hisoblashni nazorat qilishga xizmat qiladi.  $i$  va  $k$  punktlarining taqribiy koordinatalarining  $\Delta\alpha_{ik}$  tuzatmani  $\delta x$  va  $\delta y$  orqali ifodalaymiz.

$$\operatorname{tg} \alpha_{ik} = \frac{y_k - y_i}{x_k - x_i} \quad (5.68)$$

Ifodani differensiyalab hamma o'zgaruvchilar bo'yicha va differensiyalashdan orttirmalarga o'tib, quyidagini olamiz

$$\frac{\Delta\alpha_{ik}}{\rho \cos^2 \alpha_{ik}} = \frac{(x_k - x_i)(\delta y_k - \delta y_i) - (y_k - y_i)(\delta x_k - \delta x_i)}{(x_k - x_i)^2}. \quad (5.69)$$

$$\begin{aligned} (x_k - x_i) &= s \cos \alpha_{ik}; \\ (y_k - y_i) &= s \sin \alpha_{ik}; \end{aligned}$$

Hisobga olib, yozamiz.

$$\Delta\alpha_{ik} = -\rho \frac{\sin \alpha_{ik}}{s} \delta x_k + \rho \frac{\cos \alpha_{ik}}{s} \delta y_k + \rho \frac{\sin \alpha_{ik}}{s} \delta x_i - \rho \frac{\cos \alpha_{ik}}{s} \delta y_i$$

$\Delta\alpha_{ik}$  ni (5.70) ifodani qo'yib,  $i$ - $k$  yo'nalish uchun tuzatmalar tenglamasini olamiz:

$$v_{ik} = \delta z_0 + \rho \frac{\sin \alpha_{ik}^0}{s} \delta x_i - \rho \frac{\cos \alpha_{ik}^0}{s} \delta y_i - \rho \frac{\sin \alpha_{ik}^0}{s} \delta x_k + \rho \frac{\cos \alpha_{ik}^0}{s} \delta y_k + l_{ik} \quad (5.70)$$

(5.70) tuzatmalar tenglamasini qisqa ko'rinishda yozamiz:

$$v_{ik} = -\delta z_0 - a_{ik} \xi_i - b_{ik} \eta_i + a_{ik} \xi_k + b_{ik} \eta_k + l_{ik} \quad (5.71)$$

bu yerda,  $\delta z_0$  -  $i$  chi punktdagi  $z_0$  orientirlash burchagiga topilgan tuzatma;  $\xi_i, \eta_i, \xi_k, \eta_k$ , -  $i$  va  $k$  punktlarning  $x_i^0, y_i^0, x_k^0, y_k^0$  taqribiy koordinatalariga topilgan tuzatma (detsimetrda), ya'ni

$$\xi = 10\delta x; \quad \eta = 10\delta y; \quad (5.72)$$

$\delta x$  va  $\delta y$ - tuzatma metrda;  $\alpha_{ik}$  va  $b_{ik}$ - koefitsientlar;  $\ell_{ik}$ - tuzatmalar tenglamasining ozod hadi.

$a_{ik}$ , va  $b_{ik}$  koefitsientlar quyidagi ifodalar bilan hisoblaniladi

$$a_{ik} = -20,6265 \frac{\sin \alpha_{ik}^0}{s_{ik}}; \quad b_{ik} = 20,6265 \frac{\cos \alpha_{ik}^0}{s_{ik}}, \quad (5.73)$$

bu yerda,  $\alpha_{ik}^0$  - direksion burchak,  $s_{ik}$  -  $i$   $k$  tomon uzunligi, km. Hisoblashlar EXM larda bajarilganda yo‘nalishlarning tuzatmalar tenglamasi qo‘yidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$V_{ik} = -\delta Z_0 - 20626,5 \frac{\Delta y_{ik}}{\Delta x_{ik}^2 + \Delta y_{ik}^2} \xi_k - 20626,5 \frac{\Delta x_{ik}}{\Delta x_{ik}^2 + \Delta y_{ik}^2} \eta_i + 20626,5 \frac{\Delta y_{ik}}{\Delta x_{ik}^2 + \Delta y_{ik}^2} \xi_i + \\ + 20626,5 \frac{\Delta x_{ik}}{\Delta x_{ik}^2 + \Delta y_{ik}^2} \eta_k + l_{ik}, \quad (5.74)$$

bu yerda  $\Delta x_{ik} = x_i^0 - x_k^0$  va  $\Delta y_{ik} = y_k^0 - y_i^0$ -koordinata orttirmasi  $m$ ;  $\xi$  va  $\eta$ - tuzatma  $dm$ .

Tuzatmalar tenglamasining ozod xadi  $l_{ik}$  quyidagi ifoda bo‘yicha hisoblaniladi.

$$l_{ik} = z_{ik} - z_0 \quad \text{yoki} \quad l_{ik} = \alpha_{ik}^0 - R_{ik}^0 \quad (5.75)$$

Bu yerda  $\alpha_{ik}^0$  - direksion burchak, taqribiy koordinata bo‘yicha hisoblanilgan;  $R_{ik}^0$  - taqribiy orientirlangan yo‘nalish:

$$R_{ik}^0 = N'_{ik} + z_0 \quad (5.76)$$

$N'_{ik}$ -o‘lchangan yo‘nalishning qiymati;  $z_0$ - $i$ -chi punktdagi orientirlash burchaklarning o‘rtachasi.

$k$ - $i$  teskari yo‘nalish uchun tuzatma tenglamasi, ya’ni  $k$  aniqlanuvchi punktdan  $i$  aniqlanuvchi punktga quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi.

$$v_{ik} = -\delta z_0 - \alpha_{ki} \xi_k - b_{ki} \eta_k + \alpha_{ki} \xi_i + b_{ki} \eta_i + l_{ki}, \quad (5.77)$$

(5.74) va (5.77) tuzatmalar tenglamasida, o‘zaro teskari yo‘nalishlar uchun tuzilgan, bir ismli noma’lumlarda  $\xi$  va  $\eta$  koefitsientlar ishorasi va miqdori bo‘yicha

juftlik bir xilda ya'ni  $a_{ik} = a_{ki}$  va  $b_{ik} = b_{ki}$ , hisoblarni nazorat qilish uchun xizmat qiladi.

Xususiyl holda, tomon oxirida bitta yoki ikkita punkt boshlang'ich bo'lsa ( $\xi$  va  $\eta$  tuzatma nolga teng), (5.74) tuzatma tenglamasi oddiy ko'rinishga ega.

Agar yo'nalishlar o'lchangan bo'lasa:

boshlang'ich punkt  $i$  dan aniqlanuvchi punkt  $k$  ga

$$v_{ik} = -\delta z_0 + \alpha_{ik}\xi_k + b_{ik}\eta_k + l_{ik}; \quad (5.78)$$

aniqlanuvchi  $i$  punktdan  $k$  boshlang'ich punkt  $k$  ga

$$v_{ik} = -\delta z_0 + \alpha_{ik}\xi_i + b_{ik}\eta_i + l_{ik};$$

aniqlanuvchi  $i$  punktdan  $k$  boshlang'ich punkt  $k$  ga.

$$v_{ik} = -\delta z_0 + l_{ik}. \quad (5.79)$$

Tuzatmalar tenglamasi tarmoqdagi hamma o'lchanilgan yo'nalishlar uchun tuzatiladi. Tuzatmalar tenglamasini tuzish – tenglashtirishda hisoblashning eng muhim qismidir. Tenglamalarni tuzishda yo'l qo'yilgan xatolar faqatgina triangulyasiyani hisoblashning yakunida ma'lum bo'ladi, shuning uchun  $a_{ik}$  va  $b_{ik}$  koefitsientlarni va  $l_{ik}$  ozod xadlarni aniqlash va nazorat hisoblari bilan tekshirilishi zarur.

**Direksion burchak tuzatma tenglamasi** Gauss-Kryuger proeksiyasi tekislikda geodeziya tarmoqlarini tenglashtirishda Laplas azimuthlaridan yo'nalishlarining direksion burchagiga o'tiladi va ularni mustaqil o'lchangan miqdor sifatida qabul qilinadi ulardan tarmoqlarini tenglashtirishdan o'lchangan yo'nalishlarni tuzatmalari topiladi.

Direksion burchak shartli tenglamasi yo'nalishlar shartli tenglamasidan shunisi bilan farq qiladiki ularda orientirlar burchagiga tuzatma topilmaydi. U quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$v_{ik} = -a_{ik}\xi_i - b_{ik}\eta_i + a_{ik}\xi_k + b_{ik}\eta_k + l_{ik} \quad (5.80)$$

$a_{ik}$  va  $b_{ik}$  koefitsientlar ifodalar bo'yicha hisoblaniladi, ozod xad esa ayirmadan topiladi:

$$l_{ik} = \alpha_{ik}^0 - \alpha'_{ik},$$

bu yerda  $\alpha_{ik}^0$  - taqribiy koordinatalar bo'yicha hisoblangan,  $\alpha'_{ik}$  - esa direksion burchakning o'lchangan qiymati.

#### **Nazorat savollari.**

1. Geodezik tarmoqlarni parametrik usulda tenglashtirish mohiyati?
2. Parametrik usulda tenglashtirish masalasi qanday yechiladi?
3. Yo'nalishlar shartli tenglamasi mohiyatini tushintiring?
4. Gauss-Kryuger proeksiyasi zonasini o'qiy meridianiga nisbatan punktda o'lchangan yo'nalishlarni orientirlash sxemasi tushintiring?
5. Direksion burchak shartli tenglamasi yo'nalishlar shartli tenglamasidan qanday farq qiladi?
6. Laplas azimutlaridan yo'nalishlarining direksion burchagiga qanday o'tiladi?

#### **5.5 O'lchangan tomon tuzatmalar tenglamasi.**

Geodezik tarmoqlarda bazislar va hudud shunday (yuqori aniqlikda) boshqa tomonlar o'lchanishi mumkin, masalan, trilateratsiya tarmog'i va poligonometriyada. Tekislikka reduksiyalangan hamma tomonlar tenglashtirishdan tuzatmalar aniqlaniladi, shuning bilan barcha o'lchashlarning vaznlarini hisobga olib, o'lchangan tomonlardan foydalanib, burchaklar yechiladi va so'ngra imkoni boricha yuqori aniqlikda punktlarning taqribiy koordinatalari hisoblaniladi. Teskari masala yechishdan bu koordinatalarga muvofiq hamma tomonlarning  $S_{ik}^0$  uzunligi topiladi.

$$S_{ik}^0 = \sqrt{\Delta x_{ik}^2 + \Delta y_{ik}^2} = \frac{\Delta x_{ik}}{\cos \alpha_{ik}^0} = \frac{\Delta y_{ik}}{\sin \alpha_{ik}^0}$$

$S'_{ik}$  - Gauss- Kryuger proeksiyasi tekisligiga reduksiyalangan va o'lchashdan olingan tomonlar uzunligi bo'lsin,  $v_{ik}$  - tenglashtirishdan olingan tuzatma;  $S_{ik}^0$  - punktlarning taqribiy koordinatasi bo'yicha hisoblanilgan, shu tomonlarning uzunligi,  $\delta S_{ik}$  - uning qiymati natijasida topilgan tenglashtirishdan topilgan tuzatma. Bu holda tarmoqni tenglashtirish natijasida olingan  $S_{ik}$  - tomonlar uzunligi, ikki marta aniqlash mumkin:

$$S_{ik} = S'_{ik} + v_{ik} = S_{ik}^0 + \delta S_{ik} \quad (5.81)$$

(5.81) tenglikdan o'lgan tomonlar tuzatmalarining boshlang'ich tenglamasi chiqadi.

$$v_{ik} = \delta s_{ik} + s_{ik}^0 - s_{ik}' , \quad (5.82)$$

yoki

$$v_{ik} = \delta s_{ik} + l_{ik} , \quad (5.83)$$

bu yerda tuzatmalar tenglamasining ozod xadi quyidagiga teng

$$l_{ik} = s_{ik}^0 - s_{ik}' \quad (5.84)$$

$\delta s_{ik}$  - tuzatmani punktlar  $x^0; y^0$  taqribiy koordinatalarining  $\delta x, \delta y$  tuzatmalari orqali ifodalab, ular orasidagi tomon uzunligini yozamiz

$$s_{ik}^0^2 = (x_k^0 - x_i^0)^2 + (y_k^0 - y_i^0)^2 .$$

Bu tenglamaning chap va o'ng tomonini hamma o'zgaruvchilari bo'yicha differensiallab, quyidagini olamiz

$$2s_{ik}^0 ds_{ik} = 2(x_k^0 - x_i^0)(dx_k - dx_i) + 2(y_k^0 - y_i^0)(dy_k - dy_i) .$$

Tenglamani ikki tomonini  $2s_{ik}^0$  ga bo'lib va oxirgi orttirmalarga o'tib quyidagini olamiz

$$\delta s_{ik} = -\frac{x_k^0 - x_i^0}{s_{ik}^0} \delta x_i - \frac{y_k^0 - y_i^0}{s_{ik}^0} \delta y_i + \frac{x_k^0 - x_i^0}{s_{ik}^0} \delta x_k + \frac{y_k^0 - y_i^0}{s_{ik}^0} \delta y_k . \quad (5.85)$$

va quyidacha belgilaymiz

$$c_{ik} = \frac{x_k^0 - x_i^0}{s_{ik}^0} = \cos \alpha_{ik}^0 ; \quad d_{ik} = \frac{y_k^0 - y_i^0}{s_{ik}^0} = \sin \alpha_{ik}^0 \quad (5.86)$$

(5.85) ifodani (5.83) ga qo'yib, (5.86) da qabul qilingan belgilashni inobatga olib tomonlar tuzatmalarini tenglamasini quyidagicha yozamiz

$$v_{ik} = -c_{ik} \delta x_i - d_{ik} \delta y_i + c_{ik} \delta x_k + d_{ik} \delta y_k + l_{ik} . \quad (5.87)$$

Tuzatmalarni hisoblash qulayligi uchun koordinatalar detsimetrda ifodalanadi, ya'ni quyidagiga teng.

$$\xi = 10\delta x ; \eta = 10\delta y \quad (5.88)$$

bu yerda  $\delta x, \delta y - X, Y$  kooordinatalarga topilgan tuzatmalar (*metrda*).  $l_{ik}$  ozod had u ham detsimetrda ifodalanadi.

