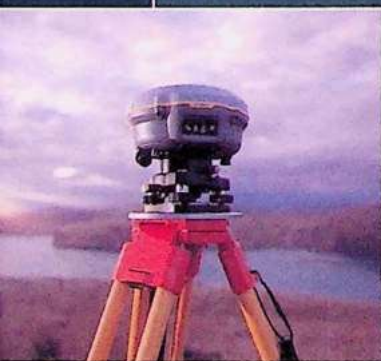


H. Muborakov, Z.D. Oxunov,
A.S. Ro'ziyev, X.J. Xayitov, G.Z. Yakubov

GEODEZIYA

I va II qism



Oliy o'quv yurtlari uchun
DARSLIK



26.1 ya 7
N-11

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

H. MUBORAKOV, Z.D. OXUNOV,
A.S. RO'ZIYEV, X.J. HAYITOV, G'. Z.YAKUBOV

GEODEZIYA

(I va II qism)

DARSLIK

H.Muborakov umumiy tahriri ostida

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
tomonidan «Geodeziya, kartografiya va kadastr» hamda «Geodeziya
va geoinformatika» ta'lim yo'nalishlari talabalari uchun tavsiya
etilgan

UO'K: 528(075)

KBK: 26.1ya7

G-35

Muborakov, H. va boshq.

Geodeziya. I va II qism [Matn]: darslik / H. Muborakov [va boshq.].

– Toshkent: Spectrum Media Group, 2021. – 484 b.

ISBN 978-9943-8499-2-1

Mazkur darslikda geodeziya fani, uning vazifalari, fanga doir umumiy ma'lumotlar, geodezik o'lchash turlari, usullari va o'lchash asboblarning tuzilishi, o'lchashlarni bajarish, natijalarni matematik ishlab chiqish, plan, karta va profillarni tuzish masalalari ishlab chiqilgan. Shuningdek, yirik masshtabli topografik syomkalar hamda qurilish ishlari ehtiyoji uchun zichlash planli tarmoqlari va III, IV sinf nivelir tarmoqlarini barpo etishda aniq geodezik o'lchashlarni bajarish uslubi va natijalarini sodda usullarda tenglashtirish masalalari yoritilgan.

Darslik oliy o'quv yurtlarining «Geodeziya, kartografiya va kadastr» hamda «Geodeziya va geoinformatika» ta'lim yo'nalishlari talabalariga mo'ljallangan bo'lib, undan geodeziya fanini o'qiydigan boshqa ta'lim yo'nalishi talabalari ham foydalanishlari mumkin.

UO'K: 528(075)

KBK: 26.1ya7

TAQRIZCHILAR:

E.X. ISAKOV, SamDAQI «Geodeziya va kartografiya»

kafedrasi dotsenti, t.f.n.

I.M. MUSAYEV, TIQXMMI «Geodeziya va geoinformatika»

kafedrasi dotsenti, t.f.n.

ISBN 978-9943-8499-2-1

© H. Muborakov, Z.D. Oxunov, A.S. Roziyev, X.J. Hayitov, G'.Z. Yakubov,

«Geodeziya: I va II qism», 2021

© Spectrum Media Group, 2021

ANDIYON MASHINASOZLASH VA INFORMATIKA
AXBOROT - RESURS MARKAZI

INV №

d 12 912

Mazkur darslik Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy Universiteti va Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari institutining Geodeziya va geoinformatika kafedralari professor-o'qituvchilari tomonidan «Geodeziya, kartografiya va kadastr» hamda «Geodeziya va geoinformatika» ta'lim yo'nalishlari talabalari uchun ishlab chiqilgan «Geodeziya» fanining o'quv dasturi asosida yozilgan.

Ushbu darslikdan geodeziya fanidan tahsil oladigan barcha yo'nalish talabalari ham foydalanishlari mumkin.

Darslikni yozishda mualliflar o'zlarining geodeziya bo'yicha o'quv qo'llanma va darsliklarni yozishda orttirgan ko'p yillik boy tajribalari va qayta nashrdan chiqqan kitoblari materiallaridan foydalan-ganlar.

Shuni ta'kidlash joizki, geodeziya, kartografiya va kadastr bakalavriat yo'nalishi O'zbekistonning mustaqillik yillarida, bundan 25 yilcha ilgari tashkil etilgan bo'lib, hozirgi kunda esa 10 ga yaqin oliy ta'lim muassasalarida kadrlar tayyorlab kelinishiga qaramay, haligacha bunday darslik yozib nashr etilmagan.

Ushbu darslik I va II qismlardan tashkil topgan bo'lib, I qismi 1-kurs talabalariga mo'ljallangan, unda geodeziyaning umumiy masalalari (plan, karta va masshtab, oriyentirlash va h.k.), o'lchash asboblarining tuzilishi, joyda chiziqli, burchak, nisbiy balandlik o'lchashlarini bajarish, syomkalar uchun geodezik asosni qurish, yirik masshtabli syomkalarni bajarish, natijalarni matematik ishlab chiqib, konturli va topografik plan va profillarni tuzishning nazariy va amaliy masalalari batafsil ko'rib chiqilgan.

II qismi 2-kurs talabalariga mo'ljallangan va unda katta maydonlarda bajariladigan geodezik ishlar uchun tayanch geodezik tarmoqlarni, shu jumladan, zichlash triangulyatsiyasi, zichlash poligonometriyasi va geodezik kestirmalar usullari hamda III va IV sinf nivelir tarmoqlarini rivojlantirishda qo'llanadigan aniq geodezik asboblar tuzilishi, ular bilan o'lchashlarni bajarish, natijalarni sodda tenglashtirish usullarida ishlab chiqib tayanch punktlarning koordinatalari va balandliklarini aniqlashning nazariy va amaliy masalalari berilgan. Bunda konkret obyektlarda bajarilgan o'lchash natijalaridan

foydalanib, amaliy mashqlarni yechish batafsil tushuntirilgan. Bu esa talabalarga topshiriqlarni mustaqil bajarishda yengillik tug'diradi.

Darslikni yozishda qo'llanilgan bunday metodik yondashuv 1- va 2-kurslarda talabalarining fan bo'yicha oddiy geodezik o'lchashlardan aniq o'lchashlarga o'tish, ular uslubini o'zaro taqqoslash va ishlarni bajarish, natijalarni ishlab chiqish ketma-ketligini to'la tushunish imkonini beradi.

Darslik O'zMU Geodeziya va geoinformatika kafedrası professor-o'qituvchilari tomonidan tayyorlangan. Bunda mualliflarning hissasi quyidagicha: Muborakov H. – Kirish, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, boblar va XXI bobning 1–2 bo'limlari; Oxunov Z.D. – II, III, IX, X, XI boblar; Ro'ziyev A.S. – IV, V, VII boblar, XXI bobning 3 – 4 bo'limlari; Hayitov X.J. (TIQXMMI) – VI, XIII boblar; Yakubov G.Z. – VIII, XII boblar.

Ishlarni tashkil etishda t.f.n., prof. H.Muborakov rahbarlik qilgan. Darslikning zamonaviy asboblardan bog'liq mavzulari kafedra a'zolarining Erasmus+ dasturi NICoPA loyihasi doirasida Yevropa Ittifoqining hamkor OO'Yu larida tashkil etilgan trening kurslarida bevosita qatnashib o'rnatilgan tajribalariga tayanib yoritildi.

Darslik ilk bor yozilgani sababli unda ayrim nuqsonlar uchrashı mumkin. Bu haqda bildirilgan fikr va mulohazalarnı mualliflar mamnuniyat bilan qabul qilishadi.

1.1. Geodeziya fani va uning vazifalari

Insoniyatning asosiy xo'jalik faoliyati azaldan yer usti va uning foydali qazilmalaridan foydalanish bilan bog'liq bo'lib kelgan. Bu masalani izchil va maqsadga muvofiq hal etish yer shaklini o'rganish va uning sirtida o'lchashlarni bajarish orqali amalga oshiriladi. Shunday qilib, geodeziya, Yerning shakli va uning o'lchamlarini aniqlash, yer sirtida o'lchashlarni bajarib uning bo'laklarini plan, karta va profillarini tuzish, turli injenerlik inshootlarini qurish hamda yer tabiiy resurslaridan foydalanishni geodezik o'lchashlar bilan ta'minlash to'g'risidagi fandir.

Buyuk nemis olimi Fridrix Robert Gelmertning ta'rifiga (1880-y.) ko'ra, «Geodeziya – (γ (geo) = yer, $\delta\alpha\iota\zeta\omega$ (deziya) = bo'lish) yer yuzasini o'lchaydigan va tasvirlaydigan fandir».¹

Geodeziya fanining vazifalari ilmiy va ilmiy-texnika bo'linadi.

Bosh ilmiy vazifasi Yerning shakli va o'lchamlari hamda uning tashqi gravitatsiya maydonini aniqlashdan iborat. Bularidan tashqari, geodeziya Yerning ichki tuzilishini, Yer qobig'ini gorizont va vertikal deformatsiyasini, Yer qutblarining siljishi va boshqalarni o'rganish bilan ham shug'ullanadi.

Geodeziyaning ilmiy-texnik va amaliy vazifalari ko'pdan-ko'pdir. Umumlashtirib aytganda, ular quyidagilardan iborat:

- yer sirtidagi alohida nuqtalar o'rnini qabul qilingan koordinatlar sistemasida aniqlash;
- turli maqsadlar uchun turli masshtablardagi topografik plan va kartalar hamda profillarni tuzish;
- bino va injenerlik inshootlarni loyihalash, qurish va foydalanishda, yerning tabiiy boyliklaridan foydalanishda bajariladigan geodezik o'lchashlarni ta'minlash;
- davlat mudofaasi maqsadlarini geodezik ma'lumotlar va kartografik materiallar bilan ta'minlash.

¹ Wolfgang Torge; Jurgen Muller. Geodesy, Berlin, De Gruyter, Berlin, 2001, 1 page.

Barcha geodezik o'lchashlar maxsus geodezik asboblardan yordamida, maxsus o'lchashlar uslubida bajariladi. Shu sababli maqsadga muvofiq geodezik asboblarni ishlab chiqarish va o'lchashlar uslubi dasturini ishlab chiqish geodeziyaning muhim ilmiy-texnik vazifasi hisoblanadi.

Yer sirtida geodezik o'lchashlarni bajarish usullarini o'rganish, chunonchi, joyda chiziqli uzunligi, burchaklar va balandliklarni o'lchash, o'lchash natijalarini ishlab chiqish hamda plan, karta va profilarni tuzish, turli muhandislik-geodezik masalalarni yechishda ularning natijalaridan foydalanish geodeziyaning vazifalari qatoriga kiradi. Geodezik asboblardan tuzilishini va tekshirishlarini o'rganish, ular bilan aniq va ilmiy-amaliy jihatdan maqbul o'lchash usullarini ishlab chiqish ham geodeziyaning muhim vazifalaridan hisoblanadi.

Geodezik ishlar maqsadi va tavsifiga ko'ra ikki bosqichda amalga oshiriladi:

1. geodezik asbob va texnologiyalardan foydalanib dala o'lchash ishlarini bajarish;
2. o'lchash natijalarini matematik ishlab chiqish va plan, kartalarni tuzish.

Geodeziya o'zining rivojlanish jarayonida bir qancha mustaqil ilmiy va ilmiy-texnik fanlarga bo'lingan.

Geodeziya yoki **topografiya** fani (topografik va kadastr syomalarini o'z ichiga oladi) yer sirtining kichik bo'laklarida bajariladigan geodezik o'lchashlarni bajarish va natijalarini matematik ishlab chiqib, ularni plan, karta va profilarda tasvirlash bilan shug'ullanadi.

Oliy geodeziya Yer shakli va o'lchamlarini aniqlash, mamlakat hududining kartalarini tuzish maqsadida zarur bo'lgan davlat geodezik tarmoqlarini barpo etish uchun yuqori aniq o'lchashlarni bajarish, natijalarini ishlab chiqib, tarmoq punktlari koordinatalari va balandliklarini yagona sistemada hisoblash, yer usti qobig'ining gorizontall va vertikal siljishini geodezik usullarda aniqlash bilan shug'ullanadi. Oliy geodeziya fanining vazifasiga geoid sirti va Yerning gravitatsion maydonini aniqlash ishlari ham kiradi.

Injenerlik geodeziyasi – turli bino va inshootlarni loyihalashda bajariladigan muhandislik-geodezik qidiruvlar, loyihani joyga ko'chirish, konstruksiya va uskunalarni loyihaviy o'rni o'rnatish va montaj qilishda kerakli geodezik o'lchashlarni bajarish, bino va inshootlar de-

formatsiyasini kuzatish va boshqa shu kabi ishlar bilan shug'ullanadi.

Fotogrammetriya – yer sirtini uchish apparatlari yordamida suratga olish va aerokosmiksuralarini maxsus fotogrammetrik usulda ishlab chiqib, joyning plan va kartalarini tuzishni o'rganuvchi fan hisoblanadi.

Kosmik geodeziya – Yer va boshqa sayyoralarining tabiiy va sun'iy yo'ldoshlarini kuzatish natijalari bo'yicha oliy geodeziyaning ilmiy va amaliy masalalarini hal etishga qaratilgan fan hisoblanadi.

Kartografiya fani kartalarni loyihalash, tuzish, nashr etish usullarini va foydalanish yo'llarini o'rganadi. Kartalarni tuzish turli geodezik va topografik materiallarni unumlashtirish va foydalanishga asoslanadi.

1.2. Geodeziyaning qisqacha rivojlanish tarixi

Geodeziya eng qadimgi fanlardan biri bo'lib, yer o'lchash, yer maydonlari chegaralarini aniqlash, xo'jalik maqsadlari uchun plan, kartalar tuzishga ehtiyoj paydo bo'lishi bilan vujudga kelgan. Uning tarixi eramizdan bir necha asr ilgari Qadimgi Misrda yerlarni o'lchash va taqsimlash, Nil daryosi havzasida yerlarni sug'orish uchun kanallar qazishda geodezik ishlarni olib borishdan boshlangan. Miloddan avvalgi VII asrda Qadimgi Vavilon va Ossuriyada soppoldan yasalgan taxtachalarda geografik kartalar yaratilgan bo'lib, unda iqtisodiy xarakterga ega ma'lumotlar keltirilgan edi.

Inson qadimdan yulduzlar va sayyoralarni kuzatish orqali Yerning shaklini aniqlash bilan shug'ullanib kelgan. Eratosfen miloddan avvalgi III asrda Misrda «Gradusli o'lchashlar» deb nom olgan yer sirtidagi o'lchashlar orqali ilk bor Yer sharining radiusini aniqlagan.

Miloddan avvalgi II asrda astronomlar va matematik olimlar joyning geografik kengligi va uzoqligi to'g'risida tushuncha kiritdilar, dastlabki kartografik loyihalarni ishlab chiqdilar, kartalarda meridian va parallel to'rlarini tushirdilar, astronomik kuzatishlar orqali yer sirtidagi nuqtalarning o'zaro o'rini aniqlashning dastlabki usullarini taklif etdilar.

IX asrning boshida Bag'dod shahrida tashkil etilgan «Bayt ul-hikma» ilmiy markaz olimlari tomonidan Mosul shahri yaqinida

«gradus o'lash usuli»da o'lashlar bajarilib, Yer sharining radiusi aniqlangan.

O'rta Osiyolik mashhur olim Abu Rayhon Beruniy o'z faoliyati davomida 150 ta ilmiy asar yozgan bo'lib, shulardan 40 tasini geodeziya faniga bag'ishlagan. U tomonidan 1023-yilda Yerning o'lchamlarini aniqlashga oid izlanishlar olib borilib, Yer radiusi 6339,6 km ga teng ekanlari e'tirof etilgan.

Geodeziyaning zamonaviy rivojlanishi XVII asrning boshiga to'g'ri keldi. Galiley tomonidan ko'rish trubasining ixtiro etilishi, trigonometriya va analitik geometriya hisoblashlarining joriy etilishi tufayli yer sirtida o'lchashlarni bajarish va tasvirlash usullari ancha takomillashdi. 1615–1617-yillarda geodeziyaning rivojlanishiga katta hissa qo'shgan gollandiyalik olim Snellius triangulyatsiya usulini ishlab chiqqan. Ushbu usul hanuzgacha topografik syomkalar uchun tayanch nuqtalar o'rnini aniqlashning asosiy usullaridan biri hisoblanadi. Bundan tashqari, burchak o'lchash asbobi bo'lmish teodolitning ixtiro etilishi va ko'rish trubasining iplar to'ri bilan ta'minlanishi triangulyatsiyada burchaklarni o'lchash aniqligini oshirishga imkon yaratdi.

XVII asrning ikkinchi yarmida mashhur olim Nyuton tomonidan butun olam tortishish qonunining kashf etilishi Yer shar shaklida emas, balki qutblardan siqilgan ellipsoid shakliga egaligi g'oyasining paydo bo'lishiga sabab bo'ldi. Shundan keyingi yillarda amalga oshirilgan bir qancha ilmiy-tadqiqot ishlarida Yer shaklining haqiqatan ham ellipsoidga yaqin ekanligi aniqlandi va uning o'lchamlari hisoblab topildi.

XIX asr davomida bir qator olimlar tomonidan yer ellipsoidi o'lchamlarini aniqlashga doir ilmiy-tadqiqot ishlari olib borildi va uning parametrlari e'lon qilindi. Ushbu asosiy muammoni ijobiy hal qilish maqsadida 1864-yilda Yevropada, so'ngra jahon miqyosida Yerning o'lchamlarini aniqlash bo'yicha xalqaro komissiya tuzildi. Keyinchalik bu komissiya Xalqaro geodeziya va geofizika ittifoqiga aylandi.

Rossiyalik olimlar F.N. Krasovskiy, A.A. Izotov, A.S. Chebotarev, M.S. Molodenskiy va boshqalar geodezik tadqiqotlar va nazariy ishlarni keng ko'lamda olib borib, geodeziyaning rivojlanishiga katta hissa qo'shdilar. Jumladan, 1940-yilda F.N. Krasovskiy rahbarligida

sobiq ittifoq davlati hududida Yerning o'lchamlarini aniqlashga doir katta hududda ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilib, yer ellipsoidining yangi o'lchamlari aniqlandi. Aytish joizki, ko'pgina davlatlarda (jumladan, O'zbekistonda) hanuzgacha ushbu o'lchamlardan foydalalanib kelinmoqda.

XX asrda ilm-fanning taraqqiyoti negizida geodeziya fani ham rivojlanib, qator yutuqlarga erishdi:

- Grinвич meridiani geodezik o'lchashlar boshi qilib qabul qilindi (1950-yil) va simsiz texnologiya va kvarsli soatlar asosida global vaqt sistemasi kiritildi.

- Elektron o'lchash texnologiyasining vujudga kelishi bilan chiziqlar uzunligini o'lchash aniqligi bir necha marotaba oshdi.

- Teodolit asbobining yanada takomillashtirilishi optik, keyinchalik elektron-optik asboblarning vujudga kelishiga va o'lchashlar aniqligining oshishiga sabab bo'ldi.

- 1960-yildan sun'iy yo'ldoshlarning keng tatbiq etilishi kosmik geodeziyaning rivojlanishiga, o'z navbatida, o'lchashlarni qit'alararo bajarishga imkon berdi.

- Global navigatsiyali sun'iy yo'ldosh tizimining yaratilishi GPS va ГЛОНАСС sistemalari orqali aniq geodezik o'lchashlar asosida yer nuqtalari koordinatalarini tez va har qanday sharoitda aniqlash imkonini tug'dirdi.

Bugungi kunda geodeziya, kartografiya va kadastr ishlarini yuqori ilmiy-amaliy saviyada amalga oshirish va yangi texnika va texnologiya negizida yanada rivojlantirish bo'yicha O'zbekiston Respublikasining Soliq qo'mitasi huzuridagi Kadastr agentligi shug'ullanadi.

1.3. Geodeziyaning boshqa fanlar bilan aloqasi va uning xalq xo'jaligidagi ahamiyati

Geodeziya fani o'z vazifasini amalga oshirishda bir qancha fanlar bilan o'zaro uzviy aloqada bo'ladi.

Matematika fani nazariyasiga asoslanib, geodezik o'lchashlarni to'g'ri tashkil qilish va bajarishning ilmiy asoslangan dasturi ishlab chiqiladi va zarur qiymatlar bilan o'lchashlar natijasi orasidagi bog'lanish o'rnatiladi (masalan, chiziqlar uzunligi va uning direksion bur-

chak qiymatlari orqali yer sirtida olingan nuqta koordinatalari bog'lanishi). Matematika qonuniyatlari asosida o'lchash natijalari ishlab chiqilib, zaruriy va ishonchli qiymatlarni olish imkoni yaratiladi.

Fizika fanidan ma'lumotlar, ayniqsa, uning optika, elektronika va radiotexnika bo'limlari bo'yicha, geodezik o'lchash asboblari ishlab chiqishda va ulardan to'g'ri foydalanishda zarur bo'ladi.

Astronomiya fanidan ma'lumotlar yer sirtidagi nuqtalar koordinatalarini koinot yulduzlarini astronomik kuzatishlar orqali aniqlashda kerak bo'ladi. Aksincha, geodezik usulda aniqlangan Yer diametri-ning qiymati astronomiyada Quyosh sistemasi yoritkichlari orasidagi masofalarni aniqlashda uzunlikning o'lchov birligi sifatida foydalaniladi.

Geologiya hozirgi zamon ilmiy tadqiqotlar yo'nalishlaridan biri bo'lib, Yerning ichki tuzilishi va uning sirtida va ostida ro'y berayotgan jarayonlarni o'rganish sohasi hisoblanadi. Bunda geodezik metodlar bunday jarayonlarning sun'iy tavsiflarini, ya'ni yer qobig'ining gorizont va vertikal tektonik harakatlari, dengiz va okeanlar qirg'oq chiziqlari surilishi va boshqalarni aniqlash imkonini beradi.

Ma'lumki, insonning asosiy xo'jalik faoliyati yer usti va yer osti qazilma boyliklaridan oqilona foydalanish bilan bevosita bog'liqdir. Bu va boshqa masalalarni ilmiy, maqsadga muvofiq va qat'iy asosda bosqichma-bosqich amalga oshirish uchun, dastavval, yer yuzasida ma'lum topografik-geodezik va kartografik tadqiqot ishlari bajariladi.

Plan, karta va profillar geodezik ishlarning asosiy mahsuloti bo'lib, ulardan xalq xo'jaligining turli sohalarida keng foydalaniladi. Ular qishloq va shaharlarning bosh planlarini tuzish, inshootlarni qidiruv, loyihalashda nihoyatda zarurdir.

Bino va inshootlarni qurish jarayonida geodezik usullar yordamida ularning konstruksiyalarini loyihaviy o'rniga o'rnatish, devorlar va ustunlar vertikalligi va gorizontalligini nazorat qilish hamda injenerlik inshootlaridan foydalanish jarayonida ular deformatsiyasini kuzatish amalga oshiriladi.

Transport infratuzilmasi bo'lmish, avtomobil va temir yo'llar, ko'priklar, tonnellar va aerodromlarni loyihalash va qurishni geodezik ishlarsiz tasavvur qilib bo'lmaydi.

Qishloq xo'jaligida kartografik materiallar juda katta ahamiyatga ega. Ulardan yer tuzish va uning kadastri maqsadlarida yerdan oqi-

lona foydalanish masalalarini ta'minlashda keng foydalaniladi. Sug'orish va zax qochirish tarmoqlarini joylashtirishda plan va kartalar asos bo'lib xizmat qiladi.

Birinchi marotaba Yerning sun'iy yo'ldoshi uchirilishi geodeziyaning yanada rivojlanishida yangi erani ochib berdi. Yerning sun'iy yo'ldoshlarini kuzatish Yer shakli va uning o'lchamlarini yanada aniqroq hisoblash imkonini yaratdi. Hozirgi zamonda global navigatsiya sun'iy yo'ldosh GPS va ГЛОНАСС sistemalaridan foydalanib, yer sirtidagi nuqtalar koordinatlarini tez va yuqori aniqlikda topish imkoni yaratildi. Radioelektron, lazer va skaner asbob va sistemalarni qo'llash geodezik o'lchashlarni tez va yuqori aniqlikda bajarish imkonini beradi.

Yuqori aniqlikdagi geodezik ma'lumotlar va kartografik materiallar mamlakat mudofaasi uchun ham juda zarurdir.

1.4. O'zbekiston Respublikasida geodeziya xizmatining tashkiliy shakllari

O'zbekiston Respublikasida «Geodeziya va kartografiya» qonuni qabul qilingan bo'lib, barcha geodezik-kartografik ishlar ushbu qonun talablari doirasida olib boriladi. Hozirgi paytda geodeziya va kartografiya xizmati Respublika Davlat soliq qo'mitasining Kadastr agentligi tarkibida bo'lib, asosiy vazifalari qilib quyidagilar belgilangan:

- butun davlat hududida yagona va aniq geodezik tarmoqlarni rivojlantirish va davlat ahamiyatidagi kartalashtirish ishlarini olib borish; ishlar tarkibi va aniqligi mamlakat xalq xo'jaligi sohalari va mudofaasini ta'minlash talablarini hisobga olib belgilanadi;

- turli planlar, kartalar va atlaslarni tuzish hamda nashrdan chiqarish;

- turli vazirliklar, tashkilotlar va korxonalar tomonidan o'z ehtiyojlari uchun bajaradigan geodezik va topografik ishlarni muvofiqlashtirish va ular ustidan davlat nazoratini olib borish.

Kadastr agentligi tizimida yetakchi geodezik korxonalar bo'lib, Respublika aerogeodeziya markazi va Samarqand aerogeodeziya korxonalari hisoblanadi.

Respublikamizdagi sanoat va fuqaro qurilishi, avtomobil va temir yo'llar, gidrotexnik inshootlar qurilishini geodezik ta'minlash bo'yicha yetakchi tashkilot «O'ZGASHKLITI» davlat unitar korxonasi hisoblanadi.

Davlat kartografiya-geodeziya fondi – geodezik va kartografik ishlar natijalarini (geodezik punktlar koordinatalari, balandliklari, turli masshtabdagi topografik kartalar) jamlash va saqlash hamda hozirgi kun texnologiyalari asosida geodezik-kartografik ma'lumotlar bazasini shakllantiradigan tashkilot.

Davlat geodeziya nazorati – geodezik va topografik ishlarni bajarishni qabul qilingan me'yoriy qoidalar talablari asosida tashkil qilinishini, ishlar sifati va ularni texnik talablarga muvofiqligi nazoratini olib boruvchi tashkilot.

Nazorat savollari:

1. *Geodeziya fani va uning vazifalari nimalardan iborat?*
2. *«Geodeziya» so'zi qanday ma'noni bildiradi?*
3. *Geodeziya qaysi fanlar bilan uzviy aloqada hisoblanadi?*
4. *Allomalarimizdan kimlar geodeziya faniga hissa qo'shgan?*
5. *Geodezik ishlar necha bosqichda amalga oshiriladi?*
6. *Geodeziyaning rivojlanish tarixidan nimalarni bilasiz?*
7. *Respublikamizda geodeziya xizmatining vazifasi qanday?*

YERNING UMUMIY SHAKLI VA YER SIRTIDAGI NUQTALAR O'RNINI ANIQLASH

2.1. Yerning umumiy shakli va o'lchamlari haqida ma'lumot

Geodezik masalalarni yechishda Yerning shakli va o'lchamlarini bilish kerak bo'ladi. Qadimdan olimlarni o'zlari yashayotgan sayyora – Yerning shakli va o'lchamlarini aniqlash va bilish qiziqitirib kelgan.

Yer shakli nazariyasining rivojlanishiga Gyuygens, Kassini, Maklaren, Delambr, Lagranj, Laplas, Lejandr, Bessel, Klark, Listing, Gelmert, Xeyford, Krasovskiy va boshqalar katta hissa qo'shganlar.

Ma'lumki, Yer sirtini tekislikda aniq tasvirlash uning o'lchamlarini aniq hisoblab topishga bog'liqdir. Yerning tabiiy yuzasi, ya'ni topografik sirti past-balandlik, tekislik va tog'liklardan iborat bo'lib, u o'ziga xos murakkab shaklga ega.

Yer shaklini matematik nuqtayi nazardan hisoblashlarda oddiy geometrik shakl – *shar* deb qabul qilish mumkin. Yer sirtini ifodalovchi bunday shakldan ko'pincha astronomik va navigatsiyali hisoblashlarda foydalaniladi. Shar Yerning haqiqiy shakliga yaqin bo'lib, bir qator geodezik masalalarni yechishda qo'llansa ham uning sirtida qit'alar va okeanlarni qamrab oladigan katta masofalarni aniq o'lchash bilan bog'liq geodezik masalalarni yechishning imkoni bo'lmaydi.

Ta'kidlash joizki, birinchi yaqinlashishda Yer shaklini *shar* deb, uning radiusi 6371,3 km olinadi.

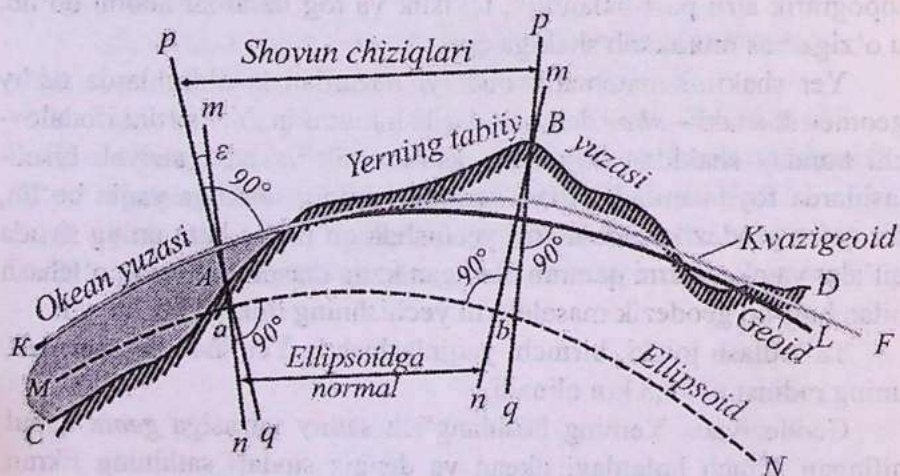
Geodeziyada Yerning boshlang'ich sathiy yuzasiga *geoid* qabul qilingan. Tinch holatdagi okean va dengiz suvlari sathining fikran qit'alar ostidan shovun chizig'iga perpendikulyar qilib davom ettirishdan hosil bo'lgan shakl *geoid* deb ataladi.

Geoid shakli murakkab bo'lganligi tufayli uni matematik formula orqali ifodalashning imkoni yo'q.

Aniq o'lchashlar va syomkalarni bajarish uchun zaruriy sirt sifatida geoid shakliga yaqin bo'lgan boshqa matematik shakl – *ellipsoid* qabul qilingan. Bunday geometrik shakl Yerning o'z o'qi atrofida bir xil tezlikda aylanishidan qutblarida siqilishi, ekvatorida esa kengayishi natijasida hosil bo'lganligi tufayli u *aylanma ellipsoid* deb nomlanadi.

2.1-rasmda Yerning tabiiy yuzasi $CABD$, geoid KL hamda ellipsoid MN kesimlari keltirilgan. Geoid yuzasi bir tekis bo'lmay, Yerning ichki zichligi uning turli qismlarida turlicha bo'lishi sababli to'liqsimon ko'rinishda bo'ladi. A va B nuqtalarda ellipsoid sirtiga **normal** mn bilan **shovun chiziq** pq orasidagi ε burchagi **shovun chizig'ining og'ishi** deyiladi. Bu burchak qiymati o'rtacha 3–4 sekund, ba'zi joylarda bir minutgacha qiymatni tashkil qiladi.

Geoid shaklini quruqlikda o'rganish uchun mashhur olim M.S. Molodenskiy tomonidan qo'shimcha sirt – **kvazigeoid** sirti kiritilgan. Bu sirt yer sirti nuqtalarida astronomik-geodezik va gravimetrik o'lchashlar majmuasini bajarib aniqlanadi. Kvazigeoid sirti KF (2.1-rasm) dengiz va okeanlar sirtida geoid sirti bilan to'g'ri keladi. Bu sirtlar o'zaro quruqlikning tekis joylarida 2–4 sm va tog'li joylarida 2 metrgacha farq qiladi.



2.1-rasm

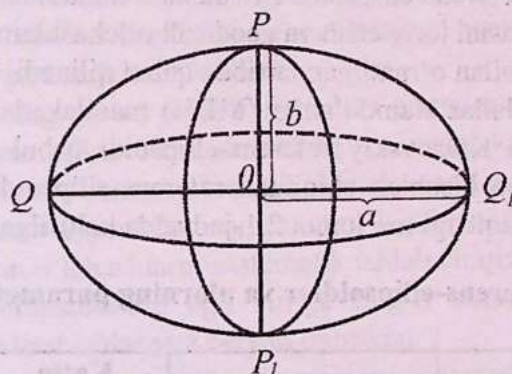
Ko'pgina tadqiqot ishlari natijasiga ko'ra, geoid yuzasiga ellipsoid yuzasi yaqinroq kelishi aniqlangan. Buni tekshirish uchun turli olimlar meridian yoyining bir bo'lagini o'lchab, Yer shar shaklida bo'lmay, balki qutblari bo'yicha siqilgan ellipsoid shakliga o'xshash ekanini aniqlaganlar. Meridianning qutbga yaqin bo'lgan bir gradus yoyining uzunligi 111,6 km, ekvator yaqinida esa 110,6 km ekanligi aniqlangan.

Geoid o'rniga qabul qilingan aylanma ellipsoid o'zining kichik o'qi PP_1 (qutbiy o'q) atrofida aylanishidan hosil bo'ladigan geometrik shakl hisoblanadi va u quyidagi parametrlar bilan aniqlanadi (2.2-rasm):

a – katta yarim o'q (ekvatorial radius);

b – kichik yarim o'q (qutbiy radius);

$\alpha = \frac{a-b}{a}$ – geometrik (qutbiy) siqilish.



2.2-rasm

Oliy geodeziya masalalarini yechishda **umumiyer ellipsoidi** deb ataluvchi kichik qutbiy siqilishga ega aylanma ellipsoid qabul qilinadi.

Umumer ellipsoidi Yerning shakli va o'lchamlarini mumkin qadar aniqroq ifodalash uchun u quyidagi shartlarni qanoatlantirishi lozim:

- ellipsoid markazi Yer og'irlik markaziga to'g'ri kelishi;
- ellipsoidning kichik yarim o'qi Yerning aylanish o'qiga ustma-ust tushishi;
- ellipsoid hajmi geoid hajmiga teng bo'lishi;
- ellipsoid sirtining geoid sirtidan chetlashishi (h) (balandliklar anomaliyasi) kichik kvadratlar shartiga bo'ysunishi kerak, ya'ni

$$\sum_{n=1}^{\infty} h_i^2 = \min.$$

Amalda yer ellipsoidini Yerning tanasida oriyentirlash kerak bo'ladi. Shartga ko'ra, oriyentirlash shunday amalga oshirilishi

lozimki, bunda astronomik va geodezik koordinatalarning farqi minimal bo'lsin. Buning uchun referens-ellipsoiddan foydalaniladi.

Referens-ellipsoid – o'lchamlari aniqlangan va yer sirtida ma'lum holatda oriyentirlangan (joylashtirilgan) ellipsoiddir. Boshqacha aytganda, bunday ellipsoidning sirti geoid sirti bilan faqat Yerning biror bir nuqtasida o'zaro tutashtirib shunday oriyentirlanadiki, unda referens-ellipsoidning sirti alohida davlat yoki bir qancha davlatlarning hududlarida geoid sirtga eng yaqin joylashsin.

Odatda, referens-ellipsoidlar mamlakat hududida yagona koordinatalar sistemasini joriy etish va geodezik o'lchashlarni ishlab chiqish uchun qonun bilan o'rnatilgan tartibda qabul qilinadi. Bugungi kunda Mustaqil Davlatlar Hamdo'stligi (MDH) mamlakatlarida, jumladan, O'zbekistonda Krasovskiy referens-ellipsoidi qabul qilingan. Turli davlatlar uchun hisoblab chiqilgan referens-ellipsoidlar va ularning parametrlari haqidagi ma'lumot 2.1-jadvalda keltirilgan.

Referens-ellipsoidlar va ularning parametrlari

2.1-jadval

Olimlar nomi	Yil	Mamlakatlar	Katta yarim o'q a, m	Qutbiy siqilishi $1/\alpha$
Delambr	1810	Fransiya	6 376 985	308,646
Everest	1830	Hindiston, Pokiston, Nepal, Shri-Lanka	6 377 276	300,802
Bessel	1841	Germaniya, Rossiya (1942-yilgacha)	6 377 397	299,152
Klark	1866	AQSh, Kanada, Lotin va Markaziy Amerika	6 378 206	294,978
Xeyford	1910	Yevropa, Osiyo, Janubiy Amerika	6 378 388	297,0
Krasovskiy	1940	Rossiya, MDH davlatlari, Sharqiy Yevropa	6 378 245	298,3

Yer tanasida oriyentirlangan har qanday referens-ellipsoid quyidagi talablarni qanoatlantirishi lozim:

- ellipsoidning kichik yarim o'qi Yerning aylanish o'qiga parallel bo'lishi;
- berilgan hududda ellipsoidning sirti imkon boricha geoid sirtiga yaqin joylashishi kerak.

Referens-ellipsoidni Yer tanasida joylashtirib oriyentirlash uchun geodezik tarmoq boshlang'ich punktining geodezik koordinatalari B_0 , L_0 balandligi H_0 va qo'shni punktga qarab boshlang'ich azimuti A_0 aniqlangan bo'lishi kerak. Ushbu qiymatlarning majmuasi **boshlang'ich geodezik qiymatlar** deb ataladi.

Geodeziyaning global masalalari uchun umumer ellipsoidi ideal asos bo'lib xizmat qilsa, Yer qobig'ining gorizontal va vertikal harakatlarini o'lchash va shunga o'xshash boshqa masalalarni hal etishda mahalliy referens-ellipsoidlar eng maqbul hisoblanadi. Chunki Yer sirtida bajarilgan o'lchashlarni matematik ishlab chiqish uchun ushbu sirt mahalliy ellipsoidning egri sirtiga to'g'ri kelishi kerak. Aks holda, katta chetlashishlar yuz berishi mumkin.

Aytish joizki, ilgari umumer ellipsoidining parametrlari an'anaviy Yer usti o'lchashlari bilan o'rganilgan bo'lsa, hozirgi kunda sun'iy yo'ldosh o'lchashlari orqali Yerning shakli va o'lchamlari aniqlanib, o'rnatilgan parametrlarga aniqlik kiritildi.

Umumer ellipsoidini Yer tanasiga oriyentirlashda referens-ellipsoidga o'xshash geodezik boshlang'ich qiymatlarni kiritish shart emas.

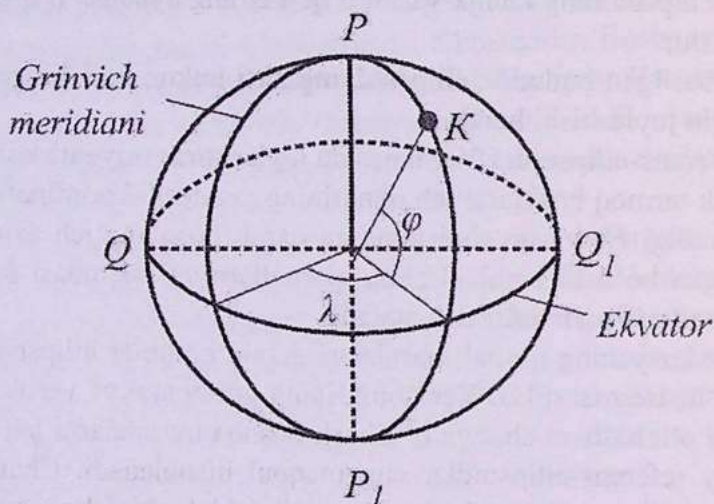
2.2. Geodeziyada qo'llaniladigan koordinatalar sistemalari

Yer yuzasidagi nuqtalar o'rnini aniqlash uchun koordinatalar sistemalaridan foydalaniladi. Geodeziyada geografik, geodezik va yassi to'g'ri burchakli koordinatalar sistemalari qo'llanadi.

Geografik koordinatalar sistemasida Yer shar deb qabul qilinib, uning sirtidagi nuqta o'rni *geografik kenglik* φ va *geografik uzoqlik* λ bilan aniqlanadi.

2.3-rasmda ko'rsatilganidek, K nuqtasining o'rnini ifodalovchi *geografik kenglik* ekvator tekisligi bilan ushbu nuqta orqali o'tuvchi shovun (og'irlik kuchi vektori) chizig'i orasidagi burchak bilan aniqlanadi. Bunda *geografik uzoqlik* Greenwich (bosh) meridian tekisligi va K

nuqtasi orqali o'tuvchi meridian tekisligi orasidagi burchak bo'ladi. Ikkala meridian tekisliklari Yer aylanish o'qi bilan kesishadi.



2.3-rasm

Geografik kenglik shimoliy va janubiy bo'lib, 0° dan 90° gacha qiymatlarga ega bo'ladi. Geografik uzoqlik esa sharqiy va g'arbiy bo'lib, Greenwich meridianidan sharqqa va g'arbga 0° dan 180° gacha o'lchanadi.

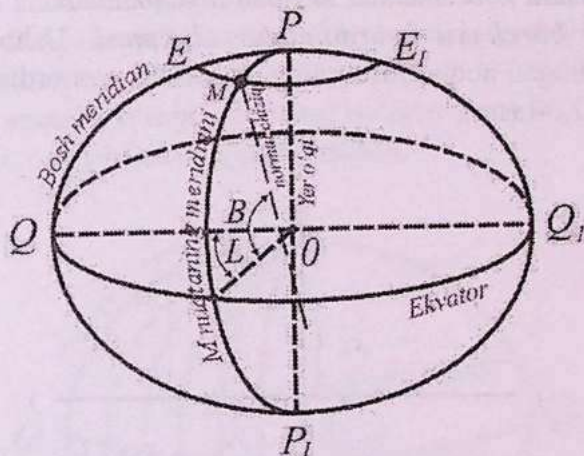
Geodezik koordinatalar sistemasida ellipsoid sirtidagi nuqtaning o'rni uning *geodezik kengligi* B va *geodezik uzoqligi* L bilan aniqlanadi.

M nuqtasining *geodezik kengligi* B shu nuqtadan o'tuvchi normal chiziq bilan ekvator tekisligi orasidagi burchak, *geodezik uzoqlik* L esa shu nuqtadan o'tgan geodezik meridian tekisligi bilan bosh (Greenwich) meridian tekisligi orasidagi ikki yoqli burchak bilan aniqlanadi (2.4-rasm).

Geodezik kenglik ham ekvatoridan boshlab shimoliy va janubiy qutblarga qarab 0° dan 90° gacha o'lchanadi. Geodezik uzoqlik ham Greenwich meridianidan boshlab g'arb va sharqqa qarab 0° dan 180° gacha o'lchanadi.

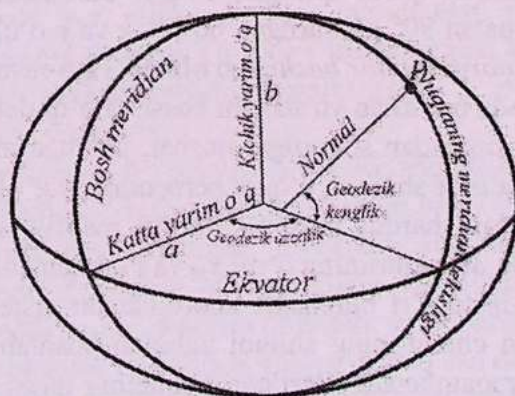
Geodezik meridian deb, berilgan nuqta M va ellipsoidning kichik o'qi PP_1 dan o'tuvchi tekislikning ellipsoid sirti bilan kesimiga aytiladi (2.4-rasmda PMP_1 chizig'i); ushbu tekislikda meridian nuqtalari-

dagi normallar yotadi. **Geodezik parallel** deb, berilgan nuqtadan o'tuvchi va kichik o'qqa (PP_1) perpendikulyar bo'lgan tekislikning ellipsoid sirti bilan kesimiga aytiladi (2.4-rasmda EME_1 chizig'i).



2.4-rasm

Geodezik koordinatalar sistemasining mohiyatini quyidagicha bayon etish mumkin. P nuqtadan o'tuvchi normal chizig'i bilan ekvator tekisligi orasidagi burchakka geodezik (ellipsoidal) kenglik va bosh meridian tekisligi (IRM – International Reference Meridian) bilan P nuqtadan o'tuvchi geodezik meridian tekisligi orasidagi burchakka geodezik uzoqlik deyiladi (2.5-rasm).²

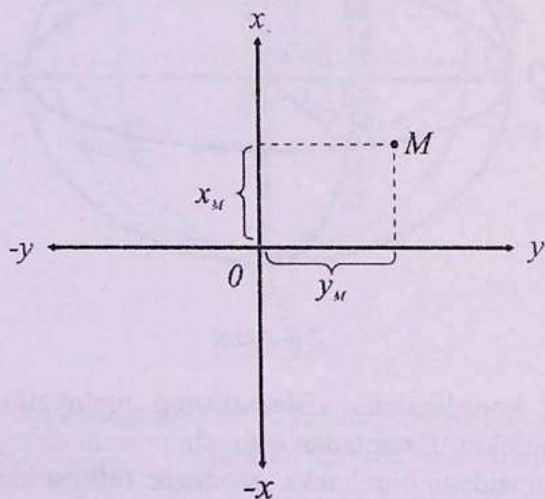


2.5-rasm

² W. Schofield M. Breach. Engineering Surveying. Oxford, Elsevier, 2007, 288-289-pages.

Katta maydonlar kartalarini tuzish uchun meridian va parallelardan tashkil topgan kartografik to'rdan, injenerlik-geodezik ishlarda, chunonchi, yirik masshtabli plan va kartalar tuzishda esa, asosan, to'g'ri burchakli koordinatalar to'ridan foydalaniladi.

To'g'ri burchakli koordinatalar sistemasi. Ushbu sistemada tekislikda olingan nuqta o'rni uning absissasi x va ordinatasi y bilan aniqlanadi (2.6-rasm).



2.6-rasm

Geodeziyada qabul qilingan to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasi matematikada qabul qilingan to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasiga nisbatan 90° ga burilgan bo'lib, x va y o'qlarining kesishgan nuqtasi 0 *koordinatalar boshi* deb olinadi (2.6-rasm).

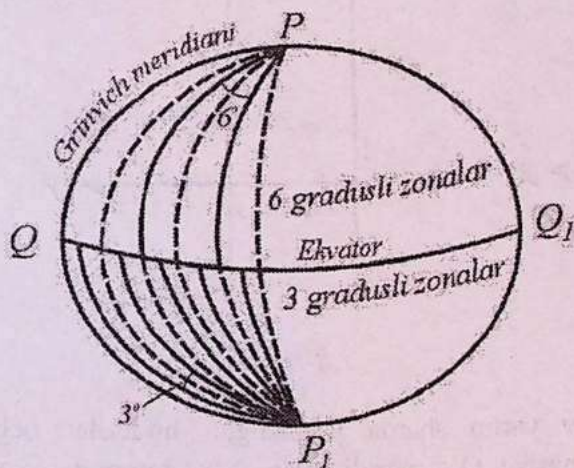
Bu sistemada meridian yo'nalishi absissa o'qi deb qabul qilinib, x qiymati bosh nuqtadan shimolga musbat, janubga manfiy ishorada olinadi; ordinata o'qi absissa o'qiga perpendikulyar olinib, y qiymatlari bosh nuqtadan sharqqa musbat, g'arbga manfiy ishora bilan olinadi. 2.6-rasmda M nuqtasining o'rni x_M va y_M bilan aniqlanadi.

Geodeziyada to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasining choraqlari meridian chizig'ining shimol uchidan boshlab soat milining yo'li bo'yicha raqamlanadi. Berilgan nuqtaning qaysi chorakda joylashgani koordinatalar ishorasi bilan aniqlanadi.

Kichik maydonlarda bajariladigan syomkalarda sistemaning boshi xususiy yoki shartli olinishi mumkin.

2.3. Gauss-Kryuger yassi to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasi haqida tushuncha

Yer sirti katta bo'laklarini tekislikda (qog'ozda) tasvirlash uchun maxsus proyeksiyalar qo'llanadiki, ular yordamida yer nuqtalari o'zni tekislikka maxsus matematik qoidalarga tayanib ko'chiriladi. Shunda tekislikdagi nuqtalar o'rnini soddaroq bo'lgan yassi to'g'ri burchakli koordinatalar x va y bilan aniqlash mumkin.



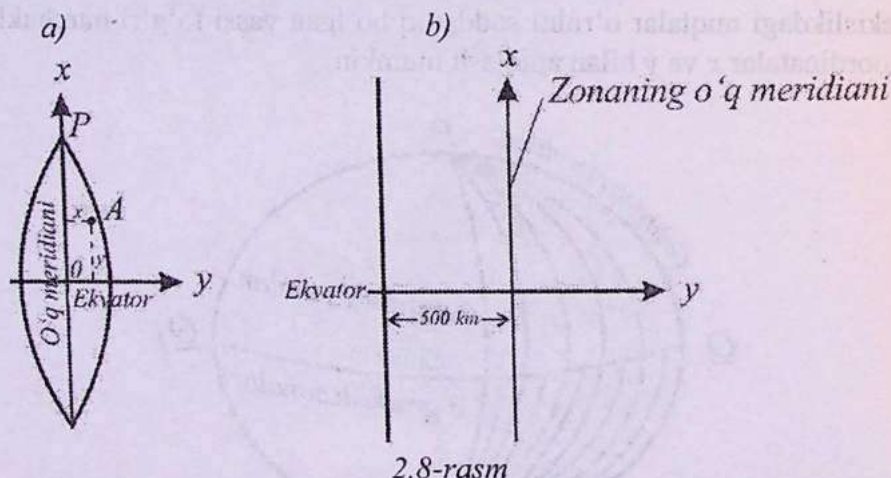
2.7-rasm

Gauss-Kryugerning teng burchakli ko'ndalang silindrik proyeksiyasini qo'llashda yer ellipsoidi sirti meridianlar bilan zonalar bo'linadi (2.7-rasm). Zonalar Grinich meridianidan boshlab uzoqlik bo'yicha 6° dan, yirik masshtabli kartalar uchun 3° dan o'tgan meridianlar bilan chegaralanadi.

Har bir zonaning o'rtasidan o'tuvchi meridian **zonaning o'q meridiani** deyiladi (2.7-rasmda uzuq chiziqlar bilan ko'rsatilgan).

Ellipsoidning har bir zonasi tekislikka alohida konform qilib proyeksiyalanadi. Zonaning o'q meridiani tekislikda to'g'ri chiziq bo'lib tasvirlanadi va uni absissa o'qi deb, unga perpendikulyar qilib o'tkazilgan va ekvator tekisligida yotgan chiziq esa ordinata o'qi, deb qabul qilinadi (2.8-a rasm). Bu o'qlarning o'zaro kesishgan nuqtasi 0 koordinatalar sistemasining bosh nuqtasi deb olinadi. Har bir zona o'zining koordinatalar sistemasiga ega.

Ushbu sistemada berilgan nuqta koordinatalari bo'yicha qaysi zonada joylashishini bilish uchun uning ordinata qiymati oldiga zona raqami yozib qo'yiladi. Masalan, nuqtaning ordinata qiymati $y = 7375252$ m bo'lsa, bu yerdagi 7 raqami zona raqami, 375252 m esa nuqta ordinatasidir.



2.8-rasm

Shimoliy yarim sharda joylashgan hududlar uchun hamma absissalar musbat. O'q meridiandan sharq tomondagi nuqtalar ordinatalari musbat, g'arb tomondagilari manfiy bo'ladi.

Manfiy ishorali ordinalarni musbat ishorada ifodalash uchun ular qiymatiga 500 km qo'shib yoziladi, ya'ni o'q meridian shartli ravishda 500 km g'arbga suriladi (2.8-b rasm). Shunda yuqorida berilgan $y = 7375252$ m dan ordinata haqiqiy qiymati $375252 - 500000 = -124748$ m bo'ladi.

Gauss-Kryugerning konform proyeksiyasida tekislikka proeksiyalangan burchak xatosiz, chiziqli uzunligi va maydon esa xatolik bilan tasvirlanadi. Tekislikda tasvirlanadigan chiziqli uzunligiga kiritiladigan tuzatma ΔS , agar S uzunlikka ega chiziqli uchlari koordinatalari x_1, x_2 va y_1, y_2 bo'lsa quyidagi formulalardan hisoblanishi mumkin:

$$\Delta S = \frac{y_m^2}{2R^2}. \quad (2.1)$$

Shunda chiziqning tekislikdagi uzunligi quyidagiga teng

$$S_0 = S + \Delta S,$$

bu yerda S_0 va S – tekislikda va ellips sirtida olingan chiziq uzunligi;
 y_m – berilgan chiziq oʻrta nuqtasining ordinatasi, $y_m = \frac{(y_1 + y_2)}{2}$;

R – Yerning oʻrtacha egrilik radiusi.

Gaussning tekislikdagi proyeksiyasida chiziq uzunligi va shakl maydoni har doim ellipsdagi chiziq uzunligi va maydonidan katta boʻladi. Xatolik chiziq yoki shakl oʻrta nuqtasining ordinata qiymatiga bogʻliq boʻlib, u oʻq meridiandan uzoqlashgan sari oshib boradi.

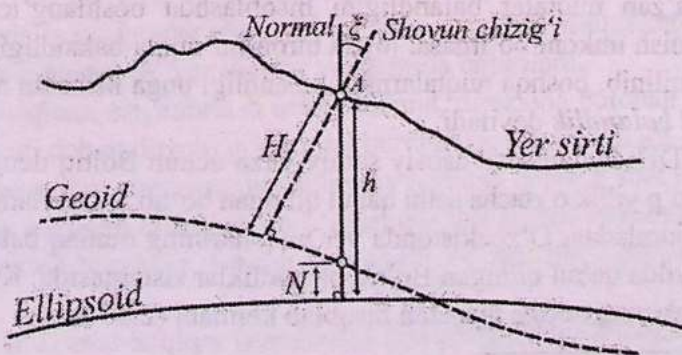
Masalan, chiziq olti gradusli zonaning chetida joylashgan boʻlsa, uzunligining oʻzgarishi ($S_0 - S$) chiziq qiymatining 1:1500 hissasiga teng.

2.4. Geodeziyada qoʻllaniladigan balandliklar sistemalari

Nuqta balandligi uning fazodagi oʻrnini aniqlovchi koordinatalarning uchinchi qiymati hisoblanadi.

Geodeziyada yer sirtidagi nuqtalar balandligini aniqlash uchun boshlangʻich sirt sifatida asosiy sathiy yuza, yaʼni **geoid** yuzasi qabul qilingan. Ushbu sathiy yuzaga nisbatan geodezik oʻlchashlar orqali yer sirtidagi nuqtalar balandligi aniqlanadi.

Umumer ellipsoidi yoki referens-ellipsoiddan kvazigeoidning balandligi Yerning gravitatsion maydoni modellariga muvofiq hisoblanadi.



2.9-rasm

Ko'pincha amaliy geodezik ishlarda yer sirtidagi nuqtalar balandligini aniqlashda mutlaq, shartli va nisbiy balandliklar sistemalari qo'llaniladi.

Global navigatsiyali sun'iy yo'ldosh GPS va ГЛОНАСС sistemalarida nuqtalarning fazoviy o'rni X , Y va Z bilan aniqlanadi va foydalanish uchun ular mahalliy sistemaga qayta hisoblanadi. Bunda quyidagi 2.9-rasmda berilgan ortometrik va ellipsoidal (geodezik) balandliklar sistemalaridan foydalaniladi³.

Barcha amaliy geodezik ishlarda yer sirti nuqtalarining balandligi normal balandliklar sistemasida, ya'ni kvazigeoid sirtiga nisbatan aniqlanadi.

Umumer ellipsoidi va Krasovskiy referens-ellipsoidi sirtidan kvazigeodning balandligi to'g'risidagi ma'lumotlar tegishli karta-sxemalar ko'rinishida tasvirlanadi. Nisbatan tekis joylarda kvazigeoid balandliklarini aniqlash xatoligi, ular orasidagi masofa bir necha o'n kilometrni tashkil qilganida bir necha santimetrdan oshmaydi. Topografik plan va kartalarda yer sirti nuqtalarining normal balandliklari beriladi.

Nuqtaning mutlaq balandligi H boshlang'ich deb qabul qilingan asosiy sathiy yuzadan yerning fizik sirtidagi nuqtagacha bo'lgan vertikal masofaga aytiladi (2.10-rasm).

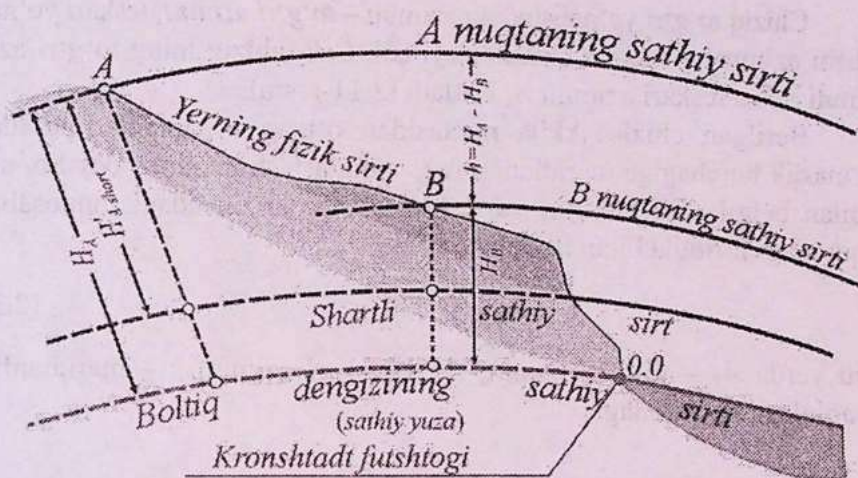
Nuqtaning shartli balandligi H'_{shart} deb (2.10-rasm) shartli ravishda qabul qilingan sathiy sirtidan yerning fizik sirtidagi nuqtagacha bo'lgan vertikal masofaga aytiladi.

Nisbiy balandlik h deb olingan ikkita nuqtalar balandligi farqiga aytiladi yoki bir nuqtaning ikkinchi nuqtaga nisbatan bo'lgan pastbalandligiga ***nisbiy balandlik*** deyiladi (2.10-rasm).

Ba'zan nuqtalar balandligini hisoblashda boshlang'ich sathga bog'lanish imkoni bo'lmasa, joyda biron-bir nuqta balandligi ixtiyoriy qabul qilinib, boshqa nuqtalarning balandligi unga nisbatan aniqlansa, ***shartli balandlik*** deyiladi.

MDH davlatlarida asosiy sathiy yuza uchun Boltiq dengizi suvining ko'p yillik o'rtacha sathi qabul qilingan bo'lib, bu davlatlar hududlarida jumladan, O'zbekistonda yer nuqtalarining mutlaq balandliklari 1977-yilda qabul qilingan Boltiq balandliklar sistemasida, Kronshtadt futshtokining noliga nisbatan hisoblab kelinadi (2.10-rasm).

³ W. Schofield M. Breach. Engineering Surveying. Oxford, Elsevier, 2007, 292–293-pages.



2.10-rasm.

2.5. Chiziqlarni oriyentirlash

Joyda berilgan chiziq yo'nalishini uning boshlang'ich nuqtasidan o'tuvchi meridianga nisbatan aniqlashga **oriyentirlash** deb aytiladi. Chiziqning ixtiyoriy nuqtasidan o'tgan meridian bilan shu chiziq orasida hosil bo'lgan burchakka **oriyentirlash burchagi** deb aytiladi.

Oriyentirlashda haqiqiy, o'q va magnit meridianlaridan foydalaniladi.

Haqiqiy meridian deb, Yer shari sirtini uning aylanish o'qi va berilgan nuqta shovun chizig'i orqali o'tuvchi tekislik bilan kesishishidan hosil bo'ladigan, faraz qilinadigan chiziqqa aytiladi.

Joyda haqiqiy meridian yo'nalishini aniqlash murakkab masala bo'lib, u astronomik kuzatishlar yordamida bajariladi.

Chiziqlarni oriyentirlash uchun azimut, direksion burchak va magnit azimuti deb ataluvchi gorizontal burchaklar foydalaniladi.

Azimut deb, meridianning shimoliy uchidan boshlab soat mili yo'li bo'yicha berilgan chiziqqacha o'lchangan gorizontal burchakka aytiladi. Azimut burchagi A bilan belgilanib, 0° dan 360° gacha o'lchanadi.

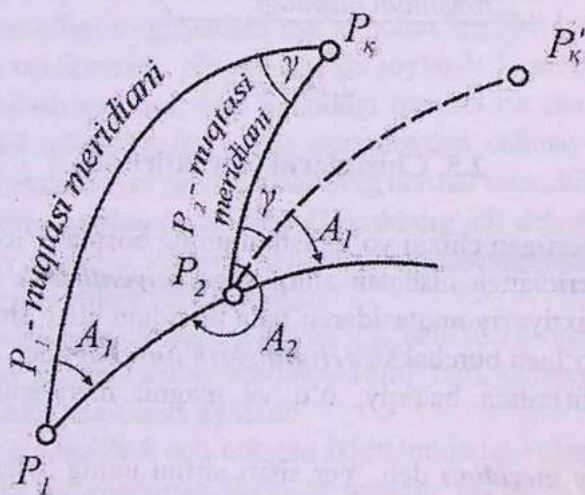
Agar azimut haqiqiy (geografik) meridiandan hisoblangan bo'lsa, **haqiqiy azimut** deyiladi.

Chiziq to'g'ri yo'nalishining azimuti – *to'g'ri azimut*, teskari yo'nalishi azimuti – *teskari azimut* deyiladi. P_1P_2 chizig'ining to'g'ri azimuti A_1 va teskari azimuti A_2 bo'ladi (2.11-rasm).

Berilgan chiziq ikkita nuqtasidan o'tgan meridianlar parallel emaslik burchagiga meridianlarning yaqinlashish burchagi deyilib, u γ bilan belgilanadi. To'g'ri va teskari azimutlar orasidagi munosabat quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$A_2 = A_1 \pm 180^\circ \pm \gamma, \quad (2.3)$$

bu yerda A_1 – to'g'ri azimut; A_2 – teskari azimut, γ – meridianlar yaqinlashish burchagi.

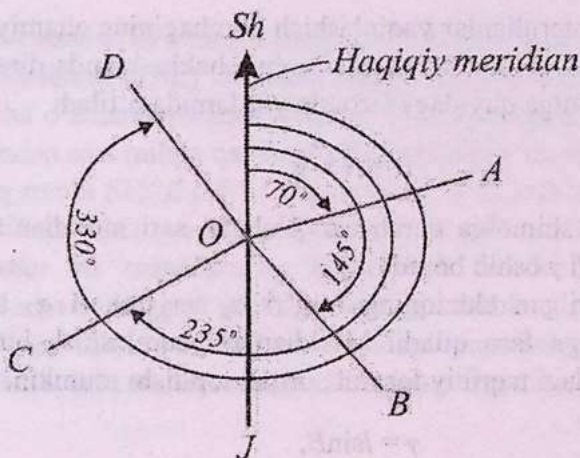


2.11-rasm

2.12-rasmda OA , OB , OC va OD chiziqlar azimutini o'lchash yo'nalishi va qiymati ko'rsatilgan⁴. Shunda rasmdagi OA chizig'i azimuti – 70° ; OB – 145° ; OC – 235° va OD – 330° ga teng.

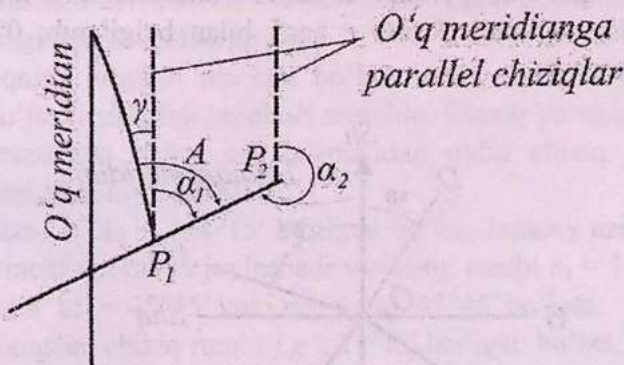
Azimut, odatda, ellipsoid sirtidagi chiziqlarni oriyentirlashda ishlatiladi. Yer sirti bir bo'lagini tekislikda, masalan, Gauss-Kryuger proyeksiyasida tasvirlashda yassi oriyentirlash burchagi – *direksion burchak*dan foydalaniladi.

⁴ Charles D Ghilani, Paul R Wolf. Elementary surveying. An introduction to geomatics. New Jersey, «Pearson», 2012, 172-173 pages.



2.12-rasm.

Direksion burchak deb, zonaning o'q meridiani yoki unga parallel yo'nalishning shimoliy uchidan soat mili bo'yicha berilgan chiziqqacha o'lchangan gorizontal burchakka aytiladi. Direksion burchak ham 0° dan 360° gacha o'lchanib, α harfi bilan belgilanadi (2.13-rasm).



2.13-rasm

Chiziqning berilgan nuqtasidagi azimuti bilan uning direksion burchagi orasidagi farq ushbu nuqtada meridianlar yaqinlashish burchagi γ ga teng bo'ladi.

Agar nuqta o'q meridiandan g'arb tomonda joylashsa, meridianlar yaqinlashish burchagi γ manfiy, sharqda joylashsa, musbat ishorali bo'ladi.

Amalda meridianlar yaqinlashish burchagining ahamiyati muhim bo'lib, u orqali azimutdan direksion burchakka hamda direksion burchakdan azimutga quyidagi formula yordamida o'tiladi

$$\alpha = A \pm \gamma. \quad (2.4)$$

Nuqtalar shimolga qarab uzoqlashgan sari meridianlar yaqinlashish burchagi γ oshib boradi.

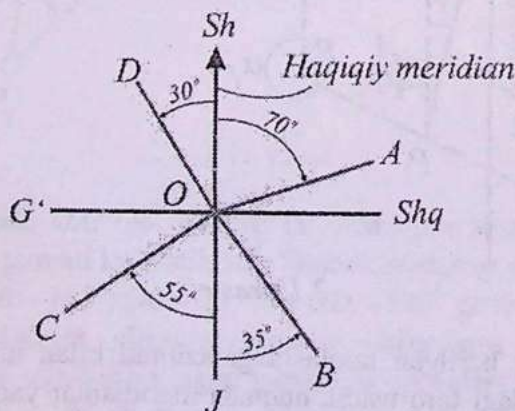
Bitta berilgan chiziqning to'g'ri α_1 va teskari α_2 burchaklari o'zaro 180° ga farq qiladi. Meridianlar yaqinlashish burchagining qiymati quyidagi taqribiy formula orqali topilishi mumkin:

$$\gamma = l \sin B, \quad (2.5)$$

bu yerda l – berilgan nuqtadan o'tuvchi meridian uzoqligi bilan o'q meridian uzoqligi ayirmasi; B – berilgan nuqtaning geodezik kengligi.

Ko'pincha amaliyotda azimut yoki direksion burchak o'rniga **rumb burchagidan** foydalaniladi.

Rumb burchagi deb, meridianning yaqin (shimoliy yoki janubiy) uchidan berilgan chiziq yo'nalishigacha o'lchanadigan o'tkir gorizont burchakka aytiladi. Rumb r harfi bilan belgilanib, 0° dan 90° gacha o'lchanadi.



2.14-rasm

Chet el adabiyotida rumb qiymati 90° dan kichik bo'lganda, uning oldiga shimol yoki janub harfi, oxiriga sharq yoki g'arb harfi qo'yiladi.

Misol, 2.14-rasmda OA chizig'i rumbi $N70^{\circ}E$ (70° Sh.Shq) kabi yozi-ladi. Shimoli-sharqiy (NE) chorakda barcha rumblar meridiandan soat mili bo'yicha o'lchanadi. Janubi-sharqiy (SE) choragida barcha rumblar meridiandan soat miliga qarshi amalga oshiriladi, shuning uchun OB chizig'ining rumbi $S35^{\circ}E$ (35° J.Shq) bo'ladi. O'xshash holda OC ning rumbi $S55^{\circ}W$ (55° J.G') va OD niki esa $N30^{\circ}W$ (30° Sh.G') bo'ladi⁵.

Azimutlar va rumblarning bog'liqligi. Geodezik amaliyotda ko'pincha rumb burchagini qo'llash osonligi sababli azimut (direksion burchak) bilan rumb burchaklari orasidagi munosabat (2.3-jadval) dan foydalanib, azimutdan rumbga osongina o'tish mumkin.

2.3-jadval

Azimutlar	Rumblar	Choraklar
$0^{\circ} - 90^{\circ}$	$r_1 = A_1$	I – ShShq (shimoli-sharqiy)
$90^{\circ} - 180^{\circ}$	$r_2 = 180^{\circ} - A_2$	II – JShq (janubi-sharqiy)
$180^{\circ} - 270^{\circ}$	$r_3 = A_3 - 180^{\circ}$	III – JG' (janubi-g'arbiy)
$270^{\circ} - 360^{\circ}$	$r_4 = 360^{\circ} - A_4$	VI – ShG' (shimoli-g'arbiy)

2.15-rasmda $M1$, $M2$, $M3$ va $M4$ chiziqlarining azimuti va rumblari orasidagi munosabat keltirilgan.

Chiziqning azimuti ma'lum bo'lsa, uning rumbini yoki rumbi ma'lum bo'lsa, azimutini aniqlash mumkin. Chiziq yo'nalishini rumb bilan ko'rsatishda uning son qiymatidan oldin chiziq joylashgan chorak nomi ham ko'rsatiladi.

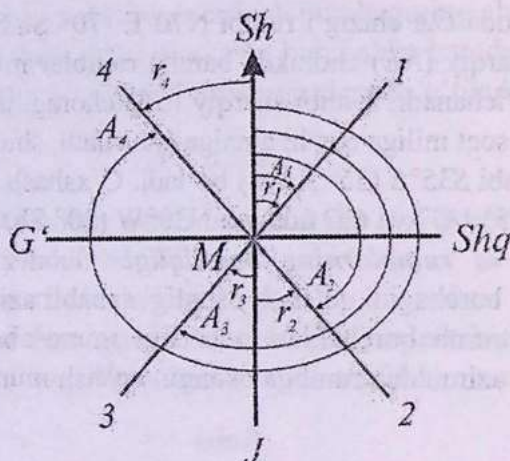
Masalan, 1) $A_2 = 134^{\circ}15'$ berilgan bo'lsa, bunday azimutga ega chiziq ikkinchi chorakda joylashadi va uning rumbi $r_2 = 180^{\circ} - A_2 = 180^{\circ} - 134^{\circ}15' = 45^{\circ}45'$ yoki $r_2 = j.shq: 45^{\circ}45'$ bo'ladi.

2) Aksincha, chiziq rumbi $j.g': 51^{\circ}45'$ berilgan bo'lsa, u uchinchi chorakda joylashgan bo'lib, 2.3-jadvalga asosan azimuti quyidagiga teng:

$$A_3 = 180^{\circ} + r_3 = 180^{\circ} + 51^{\circ}45' = 231^{\circ}45'.$$

Magnit azimuti – magnit meridianining shimoliy uchidan boshlab soat mili yo'nalishi bo'yicha berilgan chiziqqacha o'lchangan gorizont burchak. Magnit azimuti ham 0° dan 360° gacha o'lchanib A_n bilan belgilanadi.