(5.88) tuzatmalar tenglamasini hisobga olib, (5.87) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin.

$$v_{ik} = -c_{ik}\xi_i - d_{ik}\eta_i + c_{ik}\xi_k + d_{ik}\eta_k + l_{ik} \quad (5.89)$$

(5.89) tuzatmalar tenglamasi umumiy holga muvofiq bo'ladi, agar  $s$  tomon aniqlanuvchi puntlar orasida o'lchangan bo'lsa xususiy holda (5.89) tenglama oddiy ko'rinishga keladi, agar tomon boshlang'ich punkt  $i (\xi_i = \eta_i = 0)$  va aniqlanayotgan punkt  $k$  orasida o'lchangan bo'lsa

$$v_{ik} = c_{ik}\xi_k + d_{ik}\eta_k + l_{ik}; \quad (5.90)$$

aniqlanuvchi  $i$  punkt va boshlang'ich  $k$  punkt orasida

$$v_{ik} = -c_{ik}\xi_i - d_{ik}\eta_i + l_{ik}; \quad (5.91)$$

$i$  va  $k$  boshlang'ich punktlar orasida

$$v_{ik} = l_{ik}. \quad (5.92)$$

#### **Nazorat savollari.**

1. Geodezik tarmoqlarning vazifalarini aytib bering?
2. O'lchangan tomonlar tuzatmalarining boshlang'ich tenglamasi formulasini ayting?
3. Tuzatmalarni hisoblash qulayligi uchun koordinatalar qanday birlikda ifodalanadi?

#### **5.6 Tarmoqning tenglashtirilgan elementlarini hisoblash va aniqligini baholash**

Faraz qilamiz, ya'ni hisoblashning oldingi bosqichda to'rdagi barcha o'lchanilgan miqdorlar uchun tuzatmalar tenglamasi tuziladi: gorizontal yo'nalishlar, direksion burchaklar, tomonlar uzunligi va har bir  $i$  – tenglama  $P_i$

vazni (o'lchangan miqdorlar) ma'lum. Aytaylik  $A$ -tuzatma tenglamasi ko'effitsientlarining to'g'ri burchakli matritsasi, unga punktda o'lchangan burchaklari bilan yig'indi tenglamasi ham kiritilgan;  $X$ -aniqlanuvchi punktlarning taqribiy koordinatalariga  $\xi_i$  va  $\eta_i$  tuzatmaning vektor ustun;  $l$  - tuzatma tenglamasi,  $l_i$ -ozod xadlarining vektor ustuni;  $R$ -tuzatma tenglamasi  $P_i$ -vaznlarning diogonal matritsasi. Bu belgilashlardan foydalanib, barcha tuzatma tenglamalarini matritsa shaklida yozamiz

$$AX + l = V. \quad (5.93)$$

(5.93) tuzatma tenglamasidan, ularni vaznlarini hisobga olib normal tenglamalar sistemasiga o'tamiz

$$NX + L = 0, \quad (5.94)$$

bu yerda

$$N = A^T P A, \quad (5.95)$$

$$L = A^T P l. \quad (5.96)$$

$N$ - normal tenglama ko'effitsientlarning simmetrik matritsasi;  $A^T - A$  - transportirlangan matritsasi;  $R$ -tuzatma tenglama vaznlarining diogonal matritsasi;  $L$  - normal tenglama ozod xadlarining vektor ustuni.

Har bir yig'indi (5.94) tenglamasi  $N^{-1}$  matritsaning chap tomoniga ko'paytirib normal tenglama ko'effitsientlarining  $N$  teskari matritsasiga, koordinataga izlanayotgan tuzatmaning  $X$  vektorini topamiz.

$$X = -N^{-1}L = -QL$$

bu yerda  $Q$  -vazn ko'effitsientlarining matritsasi:

$$N^{-1} = Q = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} & \dots & Q_{1m} \\ Q_{21} & Q_{22} & \dots & Q_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Q_{m1} & Q_{m2} & \dots & Q_{mm} \end{pmatrix},$$

bunda  $m$ -aniqlanuvchi punktlarining ikkilangan soniga teng bo'lgan, koordinatalarga topilgan,  $\xi_i$ ,  $\eta_i$  tuzatmalar soni.

Tuzatma tenglasining  $\xi_i$  va  $\eta_i$  (dm da) punktlar koordinatalarining tenglashtirilgan qiymatlarini hisoblaymiz:

$$\begin{aligned}x_i &= x'_i + \delta x_i = x'_i + 0.10\xi_i; \\y_i &= y'_i + \delta y_i = y'_i + 0.10\eta_i.\end{aligned}\tag{5.97.a}$$

(5.97.a) formula bo'yicha hisoblanilgan punktlarning koordinatalari nazoratsiz aniqlanilgan. O'lchanilgan miqdorlarning tenglashtirilgan qiymatlarini olish va nazorat qilish uchun quyidagi tarzda bajariladi.  $\xi_i$  va  $\eta_i$  tuzatma normal tenglama sistemasini topilganlarni (5.88), (5.71), (5.81), (5.89) tegishli tuzatma tenglamasiga qo'yiladi va  $\delta x_0$ ,  $V_{N(ik)}$ ,  $V_{\alpha(ik)}$ ,  $V_{S(ik)}$  tuzatmalarni o'zining qiymatlari topiladi. O'lchangan miqdorlarga tuzatmalar kiritilib, ularning tenglashtirilgan qiymatlari olinadi:

$$\begin{aligned}N_{ik} &= N'_{ik} + V_{N(ik)}; \\ \alpha_{ik} &= \alpha'_{ik} + V_{\alpha(ik)}; \\ S_{ik} &= S'_{ik} + V_{S(ik)}.\end{aligned}\tag{5.97.b}$$

Yo'nalishlar, direksion burchaklar va tomonlar uzunligining tenglashtirilgan qiymatlaridan foydalanib, uchburchaklarni yakuniy yechish bajariladi, koordinata orttirmalari hisoblaniladi va ularni har uchburchakda 1,2,3 ikkita tomonlari bo'yicha ikki marotaba hisoblab punktlarning tenglashtirilgan koordinatalari ikkinchi marta topiladi:

$$\begin{aligned}x_3 &= x_1 + s_{13} \cos \alpha_{13} = x_2 + s_{23} \cos \alpha_{23}; \\ y_3 &= y_1 + s_{13} \sin \alpha_{13} = y_2 + s_{23} \sin \alpha_{23}.\end{aligned}\tag{5.97}$$

Poligonometriyada (5.97) ya'ni formula bo'yicha koordinatalar ikkilamchi nazoratsiz hisoblanadi, ya'ni bu formulaning bittasi bo'yicha topiladi. Tenglashtirish hisoblarining to'g'riligining yakuniy nazorati, har bir punkt uchun (5.95) va (5.97) formulalar bo'yicha hisoblanilgan koordinatalarining teng ekanligi hisoblanadi (ahlitlash aniqligi chegarasida).

#### **To'rni tenglashtirilgan elementlarining aniqligini baholash**

Vazn birligining o'rta kvadratik xatosini quyidagi formula bilan topiladi.

$$\mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{r}},\tag{5.98}$$

Bu yerda  $v-p$  vazni bilan o'lgan miqdorlarga tenglashtirishdan topilgan tuzatma;  $r$ -to'rdagi ortiqcha o'lchashlar soni va tenglashtirishdan aniqlanuvchi  $k_0$  noma'lum miqdorlar soning farqlaridan aniqlanadi, ya'ni

$$r = k - k_0. \quad (5.99)$$

$k$  soni, punktdagi barcha o'lchanilgan yo'nalishlar, o'lchanilgan er predmetlarining azimutlari va o'lchangan tomonlar yig'indisiga teng, ularga tenglashtirishdan tuzatma topiladi.

$k_0$  soniga triangulyasiya va poligonometriya punktlaridagi orientirlash burchaklariga  $\delta z_0$  hamda aniqlanuvchi punktlar koordinatasiga topilgan  $\delta x$  va  $\delta y$  tuzatmalar kiradi.  $\delta z_0$  soni burchak o'lchash bajarilgan punktlar (aniqlangan va aniqlanuvchi) soniga teng;  $\delta x$  va  $\delta y$  tuzatmalar soni aniqlanuvchi punktlarning ikkilangan soniga teng.

Tenglashtirilgan elementlarning hoxlagan  $F$  funksiyasining direksion burchak, tomon uzunligi, abssissa va ordinata o'rta kvadratik xatosi quyidagi formula bilan topiladi

$$m_F = \mu \sqrt{\frac{1}{P_F}}. \quad (5.100)$$

Aniqlanuvchi  $F$  funksiyaning teskari vazni  $1/R_F$  turlicha hisoblanishi mumkin: Gauss sxemasi bo'yicha normal tenglamalar sistemasini echish jarayonida yoki matritsa elementlari, normal tenglama koeffitsientlarining teskari matritsalash bo'yicha hisoblanadi. Boshlab bu funksiya teskari vaznini hisoblashning birinchi usulini ko'rib chiqamiz.

Parametrik usul bilan tenglashtirishda normal tenglama sistemasidagi noma'lumning oxirgi va oxirgidan oldingi noma'lumlar hisoblanadi. Shuning uchun, qandaydir  $k$  punkt koordinatasining  $P_{x_k}$  va  $P_{y_k}$  vaznni aniqlash uchun, bu punkt koordinatasini tuzatmasining  $\xi_k$  va  $\eta_k$  noma'lumlarni normal tenglama sistemasida oxirgidan bitta oldingi va oxirgi joyiga joylashtiriladi. Gauss sxemasi bo'yicha normal tenglama yechishda oxirgi  $\eta_k$  noma'lumning  $P_{y_k}$  vazni  $\eta_k$  ni normal tenglamani oxirgi o'zgarishdagi koeffitsientiga teng. Oxirgidan oldingi  $\xi_k$  noma'lumning  $P_{x_k}$  vazni quyidagi formula bo'yicha topiladi

$$P_{x_k} = P_{y_k} \frac{A}{C + \frac{B^2}{A}},$$

bu yerda  $S$  va  $A$ –oxirgi va oxiridan oldingi o‘zgartirilgan normal tenglamaning kvadratik koeffitsientlari;  $V$  – oxirigidan oldingi o‘zgartirilgan tenglamani  $\eta_k$  dagi koeffitsienti.