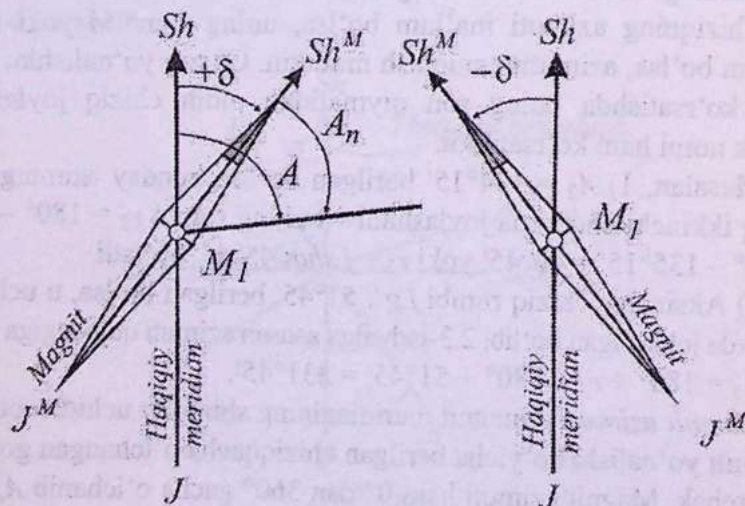
⁵ Charles D Ghilani, Paul R Wolf. Elementary surveying. An introduction to geomatics. New Jersey, «Pearson», 2012, 172–173 pages.



2.15-rasm

Magnit meridiani deb, magnit milining muvozanat holatda turganida uning magnit o'qi orqali o'tuvchi vertikal tekislikni Yer sirti bilan kesishishidan hosil bo'lgan chiziqqa aytiladi.

Magnit mili sun'iy magnitlangan temirdan tayyorlangan bo'lib, u gorizontal holatda va erkin harakatlanishi uchun vertikal o'q uchiga o'rnatiladi (2.16-rasm).



2.16-rasm

Erkin holda joylashgan magnit milining o'tkirlangan uchlaridan o'tuvchi vertikal tekislik **magnit meridiani tekisligi** deyiladi.

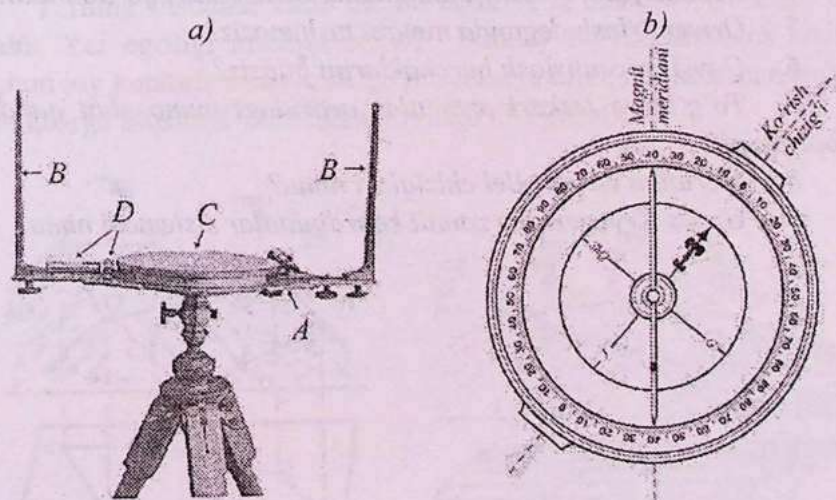
Ushbu meridian tekisligining geografik meridian tekisligi bilan tashkil qiluvchi burchakka magnit og'ish burchagi deyilib, u δ bilan belgilanadi. Magnit milining og'ishi shimoldan sharqqa yoki g'arbga bo'lishi mumkin. Sharqiy og'ish burchagi musbat va g'arbiy og'ish burchagi manfiy ishora bilan olinadi.

Chiziqning haqiqiy azimuti A bilan uning magnit azimuti orasi-dagi bog'lanish quyidagicha ifodalanadi.

$$A = A_n \pm \delta, \quad (2.6)$$

bu yerda $\pm$ ishoralari og'ish yo'nalishiga qarab olinadi.

Magnit azimutlarini joyda o'lchash uchun azimutal (gardusli burchaklarga bo'lingan gorizontal halqali) va oriyentir (teodolit asbo-bidan foydalanib magnit azimutini o'lchash uchun) bussollar ishlab chiqilgan. Ularning asosiy qismi bo'lib doira yoki to'rtburchak shakl-dagi quticha markazida vertikal mahkamlangan o'q va uning uchida gorizontal o'rnatilgan magnit mili hisoblanadi.



2.17-rasm

Teodolit asbobi ishlab chiqarilishidan oldin chiziqlar yo'nalishi va burchaklar oddiy asboblarda aniqlanib kelingan. AQShda ko'pgina ishlar 2.17-rasmda keltirilgan oddiy qurollardan foydalangan holda bajarilib kelingan. Rasmdagi qurol **kompas** deyilib, u metall tayanch taglik (A), va uning ikkala uchlarida joylashgan dioptrlar (V) dan

iborat⁶. Kompas qutisi (S) va metall taglikda bir-biriga perpendikulyar o'rnatilgan ikkita silindrik adilaklar (D) mavjud. Adilaklar puffakchasi markazga keltirilganda kompas qutisi gorizontal holga keladi va foydalanishga tayyor bo'ladi.

So'nggi modellardagi kompaslar (2.17-a rasm) shtativda o'rnatilib, ularning turg'unligi ta'minlanadi. Kompas magnitlangan milini himoyalash uchun ustidan shisha bilan qoplangan.

Kompasdan foydalanishda uning dioptri o'lchanadigan chiziqqa qaratilib, uning strelkasi bo'yicha magnit rumbining sanog'i bevosita olinadi.

Nazorat savollari:

1. *Geodeziyada Yer shaklini o'rganishdan maqsad nima?*
2. *Nima uchun Yer shakliga ellipsoid qabul qilinadi?*
3. *Geodeziyada qo'llaniladigan koordinatalar sistemalaridan qaysilarini bilasiz?*
4. *Geodeziyada qanday balandliklar sistemalari qo'llaniladi?*
5. *Oriyentirlash deganda nimani tushunasiz?*
6. *Qaysi oriyentirlash burchaklarini bilasiz?*
7. *To'g'ri va teskari azimutlar orasidagi munosabat qanday ifodalanadi?*
8. *Meridian va parallel chiziqlari nima?*
9. *Gauss-Kryugerning zonali koordinatalar sistemasi nima?*

⁶ Charles D Ghilani, Paul R Wolf. Elementary surveying. An introduction to geomatics. New Jersey, «Pearson», 2012, 179-180 pages.

PLAN VA KARTALAR

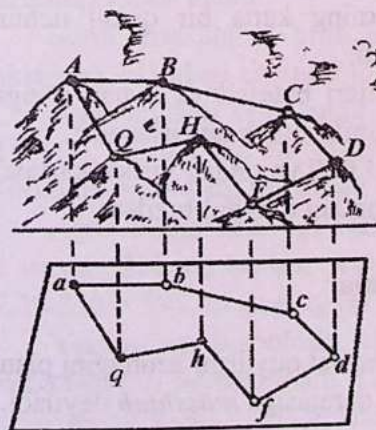
3.1. Umumiy ma'lumotlar

Yer yuzasi kichik bo'lagining Yer egriligini e'tiborga olmay, aynan o'ziga o'xshash holda kichraytirib, qog'ozga tushirilgan tasviriga (gorizontal proyeksiyasiga) **plan** deyiladi.

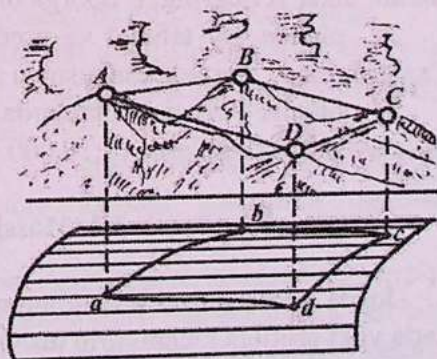
Joydagi A, B, C, D, E, F, H, Q nuqtalar bilan chegaralangan (3.1-rasm) yer bo'lagini kichraytirib va o'ziga o'xshatib gorizontal proyeksiyasini qog'ozga (tekislikka) tushirsak, unda joy gorizontal proyeksiyasining grafik tasviri a, b, c, d, e, f, h, q nuqtalar bilan chegaralangan planini olamiz.

Planga faqat joy tafsilotlarining (haydalma yer, yo'l, daryo, ko'l va boshqalar) chegaralari tushirilsa, bunday planga **konturli plan** deyiladi. Agar planda joy tafsilotlaridan tashqari joyning relyefi ham tasvirlangan bo'lsa, u **topografik plan** deyiladi.

Yerning nisbatan katta bir bo'lagini qog'ozda tasvirlashda, albatta, Yer egriligi hisobga olinadi. Bunday bo'lak kartasini tuzish uchun joy konturlari sferik sirtga proyeksiyalanib, ma'lum matematik qoidalarga asosanib tekislikka yoyiladi (3.2-rasm).



3.1-rasm



3.2-rasm

Bunday tasvirni tekislikka (qog'ozga) o'zgarishsiz yozib bo'lmaydi, sferik (egri) yuzani tekislikka tushirganda xatoliklar (maydon, shakl, burchak va uzunliklarda) ro'y beradi.

Butun Yer yuzasi yoki uning katta bir qismini yer egriligini hisobga olib, matematik qoidalar asosida biroz umumlashtirib va kichraytirib qog'ozga tushirilgan tasviriga **karta** deyiladi.

Kartalar masshtabi, mazmuni, tasvirlanadigan hudud ko'lami bo'yicha turlarga bo'linadi.

Masshtabi bo'yicha kartalar shartli 3 guruhga bo'linadi:

- 1) mayda masshtabli – 1: 1 000 000 va undan mayda;
- 2) o'rta masshtabli – 1: 1 000 000 dan 1: 200 000 gacha;
- 3) yirik masshtabli – 1: 100 000 va undan yirik.

Mazmuni bo'yicha esa:

- umumgeografik;
- mavzuli (tematik) kartalarga ajratiladi.

Umumgeografik kartalarda joydagi barcha tabiiy obyektlar (gidrografiya, relyef, o'simliklar), aholi punktlari, yo'llar va boshqalar tasvirlanadi. Yirik masshtabli umumgeografik kartalar **konturli** va **topografik kartalarga** bo'linadi.

Tasvirlanadigan hududning o'lchami bo'yicha dunyo, qit'alar, alohida davlatlar, respublikalar, tabiiy va iqtisodiy mintaqalar, ma'muriy tumanlar va boshqa kartalarni ajratish mumkin.

Plan va kartalar orasidagi farqlarni quyidagicha izohlash mumkin:

1) plan yer sirtining kichik bo'lagi uchun tuzilib, unda yer egriligi hisobga olinmaydi, karta esa yerning katta bir qismi uchun tuzilib, unda yer egriligi e'tiborga olinadi;

2) planda joy tafsilot va predmetlari batafsil va aynan o'ziga o'xshash holda, kartada esa qisman umumlashtirib tasvirlanadi;

3) planlar yirik masshtablarda (1:5 000 va undan yirik), kartalar esa mayda masshtablarda (1:10 000 va undan mayda) tuziladi.

3.2. Masshtablar

Joyda o'lchangan chiziqlarning gorizontall quyilishi uzunligini plan, karta yoki profilga kichraytirib tushirish darajasiga **masshtab** deyiladi.

Plandagi chiziq uzunligi s ni uning joyda o'lchab topilgan gorizontall quyilishi qiymati S_j ga nisbati **plan masshtabi** deyiladi.

$$\frac{1}{M} = \frac{s}{S_j} \quad (3.1)$$

Kichraytirish darajasini sonli yoki grafik ifodalash mumkin, shunga ko'ra, masshtablar **sonli** va **grafik** masshtablarga bo'linadi. Grafik masshtablar **chiziqli** va **ko'ndalang** bo'ladi.

Surati bir bo'lib, maxraji kichraytirish darajasini ko'rsatuvchi oddiy kasrga **sonli masshtab** deyiladi. Masalan, $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$, $\frac{1}{5000}$, $\frac{1}{10000}$, $\frac{1}{25000}$ va hokazo.

Joydagi va plandagi chiziqlar uzunligi o'rtasida quyidagicha munosabat mavjud:

$$S_j = s \cdot M.$$

bu yerda S_j – joydagi chiziq uzunligi; s – shu chiziqning plandagi uzunligi; M – sonli masshtabning maxraji.

Masshtablar **yirik** va **mayda masshtablarga** bo'linadi. Sonli masshtab maxraji qancha kichik bo'lsa, u yirik va aksincha, maxraji qancha katta bo'lsa, u mayda masshtab hisoblanadi. Odatda, planlar yirik masshtablarda, kartalar esa mayda masshtablarda tuziladi.

Sonli masshtab 1:10 000 bo'lsa, «1 santimetrda 100 m» deb yoziladi, ya'ni plandagi 1 santimetr uzunlik joydagi 10 000 sm yoki 100 m uzunlikka mos keladi.

Sonli masshtabni bilib joydagi chiziqni planga (kartaga) yoki aksincha, plandagi chiziqni joyga osongina ko'chirish mumkin.

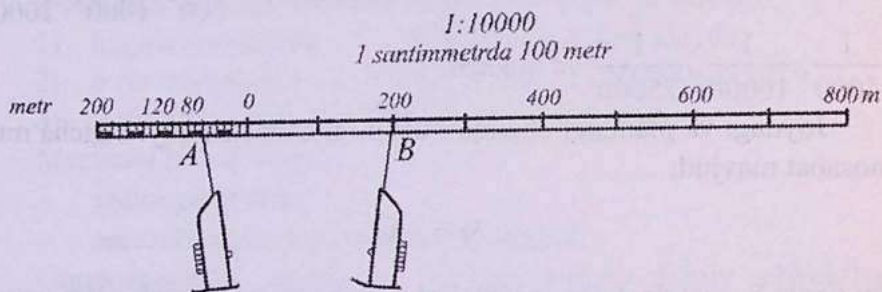
Agar joydagi chiziqning gorizontal quyilishi 146,8 m, masshtab 1:5 000, ya'ni 1 sm da 50 metr bo'lsa, chiziqning plandagi uzunligi $146,8:50 = 2,94$ sm ni tashkil qiladi.

Agar chiziq uzunligi kartada 2,38 sm, masshtab 1:25 000, ya'ni 1 sm da 250 m bo'lsa, chiziqning joydagi gorizontal quyilishi $2,38 \cdot 250 = 595$ m ga teng bo'ladi.

Yuqoridagi hisoblash ishlarini kamaytirish maqsadida **chiziqli masshtabdan** foydalaniladi. U **masshtab asosi** deb nomlanadigan bitta kesmani bir necha marta ketma-ket qo'yib chiqilib yasaladi (3.3-rasm).

Chiziqli masshtab asosining uzunligi, odatda, yaxlit 2 sm qilib olinib, unga joyda to'g'ri keladigan chiziq uzunligi, masalan, 200 m, 1:10 000 masshtabda chizmada chapdan o'ngga oshib borishiga qarab raqamlanadi. Birinchi chap tomondagi asosni 20 ta teng bo'lak-

larga bo'linadi (3.3-rasm). Masofani aniqlash uchun o'lchagich sirkul bilan karta yoki planda berilgan kesma uzunligi olinib, uni chiziqli masshtabga shunday qo'yiladiki, o'lchagich sirkulning chapdagi ninasi birinchi chap asosning chegarasida, o'ng ninasi esa yaxlit asoslarning chegara chiziqlarining birida joylashsin (3.3-rasm).



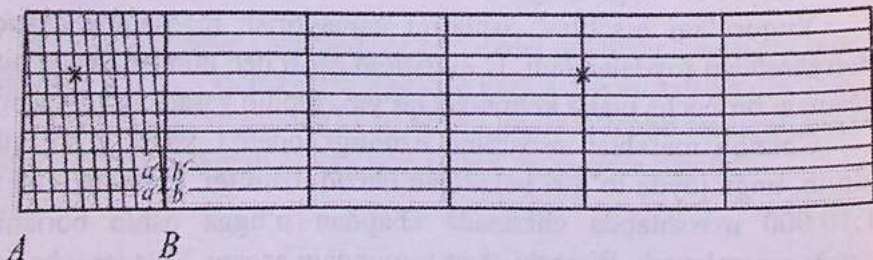
3.3-rasm

Shunda 3.3-rasmdagi AB kesmaning joydagi uzunligi 1:10 000 masshtabda 260 metrga teng bo'ladi.

Chiziqli masshtabning eng kichik bo'lagi 1 mm ga teng bo'lib, undan kichik qiymatlar ko'z bilan chamalab aniqlanadi. Shu sababli natijalar aniqligi pasayadi. O'lchashlarni osonlashtirish va aniqlikni oshirish uchun grafik nomogrammalik ko'ndalang masshtabdan foydalaniladi (3.4-rasm).

Ko'ndalang masshtab uzunligi 12 yoki 20 sm va eni 3 sm nomogrammani tashkil etadigan, o'zaro perpendikulyar chiziqlar sistemasi iborat. Vertikal chiziqlar orasi masshtab asosi AB ga teng oraliqlardan o'tkazilgan va ular har biri 2 sm ni tashkil qiladi (3.4-rasm).

Eniga qarab parallel chiziqlar bilan m teng bo'laklarga bo'lingan; chapdan birinchi bo'lak AB bo'yiga qarab n teng bo'laklarga bo'linib, ulardan qiya parallel chiziqlar sistemasi (transversallar) o'tqazilgan.



3.4-rasm

Masshtab asosining har bir kichik bo'lagi $AB:n$ qiymatga teng. Shunda ko'ndalang masshtabning eng kichik kesmasi ab ikkinchi kesmasi $a'b'$ esa $2ab$, uchinchisi $3ab$ va hokazo bo'ladi. Nomogrammaning oxirgi kesmasi $m \times ab = AB:n$ bo'lganligi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$ab = \frac{AB}{mn}. \quad (3.2)$$

$AB = 2$ sm, $n = 10$ bo'lak, $m = 10$ bo'lak bo'linganini hisobga olib, (3.2) natijani topamiz:

$$ab = \frac{2 \text{ sm}}{10 \times 10} = \frac{20 \text{ mm}}{100} = 0,2 \text{ mm}.$$

Ko'rish mumkinki, nomogrammadagi eng kichik bo'lak ab ning yarmini (0,1 mm) ko'z bilan chamalab aniqlash mumkin va u masshtabning qabul qilingan aniqligiga tengdir. Uning metrda ifodalangan qiymati sonli masshtabga bog'liq bo'ladi. Masalan, 1:25 000 masshtabda joyda $AB = 500$ m to'g'ri keladi va $m = 10$ va $n = 10$ bo'lganda, ko'ndalang masshtabning eng kichik bo'lagi (3.2) ifodaga ko'ra $ab = 5$ m bo'ladi.

Ko'ndalang masshtab yordamida masofani aniqlashda sirkul o'lchagichda kartada berilgan chiziq uzunligi belgilab olinib, sirkul masshtab sirtida gorizontal holda shunday surilsinki, uning chap ninasi transversal chiziqlardan birida, o'ng ninasi esa asosga perpendikulyar chiziqlardan birida joylashsin (3.4-rasmda xoch bilan belgilab ko'rsatilgan).

3.4-rasmda aniqlanadigan masofani quyidagicha yozish mumkin: $S = 3AB + 6AB:n + 7ab$, uning joydagi uzunligi esa karta yoki planning masshtabiga bog'liq. Unda 1:25 000 masshtabda $AB = 500$ m, $A:n = 50$ va eng kichik bo'lak $ab = 5$ m, masofa esa $S = 3 \cdot 500 + 6 \cdot 500:10 + 7 \cdot 5 = 1835$ m; 1:10 000 masshtabda $ab = 2$ m, $S = 3 \cdot 200 + 6 \cdot 200:10 + 7 \cdot 2 = 734$ m; 1:5 000 masshtabda $ab = 1$ m, $S = 3 \cdot 100 + 6 \cdot 100:10 + 7 \cdot 1 = 367$ m va hokazo bo'ladi.

Agar $n = m = 10$ va $AB = 2$ sm bo'lsa, bunday ko'ndalang masshtab **normal yuzlik ko'ndalang masshtab** deyiladi.

Masshtab aniqligi. Oddiy ko'z bilan (lupasiz yoki mikroskop-siz) millimetrning 0,1 bo'lagini ajratish mumkin. Shuning uchun geodeziyada plan yoki kartadagi 0,1 mm uzunlik masshtab aniqligi qiy-matiga qabul qilingan.

Masshtab aniqligi deb plan yoki kartadagi 0,1 mm uzunlikka joyda to'g'ri keladigan gorizontal quyilish (masofa) ga aytiladi va uni quyidagicha ifodalash mumkin $t = 0,1 \text{ mm} \times M$. Masalan, 1:10 000 masshtabning aniqligi $t = 0,1 \text{ mm} \times 10000 = 1,0 \text{ m}$ ga teng bo'ladi.

Masshtab aniqligini bilish quyidagi ikki masalalarni hal etishga imkon beradi:

- masshtab aniqligidan kichik bo'lgan va karta, planlarda tas-virlab bo'lmaydigan predmetlar o'lchamlarini aniqlash;
- injenerlik masalalarning aniqligiga qo'yiladigan talablarga muvofiq karta, planlarni tuzishda ularning masshtablarini to'g'ri tanlash.

3.3. Topografik plan va kartalar nomenklaturasi

Katta hududlarning topografik kartalaridan qulay foydalanish uchun ular ramkaga ega alohida varaqlarga bo'linadi va birlashgan varaqlar sistemasi tashkil qilinadi.

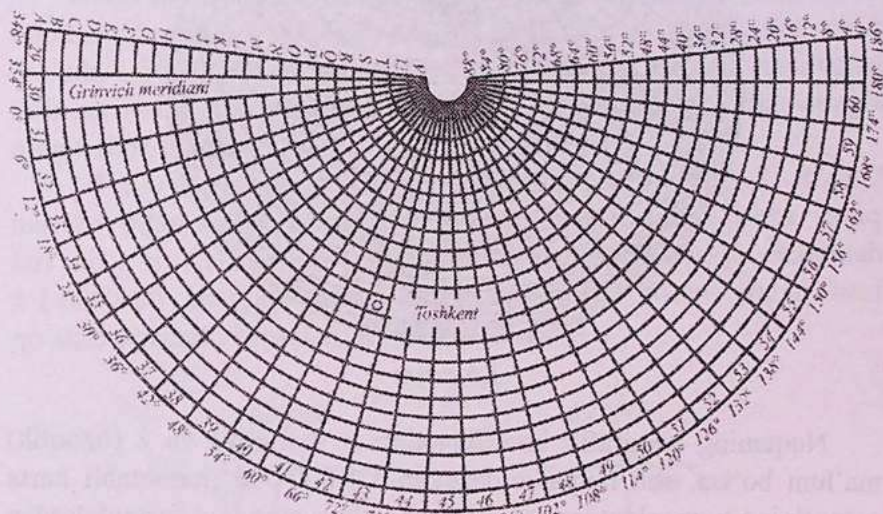
Karta varaqlarini belgilash sistemasida har bir varaq ma'lum raqamli belgilarga ega bo'ladi va u **karta varag'ining nomenklatu-rasi** deyiladi. Plan va kartalar varaqlari to'g'ri burchakli va trapetsiya shaklidagi ramkalar bilan chegaralanadi. Maydoni 20 km² gacha bo'lgan uchastkalarni 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 va 1:500 masshtabli topografik planlarini tuzishda kvadratli (40×40 sm) varaqlarga bo'lish qabul qilingan.

Trapetsiyali varaqlarga bo'lish sistemasida alohida varaqlarning ramkalari bo'lib, meridian va parallel chiziqlari xizmat qiladi.

Turli masshtablardagi varaqlar nomenklaturasini hisoblashda 1:1 000 000 masshtabli karta varaqlarining xalqaro bo'linishi asos qilib qabul qilingan.

Kartani varaqlarga bo'lish hamda varaqlar nomenklaturasini bel-gilash uchun Yer sharining sirti uzoqlik bo'yicha har 6° dan meridi-anlar orqali 60 ta kolonnaga bo'linadi. Kolonnalar arab raqamlari bilan Grinvich meridianiga 180° ga qarshi joylashgan meridiandan sharqqa qarab 1 dan 60 gacha nomerlanadi.

Kolonnalar ekvatoridan boshlab, shimoliy va janubiy qutblarga qarab har 4° dan o'tkaziladigan parallellar orqali qatorlarga bo'linadi. Qatorlar o'rni lotin alifbosining bosh harflari A, V, ..., V, Z bilan belgilanadi (3.5-rasm).



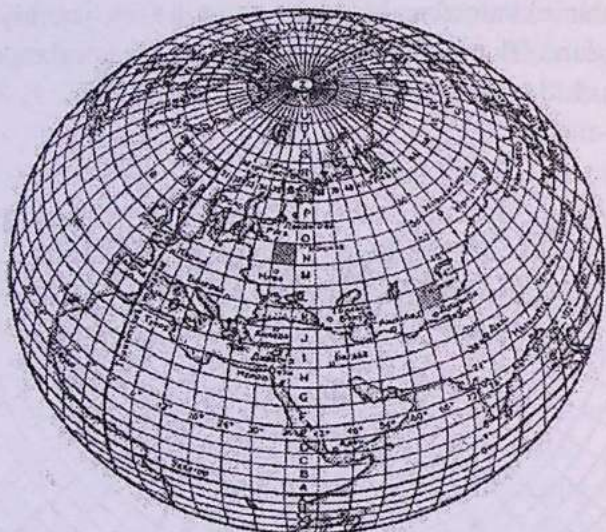
3.5-rasm

Kolonnalar bilan koordinatalar zonalari nomeri orasidagi bog'lanish quyidagicha ifodalanadi: $n = Q - 30$, bunda n – Gauss-Kryuger koordinatalarining zona nomeri, $Q - 1:1\,000\,000$ masshtabli karta varag'ining kolonna nomeri.

Yuqorida aytilganidek, o'tkazilgan meridian va parallellar bilan yer yuzasida $1:1\,000\,000$ masshtabdagi kartalarning trapetsiyasi hosil bo'ladi. Har qaysi trapetsiya bitta alohida varaqda tasvirlanadi, meridian va parallel chiziqlari esa shu varaqlarning ichki ramkasi hisoblanadi.

$1:1\,000\,000$ masshtabdagi karta bir varag'ining nomenklaturasi shu karta trapetsiyasi joylashgan qator harfi va kolonna nomeridan iborat. Masalan, Toshkent shahri K qatori va 42-kolonnada joylashgan. Shuning uchun masshtabi $1:1\,000\,000$ bo'lgan karta varag'i nomenklaturasi K-42 bo'ladi (3.6-rasm).

Qatorlarning qaysi yarim sharda ekanligini bilish uchun uni belgilovchi harf oldiga shimoliy yarim sharda N, janubiy yarim sharda esa S harfi yoziladi [26].



3.6-rasm

Nuqtaning geografik koordinatalari φ (kenglik) va λ (uzoqlik) ma'lum bo'lsa, shu nuqta joylashgan 1:1 000 000 masshtabli karta varag'ining nomenklaturasini aniqlash uchun quyidagi formulalardan foydalanish mumkin (kolonna nomeri m va qator nomeri n deb olingan):

$$m = \frac{\lambda}{6} + 1 + 30;$$

$$n = \frac{\varphi}{4} + 1$$

Bu formuladan foydalanishda φ va λ larning faqat gradus qiymatlari tegishli 4 va 6 ga bo'linib, natijaning butun qiymatiga tegishli 1 va 1+30 qo'shiladi.

Masalan, shimoliy yarim sharda biror nuqtaning geografik koordinatalari $\varphi = 41^{\circ}13'00''$, $\lambda = 69^{\circ}40'10''$ bo'lsa, shunda qator nomeri $n = \frac{41^{\circ}}{4} + 1 = 10 + 1 = 11$, kolonna nomeri esa $m = \frac{69^{\circ}}{6} + 1 + 30 = 11 + 31 = 42$ bo'ladi.

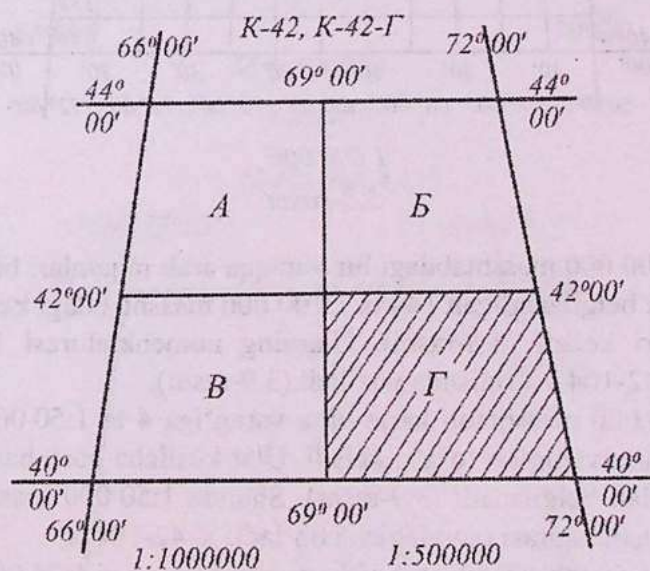
3.6-rasmdan 11-qator K harfiga to'g'ri keladi. Shunga ko'ra, 1:1 000 000 masshtabdagi karta varag'ining nomenklaturasi $K-42$ ko'rinishda bo'ladi.

Mamlakatimizda topografik karta va planlar tuzish uchun quyidagi standart masshtablar qabul qilingan:

1:1 000 000; 1:500 000; 1:300 000; 1:200 000; 1:100 000; 1:50 000; 1:25 000; 1:10 000; 1:5 000; 1:2 000; 1:1 000; 1:500.

1:100 000 va undan maydaroq masshtabdagi karta varaqlarining nomenklaturasi 1:1 000 000 masshtabdagi karta varag'ining ichida bo'ladi, 1:50 000 va undan yirikroq masshtabdagi karta va plan varaqlarining nomenklaturasi esa 1:100 000 masshtabdagi karta varag'ining ichida bo'ladi.

1:1 000 000 masshtabdagi karta varag'iga 4 ta A, B, B va Γ harflari bilan belgilanadigan 1:500 000 masshtabdagi karta varaqlari to'g'ri keladi. Bu varaqlarning nomenklaturasi masshtabi 1:1 000 000 bo'lgan varaq nomenklaturasiga ushbu varaq harfi qo'shib yoziladi. Masalan, K-42- Γ (3.7-rasm).

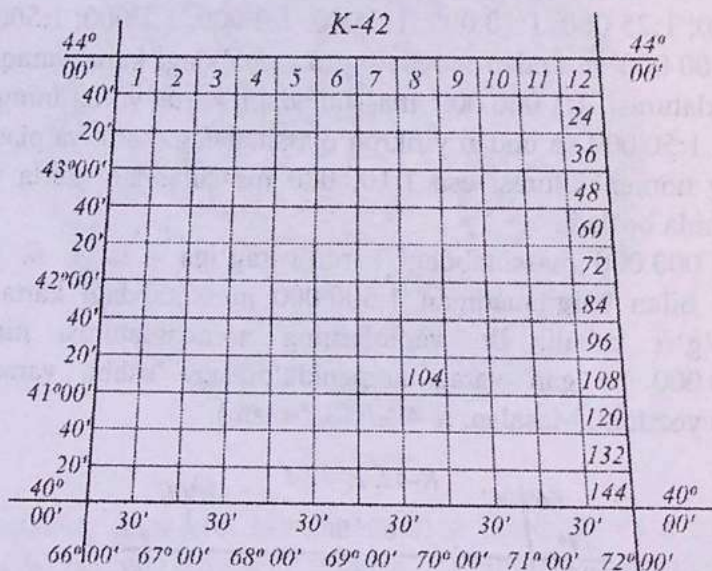


3.7-rasm

1:1 000 000 masshtabdagi karta bir varag'iga rim raqamlari bilan I dan IX gacha belgilanadigan 9 ta 1:300 000 masshtabdagi karta varaqlari to'g'ri keladi. Masalan, uning bir varag'i nomenklaturasi VIII-K-42 ko'rinishida yoziladi.

1:1 000 000 masshtabdagi karta varag'iga rim raqamlari bilan I dan XXXVI gacha belgilanadigan 36 ta 1:200 000 masshtabdagi

karta varaqlari to'g'ri keladi va bitta varaq nomenklaturasi K-42-XXVI kabi ko'rinishda yoziladi.



1 000 000

3.8-rasm

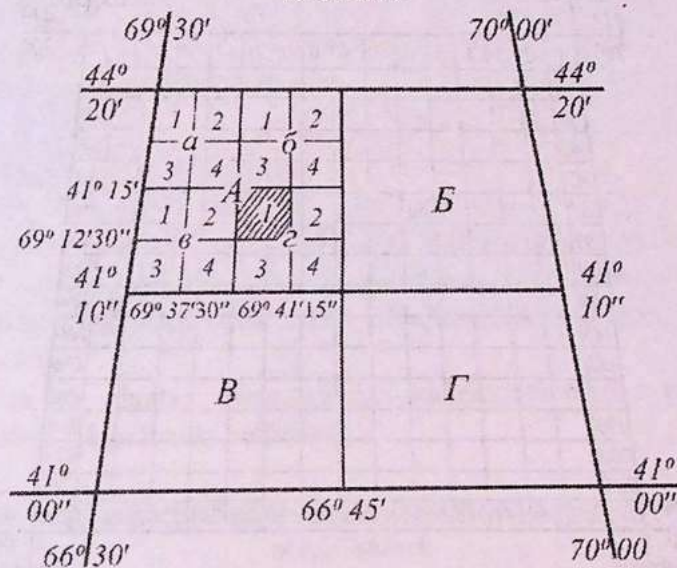
1:1 000 000 masshtabdagi bir varaqqa arab raqamlari bilan 1 dan 144 gacha belgilanadigan 144 ta 1:100 000 masshtabdagi karta varaqlari to'g'ri keladi (3.8-rasm). Ularning nomenklaturasi 104-varaq uchun K-42-104 ko'rinishda yoziladi (3.9-rasm).

1:100 000 masshtabli karta bitta varag'iga 4 ta 1:50 000 masshtabdagi karta varaqlari to'g'ri keladi. Ular kirillcha bosh harflar A, B, B va Γ bilan belgilanadi (3.9-rasm). Shunda 1:50 000 masshtabdagi varaq nomenklaturasi quyidagicha bo'ladi: K-42-104-A.

Bitta 1:50 000 masshtabdagi karta varag'iga 4 ta 1:25 000 masshtabdagi karta varaqlari to'g'ri keladi. Ular kirillcha kichik harflar a, b, b va z bilan belgilanadi. Aytaylik, bir varaqning nomenklaturasi K-42-104-A-z ko'rinishda bo'ladi.

Bitta 1:25 000 masshtabdagi karta varag'iga 4 ta 1:10 000 masshtabdagi karta varaqlari to'g'ri keladi. Ular arab raqamlari 1, 2, 3 va 4 bilan belgilanadi. Shunda varaqning nomenklaturasi K-42-104-A-z-1 ko'rinishda yoziladi (3.10-rasm).

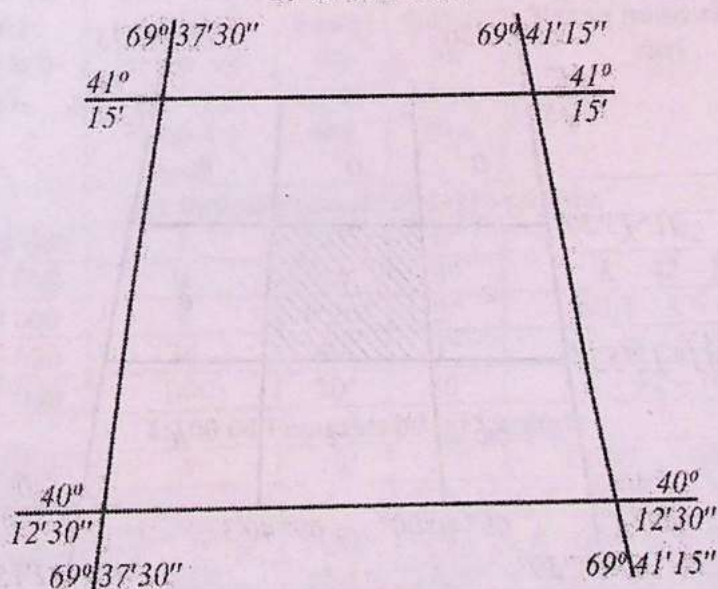
K-42-104



$M 1:100000$

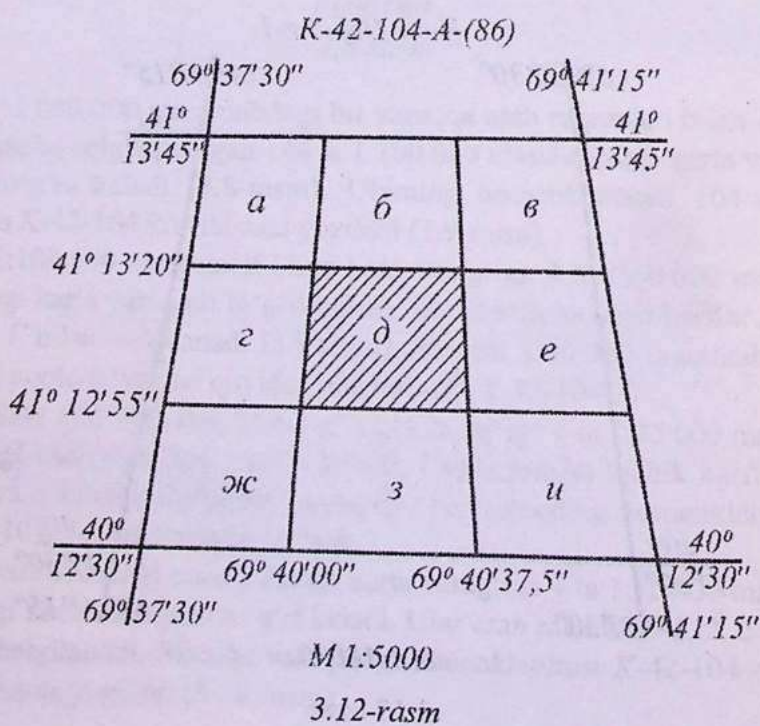
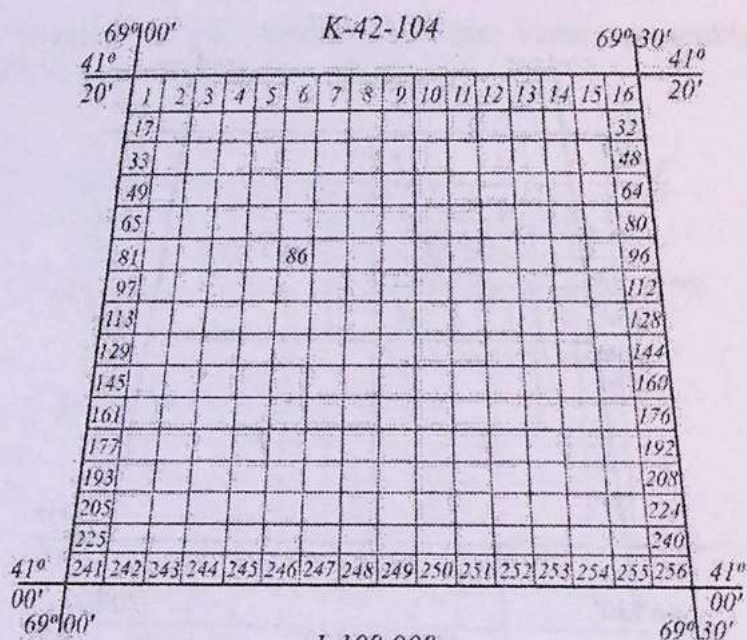
3.9-rasm

K-42-104-A-e-1



$M 1:10000$

3.10-rasm



Bitta 1:100 000 masshtabli karta varag'iga arab raqamlari bilan 1 dan 256 gacha belgilanadigan 256 ta 1:5 000 masshtabdagi plan varaq-lari to'g'ri keladi (3.11-rasm). Ularning nomenklaturasi qavs ichiga yozilgan varaq nomeri 1:100 000 masshtabli karta varag'i nomenkla-turasiga qo'shib yoziladi. Masalan, 1:5 000 masshtabli varaq nomen-klaturasi K-42-104-(86) bo'ladi.

Bitta 1:5 000 masshtabdagi plan varag'iga 9 ta 1:2 000 massh-tabdagi plan varag'i to'g'ri keladi. Ular kirillcha kichik harflar *a, b, e, z, d, e, ж, з, u* bilan belgilanadi. Shunda 1:2 000 masshtabli plan varag'ining nomenklaturasi K-42-104-(86-d) ko'rinishda yoziladi (3.12-rasm).

Karta va planlar varaqlarining nomenklaturasi va ramkalari o'lchamlari 3.1-jadvalda keltirilgan.

Karta va planlar varaqlari nomenklaturasi, varaq raqamlari o'lchamlari

3.1-jadval

Karta va planlar masshtablari	1: 1 000 000 va 1:100 000 masshtablar bir varag'idagi varaqlar soni	Varaq o'lchami		Varaq nomenklaturasi
		Kenglik bo'yi-cha	Uzoqlik bo'yi-cha	
1:1 000 000 masshtabdagi varaqda				
1:1 000 000	1	4°	6°	K – 42
1:500 000	4	2°	3°	K – 42 – Γ
1:300 000	9	1°20'	2°	VIII – K – 42
1:200 000	36	40'	1°	K – 42 – XXVII
1:100 000	144	20'	30'	K – 42 – 104
1:100 000 masshtabdagi varaqda				
1:50 000	4	10'	15'	K – 42 – 104 – A
1:25 000	16	5'	7'30"	K – 42 – 104 – A – r
1:10 000	64	2'30"	3'45"	K – 42 – 104 – A – r – 1
1:5 000	256	1'15"	1'52,5"	K – 42 – 104 – (86)
1:2 000	2304	25"	37,5"	K – 42 – 104 – (86 – d)

3.4. Joy (yer) relyefi va uni topografik plan va kartalarda tasvirlash

Ma'lumki, injenerlik inshootlarini qurishda, yangi yerlarni o'zlashtirishda, ularni tekislashda, sug'orish tarmoqlarini loyihalash va qurishda yer yuzasining past-balandliklarini hisobga olish kerak bo'ladi. Shunga ko'ra, joydagi tafsilotlar va joy relyefi topografik karta va planda to'la tasvirlangan bo'lishi kerak.

Yer yuzasining jami past-balandliklariga *joy relyefi* deyiladi.

Relyef shakllari. Yer tabiiy sirtining relyefi shakli murakkab bo'lib, uni umumlashtirib quyidagi asosiy shakllarga ajratish mumkin: *tog' (tepa)*, *tizma tog'*, *egarsimon joy (bel)*, *chuqurlik*, *tizma soy* (3.13-rasm).

1. *Tog' (tepa)* – yer sirtidagi ko'tarilgan gumbazsimon (konussimon) joy bo'lib, uning eng baland nuqtasi cho'qqi, yon tomonlari qiyalik (yonbag'ir), atrof bilan tutashgan chizig'i esa tog' etagi (tagi) deyiladi.

2. *Tizma tog'* – cho'ziq balandlik bo'lib, bir yo'nalishda pasayib boradi va har ikkala tik qiyaliklar o'zaro kesishib, *suv ayirg'ich* chiziqni hosil qiladi.

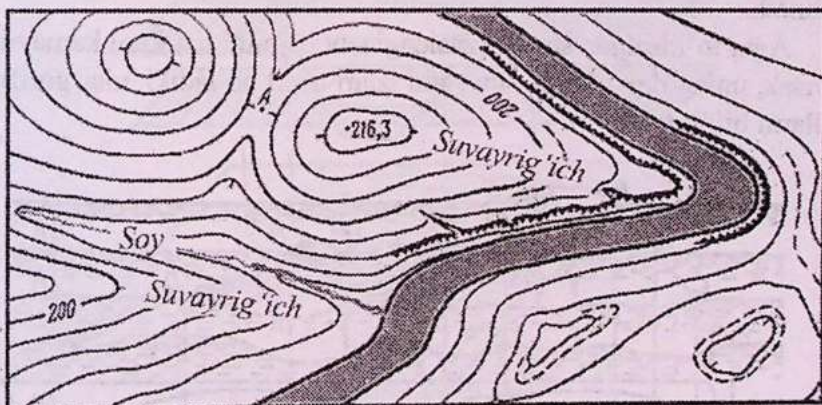
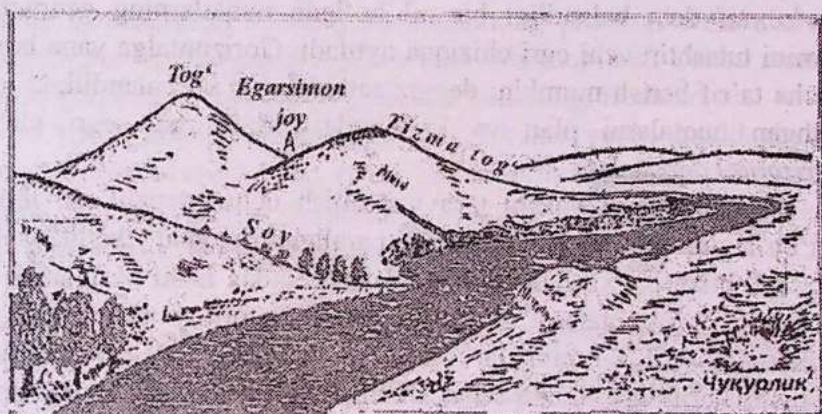
3. *Egarsimon joy (bel)* – ikki tog' yoki tepaning o'zaro qo'shilishidan hosil bo'ladi. Egarsimon joyning ikki tomonidan qarama-qarshi yo'nalishda soy boshlanadi. Ko'pincha bir soydan ikkinchisiga o'tgan so'qmoq yo'l egarsimon joy orqali orqa tomondagi soyga tutashadi, egarsimon joydagi bu yo'l *dovon* deyiladi.

4. *Chuqurlik (qozonsoy)* – tog'ning aksi bo'lib, yon tomonlardan o'ralgan pastlik joy; eng chuqur joyiga – *tub*, yon tomonlari *qiyalik*, qiyaliklarning atrof bilan tutashgan chizig'i – *chuqurlik chekkasi (qirg'og'i)* deyiladi.

5. *Tizma soy* – bir yo'nalishda pasayib boruvchi chuqurlik bo'lib, tizma tog'ning aksidir. Tizma soy ikkita yonbag'ir tekisliklardan tashkil topib, ularning o'zaro kesishib hosil qilgan chizig'i *suv yig'uvchi chiziq* deyiladi. Bu chiziq bo'yicha yog'in suvlari oqadi. Agar soy keng bo'lsa va uzoqqa cho'zilsa, *vodiy* deyiladi.

Daryolar vodiyning suv yig'iluvchi chizig'i bo'yicha oqadi, agar soyda suv yig'uvchi chiziq nishabligi katta va tuproq yumshoq

bo'lsa, sel oqimlari yuvib, o'piriladi va *jarlik* hosil bo'ladi. Tizma tog' yoki tog' yonbag'ridagi tekis maydonchalarga *terrasa* deyiladi.



3.13-rasm

Relyefni tasvirlash. Relyef plan va kartalarda quyidagi usullarda tasvirlanadi:

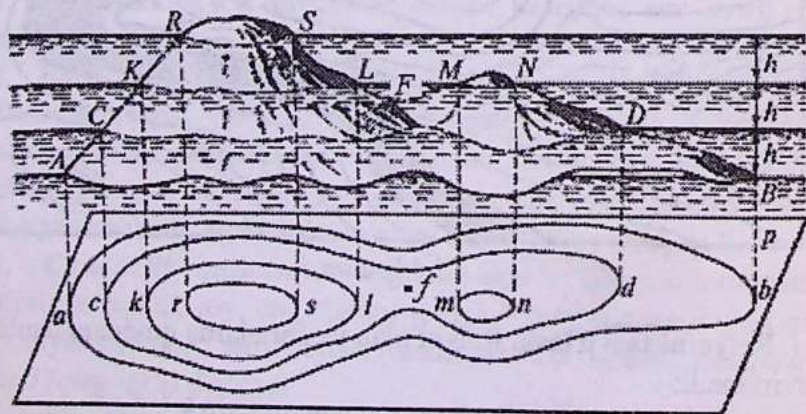
- nuqtalar balandlik belgisini yoniga yozish;
- balandligiga qarab och va to'q ranglar bilan bo'yash;
- turli yo'g'onlik va qalinlikda shtrixlar chizish;
- gorizontallar.

Topografik plan va kartalarda relyef, asosan, gorizontallar bilan tasvirlanadi. Gorizontallar bilan tasvirlangan joy relyefi eng aniq bo'lib, bunday karta va planlardan har xil loyihalash va turli injenerlik masalalarini yechishda foydalaniladi.

Ba'zida «gorizontal» so'zi «izogips» tarzida ham ishlatiladi, uning ma'nosi «balandligi bir xil bo'lgan chiziqli» demakdir. Ya'ni **gorizontal** deb, balandligi bir xil bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rini tutashtiruvchi egri chiziqli aytiladi. Gorizontalga yana boshqacha ta'rif berish mumkin: dengiz sathidan bir xil balandlikda joylashgan nuqtalarni plan va kartalarda birlashtirgan egri chiziqli **gorizontal** deb ataladi.

Gorizontallarni yaxshi tasavvur qilish uchun tepalikdan iborat yer bo'lagini olib, uni sathiy yuzaga parallel gorizontal tekisliklar AB , CD , KL bilan bir xil balandlikda kesishtirishdan hosil bo'lgan A , C , K , R , ..., D , B nuqtalarni gorizontal tekislikka ortogonal proyeksiyalab a , c , k , r , ..., d , b nuqtalarni topib (3.14-rasm), bir xil balandlikka ega nuqtalarni egri chiziqli bilan o'zaro tutashtirib gorizontallar hosil qilinadi.

Agar to'ldirilgan suv havzasidagi suv hajmini har kuni kamaytirib borsak, uning devorlarida suv sathi izlari hosil bo'ladiki, ular gorizontallarni bildiradi.



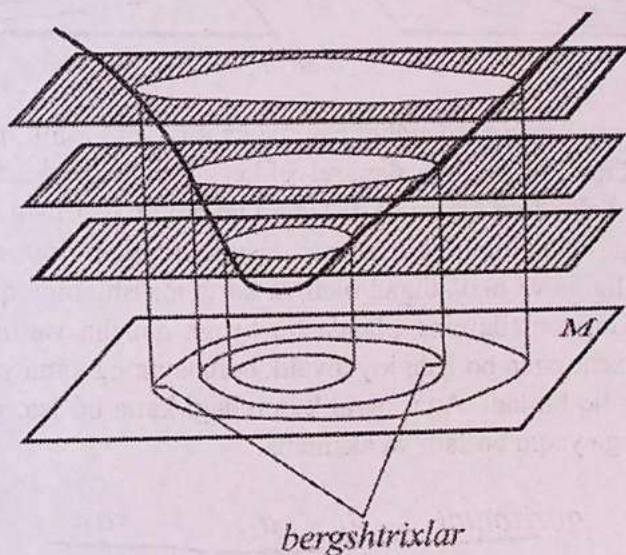
3.14-rasm

3.14-rasmdan ko'rish mumkinki, tepalikni ifodalaydigan gorizontallar yopiq egri chiziqlardan iborat bo'lib, yonbag'irlar qancha qiya bo'lsa, gorizontallar bir-biriga planda shuncha yaqin joylashgan bo'ladi. Agar tog' to'g'ri konus shakliga ega bo'lsa, unda u gorizontallar yordamida bir-biridan teng oraliqda joylashgan konsentrik doiralalar ko'rinishda tasvirlangan bo'ladi.

Egarsimon joylarni gorizontallar orqali tasvirlanishini ham 3.14-rasmda ko'rishimiz mumkin, undagi f nuqtasi *bel* hisoblanadi.

3.14-rasmda joy relyefining (tepalikning) gorizontallar bilan tasvirlanishi ko'rsatilgan. Bunda gorizontallarning plandagi o'rni nuqtalar balandligini interpolatsiya qilish usuli bilan topiladi. Ushbu rasmda keltirilgan h bilan gorizontallar kesimi balandligi ifodalangan.

3.15-rasmdan ko'rinishicha, chuqurlik ham yopiq shakldagi gorizontallar bilan tasvirlanadi. Faqat chuqurlik tasvirini tog'dan ajratish uchun gorizontallarda nishabning pasayish tomoniga qarab *bergshtrixlar* (kalta chiziqlar) qo'yiladi (3.15-rasm).

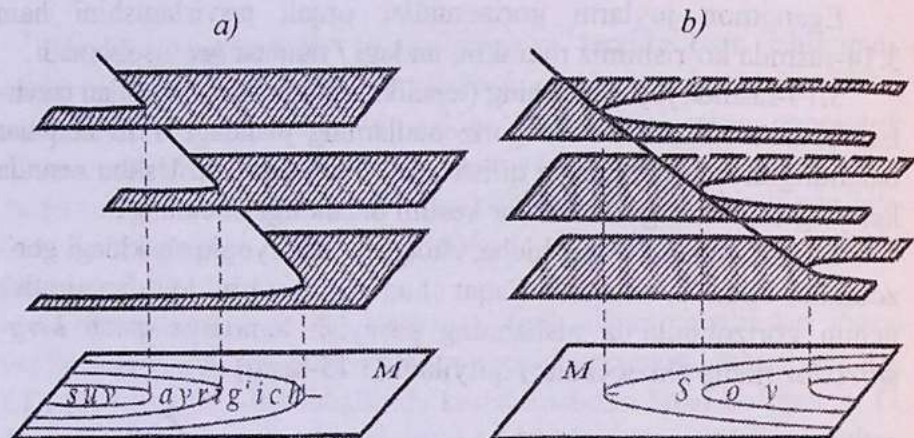


3.15-rasm

Tizma tog' va tizma soyalar ham plan va kartalarda shakli o'xshash gorizontallar bilan tasvirlanadi. 3.16-a rasmda tizma tog', 3.16-b rasmda esa tizma soy gorizontallar orqali tasvirlangan. Tizma tog'ni soydan ajratish uchun gorizontallarda bergshtrixlar qo'yiladi. Tizma tog'da bergshtrixlar gorizontalling bo'rtiq tomoniga (3.16-a rasm), tizma soyda esa botiq tomoniga (3.16-b rasm) qo'yiladi.

Gorizontallar balandligi ularni uzib yoki ularning oxirida, raqamlar asosi bilan relyefning pasayish tomoniga qarab yoziladi.

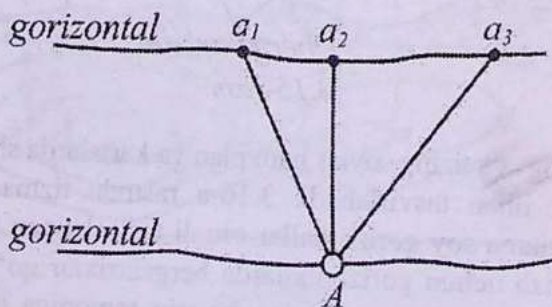
Ikki qo'shni gorizontallar orasidagi shovun yo'nalish bo'yicha vertikal masofaga *relyefning kesim balandligi* (h) deyiladi.



3.16-rasm.

Gorizontallarning balandligi hamma vaqt relyef kesimi balandligiga yaxlit bo'linishi kerak. Masalan, relyef kesimi balandligi 2,5 m uchun, gorizont balandligi 180; 182,5; 185 m va hokazo bo'lishi mumkin.

Kesim balandligining qiymati tasvirlanadigan joy relyefining murakkabligiga va tuziladigan plan va karta masshtabiga qarab qabul qilinadi. Gorizontallarning planda bir-biriga qancha yaqin yoki bir-biridan qancha uzoq bo'lishi joy qiyalik burchagining katta yoki kichikligiga bog'liq bo'ladi. Agar qiyalik burchagi katta bo'lsa, gorizontalar bir-biriga yaqin bo'ladi va aksincha.



3.17-rasm

Plandagi ikki qo'shni gorizontallar orasidagi masofa gorizontallar **quyilishi** deb ataladi. 3.17-rasmdagi A nuqta joylashgan gorizontaldan qo'shni gorizontalgacha har xil yo'nalishda quyilish olish mumkin. Masalan, Aa_1 , Aa_2 , Aa_3 va boshqalar. Bulardan gorizontalar

larga tik qilib olingan Aa_2 yo'nalishi eng xarakterlisi hisoblanadi. Shunga asosan, uning quyilishi eng kichik bo'lib, qiyalik tikligi eng katta bo'ladi.

Eng kichik quyilish bo'yicha olingan chiziq **eng katta tiklik chizig'i** deyiladi. Bu chiziq **qiyalik yo'nalishi** deb qabul qilinadi.

Gorizontallar quyidagi asosiy xossalarga ega:

1) gorizontallar plan yoki kartalarda bir-biriga qancha yaqin bo'lsa, joy qiyaligi shuncha tik bo'ladi; bir-biridan uzoq bo'lsa, qiyalik yotiq bo'ladi;

2) turli balandlikdagi gorizontallar o'zaro kesishmaydi;

3) plandagi gorizontallar yopiq chiziq bo'ladi yoki plan chetida tugaydi;

4) gorizontalgaga perpendikulyar chiziq eng katta nishablikda bo'ladi.

Relyefi tekis joylarda uni asosiy gorizontallar bilan to'la ko'rsatish mumkin bo'lmagan vaqtda kesim balandligining yarmiga teng qiymatda qo'shimcha gorizontallar o'tkaziladi. Ular uzuq (punktir) chiziqlar bilan chiziladi. Ba'zida chorak gorizontallar ham o'tkaziladi.

3.5. Topografik plan, kartalarning ramkalari va shartli belgilari

Topografik kartalarning varaqlari uch xil ramka: **ichki**, **minutli** va **tashqi** (3.18-rasm) dan tashkil topadi.

Ichki ramka trapetsiya shakliga ega bo'lib, meridian va parallel kesmalardan tashkil topadi. Ushbu chiziqlarning chiqishlarida ichki ramkaning burchaklarida burchak nuqtalarining kenglik va uzoqlik qiymatlari yozib ko'rsatiladi. Masalan, 1:10 000 masshtabdagi karta shimoli-g'arbiy burchak nuqtasi uchun kenglik $54^{\circ}42'30''$, uzoqlik esa $18^{\circ}03'45''$ (3.18-rasm).

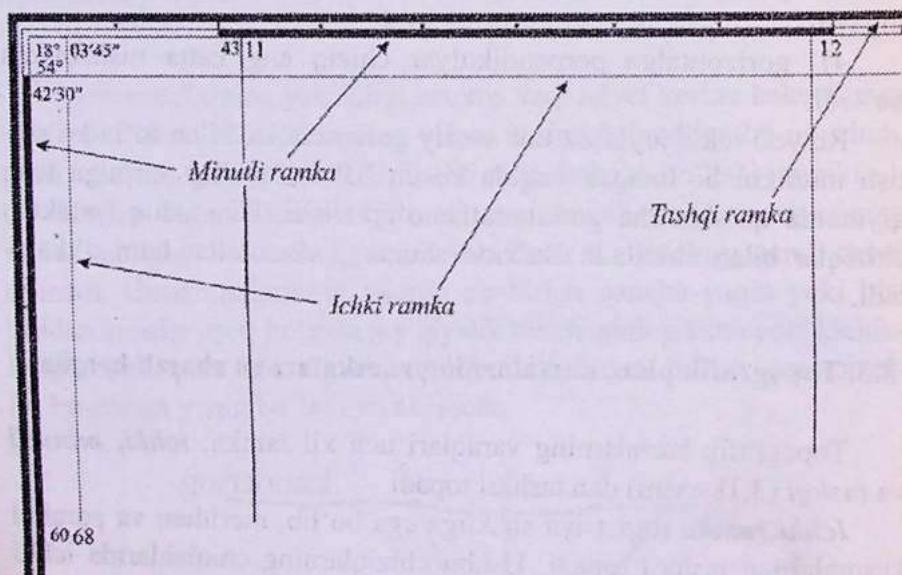
Kartada nuqtalarning geografik koordinatalarini aniqlash uchun kenglik va uzoqlik belgilangan **minutli ramka** xizmat qiladi. Ushbu ramka minutli va $10''$ li bo'laklarga bo'lingan. Minutli bo'laklar qalin chiziqlar, $10''$ li esa nuqtalar bilan belgilangan (3.18-rasm).

Ichki va tashqi ramkalar orasida koordinatalar to'ri (kilometrli to'r) chiziqlarining chiqishlarida ordinata va absissa qiymatlari yozilgan. Shunda ordinata qiymatlarida birinchi bo'lib zonaning nomeri

ko'rsatilgan, o'q meridiandan sanaladigan ordinataning qiymati esa 500 km ga oshirib yozilgan. Masalan, koordinatalar to'ri ordinata chiqishining qiymati 4311 (3.18-rasm) bo'lsa, ushbu karta varag'i 4-zonada joylashganini bildiradi. Ushbu chiziq ordinatasining haqiqiy qiymati: $311 - 500 = -189$ km ga teng.

Tashqi ramka bezak ramka hisoblanib, uning uzoq joylarida ushbu varaqqa to'rtta qo'shni karta varaqlarining nomenklaturalari yoziladi.

Tashqi ramkani rasmiylashtirish. Karta varag'ining nomenklaturalari tashqi ramkaning shimoliy tomon ustiga yoziladi.



3.18-rasm

Ramkaning janub tomoni tashqarisida sonli masshtab va uning ostida yozuvli hamda chiziqli masshtablar, qabul qilingan relyef kesimi balandligi va balandlik sistemalari ko'rsatiladi. Tashqi ramkaning janubi-g'arbiy burchagida magnit mili og'ishi va meridianlarning o'rtacha yaqinlashishi qiymatlari hamda koordinata to'ri chiziqlariga nisbatan meridianlarning o'zaro joylashish sxemasi keltiriladi. Tashqi ramkaning janubi-sharqiy burchagida qiyaliklarni aniqlash uchun quyilish grafigi joylashtiriladi.

To'g'ri burchakli varaqlarga bo'lingan topografik planlar, odatda, ikkita ramka: ichki va tashqi ramkalar bilan chegaralanadi. Varaqlarning standart o'lchamlarida (1:5000 masshtab uchun 40×40 sm va 1:2000 masshtab uchun 50×50 sm) ichki ramkalar to'g'ri burchakli koordinata to'rining detsimetrli chiziqlari bilan bevosita birlashtiriladi; varaqlarni boshqa o'lchamlarida ichki ramkalar ushbu chiziqlarga parallel tuziladi. Ichki va tashqi ramkalar orasida to'rning absissa va ordinata chiziqlarining qiymatlari yoziladi.

Karta va planlarda ko'rsatilgan obyektlar va ular to'g'risida beriladigan ma'lumotlar majmuasi karta va planlarning mazmuni bo'lib xizmat qiladi. Turli obyektlar va ularning tavsiflarini izohlash uchun ma'lumotlarni karta va planlarda qo'llaniladigan kartografik shartli belgilarda beriladi. Shuningdek, topografik plan va kartalarni tuzishda ularni aniq, tushunarli va ko'rgazmali bo'lishi uchun joy tafsilotlari va relyefi maxsus qabul qilingan shartli belgilar va yozuvlar yordamida tasvirlanadi (3.19-rasm).

Alohida obyektlarning shartli belgilari, birinchidan, ularning turlari (quduq, geodezik punktlar, shosse, botqoq va h.k.) va tavsiflari (masalan, quduqning debiti, yo'l harakat qismining eni va qoplanishi va h.k.); ikkinchidan, obyektlarning fazoviy o'rni, o'lchamlari va shakllarini aniqlashga imkon beradi. Shuning uchun maxsus shartli belgilar o'z xususiyatiga va vazifalariga ko'ra to'rtta guruhga bo'linadi: *masshtabli (maydonli)*, *masshtabsiz*, *chiziqli* va *tushuntirish* (3.19-rasm).

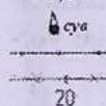
Masshtabli (maydonli) shartli belgilar bilan karta yoki planning masshtabida chegaralari tasvirlanishi mumkin bo'lgan predmet va tafsilotlar ko'rsatiladi. Ularning chegaralari nuqtali punktirlar bilan, ichki maydoni (haydalma yerlar, bog', tokzor, o'tloq, chakalakzor, yaylov va h.k.) esa uning mazmunini bildiruvchi maxsus qabul qilingan shartli belgilar bilan to'ldiriladi.

Masshtabsiz shartli belgilar karta yoki plan masshtabida tasvirlash mumkin bo'lmagan obyektlar (geodezik punktlar, quduqlar, elektr uzatgich va aloqa chiziqlari ustunlari va boshqalar) ni tasvirlash uchun qo'llaniladi. Masshtabsiz shartli belgilarning ko'p qismi o'z chizmasi bo'yicha tasvirlanadigan predmet va obyektlarning tashqi ko'rinishini eslatadi, lekin karta bo'yicha ularning haqiqiy o'lchamlarini aniqlash imkoni bo'lmaydi.

Geodezik punktlar

- △ 384,2 Davlat geodezik tarmog'i punktlari
- 384,9 Zichlash geodezik punktlari va syomka tarmog'i nuqtalari
- ※ 370,0 Davlat nivelirlash reper va markalari
- Aholi yashash joylari va alohida mahalliy obyektlar**
- Shahar va shahar tipidagi qishloqlarda yong'inga chidamli binolar
- Shahar va shahar tipidagi qishloqlarda yong'inga chidamsiz binolar
- CHIRCHIQ**
0,9 Shahar tipidagi posyolka nomlari (0,9-aholi soni, mingda)

Chorvoq
0,47



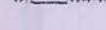
2



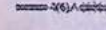
16



2



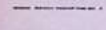
4



4



4



Qishloq va dala hovli tipidagi xo'jaliklar (0,47-aholi soni, ming)

Minora tipidagi kapital inshoot

Aloqa liniyalari (telefon, telegraf)

Metall yoki temir-beton tayanchlarda elektr uzatish liniyalari, 20 – balandligi (metr)

Yo'l tarmoqlari

Ko'tarmada o'tgan bir izli temir yo'l (2 – ko'tarma balandligi, metrda)

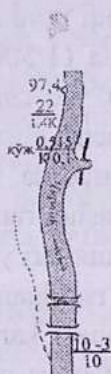
Takomillashgan shosse (9 – qoplamali qismining kengligi, 16 – umumiy kengligi, metrda, A – qoplama materiali), avtomobil yo'llari nomerlari (2 – ko'tarma balandligi, metrda)

Shosse, ko'tarmada o'tgan shosselar

Yaxshilangan tuproq yo'llar (4 – yo'l o'tish qismining kengligi, metrda, SH – aralashtirilgan material)

Tuproq so'qmoq yo'llar

Dala yo'llari



370,7 371,8



Gidrografiya

Ko'llar

Suv sathi balandlik belgisi

Daryolar tavsifi: 22 – kengligi, 1,4 – chuqurligi (metrda), K – tub gruntining tavsifi

Kechib o'tish joyi: 0,5 – chuqurligi, 15 – uzunligi, K – tub gruntining tavsifi, 0,1 – oqim tezligi (m/sek)

Daryo nomi, oqimni ko'rsatadigan mil, 0,1 – oqim tezligi (m/sek da)

Metall ko'pri

Yog'och ko'pri: 10 – uzunligi, 3 – kengligi (metrda), 10 – yuk ko'tarish quvvati (tonna)

Buloqlar

Relyef

Asosiy gorizontallar va ularning yozuvlari, metrda

Asosiy yo'g'onlashtirilgan gorizontallar va ularning yozuvlari, metrda

Bosh balandlik belgilari; Balandlik belgilari

O'simlik qoplami

O'simliklar, tuproqlar va boshqalar konturlari

Yosh o'rmon ko'chatlari (2 – daraxtlar o'rtacha balandligi, metrda)

Bog'lar

Uzumzorlar

Texnik ekinlar plantatsiyasi

3.19-rasm

Chiziqli shartli belgilar uzunligi karta yoki planning masshtabida ifodalanadigan, eni esa o'zgarib tasvirlanadigan chiziqli obyektlar (yo'l tarmoqlari, kanallar, ariqlar, kichik daryolar, kollektor-zovurlar va boshq.)ni tasvirlash uchun qo'llaniladi. Joyda ushbu obyektlarning planli o'rni karta yoki plandagi shartli belgining bo'yлама o'qiga to'g'ri keladi.

Masshtabli (maydonli), masshtabsiz, chiziqli shartli belgilar bilan tasvirlangan obyektlar va predmetlarni qo'shimcha tavsiflash va ma'lumot berish uchun ularning miqdoriy tavsiflari **tushuntirish shartli belgilari** bilan to'ldiriladi.

Amaliyotda turli masshtabli topografik karta va planlarda shartli belgilarning standart shakllari, o'lchamlari va tuzish usullari qo'llaniladi. Umumiy topografik shartli belgilar maxsus jadvallar [23] ko'rinishida nashr etilgan bo'lib, bu esa syomka ishlarini olib boradigan barcha muassasa va tashkilotlar uchun muhim hisoblanadi.

Planda tafsilotlarning tabiiy chegaralari, chiziqli inshootlardan tashqari nuqtalar bilan ko'rsatilib, ichi bir-biridan farqlanuvchi belgilar bilan to'ldiriladi.

Karta va planlarda davlat standartlari bo'yicha qabul qilingan shartli belgilar, ularning o'lchamlari, rangi plan masshtabi bo'yicha ko'rsatiladi. Barcha suv havzalari ko'k rangda ko'rsatiladi. Tabiiy relyef elementlari, gorizontallar, suv o'yib ketgan chuqur joylar – jigarrangda, boshqa hamma obyektlar qora rangda ko'rsatiladi.

Plan va kartalar uchun qabul qilingan shartli belgilar misoli 3.19-rasmda tasvirlangan.

3.6. Topografik kartalarda mashqlar bajarish

Joy tafsiloti va relyefi tasvirlangan topografik karta va planlar bo'yicha turli injenerlik inshootlari (temir va avtomobil yo'llari, gidro-texnik inshootlar, binolar va boshqalar) loyihalanadi. Bunda gorizontallar quyilishi, plandagi chiziq nishabi, qiyalik burchagi, qiyalik tikligi, nuqtalar balandligi va boshqa qiymatlarni aniqlash kerak bo'ladi. Topografik kartada, asosan, quyidagi geodezik masalalar yechiladi.

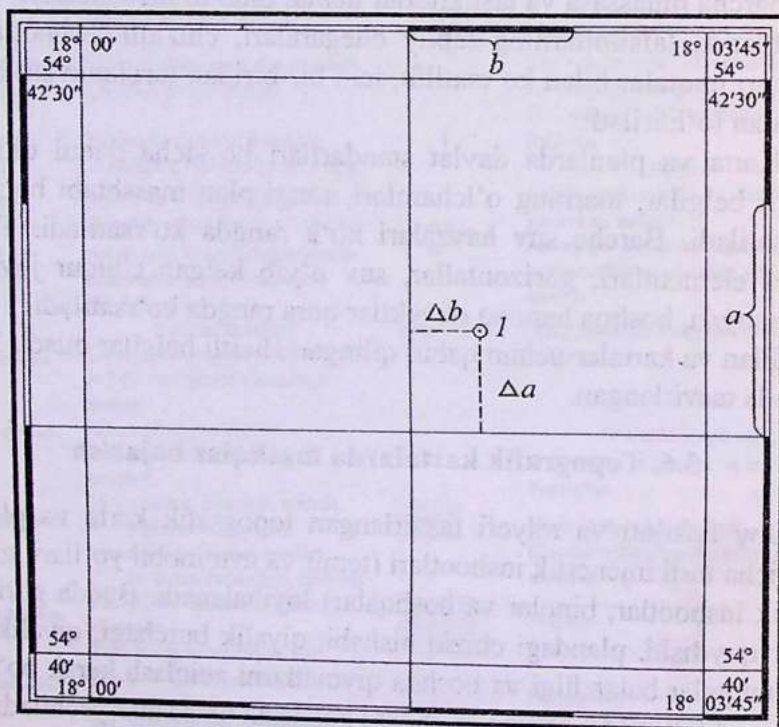
1. Nuqtalarning geografik koordinatalarini aniqlash. Kartada berilgan nuqtaning **geografik koordinatalari** quyidagicha aniqlanishi mumkin. Agar kartaning to'liq varag'i mavjud bo'lsa (3.20-rasm), unda minutli ramkaning qarama-qarshi tomonlaridagi bir xil qiymatga ega, berilgan nuqtaga yaqin, bo'laklarni birlashtirib, tekshirilgan chizg'ich bo'yicha parallel va meridian chiziqlari o'tkaziladi, keyin esa ularning φ va λ qiymatlari aniqlanadi.