Punkt koordinata funksiyasi hisoblanuvchi, to‘rni tenglashtirilgan hoxlagan elementining o‘rta kvadratik xatosini topish uchun masalan, hoxlagan punktlarining yonma – yon joylashgan va yonma –yon joylashmagan tomonlar uzunligi va direksion burchaklar bu punktlarning koordinatalari orqali ifodalash lozim, so‘ngra vazn funksiyasi tuziladi. Ixtiyoriy tomon  $S_{ik}$  uzunligini baholash uchun vazn funksiyasini olamiz uni quyidagicha ifodalaymiz

$$S_{ik} = \sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2}.$$

Bu ifodani aniqlanuvchi punktlarning koordinatalari bo‘yicha differensiialaymiz va diferensialdan yakuniy miqdorlarga o‘tib, ushbu funksiyaning orttirmasini topamiz

$$f_s = \Delta s_{ik} = -\frac{x_k - x_i}{s_{ik}} \delta x_i - \frac{y_k - y_i}{s_{ik}} \delta y_i + \frac{x_k - x_i}{s_{ik}} \delta x_k + \frac{y_k - y_i}{s_{ik}} \delta y_k,$$

shu tomon uchun (5.79) tuzatma tenglamasi ko‘rinishida yozamiz, unda ozod xadlarsiz, ya’ni vazn funksiyasini tuzamiz

$$f_s = \Delta s_{ik} = -c_{ik} \xi_i - d_{ik} \eta_i + c_{ik} \xi_k + d_{ik} \eta_k, \quad (5.101)$$

bu erda  $\xi$  va  $\eta$  - koordinatalarga topilgan tuzatma, dm;  $s$  va  $d$  koeffitsientlar (5.76) formuladan foydalanib, taqribiy koordinatalar bo‘yicha hisoblanadi.

Shu tamon direksion burchagi  $\alpha$  uchun vazn funksiyasi  $f_\alpha$  (ozod xadlarsiz) (5.81) tuzatma tenglama ko‘rinishga ega bo‘ladi

$$f_\alpha = \Delta \alpha_{ik} = -a_{ik} \xi_i - b_{ik} \eta_i + a_{ik} \xi_k + b_{ik} \eta_k, \quad (5.102)$$

bu yerda  $a_{ik}$ ,  $b_{ik}$  koeffitsientlar (5.81) formula bo‘yicha hisoblaniladi.

Normal tenglamani umumiy sistemasida  $L$  ozod xadlar grafasidan keyin  $\xi_i, \eta_i$  va  $\xi_k, \eta_k$  tuzatmalarda, tenglamadagi kvadratik koeffitsientlar bilan  $f_s$  va  $f_\alpha$  funksiyaning koeffitsientlarini qo'shimcha grafasi kiritiladi.  $1/R_s$  va  $1/R_\alpha$  teskari vaznlar normal tenglama bilan birgalikda ochiladi. Ularning miqdorlari o'zgartirilgan ustunning (grafa) eliminatsion tomoniga yozilgan sonlarning ko'paytmasidek normal tenglamadagi shu ustun soniga tegishli topiladi.

Ikkinchi holda, normal tenglamalar sistemasi  $Q = N^{-1}$ , teskari matritsani hisoblash bilan echilganda, tenglashtirilgan abssiss  $x$  va ordinata ularning teskari vazni  $Q$  teskari matritsaning diagonal elementlariga teng,

$$\frac{1}{P_{x(i)}} = Q_{ii}; \quad \frac{1}{P_{y(i)}} = Q_{i+1, i+1}. \quad (5.103)$$

(5.103) ifodani (5.100) formulga qo'yib, quydagini hosil qilamiz.

$$m_{x(i)} = \mu \sqrt{Q_{ii}}; \quad m_{y(i)} = \mu \sqrt{Q_{i+1, i+1}} \quad (5.104)$$

Yonma – yon joylashgan yoki yonma – yon joylashmagan  $i$  va  $k$  punktlarini birlashtiruvchi hojlagan tomonning  $S_{ik}$  uzunligi yoki  $\alpha_{ik}$  direksion burchagining teskari vazni quyidagi formula yordamida hisoblanadi

$$\frac{1}{P_F} = f^T Q_{i-k} f, \quad (5.105)$$

bu yerda  $f^T$  - (5.106) ko'rinishga ega bo'lgan tomonlarning  $\alpha_{ik}$  direksion burchak va  $S_{ik}$  uzunligini vazn funksiyasi koeffitsientlarining transportirlangan vektor-qatorlari

$$\begin{aligned} f_{a(ik)}^T &= (-a_{ik} - b_{ik} \ a_{ik} \ b_{ik}) \\ f_{s(ik)}^T &= (-c_{ik} - d_{ik} \ c_{ik} \ d_{ik}) \end{aligned} \quad (5.106)$$

$a_{ik}, b_{ik}$  koeffitsientlar (5.71), formula bilan,  $c_{ik}, d_{ik}$  koeffitsientlar (5.76) formula bilan hisoblanadi, ikkila holatda ham punktlarning taqribiy koordinatalaridan foydalaniladi.

$Q_{i-k}$  matritsa, to'rtinchi  $Q$  vazn koordinatalar matritsasi uchun umumiy ularni elementlaridan shakllanadi, ular baholanuvchi tomon (diagonal)  $S_{ik}$  boshlang'ich va oxirgi  $x_i, y_i, x_k, y_k$  koordinatalariga muvofiq bo'ladi

$$Q_{i-k} = \begin{bmatrix} Q_{x_i x_i} & Q_{x_i y_i} & Q_{x_i x_k} & Q_{x_i y_k} \\ Q_{y_i x_i} & Q_{y_i y_i} & Q_{y_i x_k} & Q_{y_i y_k} \\ Q_{x_k x_i} & Q_{x_k y_i} & Q_{x_k x_k} & Q_{x_k y_k} \\ Q_{y_k x_i} & Q_{y_k y_i} & Q_{y_k x_k} & Q_{y_k y_k} \end{bmatrix}. \quad (5.107)$$

(5.107) formula orqali  $1/R_F$  teskari vaznni hisoblab (5.100) formulaga qo'yib baholanuvchi elementning o'rta kvadratik xatosini topamiz

$$m_{s, \alpha} = \mu \sqrt{f_{s, \alpha}^T Q_{i=k} f_{s, \alpha}},$$

bu yerda  $f_{s, \alpha}$  -(5.102) va (5.103) vazn funksiyasi koeffitsientlarining vektor ustuni.

Tenglashtirish hisoblarini yakuniy bosqichida punktlar koordinatalarining katalogi tuziladi, unda tomonlar uzunligi va direksion burchaklar, katalogda yozilgan koordinatalardan foydalanib teskari geodezik masala yechish yo'li bilan hisoblanadi.

### **Nazorat savollari.**

1. Tarmoqning tenglashtirilgan elementlarini hisoblash va aniqligini baholash mohiyatini tushintirib bering?
2. Normal tenglamalar sistemasi vazifasini ayting?
3. Normal tenglama ozod xadlarining vektor ustuni qaysi harf bilan belgilanadi?
4. Vazn birligining o'rta kvadratik xatosini qaysi formula orqali topiladi?
5. Punktlar koordinatalarining katalogi qachon tuziladi?

## **6.BOB. GEODEZIK TAYANCH TARMOQLARINI RIVOJLANTIRISHNING KOSMIK USULLARI**

### **6.1 Sun'iy yo'ldosh yordamida geodezik tarmoqlarini rivojlantirish usullari va texnologiyalari**

Yigirmanchi asrning oxiri 10 chi yiliga qadar geodeziya o'lchash ishlari mexanika so'ngra esa optik uskunalar yordamida amalga oshirib kelindi. Radiotexnikani rivojlanishi bilan yorug'lik va radiodalnametrlar yaratildi.

Yigirma birinchi asrda fan texnika yutuqlariga asoslanib o'lchash aniqligi yuqori va o'lchash uchun kam vaqt talab qilinadigan an'anaviy usuldan keskin farq

qiladigan geodezik uskunalar yaratildi. Bunga misol qilib GPS hamda raqamli nivelir,elektron lazerli uskunalarni keltirish mumkin. Ushbu uskunalarni ko'pchiligi yorug'lik va radiodalnomer yordamida o'lchash usullariga asoslangan. Ushbu ma'lumotlar to'plami yangi geodezik uskunalar to'g'risidagi ma'lumotlar turli sayt, jurnal va maqolalarda qayd etilgan.

Hozirgi kunda tez-tez GPS degan terminga duch kelmoqdamiz bu tushuncha nafaqat geodeziya sohasida, balki mobil telefonlarda ham keng ravishda qo'llanilmoqda. Bu so'z Global Pozitsiyalash tizimi degan ma'noni anglatadi. Bu tizim yerga doimiy ravishda elektromagnit signallarini yuborib turuvchi sun'iy yo'ldoshlar tizimidan tashkil topgan. Bunday signallarni qabul qilish uchun yerda ham maxsus qabul qilib oluvchi priyomnik (qabul qilib oluvchi)lar va qurilmalar bo'ladi. Bunday qurilmalarning afzalligi shundaki sun'iy yo'ldoshdan yer yuzidagi ob'yektgacha bo'lgan masofa yuqori aniqlikda (bir necha 10km dan bir necha mm gacha) o'lchanadi va natijada bunday aniqlikdagi hisob-kitoblardan olingan ob'yektni koordinatasi yoki joylashgan joyi ham yuqori aniqlikda o'lchanadi. Global pozitsion tizimni yaratish fikri o'tgan asrimizning 50-yillarida paydo bo'ldi va uni amaliyotga qo'llash fikri Djon Xopkins Universiteti tomonidan qo'llanildi. GPS 1969-yili AQSH mudofaa vazirligining buyurtmasi asosida ishlab chiqilgan. Boshlanich bosqichda bu tizim dengiz sathidan 22,5 km balandlikda, 55 daraja qiyalikda, orbita bo'ylab 6 marta aylanadigan 24 ta sun'iy yo'ldosh va yer yuzasida kuzatish uchun mo'ljallangan va sun'iy yo'ldoshlarning harakatini doimiy kuzatub turuvchi lozim bo'lsa orbitadagi yo'nalish xatoliklarini yetkazib turuvchi maxsus yer stantsiyalar tizimidan iborat bo'lgan. (Rasm 6.1). Sun'iy yo'ldoshlar Yerga kuchsiz signallar jo'natadi, lekin bu obyektning joylashgan koordinatasini aniqlash uchun yetarli hisoblanadi. Bu antiqa tizim AQSH xukumati uchun 12 mlrd dollarga tushgan.



**6.1-rasm:GPS sun'iy yo'ldoshlarning orbitadagi shematik joylashuvi.**

Har bir zamonaviy sun`iy yo`ldosh o`zining bortida bir qator yuqori texnologik qurilmalar bilan jixozlangan bo`ladi ular jumlasiga:

- to`rtta atom soatlar;
- uchta kadmiy nikelli batareyalar;
- quvvati 1136 Vt bo`lgan ikkita quyosh batareyalari;
- yo`ldoshni boshqaruvi uchun qisqa to`lqin diapazonli antenna;
- foydalanuvchi bilan aloqa qilish uchun 12 elementli uzun to`lqin diapazonli antenna.

Agar boshida ishlab chiqilgan GPS qurilmalar kattaligi futbol koptogi kattaligida va undan katta bo`lgan bo`lsa hozirgi kundagi GPS larning o`lchami mobil telefoni bilan barobar va bu qurilmalar obyektning joylashgan koordinatasi balandligi kabi ma`lumotlardan tashqari obyekt joylashgan joyni shahar, transport magistralari va boshqa ko`pgina obyektlar bilan birga kichik ekranda kartada ham ko`rsatib bera oladi.



**6.2-rasm: GPS qurilma (qo`shimcha apparatlari bilan):**

Uch koordinatani (uzoqlik, kenglik, va dengiz sathidan balandlik) aniqlashdan tashqari GPS quyidagi vazifalarni ham bajaradi:

- obyektning tezligini tashkil etuvchilarini aniqlash;
- aniq vaqtni 0.1 s aniqlikda o`lchash;
- obyektning haqiqiy yo`l qiyaligini hisoblash;
- yordamchi axborotni qayta ishlash va qabul qilish.

3-rasmda GPS priyomnikning sun`iy yo`ldoshlar bilan aloqa qilish va koordinata aniqlash printsipi ko`rsatilgan.

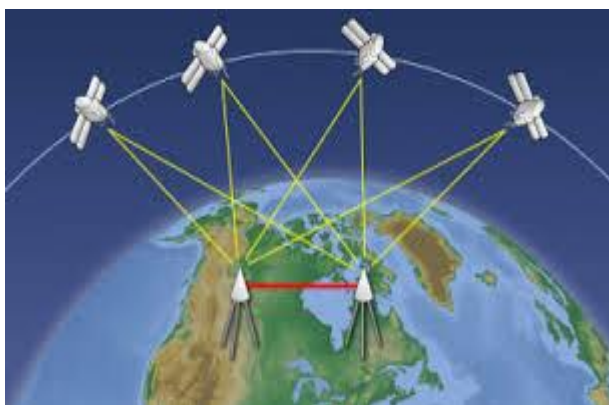


**6.3-rasm: Sun'iy yo'ldosh tizimi va GPS qabul qiluvchi (priyomnik)ning aloqasi.**

Ayni paytda yerda GPS priyomniklar bilan doimiy aloqani ushlab turuvchi va monitoringini amalga oshiruvchi beshta katta nazorat stantsiyalari ishlab turibdi. Boshqaruv punkti AQSHning Kolorado shtatida joylashgan bo'lib qolgan punktlari dunyo bo'ylab: Gavayi (Tinch okeani), Vozneseeniya oroli (Atlantika okeani), Diego Garsiya oroli (Xind okeani), Kvajalen oroli (Tinch okean) joylashgan.

GPS boshidan harbiy maqsadlar uchun mo'ljallangan bo'lib u yordamida joylarga otryadlarni bexato joylashtirish, obyektgacha bo'lgan eng qisqa masofani topish va shu kabi maqsadlar ko'zlangan edi. O'tgan asrning 80-yillariga kelib GPS fuqarolik maqsadlari uchun ham qo'llanila boshlandi. Endi har bir yerlik fuqaro GPSning funktsional imkoniyatlarini baholay oladi.

GPS nafaqat yerda balki dengiz va xavo navigatsiyasida ham qo'llaniladi. GPS barcha joylarda qo'llanish mumkin lekin GPS signallar olmaydigan joylar (yertula, shaxta, gorlar)da qo'llab bo'lmaydi. GPS ning qo'llanilish sohasi kengdir. Bunday sohalar jumlasiga haratlanuvchi transportlar bo'lmish xususiy avtomobil, harbiy va ichki ishlar mashinalari, kema va samolyotlar navigatsiyasi kiradi. Yer tuzish va kartografiya sohalarida qo'llaniladigan GPSlar yer yuzasining koordinatalarini aniqlash uchun nafaqat priyomniklardan, balki qo'shimcha kompyuter qurilmalari va dasturlarida ham tashkil topgan bo'ladi, negaki bu sohaga yanada aniq ma'lumotlar va kartalar zarur bo'ladi.



#### **6.4-rasm: GPS ni navigatsiyada qo'llanilishi.**

Hozirgi vaqtda GPSning qo'llanilish sohalari kengayib yildan yilga ortib bormoqda.

Quyida GPS ning fuqarolik ishlari hisoblanmish yuk tashish transportlari navigatsiyasini amalga oshirish qo'llaniladigan yaqqol misolni keltiramiz. Bu tizim Axiom Logistics tizimi asosida ishlaydi. Asosiy funktsiyalari quyidagilardir:

- Har bir transport vositasi va yukning joylashuvi to'risida operativ ravishda axborot;
- Axiom-Logistics tizimining web interfeysi orqali transport vositalarining marshrutlari ko'rsatilgan koordinatali kartaga kirish;
- Marshrut yo'nalishi aniqligi va grafikini nazorat qilib turish;
- Transport vositasi bilan favqulodda aloqani o'rnatish;
- Axiom-Logistics tizimining ma'lumotlar bazasiga mijozlar, yuk tashuvchilar, transport vositalari va yuk ortuvchilar to'risida ma'lumotlarni kiritish;
- Axiom-Logisticsda transport va bojxona hujjatlarini rasmiylashtirish jarayonini avtomatlashtirish;
- GPS va GSM texnologiyalarining yaxshi ishlashi orqali tizimning ishonchliligini oshirish;
- Qurilmalar uchun kam harajat sarflash (standart uskunalar qo'llaniladi);
- Ma'lumotlar almashinuvi uchun kam harajat qilish. (arzon SMS-trafik + maxsus tarif ishlatiladi);
- Axiom-Logistics ma'lumotlariga xavfsiz kirish;
- Kompleksli web-echim;
- GPS/GSM – qurilma transport vositasida mavjud bo'lishi kerak;
- Axiom-Logistics marshruti bo'ylab harakatda operatorlik markazi va SMS-xabarlarini qayta ishlash;
- Ma'lumotlar vizualizatsiyasi va tahlili serveri (SMS - xabarlar).

Shunday qilib, GPS yordamida koordinatalarni aniqlash geodeziyaning fundamental maqsadini amalga oshirishda er siritni hoxlagan joyidagi nuqta mutloq o'rnini bir xil aniqlikda topishni ta'minlaydi. An'anaviy geodezik va topografik usullarni qo'llab esa nuqta o'rnini boshlang'ich punktlarga nisbatan bu punktlargacha bo'lgan masofalarga bog'liq bo'lgan aniqlikda topamiz. Shuning uchun GPS odiiy usullarga nisbatan katta afzallikka ega. Boshqa tomondan geodeziya fani – bu GPS uchun asos va aksincha, GPS geodeziya uchun asosiy asbobga aylandi. Bu aytilgan so'zlar haqiqat bo'lib tasdiqlanadi, agarda biz geodeziyaning asosiy maqsadlarini esga keltirsak:

- Yerning sirtida milliy va global fazoviy geodezik tayanch tarmoqlarni, ular punktlarini vaqt o'tishi bilan siljib o'rni o'zgarib turishini hisobga olib, qurish va xizmat ko'rsatish.
  - Geodezik hodisalarni (yer qutblarini harakati, yer qobig'ini siljishi va boshqalar) o'lchash va tavsifini aniqlash.
  - Yer gravitatsiya maydonini, uni davriy o'zgarib turishi bilan birga aniqlash.
- GPS dan foydalanuvchilarni ko'pchiligi yuqoridagi vazifalarni bajarishi bilan to'qnashmasa ham, lekin bu asboblardan ishlovchilar albatta geodeziyadan tushunchaga ega bo'lishlari shart.

### **Nazorat savollari.**

1. GPS so'zini ma'nosini ayting?
2. qachon va qaysi davlat tomonidan ishlab chiqilgan?
3. GPS boshlang'ich bosqichda bu tizim dengiz sathidan necha km balandlikda joylashtirilgan?
4. GPS qurilmalari boshida qanday kattaligda bulgan?
5. GPS afzalliklarini ayting?
6. GPS dan foydalanuvchilarni nimalarni bilishi kerak?

## **6.2 GPS priyomniklari**

Hozirgi kunda eng ko'p qo'llaniladigan GPS priyomniklar turkumiga: portativ, statsionar, qo'lda olib yuradigan, avtomobilga o'rnatiladigan, aviatsiya sohasida qo'llaniladigan, kompyuterli va boshqalar bor. Bu GPS lar yetakchi kompaniyalar hisoblanadigan Garmin, Magellan, Cobra tomonidan ishlab chiqiladi. Budan tashqari mobil telefonlarga mo'ljallangan GPS larni XP, Compaq kabi firmalar va ba'zi mobil telefonlar ishlab chiqaruvchi kompaniyalar ham ishlab chiqarmoqda. Bunda priyomnikning funktsiyalari keskin ravishda farq qiladi.

### **GPS-priyomnik GARMIN GEKO 101**

Model Garmin Geko 101,105 – bu kichik ko'rinishdagi va engil (oiriligi 88g.), suv o'tkazmaydigan va ishlatish uchun oddiy bo'lgan qurilma boshlovchilar uchun mo'ljallangan. Bu qurilmada kompyuterga ulanish uchun port yo'q va 250 tagacha yo'l ko'rsatuvchi nuqtalarni xotirada saqlaydi



### ***Harakteristikasi:***

- 12 soatli ish 2 ta AA batareyalarda;
- yo'l varaqasini xajmi (Tracklog) - 3000 nuqta;
- Ekran o'lchami (balandlik x kenglik) 100 x 64 piksel;

Portativ navigator GARMIN E-trex Camo 12 kanalli, suv o'tkazmaydigan portativ GPS-priyomnik. Priyomnikning yonida rezinka qoplam mavjud va bu ushlashga qulaylik yartadi. Yo'l ko'rsatuvchi nuqtalarining soni: 500 ta. Marshrutlar soni: 1 dona (50 nuqta). Qo'shimcha parametrlar: ayni paytdagi tezlik, o'rtacha tezlik, quyosh chiqishi va botish vaqtlari, maksimal tezlik, masofani ulchovchi. Mavjud koordinata tizimlari: LAT/LON, UTM/UPS, Meydenxed, MGRS va boshqalar. Ma'lumotlar lamshinuvi uchun standartlar: NMEA 0183 formatli RS232, RTCM 104 –DGPS ma'lumotlari uchun, «Garmin» qurilmalari bilan ma'lumot almshinuvi uchun format Interfeysi ruslashtirilgan. O'lchamlar: 11.2 x 5.1 x 3.0 sm. Ogirlik: 150 g. Quvvat: AA turlidagi 2 batareya; batareyalar komplektidan ishlash davomiyligi 22 soat.

### **GPS-navigator GARMIN eTrex Legend C**

Model Kompakt portativ GPS navigator Garmin – yuqori ishlash aniqlik 220-176 piksel bo'lgan va rangli ekranli (256 rang). Qurilma displeyi quyoshning nuri tushishiga mo'ljallangan.



Batareya energiyasini saqlashning yangi texnologiyalari navigatorlardan uzoq muddatda foydalanishga yordam beradi. Bunda 2 ta AA batareyadan 36 soat foydalanish mumkin. Bu model joyning batafsil 24 Mb xotira ega bo'lib u batafsil kartalarni va Evropaning bazali kartasini kiritish imkoniyatini beradi.). Bazali karta qurilmaga yo'l tarmoqlarini hisobga olgan holda marshrutni tez topishga yordam beradi. Boshqa yangi modellar (Garmin – eTrex Legend C) kabi ushbu model ham USB interfeys orqali kompyuter ga ulanish imkoniyatiga ega. Yangi modelning muhim ahamiyatidan biri shundan iboratki u USB porti orqali quvvat olishi ham mumkin. Eski modellardan bu modelning yana bir afzalligi bu ba'zi bir

funktsiyalarida tovushli signalizatsiyaning mavjudligidir (masalan mo'ljalga etganlik to'risida signal).

### **GPS-navigator MAGELLAN SporTrak**

SporTrak modeli – bu Magellan firmasining portativ GPS navigatorlarining yangi model turkumidir. Bu qurilmaning narxi uncha qimmat emas, shu bilan birga ishlatilishi oddiy. Oirligi 172g. Bo'lib katta yoritqichli ekranga ega (5.8 x 3.6 sm, 160 x 104 piksel). Qurilmaning ichiga dunyo shaharlari bo'ylab nuqtalarining bazasi kiritilgan va qo'shimcha nuqtalarni MapSend yoki



DataSend disklaridan yuklab olish mumkin va nuqtalar uchun 1Mb xotira ajratilgan. SporTrak qurilmasining yangi funktsiyaridan biri bu ichki o'rnatilgan



yordam tizimidir. (bosqichli yo'riqnomalar u yoki bu operatsiyani bajarishni ko'rsatadi). Bundan tashqari NortxFinde funktsiyasi harakat vaqtida ham shimol yo'nalishini ko'rsatib turadi. Spor trak turkumidagi qurilmalar uchun quyidagi xususiyatlar umumiy hisoblanadi:

20 talik marshrutning mavjudligi, 500 yo'l ko'rsatkich nuqtalar, 2000 yo'l ko'rsatuvchi varaqaning mavjudligi (trek);

Elektr quvvati: AA turidagi 2 batareyka, ishlash vaqti - 14

soat; 8 ta tugmalar orqali boshqaruv va keng djoystik;

Suv o'tkazmasligi, qurilma xatto suvda ham cho'kmaydi;

Quyosh chiqishi va botishi to'risida ma'lumot

### **GPS-navigator MAGELLAN Meridian Color**

Ushbu GPS navigator qurilma rangli ekranli bo'lib bu xususiyat unga rangli kartalar bilan ishlashda qulayliklar yaratadi. Bunda kartadagi mayda tafsilotlar ham ko'rinadi. Bu model yuqoridagi ta'kidlangan qurilma bilan bir xil xususiyatga ega bo'lib, farqi shundan iboratki bu qurilma ko'proq shaxsiylashtirilgan va SD kartalar o'rnatilishi uchun slot qilingan. Bu o'z navbatida kartografik axborotlarni bevosita qurilma xotirasida saqlashga imkon beradi.

### **Navigator Cobra GPS 100**

GPS navigator bu qurilma boshlovchilar uchun mo'ljallangan bo'lib, kompyuter bilan bolanish uchun porti mavjud emas .

#### **Asosiy xususiyatlari:**

- Yo'l ko'rsatuvchi nuqtalari – 500;
- Marshrutlar/marshrutdagi nuqtalar soni – 1/50;
- Ekran o'lchami- 128 x 64 piksel;
- Suv o'tkazmaydigan.

Ushbu qurilmaning narxi ham albatta xususiyatlari kam bo'lgani uchun arzon bo'ladi.