3.20-rasmda 1-nuqtaga yaqin janubiy parallelning kengligi $\varphi_j = 54^{\circ}41'$, g'arbiy meridian uzoqligi esa $\lambda_g = 18^{\circ}02'$.

Shunda 1-nuqtaning geografik koordinatalari quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= \varphi_j + \Delta\varphi'', \\ \lambda_1 &= \lambda_{g'} + \Delta\lambda'',\end{aligned}\quad (3.3)$$

bu yerda $\Delta\varphi''$ va $\Delta\lambda''$ – 1-nuqtadan geografik koordinatalari ma'lum qiymatli chiziqqacha bo'lgan orttirmalardir.



3.20-rasm

$\Delta\varphi''$ va $\Delta\lambda''$ qiymatlarini hisoblash uchun o'lchagich sirkul va mashtab chizg'ichi bilan kartada Δa va Δb kesmalar, minutli ramka bo'yicha esa a va b bo'laklar o'lchanadi. 3.20-rasmda ushbu bo'laklarning qiymati $1' = 60''$ ga teng. Geografik koordinata orttirmalari quyidagi formuladan topiladi:

$$\Delta\varphi'' = \frac{\Delta a \cdot 60''}{a} \quad \Delta\lambda'' = \frac{\Delta b \cdot 60''}{b} \quad (3.4)$$

3.20-rasmda o'lchangan qiymatlar $\Delta a = 8,18$ sm, $\Delta b = 5,30$ sm, $a = 18,55$ sm, $b = 18,72$ sm bo'lsa, (3.4) ifodalardan quyidagilarni topamiz: $\Delta\varphi'' = 26,5''$ va $\Delta\lambda'' = 29,7''$.

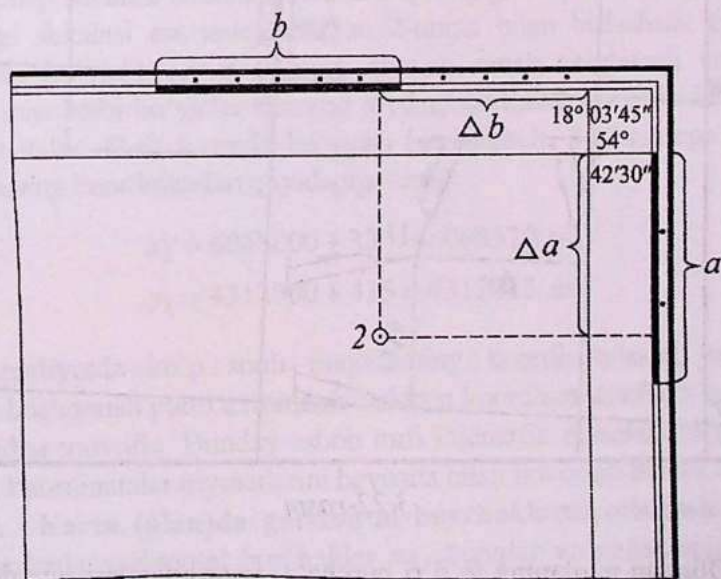
Shunda (3.3) formulaga muvofiq, 1-nuqtaning koordinatalari $\varphi_1 = 54^\circ 41' 26,5''$; $\lambda_1 = 18^\circ 02' 29,7''$ ga teng bo'ladi.

Kartada koordinatalarni aniqlash nazorati uchun berilgan nuqtaga yaqin shimoliy parallel va sharqiy meridian chiziqlari o'tkaziladi. Yuqorida keltirilgan usulda amallarni bajarishdan keyin geografik koordinatalar quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi:

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= \varphi_{sh} - \Delta\varphi'', \\ \lambda_1 &= \lambda_{shq} - \Delta\lambda''.\end{aligned}\quad (3.5)$$

Koordinatalarning ikki marotaba aniqlab topilgan qiymatlari orasidagi farq $0,1''$ dan oshmasligi kerak.

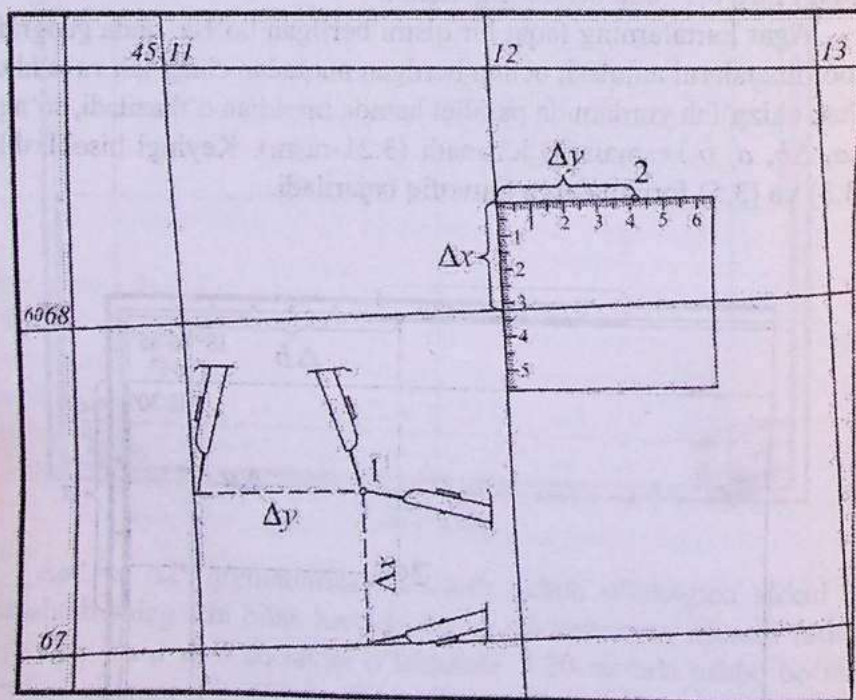
Agar kartalarning faqat bir qismi berilgan bo'lsa, unda geografik koordinatalarni aniqlash uchun berilgan nuqtadan chizg'ich va uchburchak chizg'ich yordamida parallel hamda meridian o'tkaziladi, so'ngra Δa , Δb , a , b kesmalar o'lchanadi (3.21-rasm). Keyingi hisoblashlar (3.3) va (3.5) formulalarga muvofiq bajariladi.



3.21-rasm

2. Nuqtalarning to'g'ri burchakli koordinatalarini aniqlash. Nuqtalarning to'g'ri burchakli koordinatalari koordinatalar to'ri chiziqlari orqali aniqlanadi. Ushbu to'r 1:10 000 va undan mayda masshtabli topografik kartalarda 1 km ga teng tomonlardan tashkil topib, ular uchlarida koordinatalari qiymati yozib ko'rsatiladi. Bunday to'rlarga **kilometrli to'rlar** deyiladi.

Berilgan 1-nuqtaning to'g'ri burchakli koordinatalarini aniqlash uchun ushbu nuqtaga eng yaqin joylashgan koordinatalar to'ri kesishgan nuqtasi olinib, uning koordinatalari yoziladi. Masalan, 3.22-rasmdagi kilometr to'ri yozuvlari bo'yicha 1-nuqta uchun yoza-miz: $x = 6067000$ m va $y = 4311000$ m. Berilgan nuqtadan kvad-ratning janubiy va g'arbiy tomoniga perpendikulyarlar tushiriladi va ular uzunligi karta masshtabida o'lchanib, Δx va Δy koordinatalar ort-tirmalari hosil qilinadi.



3.22-rasm

Olingan nuqtaning to'g'ri burchakli koordinatalari quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi:

$$\begin{aligned}x_1 &= x_j + \Delta x, \\ y_1 &= y_g + \Delta y.\end{aligned}\tag{3.6}$$

Koordinatalar orttirmalari qiymati $\Delta x = 467$ m, $\Delta y = 542$ m bo'lsa, (3.6) formuladan topamiz:

$$\begin{aligned}x_1 &= 6067000 + 467 = 6067467 \text{ m}, \\ y_1 &= 4311000 + 542 = 4311542 \text{ m}.\end{aligned}$$

Hisoblash nazorati berilgan nuqtadan kvadratning shimoliy va sharqiy tomonigacha yuqorida keltirilgan uslubda orttirmalarni o'lchab koordinatalarning qiymatlari takroran quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\begin{aligned}x_1 &= x_{sh} - \Delta x, \\ y_1 &= y_{shq} - \Delta y.\end{aligned}\tag{3.7}$$

Orttirmalarni o'lchash uchun shaffof asosdan yasalgan ikkita o'zaro perpendikulyar shkalalardan iborat koordinatometrda foydalanish mumkin (3.22-rasm). Koordinatometr kvadratga shunday qo'yiladiki, uning chap shkalasi kvadrat abssissa o'qining g'arbiy chizig'i bilan, yuqoridagi shkalasi esa aniqlanadigan 2-nuqta bilan birlashsin. Shunda shkalalar bo'yicha orttirmalarning qiymati sanab aniqlanadi va karta (plan) masshtabi bo'yicha ularning joydagi qiymatlariga o'tiladi. Nuqta koordinatalari (3.6) formula bo'yicha hisoblanadi. 3.22-rasmga ko'ra, 2-nuqtaning koordinatalari quyidagiga teng:

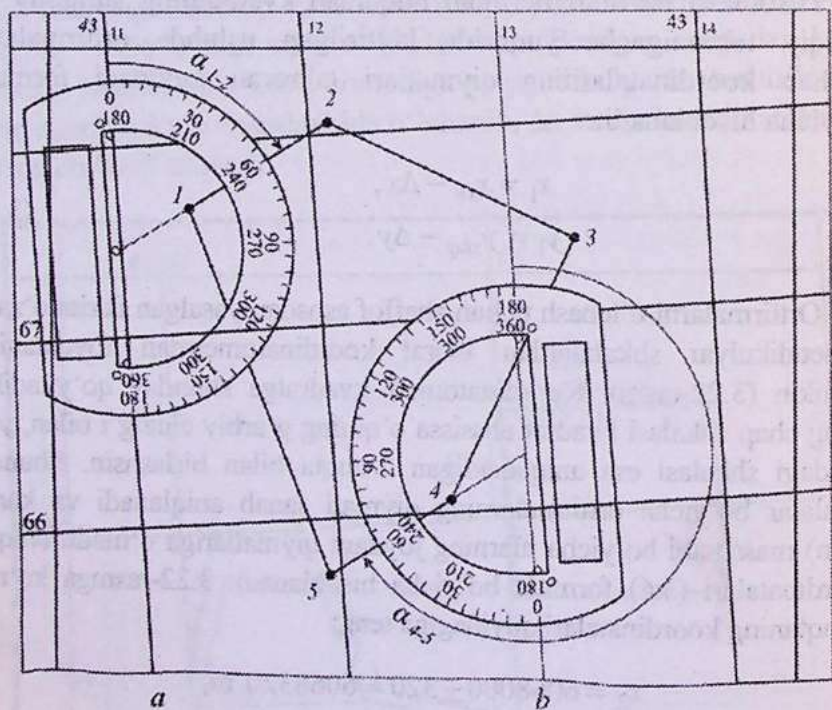
$$\begin{aligned}x_2 &= 6068000 + 320 = 6068320 \text{ m}, \\ y_1 &= 4312000 + 415 = 4312415 \text{ m}.\end{aligned}$$

Amaliyotda ko'p sonli nuqtalarning koordinatalarini aniqlash uchun boshqarish pultli avtomatik elektron koordinatograflarni qo'llash maqsadga muvofiq. Bunday asbob turli injenerlik masalalarni yechish uchun koordinatalar qiymatlarini bevosita olish imkonini beradi.

3. Karta (plan)da gorizontaal burchaklarni o'lchash. Karta va planlarda gorizontaal burchaklar va chiziqlar yo'nalishlari geodezik transportir yordamida o'lchanadi. Ulardan eng ko'p tarqalgani

radiusi 90 mm va burchak o'lchash shkalasining bo'lak qiymati $0,5^\circ$ li TT-A-180 yarim doirali transportir hisoblanadi. O'lchashlarni bajarishda transportirni shunday qo'yish kerakki, nol diametrining ikkala nishoni (0° va 180°) bir chiziqli joylashsin, markaziy belgisi esa (to'g'ri chiziqli shkalaning noli) burchakning uchiga to'g'ri kelsin.

Agar o'lchanadigan burchakning tomoni transportir radiusidan kalta bo'lsa, unda ular tekshirilgan chizg'ich yordamida uzunlashtiriladi, tomonlardan birini esa nol diametrini aniqroq birlashtirish uchun davom ettiriladi. Burchakning qiymati soat mili yo'li bo'yicha sanaladi.

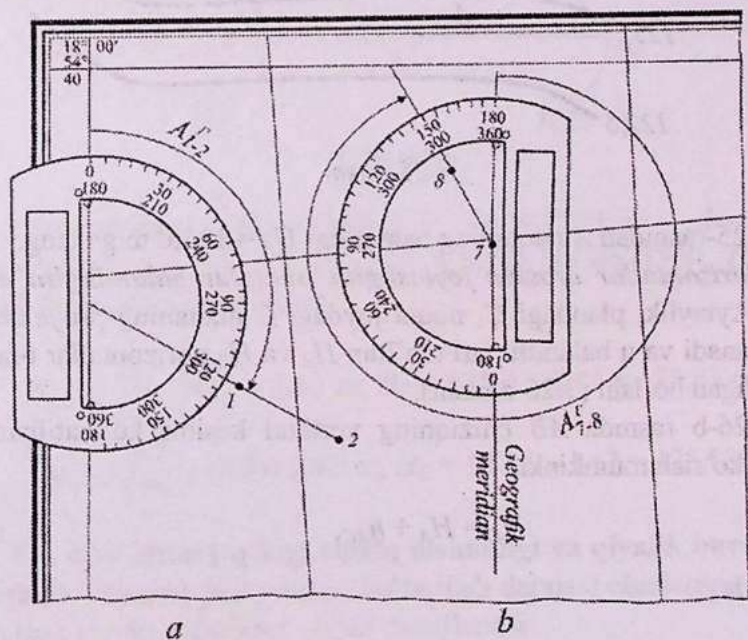


3.23-rasm

Transportirning nol diametri koordinata to'ri bo'yicha qo'yilib, uning markaziy belgisi chiziqning kesishgan nuqtasiga qo'yiladi va direksion burchak o'lchanadi.

Yaqin kichik shtrixidan burchak tomonining yo'nalishigacha bo'lgan yoyning burchak qiymati ko'z bilan chamalab baholanadi. Shunda natija $5'$ ga qoldiqsiz bo'linadigan qiymatgacha yaxlitlanadi, bu esa ushbu tipdagi transportir bilan burchak o'lchash aniqligiga to'g'ri keladi.

Direksion burchaklarni o'lchash uchun zona o'q meridianiga parallel qilib kartada tushirilgan koordinatalar to'ri (kilometrli to'r) chiziqlaridan foydalaniladi. Direksion burchak zona o'q meridiani yoki unga parallel chizilgan absissa o'qining shimoliy yo'nalishidan soat mili yo'li bo'yicha berilgan chiziq yo'nalishigacha o'lchanadi (3.23-rasm). Chunonchi, absissaga qabul qilingan to'r chiziqlari karta va planlarda ma'lum oraliqlardan o'tkazilgan bo'ladi. Shunda direksion burchaklarni o'lchash uchun berilgan yo'nalish ushbu chiziqlarning yaqini bilan kesishguncha davom ettiriladi. Agar direksion burchak, 180° dan kichik bo'lsa, transportir 3.23-a rasmda ko'rsatilganday, 180° dan katta bo'lsa, transportir 3.23-b rasmdagi kabi o'rnatilib o'lchanadi.

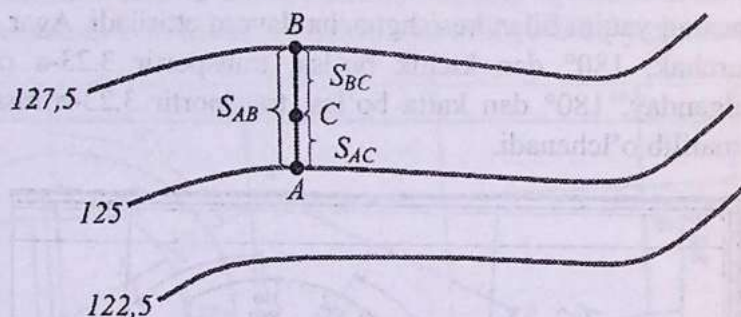


3.24-rasm

Haqiqiy azimut berilgan chiziqning boshlang'ich nuqtasidan o'tadigan haqiqiy meridianning shimoliy yo'nalishidan soat mili yo'li bo'yicha o'lchanadi. Ushbu meridianning yo'nalishi amalda, varaqning ichki ramkasi bo'yicha janubdan shimolga qarab kartaning chegaralovchi chiziqlariga parallel bo'ladi. Shuning uchun haqiqiy azimutlarni o'lchash uchun berilgan chiziqni kartaning g'arbiy yoki sharqiy ramkasi

bilan kesishguncha davom ettiriladi (3.24-a rasm) yoki kartada tushirilgan haqiqiy meridianlardan biri berilgan chiziqning boshlang'ich nuqtasiga parallel qilib ko'chiriladi (3.24-b rasm). Azimut qiymati transportir bilan direksion burchaklarni o'lchash singari aniqlanadi.

4. Berilgan nuqtalar balandligini aniqlash. Agar nuqta gorizont ustida joylashgan bo'lsa, uning balandligi ushbu gorizontning balandligiga teng bo'ladi.



3.25-rasm

3.25-rasmdan A nuqtaning balandligi $H_A = 125,0$ m ga teng.

Gorizontallar orasida joylashgan nuqtalar balandligini aniqlash. Aytaylik, plandagi C_1 nuqta joydagi C nuqtaning proyeksiyasi hisoblanadi va u balandliklari ma'lum H_A va H_B gorizontallar orasida joylashgan bo'lsin (3.26-a rasm).

3.26-b rasmda AB chiziqning vertikal kesimi ko'rsatilgan va undan ko'rish mumkinki,

$$H_C = H_A + h_{AC}, \quad (3.8)$$

bu yerda

$$h_{AC} = \frac{h_{AB}}{S_{AB}} \cdot S_{AC}. \quad (3.9)$$

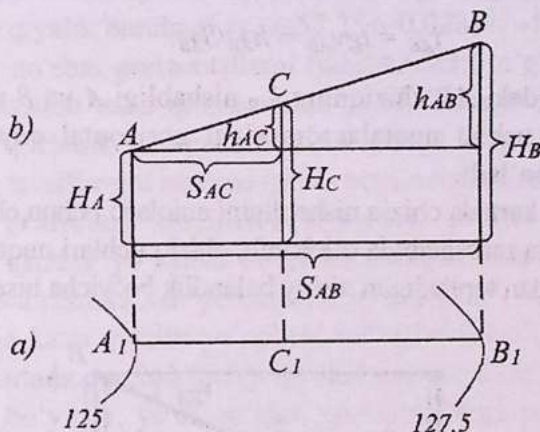
S_{AB} va S_{AC} gorizontaal quyilishlari planda o'lchanadi, A va B nuqtalar nisbiy balandligi esa $h_{AB} = H_B - H_A$ formula bo'yicha hisoblanadi.

C nuqta balandligini quyidagicha topish ham mumkin:

$$H_C = H_B - h_{BC}, \quad (3.10)$$

bu yerda

$$h_{BC} = \frac{h_{AB}}{S_{AB}} \cdot S_{BC}$$



3.26-rasm

3.26-rasmdan $H_A = 125,0$ m; $H_B = 127,5$ m; $h = 2,5$ m;
 $S_{AC} = 56,7$ m; $S_{BC} = 113,3$ m; $S_{AB} = 170$ m; bo'lsa, (3.8), (3.9) va
 (3.10) formulalardan topamiz

$$h_{AC} = \frac{2,5}{170} \cdot 56,7 = 0,83 \text{ m}; H_C = 125,0 + 0,83 = 128,83 \text{ m};$$

$$h_{BC} = \frac{2,5}{170} \cdot 113,3 = 1,67 \text{ m}; H_C = 127,5 - 1,67 = 125,83.$$

5. Kartadan joydagi chiziq nishabligi va qiyalik burchagini aniqlash. Joyning pasayish va ko'tarilish darajasi chiziqning qiyalik burchagi ν yoki nishabligi i bilan tavsiflanadi.

Qiyalik (og'ish) burchagi deb, gorizontall tekislik va joy chizig'i orasida hosil bo'lgan γ vertikal burchakka aytiladi. Qiyalik burchagining gradusli o'lchami ushbu chiziqning joydagi **qiyalik tikligini** tavsiflaydi.

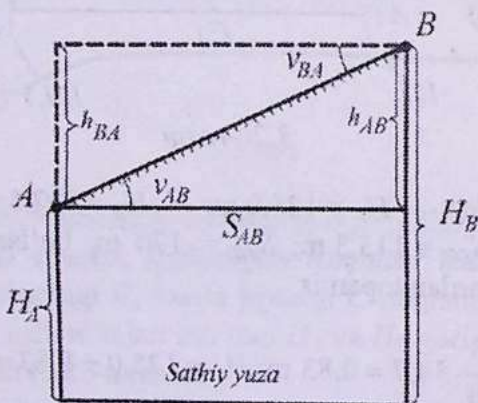
Nishablik i deb, berilgan nuqtada joydagi chiziqning qiyalik bur-chagining tangensiga aytiladi. Nishabliklar *i* promilli (birlikning mingdan birida) yoki foizda ifodalanib, ularning qiymatlari uchinchi o'nlik belgigacha yaxlitlanadi.

3.27-rasmda AB chiziq bo'yicha joy bo'lagining vertikal kesimi ko'rsatilgan. Unda to'g'ri burchakli uchburchakning kateti h_{AB} — A va B nuqtalarning nisbiy balandligi, S_{AB} kateti esa AB chiziqning gorizontaal quyilishi bo'ladi. Shunga ko'ra yozish mumkin,

$$i_{AB} = \operatorname{tg} v_{AB} = h_{AB}/S_{AB}. \quad (3.11)$$

Shuningdek, AB chiziqning i_{AB} nishabligi A va B nuqtalar nisbiy balandligini ushbu nuqtalar orasidagi gorizontaal quyilishining nisbatiga teng bo'ladi.

Amalda kartada chiziq nishabligini aniqlash uchun chiziq gorizontaal quyilishi karta masshtabida o'lchanib, chiziq uchlari nuqtalari balandliklari ayirmasidan topiladigan nisbiy balandlik bo'yicha hisoblanadi.



3.27-rasm

Agar kartada tasvirlangan A va B nuqtalar balandliklari $H_A = 72,5$ m, $H_B = 75,0$ m, AB chizig'ining gorizontaal quyilishi $S_{AB} = 90$ m bo'lsa (ular kartadan aniqlanadi), nisbiy balandlikni $h_{AB} = H_B - H_A$ bo'yicha hisoblab AB chizig'ining i_{AB} nishabligi (3.11) formuladan topiladi

$$i_{AB} = (75,0 - 72,5): 90 \approx +0,028 \text{ yoki } i_{AB} = +2,8\%.$$

Ushbu chiziqning qiyalik tikligini tavsiflovchi qiyalik burchagini quyidagi formula orqali hisoblash mumkin:

$$v_{AB} = \arctg i_{AB} \text{ yoki } v_{AB} \approx 57,3^\circ \cdot \frac{h_{AB}}{S_{AB}}. \quad (3.12)$$

Olingan misolda $v_{AB} \approx 57,3^\circ \cdot 0,028 \approx +1,6^\circ$.

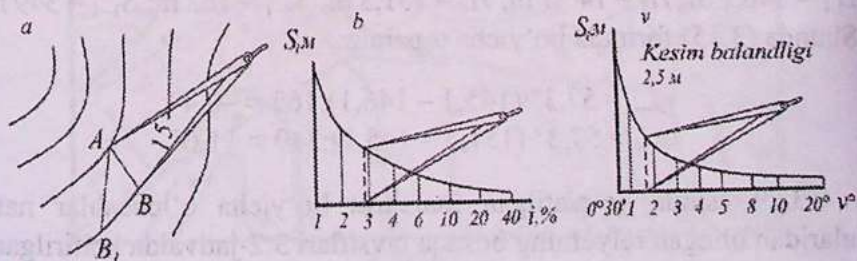
3.27-rasmda B va A nuqtalarning nisbiy balandligi h_{AB} manfiy ishorada bo'ladi, ya'ni $h_{BA} = H_A - H_B$ va shunda BA chizig'ining nishabligi $i_{BA} = (72,5 - 75,0):90 \approx -0,028$. BA chizig'ining qiyalik tikligini tavsiflaydigan qiyalik burchagi $v_{BA} \approx 57,3^\circ \cdot (-0,028) \approx -1,6^\circ$.

Agar ikki qo'shni gorizontallarni tutashtiruvchi to'g'ri chiziqlarning nishabligini aniqlash talab qilinsa, unda nisbiy balandlikni hisoblashning hojati yo'q, chunki u relyef kesimi balandligi h_0 ga teng, nishablik yo'nalishining tavsiflovchi ishorasi (plyus yoki minus) kartadan olinadi.

Quyilish grafiklari. Quyilish deb, kartada qo'shni gorizontallar orasidagi har qanday yo'nalish bo'yicha berilgan masofaga aytiladi (masalan, 3.28-a rasmda AB_1 yo'nalishidagi masofa). Lekin ko'pincha nishablikni eng katta qiyalik yo'nalishi bo'yicha tavsiflash talab qilinadi. Bunda kartada quyilish tikligi qo'shni gorizontallar orasidagi eng qisqa masofa bo'yicha, ya'ni qo'shni gorizontallarga perpendikulyar masofa bo'yicha olinadi (masalan, 3.28-a rasmda AB yo'nalishi). Nishabliklarni aniqlash uchun quyilish grafigi tuziladi (3.28-b rasm). Nishablik grafigini tuzish uchun (3.11) formuladan foydalanib, nishablik i ga beriladigan har xil qiymatlar: 0,01; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 va h.k. bo'yicha gorizonta quyilish qiymatlari quyidagi formuladan topiladi.

$$S = \frac{h_0}{i} \quad (3.13)$$

Gorizonta o'q bo'yicha nishablik i ning qiymatlari ixtiyoriy masshtabda qo'yib topilgan nuqtalardan o'qqa perpendikulyar yo'nalishda plan masshtabida hisoblangan S qiymatlari qo'yiladi. Hosil bo'lgan nuqtalar egri chiziq bilan birlashtirilib nishablik quyilish masshtabining grafigi chiziladi (3.28-b rasm).



3.28-rasm

Nishablikni aniqlash uchun kartada qo'shni gorizontallar orasidagi kesim (3.28-a rasmda AB kesim) sirkul ninalari orasida olinib, uni grafikka tik qo'yilib nishablik qiymati shkaladan sanab olinadi (3.28-b rasimga ko'ra nishablik $i_{AB} = +2,8\%$).

Aynan shu tarzda 3.28-v rasmda tasvirlangan qiyalik burchagi quyilish masshtabining grafigi bo'yicha qiyalik tikligi aniqlanadi. Ushbu grafik uchun quyilish qiymatlari qiyalik burchak v ga qiymatlar berib, quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$S = \frac{h_0}{\operatorname{tg} v} = h_0 \cdot \operatorname{ctg} v. \quad (3.14)$$

3.28-v rasimga ko'ra qiyalik burchagi $v_{AB} \approx +1,6^\circ$.

6. Berilgan yo'nalish (marshrut) bo'yicha relyefni ta'riflash.

Bu masala kartaga tushirilgan marshrutlarning alohida uchastkalarida relyefning sinish (xarakterli) nuqtalarining planli o'rni, balandligi va qiyalik tikligini aniqlashga qaratilgan.

Masalan, relyef kesimi balandligi $h_0 = 2,5$ m bo'lgan kartada A nuqtadan B nuqttagacha to'g'ri chiziqli yo'nalish (marshrut) tushirilgan (3.29-rasm). Unda joy relyefining sinish (xarakterli) 1-, 4- va 7-nuqtalari joylashgan. Ushbu xarakterli nuqtalarning balandliklari interpolatsiya usulida karta bo'yicha aniqlanadi. Qiyalik tikligini hisoblash uchun karta masshtabida ushbu nuqtalar orasidagi chiziqli uzunligi o'lchanadi. Marshrutning alohida uchastkalarida qiyalik burchaklari quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$v_{i-k} = 57,3^\circ (H_k - H_i) : S_{i-k}, \quad (3.15)$$

bu yerda H_i, H_k – balandliklari ma'lum nuqtalar.

Masalan, 3.29-rasmdan $A, 1$ va 4 -nuqtalar uchun topish mumkin, $H_A = 146,1$ m; $H_1 = 145,1$ m; $H_4 = 151,3$ m; $S_{A-1} = 162$ m; $S_{1-4} = 349$ m. Shunda (3.15) formula bo'yicha topamiz:

$$v_{A-1} = 57,3^\circ \cdot (145,1 - 146,1) : 162 \approx -0,4^\circ,$$

$$v_{1-4} = 57,3^\circ \cdot (151,3 - 145,1) : 349 \approx +1,0^\circ.$$

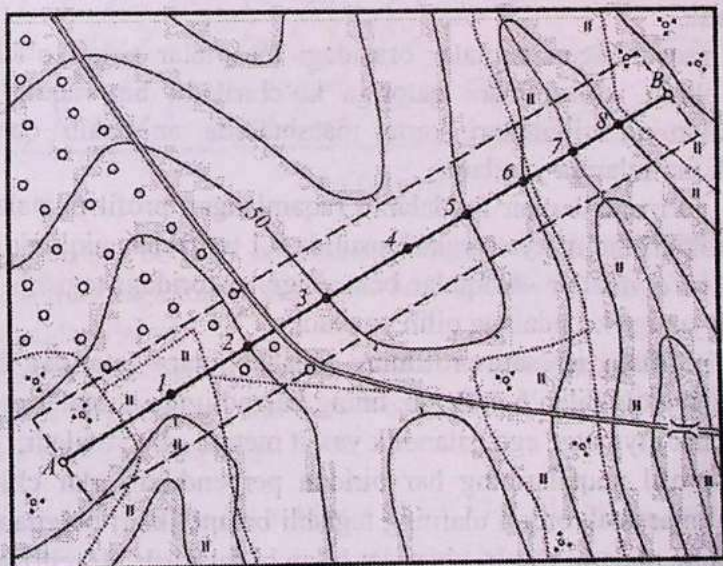
3.29-rasmda ko'rsatilgan marshrut bo'yicha o'lchashlar natijalaridan olingan relyefning boshqa tavsiflari 3.2-jadvalda keltirilgan.

Nuqtalar belgilari	Nuqtalar joylashishi	Balandliklar, m	Masofa, m	Nishabliklar yo'nalishi	Qiyalik tikligi
A	Qiyalikda	146,1			
			162		
1	Suv yig'iluvchi chizig'ida	145,1		Pasayish	-0,4°
			349		
4	Suv ayrig'ich chizig'ida	151,3		Ko'tarilish	+1,0°
			247		
7	Suv yig'iluvchi chizig'ida	145,9		Pasayish	-1,3°
			150		
V	Qiyalikda	149,5		Ko'tarilish	+1,4°

7. Kartada berilgan yo'nalishining bo'ylama profilini tuzish.

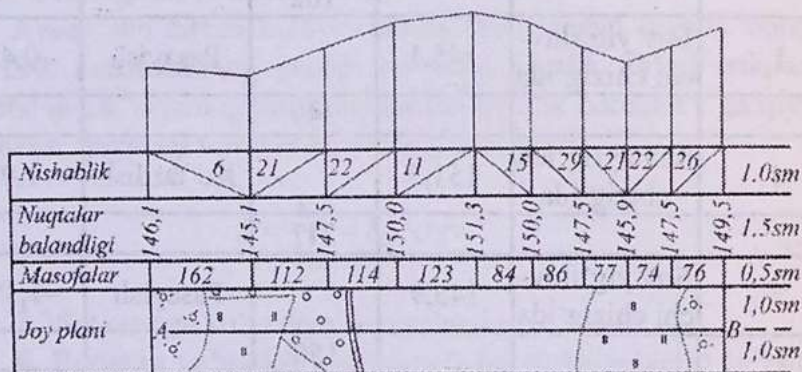
Masshtabi 1:10 000 bo'lgan kartada berilgan AB chiziqlarning (3.29-rasm) bo'ylama profilini tuzish uchun ishlar quyidagi tartibda bajariladi:

– AB chizig'idan chap va o'ng tomonlarga 1 sm dan oraliqda uzoq chiziqlar o'tkazilib chegaralanadi (3.29-rasm);



3.29-rasm

– millimetrlı qog‘oz varag‘i olinib, pastki chetiga parallel qilib profilning qatorlari berilgan *AB* chiziqning bo‘yiga qarab chiziladi (qatorlarning eni 3.30-rasmda ko‘rsatilgan), har bir qatorning chap uchida ularning nomlari yoziladi;



3.30-rasm

– o‘lchagich sirkul yordamida tafsilotlar chegaralari kartadan o‘lchab olinib, «Joy plani» qatoriga ko‘chiriladi va shartli belgilarga muvofiq chiziladi;

– kartada *AB* chizig‘ining gorizontallar bilan kesishgan nuqtalari va relyefning xarakterli nuqtalari tartib raqamlar qo‘yib, belgilab chiqiladi;

– raqamlangan nuqtalar orasidagi masofalar sirkul o‘lchagich bilan olinib, «Masofalar» qatoriga ko‘chiriladi; bir vaqtda ushbu masofalarning qiymatlari karta masshtabida aniqlanib qatorning tegishli oraliqlariga yoziladi;

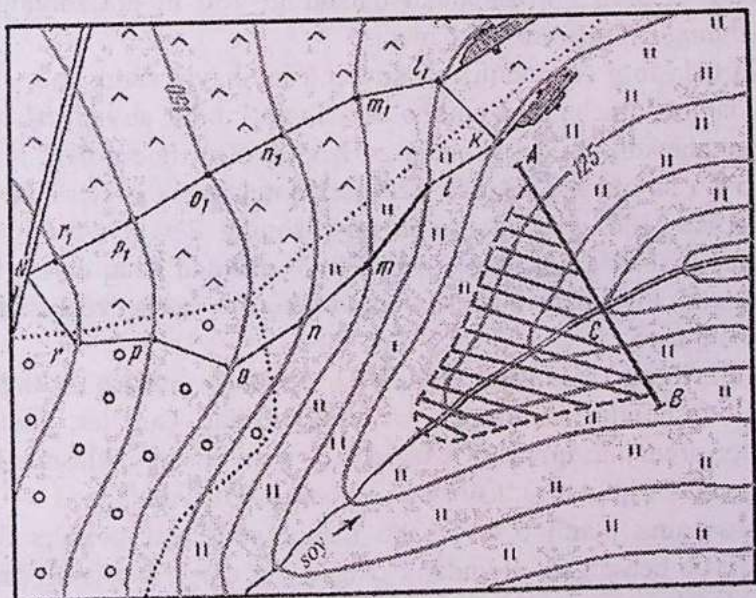
– gorizontallardan foydalanib raqamlangan profil nuqtalarining balandliklari interpolyatsiyalash usulida 0,1 m gacha aniqlikda hisoblanadi va qiymatlar «Nuqtalar balandligi» qatoridagi tegishli nuqtalarning yoniga ko‘ndalang qilib yoziladi;

– boshlang‘ich sath profilning «Nishabliklar» qatoridan 2–3 sm yuqorida nuqta bilan belgilanib, uning balandligiga nuqtalar orasidan eng kichik qiymatga ega balandlik yaxlit metrda olib yoziladi;

– profil nuqtalarining har biridan perpendikulyarlar chiqarilib vertikal masshtab orqali ularning tegishli balandliklari belgilanadi va topilgan nuqtalarni to‘g‘ri chiziqlar bilan birlashtirib, *AB* chizig‘ining profili hosil qilinadi;

– profil nuqtalarini tutashtiruvchi chiziqlarning nishabliklari (3.11) formula bo'yicha hisoblanib, qiymatlari minglik hisobida yaxlit metrda yoziladi (masalan, 0,006 o'rniga 6); nishabliklar yo'nalishi shartli chiziqlar bilan chizib ko'rsatiladi (3.30-rasm).