### **Cobra GPS 500 Navigatori**

GPS 500 yuqoridagi qurilmadan kompyuterga ulana olishi xususiyati, ichki xotira, 20 tacha marshrutni saqlay oladigan kartografik ma'lumotlar bazasining mavjudligi bilan farq qiladi. Maxsus dastur va kompyuter orqali qurilmaning ichki xotirasiga oldindan tayorlangan marshrutni ham kiritish mumkin bo'ladi.



#### **Asosiy xususiyatlari:**

- yo'l ko'rsatuvchi nuqtalari – 500;
- Marshrutlar/marshrutdagi nuqtalar soni – 20/50;
- ekran o'lchami -128 x 64 piksel;
- suv o'tkazmaydigan;
- yo'l ko'rsatuvchi varaqasini xajmi (Tracklog) – 2000 nuqta.

#### **Nazorat savollari.**

1. Hozirgi kunda eng ko'p qo'llaniladigan GPS priyomniklar turkumini aytib bering?
2. GPS ishlab chiqaruvchi qaysi yetakchi kompaniyalar nomini bilasiz?
3. GPS-priyomnik GARMIN GEKO 101 harakteristikasini ayting?
4. GPS-priyomniklarini tuzilishini ayting?

### **6.3 GPS va mahalliy koordinatalar sistemalari**

GPS geodezik va navigatsiya ommaviy asboblari bo'lib borishi sababli geodezistlar va navigatorlar GPS koordinatalarini standart geodezik koordinatalar sistemalari bilan qanday bog'lanishda ekanligini bilishlari zarur.

GPS o'lchashlarni bajarishda xatoliklarga yo'l qo'yishni asosiy sababi, bu bog'lanishlarni to'g'ri tushinmaslik oqibatidir.

Koinotdan yerga qaralganda uning sirti bir tekis ko‘rinsada amalda bunday emasligi aniq.

GPS yer sirtidagi har qanday nuqta koordinatalarini aniqlab berishga xizmat qilgani sababli, u ellips sirtiga asoslangan geodezik koordinatalar sistemasidan foydalanadi.

Ellipsoid (sferoid deb ham ataladi) – bu qutblaridan siqilgan sferoiddir. Ellipsoidni tanlashdan maqsad esa u yer sferasiga o‘xshashligidadir. Bunday ellipsoid hech qanday fizik sirtga ega bo‘lmaydi, lekin u matematik aniqlangan sirtidir.

Amalda turli ellipsoidlar yoki matematik aniqlanadigan sirtlar (yer sirtiga o‘xshash) ko‘p uchraydi.

GPS sistemasida qo‘llanadigan ellipsoidga WGS-84 yoki 1984 Umumjahon Geodezik Sistema deb ataladi. Ma’lumki yer sirtidagi nuqtaning o‘rni uning kengligi, uzoqligi va ellipsoidal balandligi bilan aniqlanadi.

Nuqta o‘rnini aniqlashni alternativ usuli – bu Dekart (to‘g‘ri burchakli) koordinatalar sistemasi bo‘lib, unda koordinatalarni qabul qilingan bosh nuqtasi yoki sferoidni markazidan  $X$ ,  $Y$  va  $Z$  o‘qlari bo‘yicha o‘lchanadigan kesimlar nuqta o‘rnini ifodalaydi.

Bu usul GPS yordamida nuqtaning fazoviy o‘rnini aniqlashda qo‘llanadi. yer sirtidagi  $R$  nuqtasining geodezik va Dekart sistemalaridagi koordinatalarini aniqlash keltirilgan.

Yer sun‘iy yo‘ldoshlarining harakati to‘g‘ri burchakli inersional geotsentrik koordinatalar  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  sistemasida ifodalanadi.

Hozirgi sun‘iy yo‘ldosh navigatsiyasi sistemasida dastlabki koordinatalar umumiy geotsentrik koordinatalar sistemasida aniqlanadi. NAVSTAR GPS navigatsiyasida umumer koordinatalar sistemasi sifatida WGS-84, GLONASS sistemasida esa P3 (yer parametrlari) – 90 foydalanadi.

GPS koordinatalar sistemasiga o‘xshash mahalliy koordinatalar sistemalari turli davlatlarda ular hududlarida geoidni aniqroq ifodalay oladigan mahalliy ellipsoid (referens ellipsoid) ga asoslangan.

Odatda bu sistemalarda zonalar sistemasiga tegishli bo‘lgan to‘g‘ri burchakli koordinatalarni olish uchun nuqtalar tekislikka proeksiyalanadi.

Mahalliy koordinatalar sistemasida foydalanadigan ko‘pgina referens-ellipsoidlar jahon davlatlarida ko‘p yillar avval – kosmik geodeziyani vujudga kelishidan oldin aniqlangan bo‘lgan.

Bu ellipsoidlarni tanlashdan maqsad qiziqtirayotgan hududni eng aniq tashkil etuvchi sirtni tanlab olishdan iborat bo‘lgan, shu bilan birga bu ellipsoidlarni yerning boshqa qismlarida qo‘llash imkoni bo‘lmaydi. Shundan kelib

chiqib har bir davlat o'zini ellipsoidi va unga mos fazoviy koordinatalar sistemasini tanlab oladi.

GPS sistemasida koordinatalar dastlab WGS-84 ellipsoidiga nisbatan aniqlanadi. Mavjud koordinatalar kataloglari odatda mahalliy sistemadagi koordinatalardan tuzilgan bo'ladi, shu sababli GPS koordinatalari mahalliy sistemaga qayta hisoblab o'tkazilishi talab qilinadi.

GPS yordamida o'lchangan balandliklar WGS-84 ellipsoidi sirtiga tegishli bo'ladi va ellipsoidal balandliklar deyiladi. Amaldagi kataloglarda esa o'rtacha dengiz sathiga nisbatan o'lchangan ortometrik balandliklar beriladi.

Dengizni o'rtacha sathi geoid deb ataladigan sathga to'g'ri keladi. Geoid murakkab shaklga ega bo'lib, ellipsoidga mos kelmaydi. Yer massasining zichligi geoidga ta'sir etib u zich joylarda balandliklar va zichlik kam qismlarda pastliklarni hosil qiladi. Geoid, ellipsoid va yer yuzini bir-biriga bog'liqligi ko'rsatilgan.

Amalda foydalanadigan kartalarning ko'pchiligida ortometrik balandlik (geoid sirtiga nisbatan) berilgan. Shunga ko'ra GPS da aniqlangan balandliklardan ortometrik balandlikka o'tishga to'g'ri keladi. Bu masala ellipsoidal balandliklardan ortometrik balandlikka o'tish uchun ishlab chiqilgan geoid modeli orqali amalga oshiriladi.

#### **Nazorat savollari.**

1. GPS va mahalliy koordinatalar sistemalari vazifalarini ayting?
2. GPS o'lchashlarni bajarishda xatoliklarga yo'l qo'yishni asosiy sababi nimada?
3. Nechanchi yilga kelib Umumjahon Geodezik Sistema deb ataladi?
4. GPS sistemasida koordinatalar dastlab qaysi ellipsoidiga nisbatan aniqlanadi?

#### **6.4 Sun'iy yo'ldosh o'lchashlarini matematik asosi**

Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek yer sun'iy yo'ldoshlarining harakati to'g'ri burchakli inersional geotsentrik koordinatalar  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  sistemasida ifodalanadi. Bu esa huddi shu sistemada yer sirtida olingan nuqta koordinatalarini aniqlash imkonini beradi.

Bu masalani yechish asosida sun'iy yo'ldosh va yer sirtidagi  $M$  nuqta orasidagi masofani aniqlashni quyidagi tenglamasi yotadi.

$$D_{\kappa}^2 = (X_{\ddot{u}} - X_M)^2 + (Y_{\ddot{u}} - Y_M)^2 + (Z_{\ddot{u}} - Z_M)^2, \quad (6.1)$$

bu yerda

$D_{\kappa}$  – sun'iy yo'ldosh bilan yer sirtidagi  $M$  nuqta orasidagi masofa;

$X_{\bar{u}}, Y_{\bar{u}}, Z_{\bar{u}}$  – yo‘ldoshni geotsentrik koordinatalari;

$X_M, Y_M, Z_M$  – yer sirtidagi  $M$  nuqtaning geotsentrik koordinatalari.

Yo‘ldosh koordinatalari va u bilan yer sirtidagi nuqta orasidagi masofa aniq bo‘lganda (6.1) formuladan aniqlanadigan yer nuqtasining koordinatalari noma’lum hisoblanadi. Ushbu  $M$  nuqtasining koordinatalari  $X_M, Y_M, Z_M$  ni aniqlash uchun nuqtadan uchta sun’iy yo‘ldoshlargacha masofalar  $D_k (k=1,2,3)$  ni o‘lchash kerak bo‘ladi, bunda o‘lchash daqiqalari uchun bu yo‘ldoshlar o‘rni koordinatalari ma’lum bo‘lishi kerak. Bu masofalar o‘rniga amalda soxta uzoqlik (psevdodalnost) o‘lchanadi va uning qiymati quyidagi formuladan topiladi:

$$D'_k{}^2 = [D_k + (T_M + T_C) \cdot V]^2 = (D_k + \Delta T \cdot V)^2, \quad (6.2)$$

bu yerda

$D'_k$  - sun’iy yo‘ldoshdan priyomnikgacha soxta uzoqlik;

$\Delta T = T_M - T_C$  - sun’iy yo‘ldoshdan priyomnikgacha to‘lqinni tarqalish vaqti;

$T_M, T_C$  - yo‘ldoshda va priyomnikda to‘lqinni tegishli jo‘natilishi va qabul qilinishi vaqtlari;

$V$  - radioto‘lqinni tarqalish tezligi.

(6.2) tenglamadagi noma’lumlar ( $X_M, Y_M, Z_M$  va  $\Delta T$ ) qiymatlarini aniqlash uchun eng kamida to‘rtta yo‘ldoshlargacha uzoqliklarni o‘lchash kerak bo‘ladi.

(6.1) formulani hisobga olib priyomnik o‘rni koordinatalarini aniqlash uchun (6.2) formulani quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$D'_k = \sqrt{(X_{\bar{u}} - X'_M)^2 + (Y_{\bar{u}} - Y'_M)^2 + (Z_{\bar{u}} - Z'_M)^2 + \Delta T \cdot V}, \quad (6.3)$$

(6.3) tenglamani eng kichik kvadratlar usulida yechib nuqtaning noma’lum koordinatalari  $X'_M, Y'_M, Z'_M$  va vaqt shkalalarining ayirmasi  $\Delta T$  topiladi.

Nuqtaning topilgan koordinatalari quyidagi xatolar manbaalari: yerning aylanishi to‘lqin tarqalishi muhit ta’siri, apparaturalar shovqini ta’siridan xatoliklarga ega bo‘ladi.

Ob’jekt koordinatalarini yanada aniqroq topish uchun yuqorida ko‘rsatilgan xatolar ta’siri uchun tegishli tuzatmalarni kiritish zarur bo‘ladi.

### **Nazorat savollari.**

1. Sun’iy yo‘ldosh o‘lchashlarini matematik asosini tushintirib bering?

2. Priyomnik o'rnini koordinatalarini aniqlash formulasini ayting?
3. Ob'yekt koordinatalarini qanday aniqlanadi?

### **6.5 Joy ob'yektlari koordinatalarini aniqlash usullari**

Yer sirtidagi punktlar o'rnini (koordinatalari) GPS sistemasi yordamida avtonom va differensial tartibda aniqlanadi. Avtonom tartib navigatsiya va harbiy priyomniklar o'rnini aniqlashni asosiy usuli hisoblanadi. Bunda ob'yekt o'rnini navigatsiya yo'ldoshlari va bitta GPS priyomnigidan foydalanish asosida aniqlanadi.

Differensial tartib (DGPS) ob'yekt koordinatalarini yuqori aniqlikda topishga qaratilgan. U eng kamida ikkita priyomnikdan foydalanishga asoslangan, ulardan biri koordinatalari ma'lum punktda o'rnatiladi va asos (baza) stansiyasi hisoblanadi, ikkinchisi – harakatdagi stansiya bo'lib, aniqlanadigan nuqtalar bo'yicha o'tadi. Koordinatalari aniq asos stansiya tuzatmalarini hisoblab yo'ldosh o'lchashlarini tuzatish (korreksiyalash) uchun efirga kombinatsiyalashgan xabarlarini uzatadi. Bu xabarlar harakatdagi priyomnik (stansiya) tomonidan qabul qilinib, u orqali asos stansiyadan uzatilgan tuzatma hisobga olinadi. Ish bajaruvchi joyni navbatdagi nuqtasiga o'tib GPS priyomnik tugmachasini bosishi bilan ushbu nuqtaning aniq koordinatalari bir daqiqada topiladi. Yuqori aniqlikni ta'minlash asosida koordinatalari ma'lum punktlardan foydalanish yotadi. Bu esa yo'ldoshdan kelayotgan dalnomer signallarida kelib chiqadigan xatoliklar yig'indisini hisoblash imkonini beradi.