8. Suv havzalarini kartada loyihalash. Sun'iy suv havzalari (masalan, suv omborlari)ni barpo etishda daryoni to'g'on bilan shunday to'sish kerakki, daryo tubi C tirsak nuqtasida (3.31-rasm) suv sathi 12 m ga ko'tarilsin, to'g'on usti qirrasining balandligi suv havzasining loyihaviy suv sathidan 1 m ortiq bo'lsin.



3.31-rasm

Loyihalash bo'lajak to'g'on o'qining o'rnini aniqlaydigan A va B nuqtalarni kartaga tushirish va suv bosish zonasi chegaralarini chizib belgilashdan iborat.

Ushbu masalani yechishda avval suv sathining loyihaviy balandligi H_0 va to'g'onning ustki qirrasining balandligi $H_{to'g'}$ hisoblanadi. Yuqorida ko'rsatilgan shartlarga ko'ra,

$$H_0 = H_C + 12m = 115 + 12 = 127 \text{ m};$$

$$H_{to'g'} = H_0 + 1m = 128 \text{ m}.$$

To'g'on uchlarining balandligi bir xil bo'lib, u gorizontol holda loyihalangani, ya'ni

$$H_A = H_B = H_{to'g'} = 128 \text{ m.}$$

Keyin kartada to'g'onning o'qi (C nuqtada daryo o'zanining yo'nalishiga perpendikulyar qilib) o'tkaziladi va unda A va B nuqtalarning o'rni ularning aniqlangan balandligi bo'yicha interpolatsiyalash usuli bilan kartada topiladi (3.31-rasm). Buning uchun balandligi 125 m gorizontaldan balandligi 130 m gorizontalgacha quyilishning $3/5$ qiymati o'lchanadi.

Kartada to'g'on konturidan suvning loyihaviy sathi $H_0 = 127 \text{ m}$ bo'yicha qo'shimcha gorizontol o'tkazish yo'li bilan suv bosish zonasi chegaralanadi. Bu qo'shimcha gorizontol o'rni interpolatsiyalash usuli bilan aniqlanadi. Bunda 125-gorizontolning xarakterli burilish nuqtalaridan 130-gorizontalgacha quyilishning $2/5$ qiymati o'lchab tushiriladi. Hosil qilingan gorizontol (3.31-rasmda uzuq chiziq bilan ko'rsatilgan) loyihalangan suv omborining suv bosish zonasi chegarasini belgilaydi.

9. Berilgan nishablik bo'yicha kartada chiziq o'tkazish.

Chiziqli inshootlar (avtomobil va temir yo'llar, kanallar, zovurlar, kollektor-drenajlar, quvur o'tkazgichlar va h.k.)ni loyihalashda karta yoki planga inshoot o'qi tushiriladi va u *trassa* deb ataladi.

Trassaning planli o'rni ushbu inshootning texnik ko'rsatkichlariga javob beradigan, oldindan berilgan shartlarga asosanib aniqlanadi. Masalan, trassaning har qanday bo'lagida nishablikning yo'l qo'yarli qiymati o'rnatiladi. Berilgan texnik shartlarga qarab chiziqli inshoot o'qini karta yoki joyda tanlashga *trassalash* deyiladi.

Masalan, masshtabi 1:10 000, relyef kesim balandligi esa $h_0 = 5 \text{ m}$ ga teng kartada to'g'on cho'qqisi K nuqtadan mavjud avtomobil yo'lining N nuqtagacha yo'lni trassalash kerak (3.31-rasm). Trassalash yo'lining har qanday uchastkasida chekli nishablik $i_{chek} = 4,0\%$ dan oshmaslik sharti bilan bajarilishi kerak bo'lsin. Buning uchun (3.13) formuladan chekli nishablik qiymati bo'yicha quyilish qiymati S_0 aniqlanadi: $S_0 = (h_0 \cdot 100\%) : i_{chek}\% = (5 \cdot 100) : 4 = 125 \text{ m}$. Karta masshtabida $S_0 = 1,25 \text{ sm}$ bo'lib, uni sirkul o'lchagichda olib, A nuqtaga yaqin gorizontaldan N nuqtaga qarab qo'shni gorizontallar

bilan kesishtirib qo'yib chiqiladi (3.31-rasmda $Kl, lm, \dots, rN$). Trassalash ikkinchi variantda (o'sha rasmda $Kl_1, l_1m_1, \dots, r_1N$) bajarilishi mumkin.

Qo'shni gorizontallar orasidagi quyilish oralig'i uning hisoblangan qiymati S_0 dan katta bo'lsa, trassalash N nuqtaga qarab to'g'ri chiziq bo'yicha olib boriladi. Kartada belgilangan kesishish nuqtalari to'g'ri chiziq kesmalar bilan tutashtirib chiqiladi. Variantlar taqqoslanib, ulardan eng maqbuli tanlab olinadi. Keltirilgan misolda ikkinchi variant birinchisiga qaraganda afzal hisoblanadi, chunki u birinchi variantdan qisqaroq va to'g'ri chiziq shakliga yaqinligi bilan ajralib turibdi.

Nazorat savollari:

1. *Plan va karta nima?*
2. *Topografik plan va kartalarning afzalligi nimada?*
3. *Masshtab nima va uning qanday turlarini bilasiz?*
4. *Joy (yer) relyefi nima va uni plan hamda kartalarda tasvirlashning qanday usullarini bilasiz?*
5. *Gorizontallarning qanday asosiy xossalarini bilasiz?*
6. *Topografik kartalar uchun qabul qilingan shartli belgilar qanday?*
7. *Raqamli va elektron kartalar nima?*
8. *Topografik plan va kartalar nomenklaturasi nima?*
9. *Mamlakatimizda topografik karta va planlarni tuzish uchun qanday masshtablar qabul qilingan?*

O'LCHASH XATOLARI NAZARIYASI HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

4.1. O'lchash turlari va xatolari

Geodezik ishlarni bajarish jarayonida turli miqdorlarni (chiziqlar uzunligi, burchaklar, nisbiy balandliklar va boshqalar) o'lchash va aniqroq natijani tanlash talab etiladi.

O'lchash va uning turlari. Bir miqdorni o'lchov quroli birligiga taqqoslab, uning qiymatini aniqlashga *o'lchash* deyiladi; o'lchab topilgan kattalikni ko'rsatuvchi son *o'lchash natijasi* deyiladi. Geodezik o'lchash qanday bajarilishiga qarab *bevosita* (vositasiz) va *bilvosita* (vositali) o'lchashga bo'linadi. O'lchanadigan miqdorni o'lchash asbobi bilan joyda bevosita taqqoslab, qiymatini aniqlashga *bevosita* (vositasiz) *o'lchash* deyiladi. Bunga o'lchash lentasi bilan joydagi ikki nuqta orasidagi masofani o'lchash misol bo'la oladi. O'lchanadigan miqdor qiymatini o'lchash asbobida bevosita o'lchamasdan, boshqa o'lchangan miqdorlar qiymati orqali hisoblab topishga *bilvosita o'lchash* deyiladi. Masalan, borib bo'lmas masofani o'lchangan bazis uzunligi va gorizont burchaklar orqali trigonometrik funksiyalar formulasidan foydalanib hisoblab topiladi.

O'lchash sharoitining o'zgarishiga, qo'llanilgan asbob va o'lchovchi shaxsga qarab *teng aniq* va *teng aniqsiz o'lchashlar* bo'ladi. Agar o'lchash bir xil sharoitda, bir asbob bilan bir xil usul va bitta shaxs tomonidan bajarilsa, bunga *teng aniq o'lchash*, agar o'lchash har xil sharoitda turli asbob va usullar bilan bir necha shaxs tomonidan bajarilsa, bunga *teng aniqsiz o'lchash* deyiladi.

O'lchashlarda quyidagi tushuncha mavjud: zaruriy o'lchash va ortiqcha o'lchashlar. Masalan, aynan bitta kattalik n marotaba o'lchangan bo'lsa, unda o'lchashlardan bittasi zaruriy bo'lib, qolganlari $n - 1$ esa ortiqcha. Ortiqcha o'lchashlar olinadigan o'lchash natijalarining to'g'riligini nazorat qilish uchun qo'llaniladi. Bundan tashqari, ular aniqlanayotgan miqdorning yanada ham ishonchli qiymatini topishga imkon beradi. Ortiqcha o'lchashlarni yetarli miqdorda bajarilishi amalga oshirilgan o'lchashlarning aniqligi to'g'risida xulosa chiqarishga ham imkon beradi.

O'lchash xatolarining turlari. Geodezik o'lchashlarni bajarishda va hisoblashlarda har xil xatoliklarga yo'l qo'yiladi. Agar bir miqdorni o'lchab, topilgan qiymatini l , haqiqiy qiymatini x desak, bular o'rtasidagi farq ***o'lchash xatosi*** deyiladi. Xatoni Δ bilan belgilansa, u vaqtda o'lchashning haqiqiy xatosi

$$\Delta = l - x. \quad (4.1)$$

Biron miqdor n marotaba o'lchansa, har bir o'lchashda ma'lum xato bo'lishi mumkinligi sababli ularni $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ bilan ifodalash mumkin, bunga ***xatolar qatori*** deyiladi.

O'lchash xatolari miqdori va takrorlanishiga qarab uch turga bo'linadi:

1. Qo'pol xato.
2. Sistematik xato.
3. Tasodifiy xato.

Qo'pol xato deb, xatolar qatorida absolyut qiymati bo'yicha qatordagi boshqa xatolardan bir necha marta katta qiymatga ega xatoga aytiladi. Qo'pol xato o'lchashda yanglishish orqali sodir bo'ladi. Masalan, po'lat lenta bilan masofa o'lchanayotganda lenta tortish sonini adashib sanashda, shuningdek, burchak o'lchashda sanoq olish moslamasidan noto'g'ri sanoq olish oqibatida qo'pol xato kelib chiqadi. Bu xato o'lchanayotgan miqdorni qayta o'lchash yo'li bilan aniqlanadi.

Sistematik xato deb, xatolar qatorida absolyut qiymati katta bo'lmagan bir xil ishora va bir xil qiymatda takrorlanadigan xatoga aytiladi. Sistematik xato asbobning xatosiga, tashqi muhitga va o'lchovchining malakasiga bog'liq bo'ladi. Masalan, masofa o'lchanayotganda lentaning uzunligi uning haqiqiy qiymatidan farq qilsa, havo haroratining o'zgarishi ham lenta uzunligiga ta'sir qilib sistematik xatoni keltirib chiqaradi. Sistematik xatoni asbob xatosini va tashqi muhit ta'sirini hisobga olish yo'li bilan kamaytiriladi.

Tasodifiy xato deb, xatolar qatorida turli ishora va turli qiymatda bo'lib, absolyut qiymati ma'lum chegaradan oshmagan holda takrorlanadigan xatoga aytiladi. Tasodifiy xatoning kelib chiqishi o'lchash sharoiti, asbobning aniqligi, o'lchovchining tajribasi kabi omillarga bog'liq bo'ladi.

Tasodifiy xatolarni yo'qotib bo'lmaydi, balki tuzatmalar kiritib kamaytirish mumkin; o'lchash xatolari nazariyasining asosiy vazifa-

laridan biri tasodifiy xatolarning kelib chiqish qonuniyatlarini o'rganib, uning ta'sirini kamaytirish yo'llarini o'rganishdan iboratdir.

Tasodifiy xatolarning xossalari:

1. O'lchash xatolari qatorida miqdor jihatdan kichik xatolar katalariga nisbatan ko'proq uchraydi.

2. O'lchash xatolari qatorida mutlaq qiymati bo'yicha musbat va manfiy xatolar bir xil uchraydi.

3. O'lchash qatoridagi tasodifiy xatolarning mutlaq qiymati ma'lum chekdan oshmaydi, ya'ni $|\Delta| < \Delta_{\text{chek}}$.

4. O'lchash qatoridagi tasodifiy xatolarning arifmetik o'rta miqdori o'lchash soni ortgan sari nolga intiladi.

Haqiqiy qiymati X bo'lgan bir miqdorni n marotaba o'lchash natijalari $l_1, l_2, \dots, l_n$, bularning tasodifiy xatolari $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ bo'lsa, to'rtinchi xossaga ko'ra

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n}{n} = 0, \quad (4.2)$$

yoki Gauss yig'indi belgisi « $[]$ » dan foydalansak, (4.2) formulani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0.$$

4.2. Arifmetik o'rta miqdor

Agar biror miqdorni teng aniq n marta o'lchab $l_1, l_2, \dots, l_n$ natijalar olingan bo'lsa va uning haqiqiy qiymati X bo'lsa, uni (4.1) formulaga binoan yozish mumkin:

$$\Delta_1 = l_1 - X; \Delta_2 = l_2 - X; \dots; \Delta_n = l_n - X.$$

Tengliklarning o'ng va chap tomonlarini qo'shib, quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n = (l_1 + l_2 + \dots + l_n) - nX.$$

Gauss summasini qo'llasak,

$$[\Delta] = [l] - nX,$$

bundan

$$X = \frac{[l]}{n} - \frac{[\Delta]}{n}. \quad (4.3)$$

Agar o'lchashlar soni n cheksizlikka intilib borsa, xatolar qiymati nolga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0.$$

Xuddi shu sababli (4.3) formuladan:

$$X = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[l]}{n}. \quad (4.4)$$

Amalda biror miqdorni o'lchash soni n cheklangan bo'ladi, shuning uchun (4.4) formuladagi X o'rniga x qiymatini qabul qilib yozish mumkin:

$$x = \frac{[l]}{n}, \quad (4.5)$$

bu yerda x – arifmetik o'rta miqdor deyiladi.

4.3. Ayrim o'lchashning o'rta kvadratik xatosi

Bitta miqdorning haqiqiy qiymati X bo'lsa, uning bir necha marta o'lchab topilgan qiymatlaridan foydalanib, ayrim o'lchash aniqligini hamda o'rta arifmetik miqdor aniqligini baholash mumkin. Buning uchun Gauss tomonidan kiritilgan o'rta kvadratik xatoni aniqlash formulasidan foydalaniladi:

$$m = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}. \quad (4.6)$$

Bu formula miqdorning haqiqiy qiymati ma'lum bo'lganda ishlatiladi. Amalda esa o'lchanadigan miqdor haqiqiy qiymati noma'lum bo'ladi. Bunday holda ayrim o'lchashning o'rta kvadratik xatosi quyidagi Bessel formulasi buyicha topiladi:

$$m = \sqrt{\frac{v^2}{n-1}} \quad (4.7)$$

Bu yerda v – ehtimoliy xato va u quyidagiga teng $v_i = l_i - x$; n – o'lchashlar soni; $i = 1, 2, 3, \dots n$.

O'rta kvadratik xato m o'lchash natijalari aniqligini baholash uchun ishonchli mezon bo'lib xizmat qiladi.

Ehtimollik nazariyasida aniqlanishicha, berilgan qatordagi tasodifiy xatolar mutlaq qiymati o'rta kvadratik xatoning uchlangan qiymatidan oshmaydi. Shuning uchun o'rta kvadratik xatoning uchlanganiga **chekli xato** deyiladi va u quyidagiga teng deb olinadi:

$$\Delta_{chekli} = 3m. \quad (4.8)$$

Ayrim hollarda chekli xato deb $2m$ ham olinadi.

O'rtacha xato. O'lchash natijalari aniqligini baholash uchun ba'zan o'rtacha xato θ dan foydalanish mumkin. O'rtacha xato tasodifiy xatolar mutlaq qiymatining o'rta arifmetik miqdoriga teng, ya'ni

$$\theta = \frac{|\Delta_1| + |\Delta_2| + \dots + |\Delta_n|}{n} = \frac{[\Delta]}{n} \quad (4.9)$$

O'rtacha xato bilan o'rta kvadratik xato o'rtasida quyidagi munosabat mavjud:

$$\theta = 0,8m. \quad (4.10)$$

O'rta arifmetik miqdor (oddiy arifmetik o'rta) ning o'rta kvadratik xatosi quyidagiga teng:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} \quad (4.11)$$

Bu yerda m – ayrim o'lchashning o'rta kvadratik xatosi; n – o'lchashlar soni.

Misol: Chiziq uzunligi 6 marta po'lat lenta yordamida o'lchangan va o'lchashlar natijalari 4.1-jadvalga keltirilgan. Ulardan foydalanib ayrim o'lchashning o'rta kvadratik xatosi m va arifmetik o'rta miqdorning o'rta kvadratik xatosi M hisoblansin. Hisoblash natijalari quyidagi 4.1-jadvalda keltiriladi.

T/r	O'lchash natijalari l, m	Ehtimoliy xato, v , sm	v^2	Hisoblash formulasi va natijalari
1.	105,46	+7	49	$x = \frac{[l]}{n} = \frac{632,34}{6} = 105,39$ $m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{160}{6-1}} = 5,9 \approx 6 \text{ sm}$ $M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{6}{\sqrt{6}} = 2,45 \text{ sm}$ $\Delta_{chek} = 2m = 2 \cdot 6 = 12 \text{ sm}$ $x = 105,39 \pm 0,025 \text{ m}$
2.	105,36	-3	9	
3.	105,30	-9	81	
4.	105,41	+2	4	
5.	105,38	-1	1	
6.	105,43	+4	16	
	$x = 105,39$	$[v] = 0$	$[v^2] = 160$	

4.4. O'lchash natijalarining vazni. Vaznli o'rta arifmetik miqdor

O'lchash xatolari nazariyasida teng aniqsiz o'lchash natijalari aniqligini baholashda *o'lchashlar vazni* degan tushuncha kiritiladi. **O'lchash vazni** deb, o'lchashning o'rta kvadratik xatosi kvadratiga teskari proporsional bo'lgan miqdorga aytiladi:

$$p_i = \frac{c}{m_i^2} \quad (4.12)$$

Bu yerda p – o'lchash vazni; m – ayrim o'lchashning o'rta kvadratik xatosi; c – proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib 1, 10, 100 bo'lishi mumkin, ko'pincha u $c = 1$ deb olinadi.

Faraz qilaylik, biror-bir miqdorni teng aniqsiz o'lchash natijalari $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ va ular vaznlari $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ berilgan bo'lsin. Har bir l_i qiymatni p_i teng aniq o'lchashlardan arifmetik o'rta miqdori deb qarash mumkin, ya'ni

$$l_i = \frac{l_{i1} + l_{i2} + l_{i3} + \dots + l_{in}}{p_i},$$

yoki

$$p_i l_i = [l]_i.$$

Bunday tengliklar soni o'ldash soni $[p]$ ga teng. Tengliklarning chap va o'ng tomonlaridan arifmetik o'rta qiymatni olib yozamiz:

$$\frac{[pl]}{[p]} = \frac{[[l]_i]}{[p]}.$$

Quyidagi belgilashni kiritib yozamiz

$$\frac{[[l]_i]}{[p]} = x_0.$$

Shunda

$$x_0 = \frac{[pl]}{[p]},$$

yoki

$$x_0 = \frac{l_1 p_1 + l_2 p_2 + l_3 p_3 + \dots + l_n p_n}{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n} = \frac{[pl]}{[p]}. \quad (4.13)$$

Ushbu formulaga *vaznli arifmetik o'rta* deyiladi.

Teng aniqsiz o'ldash natijalarining umumiy arifmetik o'rtachasi har qaysi o'ldash natijasining o'z vazniga bo'lgan ko'paytmalari yig'indisining vaznlar yig'indisiga bo'linganiga teng.

Misol: Bitta chiziq uzunligini 3 marotaba o'ldab 218,416 metr, 5 marta o'ldab 218,432 metr va 7 marta o'ldab 218,456 metr arifmetik o'rta qiymatlari olingan bo'lsin, (4.13) formulaga asosan shu masofaning umumiy vaznli arifmetik miqdori hisoblansin.

Vazn p o'rniga o'ldashlar sonini olib, vaznli arifmetik o'rtani topamiz:

$$x_0 = \frac{218,416 \cdot 3 + 218,432 \cdot 5 + 218,456 \cdot 7}{3 + 5 + 7} = 218,440 \text{ m.}$$

Vazn birligining o'rta kvadratik xatosi haqiqiy xato orqali quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\mu = \sqrt{\frac{p\Delta^2}{n}} \quad (4.14)$$

Vazn birligining o'rta kvadratik xatosi ehtimoliy xato orqali quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\mu = \sqrt{\frac{pv^2}{n-1}} \quad (4.15)$$

Umumiy arifmetik o'rta (vaznli arifmetik o'rta) ning o'rta kvadratik xatosi esa quyidagiga teng:

$$M_0 = \frac{\mu}{\sqrt{[p]}} \quad (4.16)$$

Nazorat savollari:

1. Qanday o'lchash turlarini bilasiz?
2. O'lchash xatosi deganda nimani tushunasiz?
3. O'lchash xatolarining turlari qaysilar?
4. Tasodifiy xatolar va ularning kelib chiqish manbalarini aytin.
5. O'lchangan miqdorning arifmetik o'rta qiymati nima?
6. O'lchashlarning o'rta kvadratik xatosi qanday ahamiyatga ega?
7. Vaznli o'rta arifmetik miqdor qanday topiladi?

BURCHAKLARNI O'LGHASH

5.1. Gorizontal burchaklarni o'lgash mohiyati

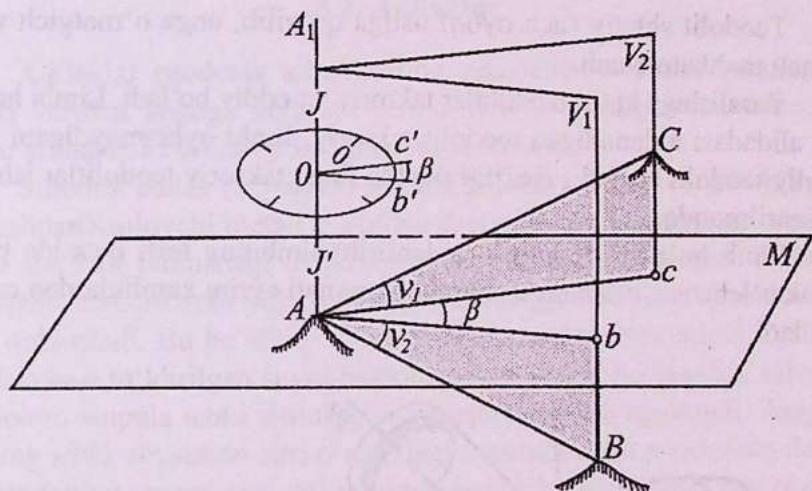
Joyda *burchak o'lgash* deganda, gorizontal burchaklar va qiyalik (vertikal) burchaklarni o'lgash ko'zda tutiladi.

Joyda har xil balandlikda joylashgan B , A va C nuqtalarni o'zaro tutashtiruvchi AB va AC chiziqlar A nuqtada kesishib, BAC burchakni hosil qilsa (5.1-rasm), unga **gorizontal burchak** deyiladi.

Gorizontal burchakni o'lgash prinsipi shundan iboratki, bunda burchak uchi nuqtasi A dan faraz qilinadigan gorizontal tekislik M o'tkaziladi (5.1-rasm). Joydagi AB va AC chiziqlar AA_1 shovun chizig'i orqali o'tuvchi V_1 va V_2 vertikal tekisliklar bilan gorizontal tekislikka proyeksiyalanadi. Proyeksiyalovchi vertikal tekisliklar bilan gorizontal tekislik kesishgan joyda Ab va Ac chiziqlari, ya'ni joydagi AB va AC chiziqlarning *gorizontal proyeksiyalari* (*gorizontal quyilishi*) hosil bo'ladi. Demak, Ab va Ac chiziqlar orasidagi β burchak gorizontal tekislikda yotadi va unga *gorizontal burchak* deyiladi.

Bu burchak qiymatini markazi BAC ikki yoqli burchakning vertikal qirrasini AA_1 dagi O nuqtada joylashgan gradus bo'laklariga bo'lingan gorizontal doira yordamida aniqlash mumkin. Bu doiradagi ob' va oc' chiziqlar doira sirtining V_1 va V_2 vertikal tekisliklar bilan kesishishidan hosil bo'ladi, ya'ni ob' va oc' chiziqlar ushbu tegishli tekisliklarda yotadi va shu tufayli $b'oc'$ burchagi $bAc = \beta$ burchakka teng bo'ladi. Bunda gorizontal doira M gorizontal tekislikka parallel holda o'rnatilishi kerak. Bu ish gorizontal doirada o'rnatilgan silindrik adalak yordamida amalga oshiriladi.

Agar gorizontal doira gradus bo'laklarining son qiymati soat mili harakati yo'nalishi bo'yicha ortsa, u vaqtda β burchagining qiymati doiradan olingan b' va c' sanoqlar ayirmasiga teng, ya'ni $\beta = b' - c'$ bo'ladi. Gradus bo'laklarga bo'linib, bu bo'laklar son qiymatlar bilan belgilab chiqilgan doiraga **limb doirasi** deyiladi. Shunday qilib, joyda gorizontal burchakni o'lgash uchun *limb doirasi*, *adalak*, *qarash trubasi* bo'lmish asosiy qismlarni va ularga tegishli boshqa qismlarni o'zida birlashtiruvchi *teodolit* asbobi ishlatiladi.



5.1-rasm

Burchak o'lchash jarayonida teodolit o'lchanayotgan burchak uchi A nuqtaga shovun yordamida markazlashtiriladi. Bunda gorizontal doiradagi limbning markazi O dan o'tuvchi teodolitning aylanish o'qi JJ' (5.2-rasm) burchak uchidan o'tuvchi AA_1 shovun chizig'ida yotishi kerak. Gorizontal holatga keltirilgan limb tekisligi gorizontal tekislik vazifasini o'taydi. Truba o'z aylanish o'qi TT' atrofida aylan-ganda ko'rish o'qi VV' hosil qilgan kollimatsiya tekisligi proyeksiya-lovchi vertikal tekislik vazifasini bajaradi.

Shunday qilib, burchak o'lchash prinsipi amalga oshishi uchun teo-dolitlarda asosiy geometrik o'qlar (5.2-rasm) qo'yilgan geometrik shartlarni qanoatlantirishi kerak.

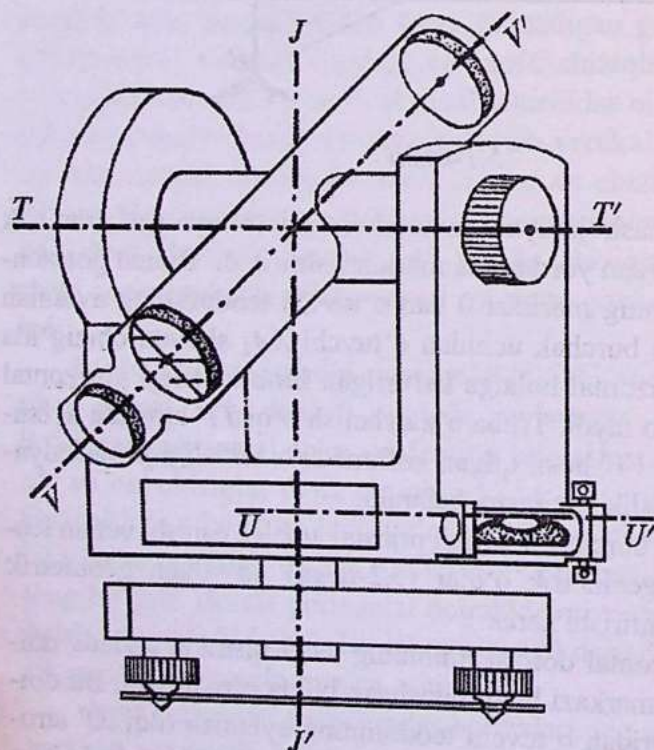
Teodolit gorizontal doirasi limbining ustki qismida alidada doi-rasi markazi limb markazi bilan tutashgan holda o'rnatilgan. Bu doi-ralar o'z markazlaridan o'tuvchi teodolitning aylanish o'qi JJ' atro-fida birga yoki alohidaalohida aylanadi. Limb, alidada doiralari va ko'rish trubalari mahkamlovchi va qaratish vintlarga ega. Mahkam-lovchi vintlar mahkamlangach, tegishli qismlarni qaratish vintlari bilan asta harakat qildirish mumkin.

Asbob aylanish o'qi JJ' silindrik adilak bo'yicha taglikdagi uchta ko'targich vintlar (5.2-rasm) yordamida vertikal holatga (shu bilan birga, limb tekisligini gorizontal holatga) keltiriladi.

Teodolit shtativ (uch oyoq) ustiga qo'yilib, unga o'rnatgich vint orqali mahkamlanadi.

Yasalishiga ko'ra teodolitlar takroriy va oddiy bo'ladi. Limbi hamda alidadasi aylanadigan teodolit takroriy, limbi aylanmaydigani esa oddiy teodolit bo'ladi. Hozirgi paytda faqat takroriy teodolitlar ishlab chiqarilmoqda.

Limb holatini o'zgartib (aylantirib) limbning turli qismida burchak o'lchansa, o'lchangan burchak qiymati ayrim xatoliklardan ozod bo'ladi.



*JJ' – asbob
(teodolit)ning
aylanish o'qi;
TT' – ko'rish
trubasining
aylanish o'qi;
VV' – trubaning
ko'rish o'qi;
UU' – silindrik
adilak o'qi.*

5.2-rasm

Teodolit asbobi bilan gorizonttal burchaklardan tashqari joy chiziqlarining qiyalik (vertikal) burchagini o'lchab, ularning gorizonttal quyilishini hisoblash hamda nuqtalarning nisbiy balandligini aniqlash mumkin. Buning uchun teodolit ko'rish trubasining gorizonttal aylanish o'qi bir uchida vertikal doira o'rnatilgan (5.2-rasm).

5.2. Adilaklar

Adilaklar geodezik asboblarning geometrik o'qlarini gorizontal yoki vertikal holatga keltirish uchun xizmat qiladigan moslamadir. Ular silindrik va doiraviy ko'rinishlarda bo'ladi.

Silindrik adilak (5.3-rasm) ampula (shisha naycha) va uni shikastlanishdan saqlovchi metall g'ilofdan iborat. Ampulaning ichki yuqori sirti ma'lum radiusdagi aylana yoyi ko'rinishida ishlangan bo'ladi. Ampula suyuqlik (efir yoki spirt) bilan to'ldirilgan bo'lib, ozgina bo'shliq qoldiriladi. Bu bo'shliq adilak pufakchasini tashkil qiladi. Adilak pufakchasi to'ldirilgan suyuqlikka nisbatan yengil bo'lganligi sababli u doimo ampula ichki sirtining eng yuqori qismini egallaydi. Ampulaning ichki yoysimon sirti o'rtasidagi 0 nuqtaga **nol punkti** deyiladi. Ampulaning yuqori sirti nol punktda pufakcha kengligida joy qoldirib (5.3-a rasm), 2 mm li bo'laklarga bo'linadi. Shu bo'laklarga nisbatan adilak pufakchasining holatini bilish mumkin. Ampula ichki yoysimon sirtining o'rtasidan, ya'ni nol punktdan o'tkazilgan urinma *UU'* silindrik **adilak o'qi** deyiladi.

Pufakcha nol punktga nisbatan simmetrik joylashgan paytda silindrik adilak o'qi *UU'* gorizontal holatda bo'ladi. Agar pufakcha nol punktga nisbatan n bo'lakka siljisa, adilak o'qi τ burchakka og'adi. Bu og'ish burchagining adilak bir bo'lagiga mos qiymati **adilak bo'lagining qiymati** deyiladi, ya'ni

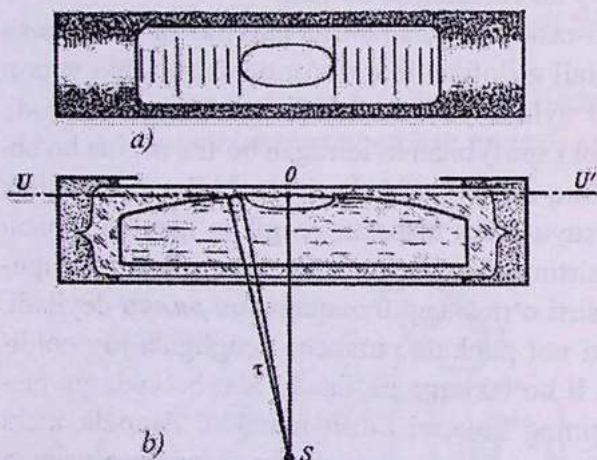
$$\tau = \frac{\nu}{n}. \quad (5.1)$$

Boshqacha qilib aytganda, adilak bir bo'lagiga teng yoyga to'g'ri keladigan markaziy burchak τ adilak bo'lagining qiymati deb qabul qilingan.

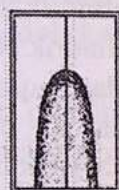
Silindrik adilaklarda bo'lak qiymati 2" dan 5' gacha bo'ladi. Adilak bo'lagining qiymati qancha kichik bo'lsa, u shuncha sezgir bo'ladi, ya'ni pufakcha tez va aniq harakat qiladi.

Ba'zi geodezik asboblarda, asosan, nivelirlarda adilak pufakchasi yarim pallalarining tasviri prizmalar orqali trubaning ko'rish maydoniga uzatiladi (5.4-rasm). Adilak pufakchasini nol punktga keltirish, trubaning ko'rish maydonida pufakcha yarim pallalari uchlarining tasvirini tutashtirish (kontaktga keltirish) prinsipiga asoslangan. Pufak-

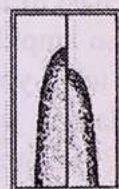
cha yarim pallalari uchlarining tasviri tutashgan paytda (5.4-a rasm), silindrik adilak o'qi gorizontal holatda bo'ladi. Aks holda (5.4-b rasm), silindrik adilak o'qi qiya holatda bo'ladi.



5.3-rasm

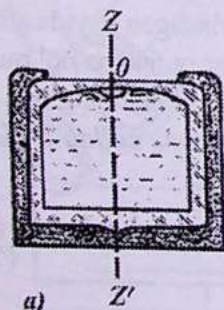


a)

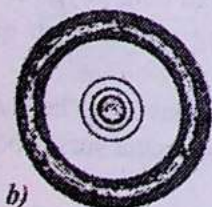


b)

5.4-rasm



a)



b)

5.5-rasm

Doiraviy adilak (5.5-rasm) silindrik shisha idishning ichki tomonidagi yuqori sirti ma'lum radiusdagi shar sirti kabi sferik ko'rinishda ishlangan bo'lib, suyuqlik (efir yoki spirt) bilan to'ldirilgan. Bunda ham silindrik adilakdagi qoldirilgan bo'shliq adilak pufakchasini tashkil etadi.

Shisha idishni shikastlanishdan saqlash uchun u metall gardishga joylashtirilgan. Doiraviy adilakning yuqori qismidagi sferik sirt markazi O adilakning **nol punkti** deyiladi.

Adilakning yuqori sirtida markazi nol bo'lgan konsentrik aylanalar chiziladi. Adilak pufakchasining holati shu aylanalarga nisbatan kuzatiladi. Nol punkt

orqali o'tgan sferik sirt radiusining yo'nalishi ZZ' **doiraviy adilak o'qi** deyiladi.