Asos (baza) stansiyasi joylashgan punkt hisoblashni yangi bosh nuqtasi bo'lib, undan ma'lum chegaralangan hududda joylashgan har qanday GPS priyomnikka tuzatish (korreksiyalash) radio signallarini uzatish mumkin. Bu esa yagona tuzatish signali sistemadagi xatoliklarni, ularni kelib chiqishi manbaalaridan qat'iy nazar, to'g'rilaydi.

Birinchi variantda priyomniklarga telemetrik kanallar bo'yicha xatoliklar to'g'risida xabar uzatiladi, bu xabarni priyomnik o'z o'rnini haqidagi ma'lumot bilan kompyuterida ishlab chiqib nuqta koordinatalari aniqligini oshiradi. Ikkinchi variantda asos stansiya "soxta yo'ldosh" vazifasini bajaradi, ya'ni u sun'iy yo'ldoshga o'xshash soxta ehtimoliy kodlar signali va ma'lumotlar uzatadi.

GPS priyomnigini joylashuviga qarab statik va dinamik o'lchashlar usullari qo'llaniladi.

Priyomnik o'rnini statik usulda aniqlashda u aniqlanadigan punktda o'rnatilib ma'lum vaqt davomida kuzatishlar olib boriladi.

Dinamik usulda kuzatishlarni olib borayotgan priyomnik harakatda bo'lgan transport vositasida o'rnatilgan bo'ladi.

Geodezik GPS priyomniklar bilan ishlashda qo'yilgan maqsadga qarab quyidagi o'lchashlar uslubidan biri qo'llanadi: statika, ildam statika, kinematika va RTK.

**Statika** uzun chiziqlarni o'lchashda, geodezik tarmoqlarni rivojlantirishda, tektonik platformalar harakatini o'rganish va boshqalarda qo'llanadi. Statika eng yuqori aniqlikda o'lchash uchun qo'llanilib, stansiyada kuzatishlar vaqti bir soatni tashkil qiladi. Geodezik tarmoqlarni rivojlantirishda vektorlar eng aniq topilishi (o'lchanishi) kerak bo'ladi. Bunda tarmoqlar qat'iy bog'langan vektorlardan rivojlantiriladi va punktlarning aniq koordinatalari tarmoqni qat'iy tenglashdan topiladi.

**Ildam statika** zichlash tarmoqlari va s'yomka tarmoqlarini rivojlantirishda qo'llanadi. Bu usul kuzatish natijalarini kompyuterda ishlab chiqib koordinatalarni santimetr aniqlik darajasida aniqlashni ta'minlaydi.

Asos (baza) chizig'ini hammasi bo'lib 8 daqiqada (8 – 30 daqiqa) aniqlash uchun bu usul eltish fazasini o'lchashdan foydalanadi. Kerakli o'lchash vaqti qo'llanadigan priyomnik tipiga asos (baza)chizig'ining uzunligiga, ko'rinadigan sun'iy yo'ldoshlar soniga va ular geometriyasiga bog'liq.

**Kinematika** topografik s'yomkalarda va katta miqdordagi nuqtalar koordinatalarini qisqa vaqt ichida aniqlashda qo'llanadi. Bunda sun'iy yo'ldoshlardan kelayotgan signallar yo'lini daraxtlar, baland imoratlar va boshqalar to'sadigan bo'lsa vaqt sarfi oshadi, aniqlik esa pasayadi. Asos chizig'ining uzunligi 50 km bilan chegaralanadi va 1 santimetr aniqlikni ta'minlaydi.

**RTK kinematika** usulida real vaqt davomida o'lchash uchun asos stansiyasi qabul qilgan sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini harakatdagi priyomnikka uzatish uchun radiomodemdan foydalanadi. Bu usul nuqtalar koordinatalarini dalada real vaqtda bilish imkonini beradi. Shuning uchun unda topografik s'yomkalarni bajarish juda unumli hisoblanadi. Lekin radiomodemda ishlash uchun asos stansiya bilan harakatdagi stansiyalar o'zaro ko'rinishi kerak bo'ladi. Bu usul real vaqtda santimetrik aniqlikni ta'minlaydigan yagona usul hisoblanadi.

Har bir sun'iy yo'ldosh ikkita unikal kodlarni uzatadi. Birinchi va nisbatan oddiy kodga  $C/A$  (qo'pol) kodi deyiladi. Ikkinchi kod  $P$  (aniq) kod deyiladi. Bu kodlar ikkita eltuvchi to'lqinlarni  $L1$  va  $L2$  modullashtiradi.  $L1$   $C/A$  va  $P$  – kodni,  $L2$  esa faqat  $P$  kodni eltadi.

Koordinatalar trilateratsiya metodida har bir ko'rinadigan yo'ldoshgacha masofani aniqlashdan keyin topiladi. Uzoqlik kod yoki eltuvchi faza bo'yicha aniqlanadi.

Geodezik GPS priyomniklar fazani eltuvchi sikl chegarasida o'lcaydi.  $L1$  va  $L2$  to'liqlar uzunligi ma'lum, shuning uchun yo'ldoshlargacha uzoqliklar faza domerini yo'ldosh bilan antenna orasidagi to'liqlar soniga ko'paytirib masofa aniqlanadi.

### Nazorat savollari.

1. Joy ob'yektlari koordinatalarini aniqlash usullari ayting?
2. GPS priyomnigini joylashuviga qarab qanday o'lchashlar usullari qo'llaniladi?
3. RTK kinematika usulini afzalligi?

### 6.6 Nuqtalar koordinatalarini transformatsiyalash

Hozirgi zamon sun'iy yo'ldosh navigatsiyasi sitemalarida nuqtalar koordinatalari dastlab umumiyer geotsentrik koordinatalar sistemalarida aniqlanadi. NAVSTAR GPS navigatsiya sistemasida umumer koordinatalar sistemasiga WGS84, GLONASS da – PZ – 90 sistemalari foydalanadi. Amaliy ishlarni bajarishda esa, masalan, geodezik injenerlik tadqiqot ishlarida yassi to'g'ri burchakli koordinatalar sistemalari SK – 42 va SK – 95 foydalanadi. Shu sababli bitta koordinatalar sistemasidan ikkinchisiga o'tish, transformatsiya masalasi tug'ildadi.

Transformatsiyalashni turli usullari mavjud. Har bir usulda transformatsiya parametrlarini aniqlash uchun dala ishlari jarayoni bir xil. Birinchidan joyda hech bo'lmaganda 3 ta umumiy punktlarni koordinatalari har ikkala koordinatalar sistemalarida (masalan, WGS84 va mahalliy sistemada) ma'lum bo'lishi kerak. Bunday umumiy punktlarda mahalliy sistemada koordinatalari va ortometrik balanliklari ma'lum, (masalan, joyda mavjud geodezik tarmoqlar punktlarida) GPS o'lchashlarni bajarib olinadi. Shundan keyin transformatsiyalashni usullaridan birida uni parametrlarini hisoblash mumkin.

WGS84 geotsentrik koordinatalar sistemasi bilan PZ-90 sistemasi o'rtasidagi bog'lanish Gelmertni quyidagi formulalari orqali amalga oshiriladi.

$$\left. \begin{aligned} R_{WGS} &= \Delta R + (1 + m) \cdot WR_{PZ} \\ R_{WGS} &= (X_{WGS}, Y_{WGS}, Z_{WGS})^T \\ \Delta R &= (\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)^T, \quad R_m = (X_{PZ}, Y_{PZ}, Z_{PZ})^T, \end{aligned} \right\} \quad (6.4.)$$

bu yerda

$R_{WGS}$ ,  $R_{PZ}$  – WGS84 va PZ-90 sistemalarida priyomnik o'rnini ( $R$ ) joyda aniqlovchi tegishli vektorlar;

$\Delta R$  – WGS84 koordinatalar sistemasiga nisbatan PZ-90 koordinatalar sistemasi bosh nuqtasini vektor qiymati;

$m$  – masshtab koeffitsienti;

$W$  – koordinatalar o‘qlarini burilish burchaklari  $(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$  matritsasi. Demak PZ-90 koordinatalar sistemasidan WGS84 koordinatalar sistemasiga o‘tish uchun quyidagi 7 ta o‘zgarish parametrlari  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z, m, \omega_x, \omega_y, \omega_z$  kerak bo‘ladi.

WGS84 dan PZ-90, ya’ni teskari o‘tish uchun  $W' = W^T$  Gelmert formulasini quyidagi ko‘rinishda yozamiz.

$$R_{II3} = (1 - m) \cdot W^T \cdot (R_{WGS} - \Delta R), \quad (6.5.)$$

bu yerda

$m$  – koordinatalar sistemalari masshtablarining differensial farqi.

Geotsentrik va kvazigeotsentrik koordinatalar sistemalari orasidagi bog‘lanish ham Gelmert formulalaridan tiklanadi.

$$\left. \begin{aligned} R &= \Delta R + (1 + m) \cdot W_r; \\ R &= (X_r, Y_r, Z_r)^T, \quad \Delta R = (\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)^T, \quad R = (X_w, Y_w, Z_w)^T, \end{aligned} \right\} (6.6.)$$

bu yerda  $r$  va  $R$  – referens – ellipsoidlar va umumyer ellipsoidi koordinatalari sistemalarida nuqta o‘rnini aniqlaydigan vektorlar;

$\Delta R$  – referens – ellipsoid koordinatalar sistemasi bosh nuqtasini umumyer ellipsoidi sistemasi bosh nuqtasiga nisbatan aniqlovchi vektor;

$W$  – koordinatalar o‘qlarini burilishi matritsasi.

Teskari o‘tish, ya’ni referens – ellipsoid koordinatalari sistemasidan umumyer ellipsoidi sistemasiga o‘tish quyidagi tenglama orqali bajariladi:

$$r = (1 - m) \cdot W^T \cdot (R - \Delta R). \quad (6.7.)$$

Rossiyada qabul qilingan Davlat Standarti GOST R51794 – 2001 ga asosan ko‘rilayotgan koordinatalar sistemalari orasidagi bog‘lanishni ta’minlovchi, koordinatalarni bir sistemadan ikkinchi sistemaga o‘tkazish parametrlari quyidagi 6.1 jadvalda beriladi.

| Koordinatalar sistemalari | $\Delta X, \text{ m}$ | $\Delta Y, \text{ m}$ | $\Delta Z, \text{ m}$ | $\omega''_x$ | $\omega''_y$ | $\omega''_z$ | $m$ |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|-----|
| PZ-90-SK-95               | 25,90                 | -130,94               | -81,76                | 0            | 0            | 0            | 0   |
| PZ-90-SK-42               | 25,0                  | -141,00               | -80,00                | 0            | -0,35        | -0,66        | 0   |

Yuqoridagi jadvalda keltirilgan parametrlardan foydalanib referens-ellipsoid koordinatalar sistemasiga o'tish quyidagi formulalar bo'yicha bajariladi:

$$\left. \begin{aligned} X_r &= X_w - \Delta X + \omega_y Z_w - \omega_z Y_w - m X_w; \\ Y_r &= Y_w - \Delta Y - \omega_z Z_w + \omega_x X_w - m Y_w; \\ Z_r &= Z_w - \Delta Z + \omega_z Y_w - \omega_y X_w - m Z_w, \end{aligned} \right\} \quad (6.8.)$$

bu yerda

$X_r, Y_r, Z_r$  – referens-ellipsoid koordinatalar sistemasida yer sirtidagi nuqtaning koordinatalari;

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  – umumiyer koordinatalar sistemi bosh nuqtasiga nisbatan referens-ellipsoid koordinatalar sistemi bosh nuqtasining surilish qiymati;

$X_w, Y_w, Z_w$  – umumiyer koordinatalar sistemasidagi yer nuqtasining geotsentrik koordinatalari.

Ba'zi bir masalalarda sun'iy yo'ldosh navigatsiya sistemi yordamida geodezik koordinatalar aniqlanishi mumkin. Bunda geodezik koordinatalar sistemi orasidagi bog'lanishni tiklash masalasi tug'iladi. Bu maqsadda quyidagi tenglamalardan foydalanish ko'zda tutiladi.

$$\left. \begin{aligned} B_M &= B_a + \Delta B \\ L_M &= L_a + \Delta L \\ H_M &= H_a + \Delta H, \end{aligned} \right\} \quad (6.9.)$$

bu yerda

$B_M, L_M, H_M$  – izlangan ellipsoid sirtidagi  $M$  nuqtasining geodezik koordinatalari;

$B_a, L_a, H_a$  – boshlang'ich ellipsoid sirtidagi  $M$  nuqtasining geodezik koordinatalari;

$\Delta B, \Delta L, \Delta H$  – izlangan va boshlang'ich ellipsodlardagi geodezik koordinatalar bog'lanishi parametrlari. Bu parametrlar ancha murakkab formulalar

bo'yicha hisoblanadi va olingan qiymatlar aniqligi chiziq o'lchamida 0,3 m ni tashkil qiladi.