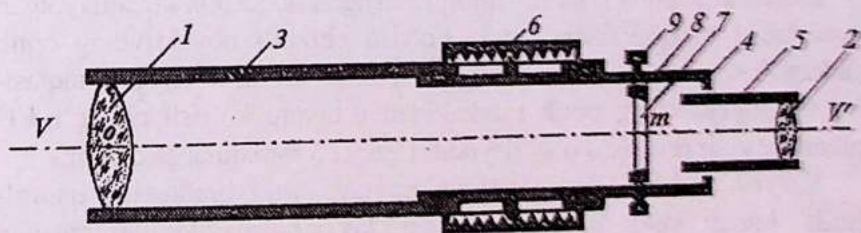
Pufakcha nol punktida turganda doiraviy adilak o'qi vertikal holatda bo'ladi. Sezgirligi kam bo'lganligi sabab doiraviy adilaklar geodezik asboblarning o'qlarini taxminan vertikal holatga keltirish uchun qo'llaniladi.

5.3. Ko'rish trubasi

Geodezik asboblarda joydagi predmetlarni kattalashtirib ko'rishga imkon beradigan ko'rish trubalari o'rnatiladi.

Geodezik asboblarda ko'pincha astronomik, ya'ni teskari tasvir beruvchi ko'rish trubalari qo'llaniladi. Ba'zi geodezik asboblarda, asosan, yangi chiqarilgan teodolit va taxometrlar yer trubalari deb atalib, to'g'ri tasvir beruvchi ko'rish trubalari bilan jihozlangan.

Ko'rish trubalari kuzatilayotgan predmet tasvirini yaqqol, ravshan holga, ya'ni fokusga keltirilishiga qarab ikki turga, tashqi fokuslovchi (Kepler trubalari) va ichki fokuslovchi trubalarga bo'lish mumkin.



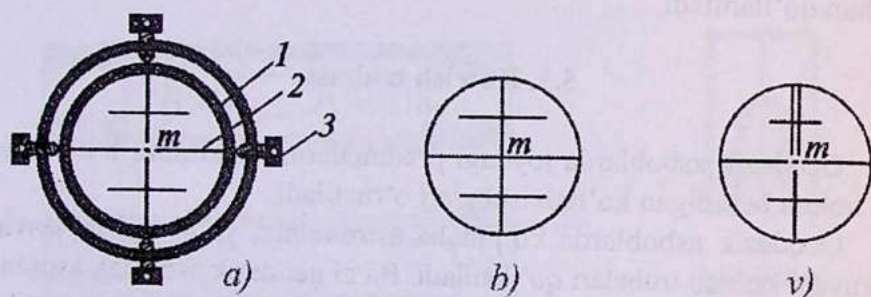
5.6-rasm

Tashqi fokuslovchi ko'rish trubasining tuzilishi oddiy (5.6-rasm). Uning optik sistemasi obyektiv 1 va okulyar 2 dan iborat. Ko'rish trubasi obyektiv o'rnatilgan tirsagi 3, obyektiv tirsagi ichida suriladigan okulyar tirsagi 4 va okulyar tirsagi ichida suriladigan okulyar naychasi (dioptrik halqa) 5 dan tashkil topgan. Okulyar naychasiga okulyar linzasi o'rnatilgan.

Okulyar tirsagiga iplar to'ri 7 joylashtirilgan bo'lib, u metall gardish – diafragma 8 ichiga o'rnatilgan shisha plastinkada o'yib tushirilgan o'zaro perpendikulyar chiziqlardan iboratdir.

Iplar to'ri tuzatgich vintlari 9 yordamida okulyar tirsagiga mahkamlangan. Iplar to'ridagi (5.7-rasm) asosiy gorizontal ipga nisbatan simmetrik joylashgan, masofa o'lchashda foydalaniladigan

yuqori va pastki iplarga dalnomer iplari; trubani nuqtaga yoki predmetga aniq qaratish uchun xizmat qiladigan vertikal qo'sh chiziqqa (5.7-v rasm) *bissektor* deyiladi.



5.7-rasm

Trubani ko'zga to'g'rilash uchun, ya'ni iplar aniq ravshan ko'rinishi uchun okulyar naychasi (dioptrik halqa) burash yo'li bilan okulyar tirsagi ichida suriladi.

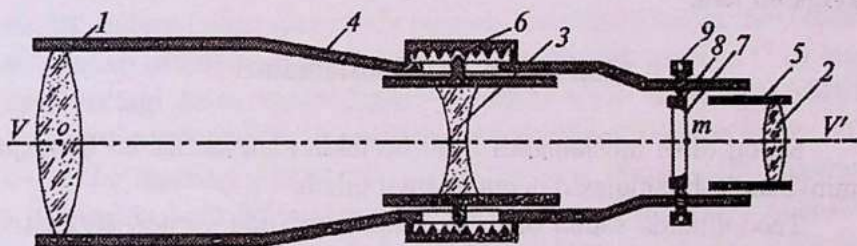
Kuzatish paytida iplar to'rining kesishgan nuqtasi m kuzatilayotgan nuqta bilan tutashtiriladi, bunda ko'rish chizig'i obyektivning optik markazi O dan o'tadi. Shuning uchun iplar to'rining kesishgan nuqtasidan va obyektivning optik markazidan o'tuvchi ko'rish chizig'i VO trubaning vizir (ko'rish) o'qi deyiladi (5.6 va 5.8-rasmlarga qarang).

Ko'rish trubasi kuzatilayotgan nuqtaga yoki predmetga qaratilganda nuqta yoki predmet tasviri ko'rish maydonida ravshan ko'rinmasligi mumkin. Nuqta yoki predmet tasvirini fokusga keltirish, ya'ni ravshan ko'rinishi uchun kremalera 6 (5.6-rasm) buralib, okulyar tirsagi obyektiv tirsagi ichida ichkariga yoki tashqariga suriladi. Bunda kuzatilayotgan nuqtaning uzoq-yaqinligiga qarab ko'rish trubasining uzunligi o'zgaradi. Ko'rish trubasining uzunligi o'zgarayotgan paytda, ya'ni okulyar tirsagi obyektiv tirsagi ichida surilganda, vizir o'qining biroz bo'lsa-da og'ishi kuzatish aniqligini pasaytiradi. Bundan tashqari, tuba ichiga namlik, chang o'tishi sababli optik sistema kirilanadi. Tashqi fokuslanuvchi ko'rish trubalari, asosan, ilgari chiqarilgan geodezik asboblarda qo'llanilgan.

Zamonaviy geodezik asboblarda ichki fokuslanuvchi ko'rish trubalari bilan jihozlangan.

Ichki fokuslanuvchi ko'rish trubasi tashqi fokuslanuvchisidan, asosan, obyektiv 1 va okulyar 2 dan boshqa, ichki fokuslovchi (ikki

yoqlama botiq, tarqatuvchi) linza 3 ning mavjudligi bilan farq qiladi (5.8-rasm). Shuningdek, trubaning optik kuchini ko'paytirish, ba'zilarida (yer trubalarida) esa predmet tasvirini to'g'ri ko'rsatish uchun qo'shimcha linzalar joylashtiriladi. Shuning uchun zamonaviy geodezik asboblarda qo'llanilayotgan ko'rish trubalari murakkab optik sistemaga ega.



5.8-rasm

Trubada obyektiv va iplar to'ri tekisligi orasidagi masofa o'zgar-maydi. Kuzatilayotgan nuqta yoki predmet tasviri obyektiv tirsagi 4 ichida fokuslovchi linzani kremalera 6 yordamida oldinga yoki orqaga surib fokusga keltiriladi. Kremalera ko'rish trubaning aylanish o'qi yonida vint (5.13-rasm) ko'rinishda bo'ladi.

Iplar to'ri tushirilgan shisha 2 joylashtirilgan metall gardish dia-fragma 1 obyektiv tirsagiga tuzatgich vintlar 3 yordamida mahkam-langan (5.7-a rasm). Truba ichida iplar to'ri tuzatgich vintlar yor-damida yuqoriga va pastga, o'ngga va chapga surilishi mumkin. Bundan geodezik asboblarni tekshirishda geometrik shart bajarilishi uchun vizir o'qining holatini o'zgartirishda foydalaniladi. Tuzatgich vintlarning tirqishi orqali truba ichiga namlik, chang o'tmasligi uchun okulyar tomonidan vintlarni berkituvchi qalqonsimon halqa kiygazi-ladi.

Truba iplar to'rining parallaksi. Trubani joydagi predmetga qaratishdan avval okulyar ko'zga moslab o'rnatilishi, predmet tasviri esa iplar to'ri tekisligi bilan tutashtirilishi kerak. Okulyarni ko'zga moslab o'rnatish uchun truba yorqin fonga (masalan, oqlangan devorga) qaratiladi va okulyar naychasi iplar to'ri ravshan va aniq ko'ringuncha suriladi (buraladi).

Predmet tasvirini iplar to'ri tekisligi bilan tutashtirish (fokuslash) trubadagi fokuslovchi linzani kremalera (5.8-rasm) yordamida surib

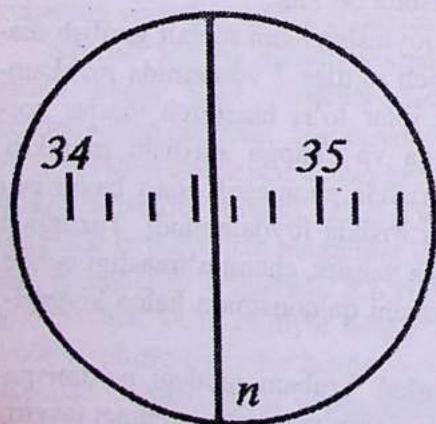
bajariladi. Bunda predmet tasvirining ravshan ko‘rinishi ta‘minlanguncha surish kerak bo‘ladi. Agar predmet tasviri iplar to‘ri tekisligi bilan tutashmagan bo‘lsa, okulyarga nisbatan ko‘zni surganda (o‘ng-chapga yoki yuqori-pastga) iplar to‘ri kesishgan nuqtasi m tasvirning har xil nuqtasiga proyeksiyalanadi. Bu **iplar to‘rining parallaksi** deyiladi. Uni tuzatish (yo‘qotish) uchun kremalera vintini ozroq burash kerak bo‘ladi.

5.4. Sanoq olish moslamalari

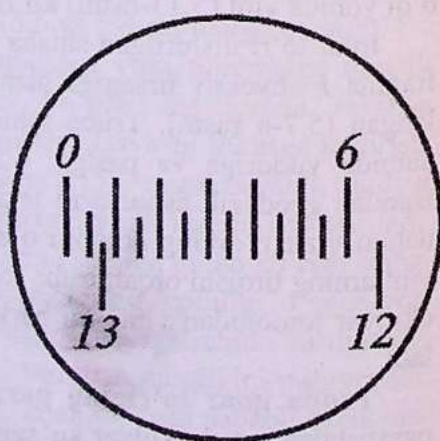
Sanoq olish moslamalari limb bo‘laklaridan kichik bo‘lgan qismini baholash (aniqlash) uchun xizmat qiladi.

Teodolitlarda sanoq olish moslamasi sifatida verner, shtrixli va shkalali mikroskop, mikroskop-mikrometr va optik mikrometrlardan foydalaniladi.

Hozirgi paytda vernerli teodolitlar ishlab chiqarilmayotganligi sababli unga to‘xtalib o‘tmaymiz. Optik teodolitlarda shtrixli va shkalali mikroskoplar hamda optik mikrometrlar sanoq olish moslamalari sifatida xizmat qiladi.



5.9-rasm



5.10-rasm

Shtrixli mikroskop. Limb bo‘lagining tasviri hosil bo‘ladigan mikroskop fokal tekisligida n shtrixi (chizig‘i) tushirilgan shisha plastinka o‘rnatiladi (5.9-rasm) va unga *mikroskop indeksi* (ko‘rsatkichi) deyiladi. Mikroskopning ko‘rish maydonida bir vaqtning o‘zi-

da limb bo'laklari va indeks n ko'rinadi. 5.9-rasmga ko'ra limb $l=10'$; yaxlit bo'laklardan indeks n bo'yicha sanoq esa $34^{\circ}30'$ ga teng. Limb qoldiq bo'lagini ko'z bilan chamalab $0,5$ bo'lak yoki $10' \times 0,5 = 5'$ deb olish mumkin. Shunda umumiy sanoq $34^{\circ}36'$ bo'ladi. Bu yerda limb bo'lagi $0,1$ hissasini ko'z bilan chamalab aniqlash mumkin, deb qabul qilsak, sanoq olish aniqligi $t = 10:0,1 = 1'$ ni tashkil etadi.

Shkalali mikroskop. Bu moslama bo'yicha sanoq olish aniqligi shtrixli mikroskopga qaraganda bir pog'ona yuqori turadi. 5.10-rasm-da shkalali mikroskopning ko'rish maydoni bo'lak qiymati 1° ga teng limb bo'lagi bilan tasvirlangan. Shishada o'yib tushirilgan shkala uzunligi limbning bir bo'lagiga teng. Shkala 12 bo'lakka bo'lingan bo'lib, bir bo'lagining qiymati $60':12 = 5'$ ga teng; shkala bir bo'lagining $0,1$ hissasini ko'z bilan chamalab shkaladan $5' \times 0,1 = 0,5'$ aniqlikda sanoq olish mumkin. Shunga ko'ra, 5.10-rasmdagi shkaladan olingan sanoq $13^{\circ}05' + 0,5 \times 5' = 13^{\circ}07,5'$ ga teng bo'ladi.

5.5. Teodolit turlari

Teodolitlar aniqligi, vazifasi, doiralari tayyorlangan material va konstruktiv xususiyatlariga qarab bir-biridan farq qiladi. O'zbekistonda geodezik asboblarni ishlab chiqarilmasligi sababli bu asboblarni bo'yicha davlat standartini qabul qilinmagan.

Rossiyada ishlab chiqilgan asboblardan keng foydalanilishi tufayli Rossiya 10529-86 standartiga asosan geodezik ishlab chiqarishda T05, T1, T2, T5, T15 va T30 teodolitlari qo'llaniladi. Ularning shifrida asbob nomining bosh harfi va burchakni bir to'liq qabulda o'lchash o'rta kvadratik xatosi ko'rsatiladi. Masalan, burchakni bir to'liq qabulda T05 teodoliti yordamida $0,5''$, T1 teodoliti yordamida esa $1''$ o'rta kvadratik xato bilan o'lchash mumkin.

Teodolitlar aniqligi bo'yicha uchga bo'linadi: yuqori aniqlikdagi teodolitlar – T05, T1; aniq teodolitlar – T2, T5; texnik teodolitlar – T15, T30. Ushbu teodolitlarning mukammallashtirilgan ikkinchi seriyasi – 2T2, 2T5, 2T5K, 2T5KII, 2T30, 2T30II shifrlil teodolitlar chiqarilgan.

Hozirgi paytda Rossiyada bularning uchinchi – 3T2KII, 3T2KA, 3T5KII, 3T15II, 3T30II va to'rtinchi seriyasi – 4T15II, 4T30II, elektron teodolitlardan T10Э ishlab chiqarilayotgan bo'lsa (5.1-jadval), xorijiy davlatlarda esa asosan elektron-raqamli teodolitlar ishlab chiqarilmoqda.

Asosiy ko'rsatkichlar nomi	Teodolit turlari						
	T05	T1	3T2KA	3T5KII	T10Э	4T15II	4T30II
Gorizontal burchakni bitta qabulda o'lchashning o'rta kvad- ratik xatosi, s	±0,5	±1	±2	±5	±10	±15	±30
Ko'rish trubasining uzunligi, mm	390	300	185	185	145	145	145
Ko'rish trubasining ko'rish maydoni	40'	1°	1°35'	1°35'	2°	2°	2°
Ko'rish trubasining kat- talashtirishi, karra	50	40	30	30	20	20	20
Limb shkalasi bo'lak qiymati (gorizontal doira)	10'	10'	20'	1°	10"	1°	1°
Sanoq olish moslamalari shkalasi (mikroskop- mikrometr) bo'lak qiy- mati	1"	1"	1"	1'	10" *	10"	5'
Ipli dalnomer koeffitsi- yenti	-	-	100	100	100	100	100
Ipli dalnomer doimiy qo'shiluvchi soni	-	-	-	0	0	0	0
Trubani vizirlashning eng kichik masofasi, m	5	5	0,9	0,9	1,2	1,2	1,2
Limb doira diametri, mm							
gorizontal	200	140	100	100	75	80	72
vertikal	130	90	72	72	75	72	72
Adilak shkalasining bir bo'lagi qiymati, s.							
gorizontal doira	10	10	15	30	45	45	60
vertikal doira	10	15	-	-	-	-	-
ko'rish trubasidagi	-	-	20	20	20	20	30
Vertikal doira indek- sining o'z-o'zidan o'nashish diapazoni	-	-	4'	5'	-	-	-
Teodolit massasi, kg	22	11	4,7	4,5	2,5	2,4	3,5

* - elektron burchak o'lchash displeyi bo'lak qiymati

Shifrdagi «K» – vertikal doiradagi silindrik adalak oʻrniga kompensator bilan, «Π» – toʻgʻri tasvir hosil qiluvchi koʻrish trubasi bilan, «A» – avtokollimatsiyalovchi (gorizontal holga keltiruvchi) moslama, «Э» – elektronika (kichik kompyuter) bilan jihozlanganini bildiradi.

Konstruktiv xususiyatlariga qarab, teodolitlar takroriy va oddiy teodolitlarga boʻlinadi. Takroriy teodolitlar burchakni limbda ketmaket n marotaba oʻlchash imkonini beradi. Bundan tashqari, limb turishini oʻzgartirish bilan burchakni limbning turli qismida oʻlchash mumkin. Bu esa oʻlchash natijasini tekshirishga va baʼzi bir oʻlchash xatolarini kamaytirish imkonini beradi. Oddiy teodolitlarda limb doirasi qoʻzgʻalmas (aylanmaydigan) boʻlib, faqat alidada doirasi oʻz oʻqi atrofida aylanadi.

5.1-jadvalda optik teodolitlarning texnik tavsiflari keltirilgan.

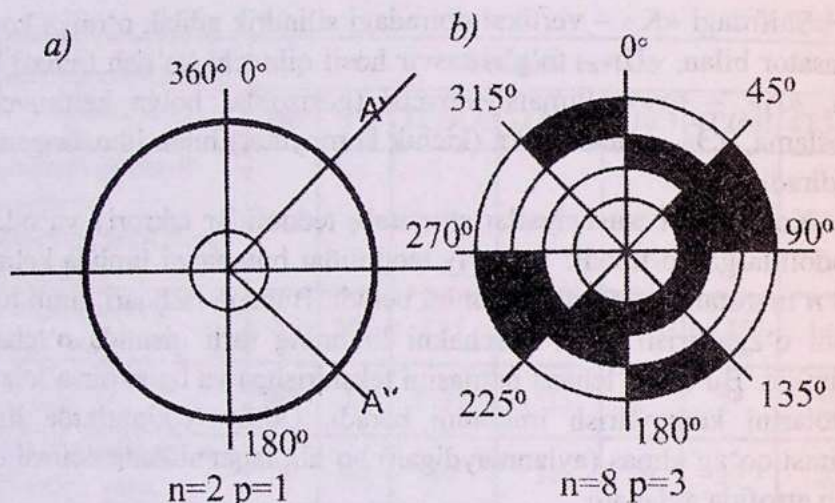
Teodolitlar doiralari tayyorlangan materiallariga qarab metallardan, shishadan (optik) va disk kodlardan yasalgan teodolitlarga boʻlinadi.

5.6. Elektron teodolitlar

Oxirgi yillarda burchak oʻlchashlarni bajarishda elektron yoki raqamli teodolitlardan keng foydalanilmoqda. Ushbu asboblarda burchak oʻlchash jarayonini avtomatlashtirishga imkon beruvchi «burchak-kod» oʻzgartirgich mavjud boʻlib, u orqali kuzatish jarayonida oʻlchash natijalarini raqamli ekran (display) chiqarish mumkin.

Raqamli teodolitlarda anʼanaviy burchak oʻlchash doiralarni gradus yoki grad boʻlaklarga boʻlish tizimi oʻrniga maʼlumotlarni uzatish uchun boʻlaklar soni eng kam boʻlgan, oladigan maʼlumotni hisoblash moslamasiga avtomatik tarzda kirituvchi belgilar tizimidan foydalaniladi.

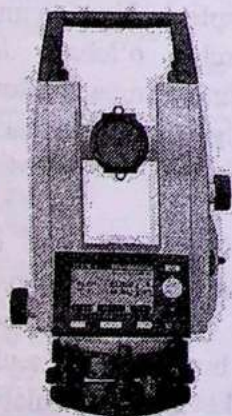
Bunday belgilar tizimida burchak ikkilamchi kod hisobida ifodalanadi: shunda limb ikkilamchi kodning ikkita belgisi (0 va 1) ga mos keluvchi, navbati bilan qora va oq polosalarga boʻlinadi. Bunda limb yoqilganda faqat ikkita signal hosil boʻladi va ular avtomatik tarzda fotoelektrik moslama orqali keyinchalik ishlab chiqish uchun uzatiladi. Oddiy holatlarda yoʻnalishni oʻlchash aniqligi 180° ni tashkil etish mumkin (5.11-a rasm).



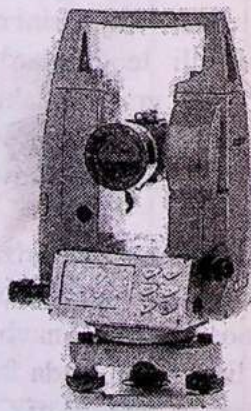
*a – ikki qismga bo'lingan; b – kodli yo'lakchalari bilan
5.11-rasm*

O'lchash aniqligini oshirish uchun limbda navbatma-navbat shaffof va noshaffof maydonlardan iborat halqa ko'rinishda kodli yo'lakchalar tushiriladi va har bir yo'lakchada maydonlar soni ikki marta ko'paytiriladi. Shunda limbning yigirmata kodli yo'lakchalari bilan 1" ga teng limbning bo'lak qiymatini hosil qilish mumkin.

Raqamli teodolitlarda doira bo'yicha joylashgan kodli kombinatsiyalar orqali limbning alohida uchastkalarini belgilaydigan kodlash metodlari qo'llaniladi (5.11-b rasm).



Leica Builder T



Boif DJD 10

5.12-rasm

Raqamli teodolitlar vizual tarzda sanoqlar olishni talab qilmaydi. Burchak qiymatini hosil qilish uchun nishonga qaratish yetarli bo'lib, sanoqlarning joriy qiymati shu zahoti ekranda ko'rsatiladi. Bu esa, o'z navbatida, sanoq olish xatoligini bartaraf etish, unumdorlik va dala ishlarining sifatini oshirishga imkon beradi.

Bugungi kunda turli yetakchi firmalar tomonidan turli tipdagi elektron teodolitlar – o'lchash aniqligi 1-2" (yuqori aniqlikdagi)dan boshlab, 20-30" (texnik aniqlikdagi)gacha bo'lgan teodolitlar ishlab chiqarilmoqda (5.12-rasm).

Gorizontal va vertikal burchaklar qiymatlari har 0,5" da ikki qatorli suyuq kristalli displeyga chiqariladi. Ko'rish trubasi kattalashtirish 30^x. Bundan tashqari, ushbu asboblarga nam va changlikdan himoya tizimi (IP66) o'rnatilgan bo'lib, ular bilan har qanday noqulay sharoitlarda, masalan, kutilmagan, uzoq muddatli sovuq yoki yer osti qurilishlarida yuqori namliklarda ishonchli ishlash mumkin. Aytish joizki, optik teodolitlar o'rniga raqamli teodolitlardan foydalanish ish unumdorligini deyarli 75% gacha oshirishga imkon beradi.

5.7. Texnik teodolitlar

Optik teodolitlar. Optik texnik teodolitlar eng ko'p tarqalgan teodolit bo'lib, ular bilan teodolit yo'llari va taxeometrik yo'llar o'tkaziladi, taxeometrik va teodolit syomkalari bajariladi, qurilish ishlarida keng qo'llaniladi. Optik texnik teodolitlar T30, 2T30 (2T30II) tashqi ko'rinishidan bir-biridan farq qilmaydi (5.13-rasm).

Teodolitning asosiy qismlari ichki fokuslanuvchi ko'rish trubasi 1, gorizontal 3 va vertikal doira 2, shuningdek, gorizontal doira yonidagi silindrik adilak 4 va taglik 5 dan iborat.

Gorizontal va vertikal doiralar diametri 70 mm li shisha doiralardan iborat bo'lib, ular *limb* deyiladi. Limb aylanasi 360 ta teng bo'laklarga bo'lingan va 0° dan 359° gacha yozib chiqilgan. Demak, har bir bo'lak qiymati 1° ga teng. T30 teodolitida o'rnatilgan limblarda shu 1° li bo'laklar yana 6 ta teng bo'lakka, ya'ni 10' li bo'laklarga bo'lingan.

Gorizontal doiraning limbi ichi kovak silindr shaklidagi o'qi bilan taglikka joylashtiriladi, vertikal doiraning limbi esa ko'rish trubasining o'qiga mahkamlangan bo'ladi.

Gorizontol doiraning limbi ustida teodolitning yuqori qismlari bilan biriktirilgan ikkinchi doira – alidada aylanadi. Alidadaning silindr shaklidagi o'qi limbning ichi kovak silindr qismidagi o'q ichiga joylashtiriladi. Vertikal doiraning alidadasi ko'rish trubasining o'qi joylashgan yerga mahkamlangan bo'ladi.

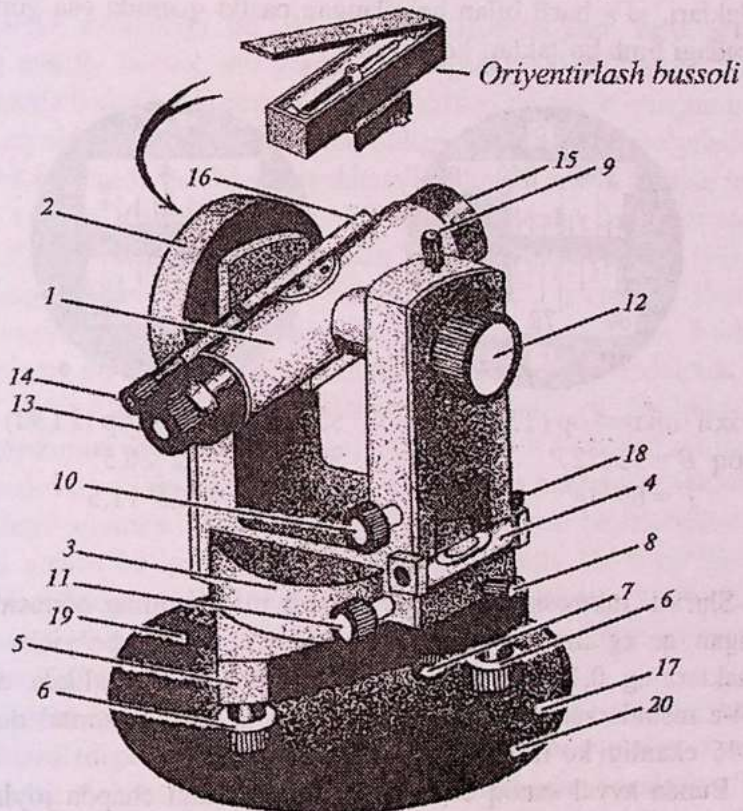
Gorizontol doiradagi limbning ichi kovak silindr shaklidagi o'qi va uning ichiga joylashtirilgan silindr shaklidagi alidadaning o'qi markazidan o'tuvchi JJ' chizig'i bitta geometrik o'qni tashkil etadi. Bu geometrik o'qqa asbob (teodolit)ning *aylanish o'qi* deyiladi. Ko'rish trubasining aylanish o'qi vertikal doiradagi limb va alidada markazidan o'tib, TT' chizig'ini, ya'ni ikkinchi geometrik o'qni tashkil etadi (5.2-rasmga qarang).

Teodolitlar asosiy qismlardan tashqari yana qo'shimcha moslamalar bilan jihozlangan bo'ladi (5.13-rasm).

Silindrik adalak yordamida gorizontol doira tekisligini gorizontol holatga yoki boshqacha qilib aytganda, asbob aylanish o'qini vertikal holatga keltirish uchun taglikning uchta burchagiga ko'targich vintlari 6 o'rnatilgan (5.13-rasm). Gorizontol doira limbi o'qini taglikka mahkamlash uchun 19, alidada o'qini limb o'qiga mahkamlash uchun 8, truba o'qini mahkamlash uchun 9 raqamlari bilan rasmda ko'rsatilgan mahkamlash vintlari mavjud.

Mahkamlash vintlari mahkamlangandan keyin limb o'qini biroz chapga yoki o'ngga burish uchun limbning qaratish vinti 7 dan, alidada o'qini ham shu tartibda burish uchun alidadaning qaratish vinti 11 dan, ko'rish trubasining o'qini esa biroz pastga yoki yuqoriga ko'tarish uchun trubaning qaratish vinti 10 dan foydalaniladi.

Truba nuqtaga yoki predmetga optik vizir 16 bilan taxminan to'g'rilangandan keyin okulyar 13 dan qaralib, fokuslovchi vint (kremalera) 12 yordamida nuqta yoki predmet tasviri fokusga keltiriladi (ravshanlashtiriladi). Nuqta yoki predmet tasviri iplar to'ring kesishgan nuqtasiga to'g'ri kelmasa, unda u alidadaning va trubaning qaratish vintlari yordamida keltiriladi. Agar gorizontol doiradagi kerakli sanoqni o'zgartirmasdan trubani nuqta yoki predmetga aniq vizirlash kerak bo'lsa, u holda alidada vinti o'rninga limbning vintidan foydalaniladi.

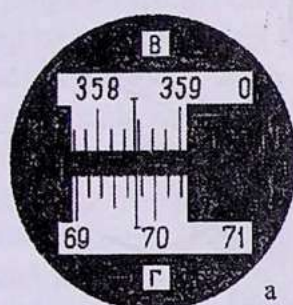


5.13-rasm

1 – ichki fokuslanuvchi ko‘rish trubasi; 2 – vertikal doira;
 3 – gorizontall doira; 4 – silindrik adilak; 5 – taglik; 6 – ko‘targich
 vintlari; 7 – limbning qaratish vinti; 8 – alidadani mahkamlash vinti;
 9 – truba o‘qini mahkamlash vinti; 10 – trubaning qaratish vinti;
 11 – alidadaning qaratish vinti; 12 – kremalera (fokuslovchi vint);
 13 – okulyar; 14 – mikroskop; 15 – obyektiv; 16 – optik vizir;
 17 – g‘ilof ilgaklari o‘tkaziladigan quloq; 18 – silindrik adilakning
 tuzatgich vinti; 19 – limbning mahkamlash vinti; 20 – g‘ilof tubi.

Gorizontall va vertikal doiralardan sanoq olish uchun ko‘rish tru-
 basi yoniga mikroskop 14 o‘rnatilgan. T30 teodoliti shtrixli mik-
 roskop (5.14-a rasm), 2T30 (2T30II) teodoliti esa shkalali mikroskop
 (5.14-b rasm) bilan jihozlangan. Mikroskop ko‘rish maydonining
 «B» harfi bilan belgilangan yuqori qismida vertikal doiradagi limb

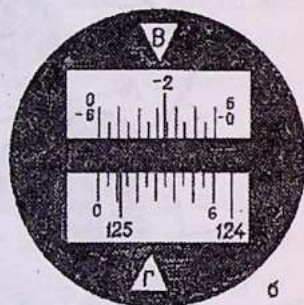
bo'laklari, «Г» harfi bilan belgilangan pastki qismida esa gorizontal doiradagi limb bo'laklari ko'rinadi.



Shtrixli mikroskop (T30)

Sanoq $B = 358^{\circ}27'$

$\Gamma = 69^{\circ}46'$



Shkalali mikroskop (2T30)

Sanoq $B = -2^{\circ}26,5'$

$\Gamma = 125^{\circ}11,5'$

5.14-rasm

Shtrixli mikroskopda sanoq ko'rish maydonining o'rtasida joylashgan qo'zg'almas shtrix (sanoq olish indeksi) bo'yicha $10'$ li bo'laklarning $0,1$ qiymatigacha, ya'ni $1'$ gacha aniqlikda olinadi. 5.14-a rasmda sanoq vertikal doiradan $358^{\circ}27'$, gorizontal doiradan $69^{\circ}46'$ ekanligi ko'rsatilgan.

Bunda avval sanoq olish indeksiga nisbatan chapda joylashgan gradus qiymati – vertikal doirada 358° , gorizontal doirada 69° , so'ngra shu gradus shtrixidan sanoq olish indeksigacha bo'lgan bo'laklar soniga mos minutlar qiymati – vertikal doirada $2,7$ bo'lak, ya'ni $27'$, gorizontal doirada $4,6$ bo'lak, ya'ni $46'$ olingan.

Shkalali mikroskopda, 5.14-b rasmda, uzunligi 1° ga teng bo'lgan shkala 6 ta katta va 12 ta kichik bo'laklardan iborat. Demak, shkalaning har bir katta bo'lagi qiymati $10'$ ga, kichik bo'lagi qiymati $5'$ ga teng. Sanoq shu shkala ichiga tushgan gradusli shtrixga nisbatan kichik $5'$ li bo'lakning $0,1$ qiymatigacha, ya'ni $0,5'$ aniqlikda olinadi. 2T30 (2T30II) teodolitlarida vertikal doiradagi limbining faqat gorizontal diametri yaqindagi sektorlari 0° dan $+75^{\circ}$ gacha va 0° dan -75° gacha gradus bo'laklariga bo'lingan.

Shu sababli vertikal doiradan sanoq olish uchun shkala chapdan o'ngga 0 dan 6 gacha, o'ngdan chapga -0 dan -6 gacha belgilanadi. Agar vertikal doiradagi gradus sanog'i musbat bo'lsa, shu gradus

shtrixgacha shkaladagi bo'laklar soni musbat 0 dan; agar gradus sanog'i manfiy bo'lsa, shu gradus shtrixigacha shkaladagi bo'laklar soni manfiy 0 dan hisoblanishi kerak. Vertikal doiradan olingan musbat sanoq oldiga «+», manfiy sanoq oldiga «-» ishoralari qo'yiladi.

5.14-b rasmda tasvirlangan shkalali mikroskopning ko'rish maydonida vertikal doiradan sanoq $-2^{\circ}26,5'$, gorizontal doiradan sanoq $125^{\circ}11,5'$ ni tashkil qiladi. Bunda avval shkala ichiga tushgan shtrixning gradus qiymati vertikal doirada -2° , gorizontal doirada 125° ; keyin shu gradusli shtrixgacha shkaladagi 0 dan boshlab hisoblangan bo'laklarga mos minutlar qiymati vertikal doirada 5,3 bo'lak, ya'ni $5 \times 5,3 = 26,5'$ (bo'laklar soni manfiy -0 dan hisoblangan), gorizontal doirada 2,3 bo'lak, ya'ni $5 \times 2,3 = 11,5'$ deb o'qiladi.

Teodolit yo'lida gorizontal va vertikal burchaklarni o'lchashda, tafsilotlarni syomka qilishda, taxometrik syomkani bajarishda sanoq aniqligi yetarli bo'lganligi sababli shkaladan katta 10' li bo'lakning 0,1 qiymatigacha, ya'ni 1' aniqlikkacha sanoq olishga ruxsat etiladi. Bu holda 5.14-b rasmda sanoqlar vertikal doiradan $-2^{\circ}26'$, gorizontal doiradan $125^{\circ}12'$ deb olinishi mumkin.

Teodolit ish vaqtida g'ilof tubining markazidagi rezbali teshikka burab kiritiladigan o'rnatgich vint yordamida shtativ ustiga o'rnatiladi, ishdan tashqari paytda esa qattiq plastmassadan yasalgan g'ilof qopqog'i bilan g'ilof tubidagi quloqlarga ilintirilib, berkitib qo'yiladi va shtativ ustidan olib qo'yiladi.