Umuman olganda shuni ta'kidlash kerakki koordinatalarni transformatsiyalash natijalari faqatgina umumiy punktlar bilan chegaralangan zonada ishlatilishi lozim.

Shuni aytish kerakki juda ko'p holatlarda mahalliy sistemada avvalda aniqlangan punktlar koordinatalari GPS o'lchashlardan aniqlangan yangi koordinatalardan farq qiladi, bu esa tarmoqni deformatsiyasiga sabab bo'ladi. Bunday kamchilikni tuzatish uchun hamma GPS koordinatalarni teng cho'zish yoki siqish yo'li bilan ularni mahalliy koordinatalar sistemasiga yoziladi.

Referens-ellipsoiddan geoidni nisbiy balandligi ko'pincha noma'lum bo'ladi. Joyda mavjud reperlar balandliklaridan foydalanib balandliklar modeli tuzilib interpolyasiya orqali nuqtalar balandligi  $H_z$  topiladi.

#### **Nazorat savollari.**

1. Hozirgi zamon sun'iy yo'ldosh navigatsiyasi sitemalarida nuqtalar koordinatalari qanday tarzda aniqlanadi?
2. Transformatsiyalashni qaysi usullarini bilasiz?
3. Referens – ellipsoid koordinatalar sistemasi bosh nuqtasini umumiyer ellipsoidi sistemasi bosh nuqtasiga nisbatan aniqlovchi vektor lotin alifbosining qaysi harfi bilan belgilanadi?
4. Referens-ellipsoiddan geoidni nisbiy balandligi qanday aniqlanadi?

#### **GLOSSARIY**

**Absolyut balandlik.** Yer yuzidagi nuqtadan boshlang'ich deb qabul qilingan sathiy yuzagacha bo'lgan oraliqqa aytiladi.

**Azimut burchak.** Haqiqiy meridianning shimoliy yo'nalishidan soat mili yo'li bo'yicha berilgan chiziqqacha bo'lgan gorizont burchakga aytiladi.

**Azimutal proeksiya tuzish.** Uchun geometrik shakl- tekislikdan foydalaniladi. yer sharini tekislikka yoyib biror nuqtasiga tekislikning urinma bo'lishi natijasida azimutal proeksiyalar hosil bo'ladi. Agar tekislik yer sharining qutblariga urinma bo'lsa, qutbiy azimutal, ekvator chizig'iga urinma bo'lsa, ekvatorial azimutal, yer yuzining boshqa biror nuqtasiga urinma bo'lsa, gorizont yoki qiyshiq azimutal proeksiyalar hosil bo'ladi.

**Absolyut og'ish.** ( $M$ ) nuqtadan o'tgan umumiy yer ellipsoidiga normal bo'lgan  $Mn_1$  chiziq bilan shu nuqtadan o'tgan  $Mg$  shovun chizig'i orasida hosil bo'lgan  $U_1$  burchakka shu nuqtada shovun chizig'ini absolyut og'ish deyiladi.

**Alohida burchakni o'lchash uslubi.** Har bir burchak limbning bitta o'rnatilishida ikki yarim priyomlarda o'lchanadi. Birinchi yarim priyomda aniqlanayotgan burchak o'lchanadi, ikkinchi yarim priyomda esa shu burchakni

360°ga to'ldiruvchisi. Har ikkala yarim priyomlarda alidada bir xil yo'nalish bo'yicha aylantiriladi. Priyomdan priyomga o'tishda esa alidada oldingisiga nisbatan teskari yo'nalishda aylantiriladi.

**GPS.** Hozirgi kunda tez-tez GPS degan terminga duch kelmoqdamiz bu tushuncha nafaqat geodeziya sohasida, balki mobil telefonlarda ham keng ravishda qo'llanilmoqda. Bu so'z Global Pozitsiyalash tizimi degan ma'noni anglatadi. Bu tizim yerga doimiy ravishda elektromagnit signallarini yuborib turuvchi suniiy yo'ldoshlar tizimidan tashkil topgan.

**Geografik uzaklik.** Geografik uzaklik 0° dan 180°gacha o'zgarib o'lchanadi. sharqiy va g'arbiy

**Geografik kenglik.** Geografik kenglik 0° gradusdan 90° gacha o'lchanadi.

**Geografik kenglik.** Geografik kenglik parallel yoy bo'yicha o'lchanadi.

**Doiraviy qabul usuli.** Punktdagi kuzatish natijalarini teng aniq yo'nalishlar bitta qatori ko'rinishida olish imkonini beradigan burchak o'lchashni eng sodda usuli bu yo'nalishlarni doiraviy priyomlarda o'lchash usulidir.

**Direksion burchak.** O'qiy meridianning yoki unga parallel bo'lgan chiziqning shimoliy yo'nalishidan soat mili yo'li bo'yicha berilgan chiziqqacha bo'lgan gorizontal burchak aytiladi.

**Ildam statika.** Zichlash tarmoqlari va s'yomka tarmoqlarini rivojlantirishda qo'llanadi. Bu usul kuzatish natijalarini kompyuterda ishlab chiqib koordinatalarni santimetr aniqlik darajasida aniqlashni ta'minlaydi.

**Kinematika.** Topografik s'yomkalarda va katta miqdordagi nuqtalar koordinatalarini qisqa vaqt ichida aniqlashda qo'llanadi. Bunda sun'iy yo'ldoshlardan kelayotgan signallar yo'lini daraxtlar, baland imoratlar va boshqalar to'sadigan bo'lsa vaqt sarfi oshadi, aniqlik esa pasayadi. Asos chizig'ining uzunligi 50 km bilan chegaralanadi va 1 santimetr aniqlikni ta'minlaydi.

**Meridian.** Shimoliy hamda janubiy geografik qutblarni birlashtiradigan va muayyan nuqtadan o'tgan, paralellar bilan tutashib 90° li burchak xosil qiladigan chiziqlarga aytiladi.

**Ellips xatoligi.** Kartografik proeksiyalar nazariyasi bo'yicha ellipsoid yuzasidagi juda kichik aylana (doira) tekislikka tasvirlanganda ellipsqa aylanadi va uni **ellips xatoligi** deb yuritiladi. Xatolik natijasida er yuzasidagi shakllar geometrik jixatdan o'zgaradi. Bu o'zgarishlar chiziqlar uzunligida, yo'nalishlarning gorizontal burchaklarida, geografik ob'yektlarning shaklida va maydonida vujudga keladi. Demak kartalardagi xatoliklar to'rt xildir:

1. Masofa yoki uzunlik xatoligi.

2. Burchak xatoligi.

3. Shakl xatoligi.

4. Maydon xatoligi.

**Rumb burchak.** Meridianning yaqin uchidan soat mili yo'li yoki unga teskari yo'li bo'yicha berilgan chiziqqacha bo'lgan gorizonttal burchak aytiladi.

**Repr.** Absolyut balandligi ma'lum bo'lgan va yerga turli ko'rinishda mustahkam o'rnatilgan qo'zg'almas nuqta.

**Poligonometriya usuli.** Bu usul anchadan buyon ma'lum, ammo uni davlat geodezik tarmoqlarini barpo etishda qo'llash invar simlar yordamida chiziqli o'lchashlarni bajarilishi murakkabligi tufayli yaqingacha foydalanmay kelindi. Taxminan 20 asrning 60 chi yillaridan boshlab, geodezik ishlab chiqarishga aniq sveto-radiodalnomerlarning joriy qilinishi poligonometriya usulini rivojlantirdi va geodezik tarmoqlarni barpo etishda keng qo'llanila boshlandi.

**Parallel .** Ekvatordan bir hil uzoqlikda joylashgan nuqtalarni birlashtiruvchi chiziq.larga aytiladi. Eng katta parallel ekvator, u er sharini teng ikkiga, ya'ni shimoliy va janubiy yarim sharlarga bo'lib turadi. Parallellar har  $10^{\circ}$  dan o'tkazilib, ularning qiymatlari  $0^{\circ}$  yoki  $180^{\circ}$  li meridianda yozilgan bo'ladi.

**To'g'ri burchakli koordinatalar .** To'g'ri burchakli koordinatalar, burchakli qiymatlar bo'lib, nuqtalarni o'rni gorizonttal tekislikda aniqlanadi.

**Triangulyasiya usuli.** Triangulyasiya usuli birinchi marta Gollandiyalik olim Snellius tomonidan taklif etilgan deb hisoblanadi. Bu usul barcha mamlakatlarda keng qo'llaniladi. Usulning mohiyati qo'yidagidan iborat. Joyning eng baland nuqtalarida uchburchaklar sistemasi tashkil etadigan geodezik punktlar mahkamlanadi. Bu tarmoqda A boshlang'ich punktining koordinatalari aniqlanadi, har bir uchburchakda gorizonttal burchaklar o'lchanadi, hamda bazis tomon uzunligi " $b$ " va bazis tomon azimuti " $\alpha$ " o'lchanadi, bu o'z navbatida tarmoqni masshtablaydi va azimut bo'yicha orientirlaydi.

**Trilateratsiya usuli.** Ushbu usul, triangulyasiya usulidek, joylarda geodezik tarmoqlar uchburchaklar zanjiri, geodezik to'rtburchak va markaziy sistema ko'rinishida yoki uchburchaklarning yaxlit to'ri ko'rinishida barpo etish ko'zda tutiladi, unda barcha tomonlar uzunligi o'lchanadi (burchaklar o'lchanmaydi).Trilateratsiyada triangulyasiya kabi, joyda tarmoqni orientirlash uchun qator tomonlarini ayrimlarini azimuti aniqlangan bo'lishi lozim.

**Zonali koordinatalar sistemasi .** Zonali koordinatalar sistemasi qo'llashda yer ellipsoidi - har bir  $6^{\circ}$  dan 60 ta zonaga bo'linadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Х.М.Мубораков., С.А.Тошпўлатов., Б.Р.Назаров Олий геодезия Тошкент-2014 йил, 459 бет.
2. С.А.Тошпўлатов, Ш.К.Авчиев – Сфероидик геодезия –Т., 2002. 173 бет.
3. Nurmatov E.X., O'tanov O'., Geodeziya. T., O'zbekiston, 2002.
4. Muborakov X.M., Axmedov S. Geodeziya va kartografiya. Toshkent, 2002,
5. A.S.Samardak – Geoinformatsionnie sistemi. V., «Vladivostok», 2005.
6. Н.В.Якович – Олий геодезия. М., «Недра», 1989.
7. Справочник геодезия / под редакцией В.Д. Болшакова и. Г.П.Левчука – М., «Недра», 1985.
8. В.Г. Зданович, Н.Г.Келл, К.А.Звонарёв, А.Н. Белоликов, Н.А.Гусев – Олий геодезия. М., 1961.
9. Инструкция о построении государственной геодезической сети - м., «Недра», 1966.
10. Руководящий технический материал по применения спутников приёмников при создании и реконструкции сетей сгущения. Tashkent, ГУГКИК, 1998.
11. Dj.K.Muxitdinov ., O'.P.Islomov ., Zamonaviy geodezik uskinalar 2016. TIMI
12. O'.P. Islomov., A.N.Inomov., J.O.Lapasov., Zamonaviy GPS priyomniklar 2016. TIMI
13. History of Geodesy 2007 yil
14. Plane and Geodetic Surveys 2004 yil
15. Engineering Survey 2006 yil
16. Г.Г.Поклад.,С.П.Гриднев.,Геодезия. Москва, 2007 год
17. MapInfo Professional 7.5: Rukovodstvo polzovatelya.-М., ESTI-MAP., 2000y.
18. Internet ma'lumotlari [www.oliy-geodeziya.com](http://www.oliy-geodeziya.com), [www.trimble.com](http://www.trimble.com)

## MUNDARIJA

### I-BOB. YERNING SHAKLI VA GRAVATSIYON MAYDONI

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Kirish.....                                                 | 3  |
| 1.1. Oliy geodeziya fanining maqsad va vazifalari.....      | 4  |
| 1.2. Og'irlik kuchi va yerning sathiy yuzasi.....           | 5  |
| 1.3. Geoid va kvazigeoid.....                               | 9  |
| 1.4. Umumiy yer ellipsoidi.....                             | 10 |
| 1.5. Normal yer va yerning haqiqiy shakli.....              | 12 |
| 1.6. Geodezik va astronomik koordinatalar va azimutlar..... | 19 |
| 1.7. Shovun chizig'ining og'ishi.....                       | 21 |
| 1.8. Laplas azimutlari.....                                 | 24 |
| 1.9. Reduksiya masala to'g'risida tushuncha .....           | 25 |

### II-BOB. GEODEZIK TAYANCH TARMOQLARI

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Geodezik tarmoqlar va ularning ahamiyati.....                     | 26 |
| 2.2 Davlat geodezik tarmog'ini barpo etishning zaruriy aniqligi.....  | 29 |
| 2.3 Davlat geodezik tarmog'ini barpo etishning asosiy usullari.....   | 31 |
| 2.4 Asosiy geodezik ishlarni bajarish ketma-ketligi.....              | 36 |
| 2.5 Geodezik to'rlarini loyihalash.....                               | 37 |
| 2.6 GPS texnologiyasida geodezik punktlarini rekognossirovkalash..... | 40 |
| 2.7 Geodezik belgilar balandligini hisoblash.....                     | 41 |
| 2.8 Geodezik belgilar.....                                            | 44 |
| 2.9 Geodezik punktlarning markazlari.....                             | 48 |

### III -BOB. YUQORI ANIQLIKDA BURCHAK O'LCHASH

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Yuqori aniqlikdagi teodolitlar va ulardan foydalanish.....          | 51 |
| 3.2. Yuqori aniqlikdagi teodolitlarning tekshirish va tadqiq qilish..... | 53 |
| 3.3. Yuqori aniqlik bilan burchak o'lchashda asbob xatolari.....         | 56 |
| 3.4. Punktda teng aniqlikdagi yo'nalishlarni olish sharti.....           | 57 |
| 3.5. Doiraviy qabul usuli.....                                           | 60 |
| 3.6. Barcha kombinatsiyalarda burchak o'lchash usuli.....                | 66 |
| 3.7. To'la bo'lmagan qabul usuli.....                                    | 73 |

### IV-BOB. YUQORI ANIQLIKDA GEOMETRIK VA TRIGONOMETRIK NIVELIRLASH

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Davlat nivelirlash tarmoqlari.....                                                 | 74 |
| 4.2. Nivelirlash yo'llarini loyihalash, rekognossirovka qilish va joyda mahkamlash..... | 78 |
| 4.3. Yuqori aniqlikda geometrik nivelirlar.....                                         | 83 |
| 4.4. Invar reykalalar.....                                                              | 87 |
| 4.5. Yuqori aniqlikda nivelirlash usullari.....                                         | 89 |

|      |                                            |     |
|------|--------------------------------------------|-----|
| 4.6. | Trigonometrik nivelirlash.....             | 96  |
| 4.7. | Zamonaviy elektron raqamli nivelirlar..... | 102 |

## **V-BOB. GEODEZIK TARMOQLARNI TENGLASHTIRISH**

|      |                                                                                 |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1. | Geodezik tarmoqlarda dastlabki hisoblashlar.....                                | 106 |
| 5.2. | Geodezik tarmoqlarni korrelat usulida tenglashtirish.....                       | 109 |
| 5.3. | Triangulyasiyada shartli tenglamalar soni.....                                  | 110 |
| 5.4. | Geodezik tarmoqlarni parametrik usulda tenglashtirish.....                      | 122 |
| 5.5. | O'lgangan tomon tuzatmalar tenglamasi.....                                      | 130 |
| 5.6. | Tarmoqning tenglashtirilgan elementlarini hisoblash va aniqligini baholash..... | 132 |

## **VI-BOB. GEODEZIK TAYANCH TARMOQLARINI RIVOJLANTIRISHNING KOSMIK USULLARI**

|      |                                                                                                 |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1. | Sun'iy yo'ldosh yordamida geodezik tarmoqlarini rivojlantirish usullari va texnologiyalari..... | 138 |
| 6.2. | GPS priyomniklari.....                                                                          | 143 |
| 6.3. | GPS va mahalliy koordinatalar sistemalari.....                                                  | 146 |
| 6.4. | Sun'iy yo'ldosh o'lgashlarini matematik asosi.....                                              | 148 |
| 6.5. | Joy ob'yektlari koordinatalarini aniqlash usullari.....                                         | 150 |
| 6.6. | Nuqtalar koordinatalarini transformatsiyalash.....                                              | 152 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>GLOSSARIY</b> ..... | 155 |
|------------------------|-----|

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| <b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR</b> ..... | 158 |
|----------------------------------------|-----|

## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **1 ГЛАВА. ФОРМА ЗЕМЛИ И ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ**

|     |                                                      |    |
|-----|------------------------------------------------------|----|
|     | Введение                                             | 3  |
| 1.1 | Цели и задачи предмета высшей геодезии               | 4  |
| 1.2 | Сила тяжести и поверхность земли                     | 5  |
| 1.3 | Геоид и квазигеоид                                   | 9  |
| 1.4 | Общий земной эллипсоид                               | 10 |
| 1.5 | Естественная форма земли                             | 12 |
| 1.6 | Геодезические и астрономические координаты и азимуты | 19 |
| 1.7 | Наклон отвесной линии                                | 21 |
| 1.8 | Азимуты Лапласа                                      | 24 |
| 1.9 | Понятия о редукционных задачах                       | 25 |

### **2 ГЛАВА. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ПУНКТ**

|     |                                                              |    |
|-----|--------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 | Геодезические сети и их влияния                              | 26 |
| 2.2 | Основные понятия Государственной геодезической сети          | 29 |
| 2.3 | Основные способы создания Государственной геодезической сети | 31 |
| 2.4 | Порядок выполнении основных геодезических работ              | 36 |

|                                                                                 |                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.5                                                                             | Проектирование геодезических сетей                                                  | 37  |
| 2.6                                                                             | Рекогносцировка GPS технологии в геодезических пунктах                              | 40  |
| 2.7                                                                             | Определение высоты геодезических точек                                              | 41  |
| 2.8                                                                             | Геодезические точки                                                                 | 44  |
| 2.9                                                                             | Центр геодезических пунктов                                                         | 48  |
| <b>3 ГЛАВА. ВЫСОКОТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ</b>                                    |                                                                                     |     |
| 3.1                                                                             | Высокоточные теодолиты и их использование                                           | 51  |
| 3.2                                                                             | Поверка и юстировка высокоточных теодолитов                                         | 53  |
| 3.3                                                                             | Технические ошибки при измерении углов в высокоточных теодолитах                    | 56  |
| 3.4                                                                             | Условия взятия одинаковых направлений в пункте                                      | 57  |
| 3.5                                                                             | Метод круговых применений                                                           | 60  |
| 3.6                                                                             | Метод измерения углов во всех комбинациях                                           | 66  |
| 3.7                                                                             | Способы полуприемов                                                                 | 73  |
| <b>4. ГЛАВА. ВЫСОКОТОЧНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ И ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ НИВЕЛИРОВАНИЯ</b> |                                                                                     |     |
| 4.1                                                                             | Государственная нивелирная сеть                                                     | 74  |
| 4.2                                                                             | Проектирование нивелирных сетей рекогносцировка и закладка нивелирных пунктов       | 78  |
| 4.3                                                                             | Высокоточные (геометрические) нивелиры                                              | 83  |
| 4.4                                                                             | Инварные рейки                                                                      | 87  |
| 4.5                                                                             | Способы высокоточного нивелирования                                                 | 89  |
| 4.6                                                                             | Тригонометрические нивелиры                                                         | 96  |
| 4.7                                                                             | Современные электронные цифровые нивелиры                                           | 102 |
| <b>5. ГЛАВА. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ УРАВНИВАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ</b>                |                                                                                     |     |
| 5.1                                                                             | Предварительные уравнивания геодезических сетей                                     | 106 |
| 5.2                                                                             | Коррелятный способ уравниваний геодезических сетей                                  | 109 |
| 5.3                                                                             | Условные уравнивания триангуляции                                                   | 110 |
| 5.4                                                                             | Параметрический вид уравнивания геодезических сетей                                 | 122 |
| 5.5                                                                             | Уравнение поправок в измеренном расстоянии.                                         | 130 |
| 5.6                                                                             | Оценка точности вычислений уравненных величин                                       | 132 |
| <b>6 ГЛАВА. КОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПУНКТОВ</b>               |                                                                                     |     |
| 6.1                                                                             | Методы и технологии развития геодезических сетей при помощи искусственных спутников | 138 |
| 6.2                                                                             | GPS приемники                                                                       | 143 |
| 6.3                                                                             | GPS и местные системы координат                                                     | 146 |
| 6.4                                                                             | Математические основы спутниковых измерений                                         | 148 |
| 6.5                                                                             | Метод определения координат объектов                                                | 150 |
| 6.6                                                                             | Трансформация координат точек                                                       | 152 |
| <b>ГЛОССАРИЙ</b>                                                                |                                                                                     | 155 |
| <b>ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ</b>                                                |                                                                                     | 158 |

## **CONTENTS**

### **CHAPTER I. THE FORM LAND AND GRAVITATIONAL FIELD.**

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Introduction                                             | 3  |
| 1.1 Aims tasks of higher geodesy subject                 | 4  |
| 1.2 Gravity and land surface                             | 5  |
| 1.3 Geoid and quazigeoid                                 | 9  |
| 1.4 General land ellipsoid                               | 10 |
| 1.5 Normal Land and present shape of land                | 12 |
| 1.6 Geodezical and astronomical coordinates and azimuths | 19 |
| 1.7 Slope of a plumb line                                | 21 |
| 1.8 Laplace's azimuths                                   | 24 |
| 1.9 Conception about reducing tasks                      | 25 |

### **CHAPTER II. GEODESIC (LAND SURVEYING) POINT**

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Geodesic nets and their influence                     | 26 |
| 2.2 Basic conceptions of the state geodesic net           | 29 |
| 2.3 Basic methods of creation the state geodesic net work | 31 |
| 2.4 The order of carrying out the basic geodesic works    | 36 |
| 2.5 Projecting of geodesic networks                       | 37 |
| 2.6 Reconnaissance of GPS technology in geodesic points   | 40 |
| 2.7 The definition of the geodesic points height          | 41 |
| 2.8 Geodesic points                                       | 44 |
| 2.9 The centre of geodesic points                         | 48 |

### **CHAPTER III. HIGHLY POINT SURVEYING OF ANGLES**

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1 Highly points theodolites and their use                             | 51 |
| 3.2 Verification and alignment of highly point theodolites              | 53 |
| 3.3 Technical error in measuring the angles of highly point theodolites | 56 |
| 3.4 Taking conditions of equal in direction points                      | 57 |
| 3.5 The methods of round applications                                   | 60 |
| 3.6 The method of measuring the angles in all combinations              | 66 |
| 3.7 The method of half acceptability                                    | 73 |

### **CHAPTER IV. HIGHLY POINT GEOMETRIC AND TRIGONOMETRIC LEVEL**

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1 The state level network                                                      | 74  |
| 4.2 Projecting the level networks of reconnaissance and bookmark of level points | 78  |
| 4.3 Highly point (geometric) levels                                              | 83  |
| 4.4 Invar rivers                                                                 | 87  |
| 4.5 The methods of highly point level                                            | 89  |
| 4.6 Trigonometric levels                                                         | 96  |
| 4.7 The modern electronic digital levels                                         | 102 |

### **CHAPTER V. PRELIMINARY EQUALIZATION OF GEODETIC NETWORKS**

|                                                                    |                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1                                                                | Preliminary equalization of geodetic networks                                                      | 106 |
| 5.2                                                                | Correlative way of the equalization of geodetic networks                                           | 109 |
| 5.3                                                                | Conditional equations of triangulation                                                             | 110 |
| 5.4                                                                | The parametric form of equation of geodetic networks                                               | 122 |
| 5.5                                                                | Correction of equation in modified distance                                                        | 130 |
| 5.6                                                                | The estimation of the accuracy of calculations of the equalized quantities                         | 132 |
| <b>CHAPTER VI. SPACE METHODS OF DEVELOPMENT OF GEODETIC POINTS</b> |                                                                                                    |     |
| 6.1                                                                | The methods and technologies of development of geodetic networks by the help of natural satellites | 138 |
| 6.2                                                                | GPS receivers                                                                                      | 143 |
| 6.3                                                                | GPS and local system coordinates                                                                   | 146 |
| 6.4                                                                | Mathematic basics of satellite measurements                                                        | 148 |
| 6.5                                                                | The method of determining the coordinates of objects                                               | 150 |
| 6.6                                                                | Transformation of the coordinates points                                                           | 152 |
|                                                                    | <b>GLOSSARY</b>                                                                                    | 155 |
|                                                                    | <b>USED LITERATURE</b>                                                                             | 158 |