Teodolitlar ishlatishga olingan paytda tashqi ko'rikdan o'tkazilishi kerak. Bunda barcha vintlarning ravon buralishi, vintlarning o'z xizmatini bajarishi, teodolit va ko'rish trubasining o'z o'qlari atrofida ravon aylanishi, shisha qismlarning shikastlanmaganligiga e'tibor beriladi.

5.8. Teodolitlarning tekshirishlari va tuzatishi

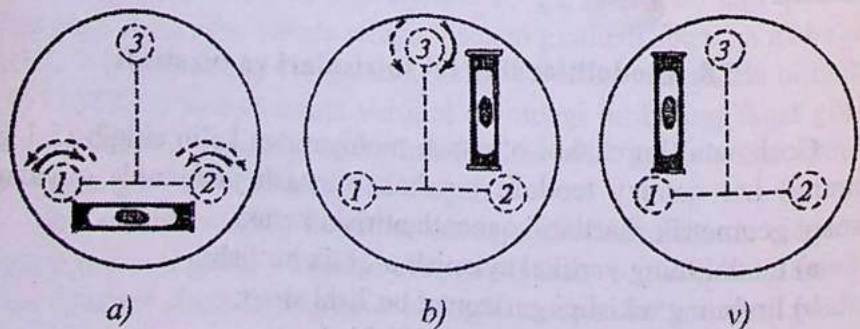
Gorizontal burchakni o'lchash mohiyatidan kelib chiqib (5.1 ga qarang) har qanday teodolit burchak o'lchash jarayonida quyidagi asosiy geometrik shartlarni qanoatlantirishi kerak:

- a) teodolitning vertikal aylanish o'qi tik bo'lishi;
- b) limbning tekisligi gorizontal bo'lishi shart;
- v) vizirlash tekisligi vertikal bo'lishi shart.

Har bir teodolit ushbu geometrik shartlarni qanoatlantirishi uchun *teodolitni tekshirish* deb ataladigan ma'lum ishlar bajariladi. Qanoatlan-tirilmagan geometrik shartlarni tuzatishga *teodolitni tuzatish* deyiladi.

1. *Gorizontol doira alidadasidagi silindrik adilakning o'qi UU' asbobning aylanish o'qi JJ' ga perpendikulyar ($UU' \perp JJ'$) bo'lishi kerak* (5.2-rasm). Adilak istalgan ikkita ko'targich vintga parallel o'rnatiladi va ikkala vintni qarama-qarshi tomonga burab adilak pu-fakchasi o'rta (nol punktga) keltiriladi (5.15-a rasm). Keyin alidada 90° ga burilib, adilak o'qi uchinchi ko'targich vint yo'nalishiga ori-yentirlanadi va shu vintni burab, pufakcha yana o'rta (nol punktga) keltiriladi (5.15-b rasm). Limbdan sanoq olinib, alidada 180° ga teng burchakka buriladi. Shundan keyin adilak pufakchasi nol punktga qolsa (5.15-v rasm) yoki pufakcha o'rtadan bir bo'lakdan ortiq siljimagan bo'lsa, shart bajarilgan bo'ladi. Aks holda, pufakchaning nol punktga nisbatan og'ish yoyi aniqlanib, adilakning tuzatgich vinti yordamida pufakcha og'ish yoyni yarmiga qaytariladi. Keyin ko'targich vintlar orqali pu-fakcha nol punktga keltiriladi. Agar alidadani yana 180° ga burilganda (bunda adilak 5.15-b rasmdagi holga keladi) pufakcha nol punktga qolsa, adilak tuzatilgan bo'ladi. Aks holda, tuzatish takrorlanadi.

Keyingi tekshirishlarni amalga oshirishda va umuman ish jarayo-nida teodolit tekshirilgan silindrik adilak yordamida gorizontallash-tiriladi, ya'ni gorizontol doira tekisligi gorizontol holatga (yoki, bosh-qacha qilib aytganda, asbobning aylanish o'qi shovun yo'nalishiga) keltiriladi. Buning uchun adilak ikkita ko'targich vintga parallel o'rnatilib, shu vintlar yordamida pufakcha o'rta (nol punktga) keltiriladi. Keyin ali-dadani 90° ga burib, uchinchi ko'targich vint yordamida pufakcha yana o'rta (nol punktga) keltiriladi.



5.15-rasm

2. Trubaning vizir o'qi trubaning gorizontal aylanish o'qiga perpendikulyar ($VV' \perp TT'$) bo'lishi kerak. Vizir o'qi trubaning aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lmagligidan ko'rish trubasining kollimatsion xatosi c kelib chiqadi (5.16-rasm). Buni tekshirish uchun yaqqol ko'rinadigan shunday nuqta tanlab olinishi kerakki, unga vizirlangan ko'rish trubasi taxminan gorizontal holatda bo'lishi kerak. Shu nuqtaga ko'rish trubasi avval doira o'ng (DO'), ya'ni vertikal doira trubaga nisbatan o'ng tomonda joylashgan holatida qaratilib, gorizontal doiradan R sanog'i olinadi. Keyin truba zenit orqali aylantirilib, doira chap (DCh) holatida vizir o'qi yana o'sha nuqtaga qayta to'g'rilanadi va gorizontal doiradan L sanog'i olinadi.

Kollimatsion xato qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$c = \frac{L - R \pm 180}{2} \quad (T30 \text{ teodoliti uchun}); \quad (5.2)$$

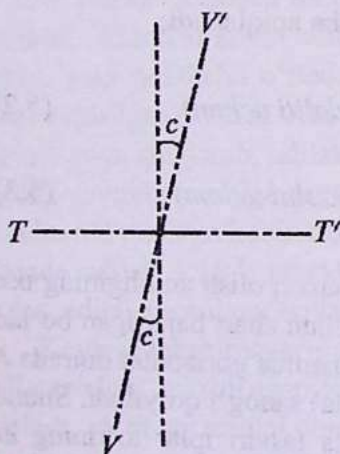
$$c = \frac{L - R}{2} \quad (2T30 \text{ teodoliti uchun}). \quad (5.3)$$

Agar kollimatsion xatoning qiymati sanoq olish aniqligining ikkilanganidan, ya'ni 2' dan oshmasa, T30 uchun shart bajarilgan bo'ladi. Aks holda, alidadaning qaratish vinti yordamida gorizontal doirada $N_R = R + c$ (DO' da) yoki $N_L = L - c$ (DCh da) sanog'i qo'yiladi. Shunda trubadan qaralganda kuzatilayotgan nuqta tasviri iplar to'ring kesishgan nuqtasidan chetlashgan bo'ladi. Endi iplar to'ring kesishgan nuqtasi iplar to'ri diafragmasini tutib turgan tuzatgich vintlarning yonboshdagilari orqali surilib, kuzatilayotgan nuqta tasviri ustiga keltiriladi. Ishonch hosil qilish uchun tekshirish takrorlanadi.

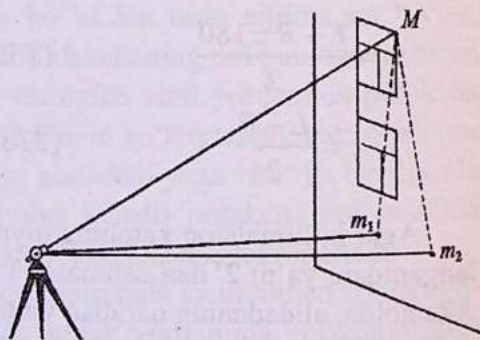
3. Ko'rish trubasining aylanish o'qi asbobning aylanish o'qiga perpendikulyar ($TT' \perp JJ'$) bo'lishi kerak. Bu shartni tekshirish uchun teodolit qandaydir bino devoridan 10–15 m masofada o'rnatiladi va teodolitning vertikal aylanish o'qi tik holatga keltiriladi. Devorda gorizontga nisbatan 25° – 30° burchak ostida ko'rinadigan qilib M nuqta belgilab olinadi (5.17-rasm).

Ko'rish trubasi shu nuqtaga vizirlanadi, so'ngra ko'rish trubasi taxminan gorizontal holatga kelguncha tushiriladi va devorda iplar to'ring kesishgan nuqtasi proyeksiyasi m_1 qalam bilan belgilanadi. Keyin ko'rish trubasi zenit orqali aylantirilib (DCh), alidada 180° ga

buriladi. Ko'rish trubasi yana o'sha M nuqtaga vizirlanadi va avval-gidek truba gorizont sathgacha tushirilib, devorda iplar to'rining ke-sishgan nuqtasi proyeksiyasi m_2 belgilanadi. Agar m_1 va m_2 nuqtalar bir-birining ustiga tushsa yoki ularning oralig'i trubadan qaralganda iplar to'ridagi bissektor kengligining ikkilanganidan oshmasa, shart bajarilgan deb hisoblanadi. Aks holda, trubaning aylanish o'qi l' dan ortiq og'ish burchagiga ega bo'ladi. Bunday nosozlikni tuzatish uchun asbobni qismlarga ajratish kerak, shuning uchun bu ish asbob ishlab chiqarilgan zavodda yoki maxsus ixtisoslashtirilgan ustaxona-larda bartaraf etiladi.



5.16-rasm



5.17-rasm

4. Iplar to'ridagi asosiy vertikal chiziq ko'rish trubasining aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lishi kerak. Bu shartni tekshirishda ko'rish trubasi yaxshi ko'rinadigan bir nuqtaga to'g'rilanadi. Keyin trubaning qaratish vinti yordamida nuqta tasviri ko'rish maydonining chetiga keltiriladi. Agar nuqta tasviri asosiy vertikal chiziqda yotsa, shart qanoatlantirilgan bo'ladi. Agar nuqta tasviri asosiy vertikal chiziq-dan chetlashgan bo'lsa, unda okulyar va obyektiv tirsaklarini biriktirib turgan vintlar bo'shatilib, okulyar tirsagi nuqta tasviri vertikal chiziqqa tushgunga qadar buraladi. So'ng bo'shatilgan vintlar mahkamlanib, tek-shirish takrorlanadi. Shu narsaga e'tibor qilinishi kerakki, teodolitning, umuman, qolgan hamma geodezik asboblarning tekshirish va tuzatish ishlari qat'iy ko'rsatilgan ketma-ketlikda bajarilishi shart.

5.9. Gorizontal burchaklarni o'lchash usullari

Teodolit bilan gorizontal burchakni o'lchash quyidagi tartibda bajariladi:

1. Dastlab teodolit o'lchanadigan burchak uchi (nuqta) ga o'rnatiladi, markazlashtiriladi, aylanish o'qi vertikal holatga keltiriladi va ko'rish trubasini kuzatish uchun moslanadi.

2. Gorizontal burchak o'lchanadi, o'lchash natijalari ishlab chiqiladi va o'lchash natijasi tekshiriladi.

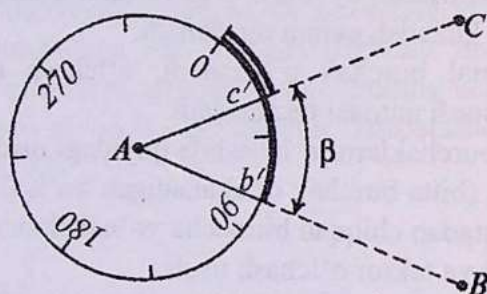
Gorizontal burchaklarni o'lchashda quyidagi usullar qo'llaniladi: to'la qabul usuli (bitta burchak o'lchanadigan bo'lsa) doiraviy qabullar usuli (bir nuqtadan chiqqan bir necha yo'nalish orasidagi burchaklarni o'lchashda) va takror o'lchash usuli.

To'la qabul usuli. Joydagi *BAC* burchakni (5.18-rasm) o'lchash quyidagi tartibda bajariladi. Teodolit burchak uchi *A* nuqtaga o'rnatiladi. Shtativ usti ko'z bilan chamalab gorizontal holatga keltirilib shtativ oyoqlarini bosib yerga mahkamlangach, o'rnatgich vintni bo'shatib teodolitni shtativ ustida surish bilan shovun *A* nuqta ustiga keltiriladi. Keyin ko'targich vintlar va alidada silindrik adilakdan foydalanib, asbob aylanish o'qi vertikal holatga keltiriladi. Ko'rish trubasini biron-bir yorqin fonga, masalan, osmonga qaratib okulyar halqachasini surish (burash) bilan iplar to'ri ravshan holga keltiriladi va ko'rish trubasi joydagi *B* nuqtaga qaratiladi; limb, alidada doiralari va ko'rish trubasining vintlari mahkamlanadi. So'ngra truba fokuslanib alidada va truba qaratish vintlari yordamida iplar to'riining markazi *B* nuqtaga aniq to'g'rilanadi va limbdan *b'* sanog'i (5.18-rasm) olinib, maxsus jurnalga (5.2-jadval) yoziladi. Keyin truba va alidada bo'shatilib, truba *C* nuqtaga vizirlanadi, yuqorida qayd qilingan ishlar takrorlanadi va yana limbdan *c'* sanog'i olinib jurnalga yoziladi. O'lchanayotgan β burchakning qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$\beta = b' - c'.$$

Agar shu burchak teodolitning doira o'ng (DO') holatida, ya'ni vertikal doira ko'rish trubasiga nisbatan o'ng tomonda turganda o'lchangan bo'lsa, bu birinchi yarim qabulni tashkil qiladi. Natija to'g'riligiga qanoat hosil qilish hamda asbobdagi kollimatsion va boshqa xatolar ta'sirini kamaytirish uchun burchak ikkinchi yarim qabulda, ya'ni

teodolitning doira chap (DCh) vaziyatida ikkinchi marta o'lchanadi. Buning uchun ko'rish trubasini zenit orqali aylantirib, limbni bo'shatib taxminan 90° ga buriladi va limb mahkamlangandan keyin β burchak yuqoridagi tartibda o'lchanadi. Burchak o'lchashning yuqoridagi ikkita yarim qabuli (DO' va DCh) bitta to'la qabulni tashkil qiladi.



5.18-rasm

Burchak o'lchash jurnali

5.2-jadval

Asbob turgan nuqta	Kuzatilayotgan nuqta	Limbdan olingan sanoqlar		Burchakning yarim qabuldagi qiymati		Burchakning o'rtacha qiymati	
		o	'	o	'	o	'
2	DO' (doira o'ng)						
	1	250	38				
				155	03		
	3	95	35				
	DCh (doira chap)						
						155	02,5
	1	162	37				
				155	02		
3	3	7	35				
	DO' (doira o'ng)						
	2	191	15				
				125	39		
	4	65	36				
	DCh (doira chap)						
						125	39,5
	2	289	52				
				125	40		
	4	164	12				

O'lchashlar natijasi 5.2-jadvalga yozilib, burchak qiymati birdaniga hisoblab boriladi. Burchakning ikkala yarim qabulda aniqlangan qiymatlari solishtirib ko'riladi. Agar qiymatlar orasidagi farq sanoq olish aniqligining ikkilanganidan oshmasa, o'lchangan burchakning o'rta arifmetik qiymati hisoblab chiqariladi. Agar burchakning ikki yarim qabuldagi qiymatlari sanoq olish aniqligining ikkilanganidan, masalan, $2T30''$ teodoliti uchun $1'$ dan ko'pga farq qilsa, burchak qayta o'lchanadi.

Doiraviy qabullar usuli. Teodolit nuqta ustida o'rnatilib, ko'rish trubasi soat mili yo'nalishi bo'yicha birin-ketin hamma nuqtalarga qaratilib, limb doirasidan sanoqlar olinib yoziladi. Bunda limb doirasining qo'zg'almas turganini nazorat qilish uchun oxirida qarash trubasi yana qayta boshlang'ich nuqtaga qaratiladi (shunda limbdagi sanoq dastlabki olingan sanoqqa teng chiqishi kerak). Bu o'lchashlar birinchi yarim qabul (masalan, DO') ni tashkil qiladi.

Ikkinchi yarim qabulda (DCh) ko'rish trubasi zenit orqali aylantirilib soat mili yo'nalishiga teskari yo'nalishda yana o'sha nuqtalarga birin-ketin qaratilib sanoqlar olib yoziladi. Ikkala yarim qabullar to'la bir qabulni tashkil qiladi. O'lchashning talab qilingan aniqligiga qarab stansiyada bunday qabullar soni har xil bo'lishi mumkin. Qabullar orasida limb doirasining holati $180^\circ/n$ qiymatga o'zgartib olinadi, bu yerda n – qabullar soni.

Takrorlash usuli. Bu usulda burchakni o'lchashning mohiyati o'lchanayotgan burchakni limbdan ketma-ket bir necha marta o'lchab qo'yishdan iborat. Bunda sanoqlar ikki marta – o'lchashning boshida va oxirida olinadi. Natijada o'lchangan burchak aniqligiga sanoq olish xatosining ta'siri kamayadi.

O'lchash quyidagicha bajariladi: Asbobni burchak uchi A ga (5.18-rasm) o'rnatib, limb doirasida sanoqni 0° ga yaqin o'rnatib, alidada mahkamlanadi. Keyin limbni bo'shatib, chapdagi C nuqtaga qaratiladi va c sanog'i olinadi. Alidadani bo'shatib, o'ng nuqta B ga qaratiladi va limbdan nazorat sanoq olinadi. Bunda o'lchanayotgan burchakning taxminiy qiymati aniqlanadi. Keyin limbni bo'shatib chap nuqtaga qaratiladi, limb mahkamlanadi, lekin sanoq olinmay alidada bo'shatiladi, aylantirib yana o'ng nuqtaga qaratiladi va b sanog'i olinadi. Ushbu burchakni necha marta takrorlab o'lchash rejalangan bo'lsa, shuncha marta takrorlanadi va o'lchangan burchak yakuniy qiymati quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\beta = \frac{b-c}{n}. \quad (5.4)$$

Bu yerda b – o'ng nuqtaga (B) qarab olingan sanoq; c – chap nuqtaga (C) qarab olingan sanoq; n – limbda burchak qiymatini qo'yishdagi takrorlash soni. Amalda n qiymati uchdan kam bo'lmaydi.

5.10. Gorizontaal burchakni o'lchash aniqligi

Gorizontaal burchakni texnik teodolitlar bilan o'lchash aniqligiga, asosan, asbobning xatolari, trubani vizirlash, teodolitni nuqta ustiga o'rnatish (markazlash), kuzatilayotgan nuqtalarga vexalarni o'rnatish va limbdan sanoq olish xatolari ta'sir qiladi.

Zamonaviy teodolitlarda yuqorida keltirilgan asbob xatolari qiymatini asbobni sinchiklab tekshirish va uni tuzatish hamda o'lchashni to'g'ri tashkil qilish bilan kamaytirish mumkin. Ko'rish trubasining vizirlash xatosini

$$m_V = \pm \frac{60''}{V} \quad (5.4)$$

formula bo'yicha aniqlashda, agar ko'rish trubasining kattalashtirishi $V = 20\times$ bo'lsa, unda (5.4) ga ko'ra $m_V = \pm 3''$ ni tashkil qiladi. Asbob sinchiklab markazlashtirilsa, vexalar to'g'ri o'rnatilsa va burchak tomonlari kalta bo'lishiga yo'l qo'yilmasa markazlashtirish va vexani o'rnatish xatosi kichik qiymatga keltiriladi.

Asbobdan sanoq olish xatosi sanoq olish moslamasi aniqligining yarmiga teng, deb qabul qilinadi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$m_0 = \pm \frac{t}{2}, \quad (5.5)$$

bu yerda t – sanoq olish moslamasidan sanoq olish aniqligi.

Masalan, 2T30II teodoliti uchun $t = 30''$ ga teng, shunda $m_0 = 15''$ bo'ladi. Demak, limbdan sanoqlar olishdagi xatolar o'lchash aniqligiga asosiy ta'sir ko'rsatadi.

Burchakni o'lchashda nuqtaga qaratib limbdan $m_0 = t/2$ o'rta kvadratik xato bilan sanoq olinsa, uni o'lchanayotgan burchak yo'nalishi xatosiga qabul qilish (boshqa xatolar kichikligi uchun ularni

hisobga olinmasa) mumkin. O'lchangan burchak ikki yo'nalish sanoqlarining ayirmasiga teng bo'lgani uchun uning xatosi quyidagini tashkil qiladi:

$$m_{\beta} = m_0 \sqrt{2} = \frac{t}{2} \sqrt{2}. \quad (5.6)$$

Shunda to'la bir qabulda (DO' va DCh yarim qabullarda) o'lchangan burchakning o'rta kvadratik xatosi quyidagiga teng bo'ladi:

$$m_{\beta} = \frac{t \sqrt{2}}{2 \sqrt{2}} = \frac{t}{2}. \quad (5.7)$$

Burchak o'lchashning chekli xatosi esa

$$m_{\beta_{chek}} = 3m_{\beta} = 3 \frac{t}{2} = \pm 1,5t. \quad (5.8)$$

Ikkita yarim qabulda o'lchangan burchak qiymatlari orasidagi farqining o'rta kvadratik xatosi

$$m_d = m_{\beta} \sqrt{2} = \frac{t}{2} \sqrt{2} \cdot \sqrt{2} = t$$

bo'ladi.

Bu holda chekli xatoga ayirma o'rta kvadratik xatosining ikkilanganini olinadi:

$$m_{dchek} = 2m_d = \pm 2t. \quad (5.9)$$

Shunday qilib, ikkita yarim qabulda o'lchangan burchak qiymatlari orasidagi farq sanoq olish moslamasi aniqligining ikkilanganidan oshmasligi kerak.

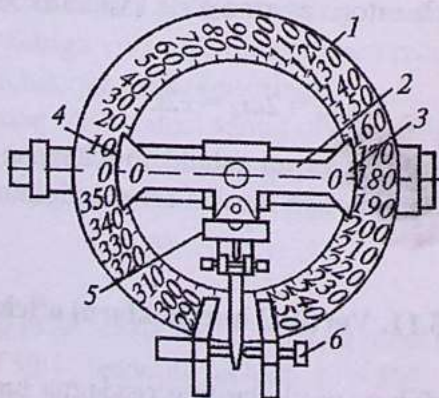
5.11. Vertikal burchaklarni o'lchash

Joydagi balandlik va pastliklar to'g'risida ma'lumotga ega bo'lish uchun vertikal burchaklar (qiyalik burchaklari) o'lchanadi. 5.1-rasm-dagi v_1 va v_2 burchaklar joydagi AB va AC chiziqlar bilan ularning gorizont tekislikdagi proyeksiyalari Ab va Ac chiziqlari orasida

bo'lib, v_1 va v_2 vertikal tekisliklarda yotadi. Demak, **qiyalik burchagi** deb, joydagi chiziqli yo'nalishi bilan uning gorizontali quyilishi orasidagi burchakka aytiladi.

Vertikal burchaklar (joydagi chiziqlarning og'ish burchaklari) teodolitning vertikal doirasi yordamida o'lchanadi. Vertikal doira limbi 1 (5.19-rasm) trubaning aylanish o'qi bilan bitta qilib mahkamlanadi va u bilan birga aylanadi. Alidada 2 ham trubaning aylanish o'qida joylashgan, lekin u o'q bilan birga mahkamlanmagani uchun truba aylanganda u qo'zg'almay turadi. Shu bois ta'kidlash joizki, agar gorizontali burchaklarni o'lchashda gorizontali doira limbi qo'lg'azmas bo'lib alidada aylansa, qiyalik burchaklarni o'lchashda esa vertikal doira alidadasi qo'lg'azmas bo'lib, limbi ko'rish trubasi (vizir o'q) bilan birgalikda aylanadi.

Alidada sanoq olish moslamasida verner 3 va silindrik adilak 4 bor. Adilak verner 0 indeksini tutashtiruvchi chiziqli gorizontga (gorizontali tekislikka) nisbatan ma'lum holatga keltirish uchun xizmat qiladi. Adilak pufakchasini shkala o'rtasiga keltirish uchun qaratish vinti 5 xizmat qiladi. T30, 2T30, 2T30II tipidagi teodolitlar vertikal doirasida adilak o'rnatilmagan. Uning vazifasini gorizontali doira alidadasiga o'rnatilgan va vertikal doira tekisligiga parallel o'rnatilgan silindrik adilak bajaradi. Vertikal burchakni o'lchashda trubani nuqtaga vizirlab sanoq olishdan oldin adilak pufakchasi aniq o'rtaga keltiriladi.



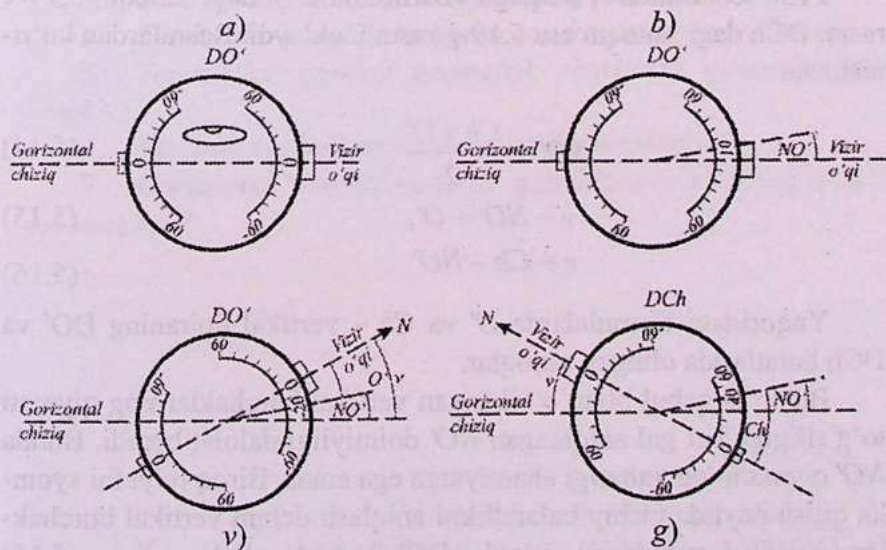
5.19-rasm

Qiyalik burchaklarni o'lchash prinsipi aynan gorizontali burchaklarni o'lchashdek, ya'ni burchak qiymati burchakning ikki tomonlari

bo'yicha vizirlashdan so'ng olingan ikki sanoqlar ayirmasiga teng. Lekin qiyalik burchakning bir tomoni hamma vaqt gorizontol chiziq bo'lib, undagi limb bo'yicha olingan sanoq nol o'rniga (NO') teng bo'lganligi tufayli qiyalik burchakni o'lchash kutilayotgan nuqtaga vizirlashda limb bo'yicha sanoq olishni taqozo etadi. Faqat sanoq olishdan oldin vertikal doira alidadasidagi adilak pufakchasini o'rnatish vinti yordamida o'rtaga keltirish kerak bo'ladi.

Vertikal doira alidadasidagi adilak, alidadani shunday holatga keltirish uchun xizmat qiladiki, unda ko'rish trubasining vizir o'qi gorizontol holatda bo'lganda limb bo'yicha sanoq 0 (180°) teng yoki qandaydir nolga yaqin, nol o'rnini deb nomlanadigan qiymatga ega bo'lsin. Shuningdek, trubaning vizir o'qi gorizontol holatda, alidadagi adilak pufakchasi esa o'rtada joylashganda vertikal doiradan olingan sanoqqa vertikal doiraning **nol o'rnini (NO')** deyiladi.

Texnik teodolitlarda vertikal doira limbi 0° dan 360° gacha bo'linib, diametrining 0 va 180° nuqtalari truba vizir o'qiga parallel qilib o'rnatilgan va truba bilan birga aylanadi. Vertikal burchaklar qiymatini hisoblash oson bo'lishi uchun quyidagi shart qo'yiladi: trubaning vizir o'qi va alidadagi adilak o'qi gorizontol holatni egallaganda nol indekslari (bo'laklari) limbning nol bo'laklari (yoki 0° va 180°) bilan to'g'ri keliishi kerak. Amalda bu shart bajarilmasligi ham mumkin (5.19-rasm).



5.19-rasm

Agar nol o'rni ma'lum bo'lmasa, unda qiyalik burchak ν va NO' qiymatlari nuqtaga ikki marta vertikal doiraning o'ng (DO') va chap (DCh) holatlarida vizirlab olingan sanoqlar bo'yicha topiladi.

Qiyalik burchak va nol o'rni hisoblash formulalari vertikal doira limbidagi bo'laklar yozuvlariga bog'liq. T30 teodolitida vertikal doira bo'laklari soat mili yo'lga qarshi yo'nalishda 1° dan 359° gacha raqamlar bilan yozilgan va sanoq doiraning faqat bir tomonidan olinadi, shu sababli ν va NO' qiymatlari quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi:

$$\nu = \frac{O' - Ch - 180^\circ}{2}, \quad (5.10)$$

$$NO' = \frac{O' + Ch + 180^\circ}{2}, \quad (5.11)$$

$$\nu = NO' - O' - 180^\circ, \quad (5.12)$$

$$\nu = Ch - NO'. \quad (5.13)$$

Bu formulalar bo'yicha hisoblashda 90° dan kichik bo'lgan O' , Ch va NO' qiymatlariga 360° qo'shiladi.

5.19-a rasmda $NO' = 0$ holati ko'rsatilgan, 5.19-b rasmda esa $NO' = 10^\circ$ bo'lgan holati ko'rsatilgan.

2T30 teodolitida N nuqtaga vizirlashda DO' dagi sanoqni 5.19-v rasm, DCh dagi sanoqni esa 5.19-g rasm izohlaydi. Rasmlardan ko'rinishicha

$$NO' = \frac{Ch + O'}{2}, \quad (5.14)$$

$$\nu = NO' - O', \quad (5.15)$$

$$\nu = Ch - NO'. \quad (5.16)$$

Yuqoridagi formulalarda O' va Ch – vertikal doiraning DO' va DCh holatlarida olingan sanoqlar.

Bir to'la qabul bilan o'lchangan vertikal burchaklarning qiymati to'g'riligiga har gal aniqlangan NO' doimiyligi dalolat beradi. Bunda NO' qiymatining kattaligi ahamiyatga ega emas. Biroq relyefni syomka qilish paytida nisbiy balandlikni aniqlash uchun vertikal burchaklar (qiyalik burchaklari), odatda, DCh holatda o'lchanadi va (5.16)

formulani yechishni osonlashtirish uchun NO' nolga teng qilib olinishi yoki $2'$ dan oshmasligi maqsadga muvofiq bo'ladi.

Bunday shartni amalga oshirish uchun uzoqdagi yaxshi ko'rinadigan ikkita yoki uchta nuqta to'la qabulda kuzatilib, har safar NO' aniqlanadi. Agar NO' ning topilgan qiymatlari o'rtachasi noldan $2'$ gacha farq qilsa, shart qanoatlantirilgan hisoblanadi. Aks holda, ko'rish trubasini DCh holatida oxirgi nuqtaga qaratib olingan Ch sanog'ining tuzatilgan qiymati $Ch_{tuz} = Ch + NO'$ vertikal doirada hosil bo'lguncha trubaning qaratish vinti buraladi. Shunda trubaga qaralganda kuzatilayotgan nuqta tasviri iplar to'ri kesishgan nuqtasidan vertikal chiziq bo'yicha siljigan bo'ladi. Iplar to'ri diafragmasini yuqori va pastki tuzatgich vintlarini burab, iplar to'rining kesishgan nuqtasi kuzatilayotgan nuqta tasviri ustiga keltiriladi. Tekshirish uchun NO' qiymati yangidan aniqlanadi.

Teodolitlarda vertikal doiraning nol o'rmini nolga teng qilib olinsa, vertikal burchaklarni hisoblash oson bo'ladi. Bunda DCh holatida olingan sanoqning o'zi vertikal burchak qiymatiga teng bo'ladi, ya'ni $v = Ch$.

Nazorat savollari:

1. Gorizont burchak qanday bo'ladi?
2. Teodolit asbobi nima?
3. Teodolitning qanday asosiy qismlarini bilasiz?
4. Teodolitlar aniqligi bo'yicha qanday turlarga bo'linadi?
5. Teodolitlar qanday geometrik shartlarni qanoatlantirishi kerak?
6. Elektron teodolitlar haqida nimalarni bilasiz?
7. Gorizont burchakni to'la qabulda o'lchashning qanday ma'nosi bor?

CHIZIQLARNI JOYDA O'LGHASH

6.1. Chiziq larni bevosita o'lchash qurollari

Geodeziyada chiziq o'lchash fundamental o'lchashlardan biri hisoblanadi. Ko'pincha uch o'lchamli muhitda fazoviy masofa (qiya chiziq) o'lchansa ham, odatda, uning gorizontal quyilishini bilish zarur.

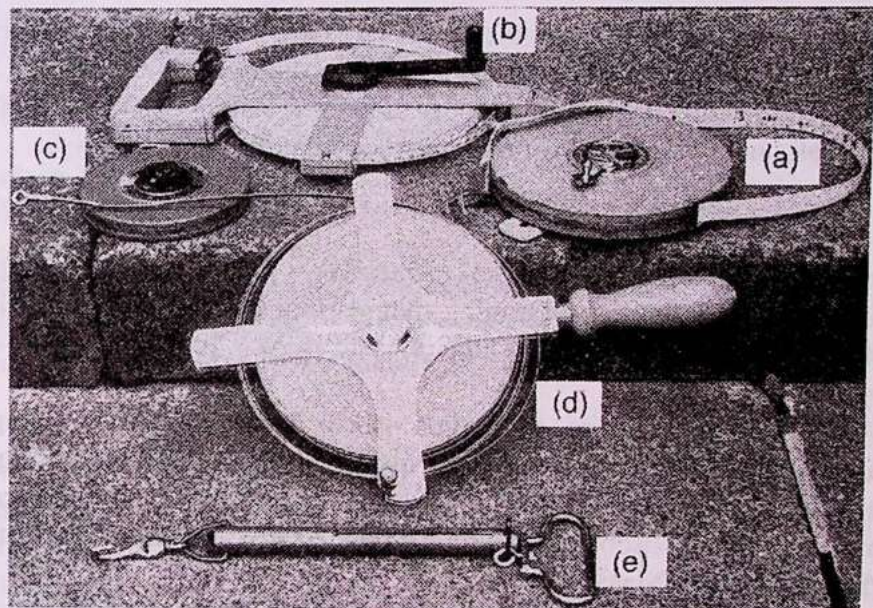
Hozirgi paytda masofa o'lchashning bir qancha metodlari bo'lib, ular *bevosita* – lenta (tasma), ruletka va *bilvosita (vositali)* – optik va elektron (yoki elektron-optik) masofa o'lchash usullaridir.

Masofalarni bevosita o'lchashda turli mexanik o'lchash asboblari ishlatiladi. Chunonchi, po'lat lenta, po'lat ruletka, yumshoq materialdan ishlangan (masalan, fibreglass) tasma ruletkalar, tros va invar materialdan yasalgan o'lchov simlari (6.1-rasm).

Aniqlik asosiy mezon bo'lib hisoblanadigan lyon (6.1-a rasm) yoki shishatoladan (6.1-b rasm) yasalgan lentalar umumiy foydalanish uchun qo'llanilishi mumkin. Lentalar yuqori sifatli materialdan tayyorlangan bo'lib, u plastik qutiga joylashtiriladi. Ushbu lentalarda 5 mm li bo'laklar tushirilgan. Yuqorida keltirilgan lentalarining yana ham aniqroq nusxalari po'latdan yasalgan bo'lib, ular millimetrlil bo'laklarga ega (6.1-c rasm). Yuqori aniqlikdagi o'lchashlarni bajarish uchun ochiq ramkada joylashtirilgan po'lat lentalaridan foydalaniladi. Lentalar shunday tarzda standartlashtirilganki, ularning nominal uzunligi 20°C harorat uchun, tortish kuchi esa 50 dan 80 kg uchun aniqlangan.

Yuqori aniq o'lchashlar uchun 35% nikel va 65% po'latdan yasalgan invar lentalar ishlatiladi. Bunday lentalarining afzalligi shundaki, ularning kengayish koeffitsiyenti po'latga nisbatan sezilarli darajada kichik bo'lib, haroratning o'zgarishi qat'iy ta'sir etmaydi. Lekin ularning kamchiligi shundaki, aralashma metall bo'sh va yumshoq bo'lib, narxi esa po'lat lentalariga nisbatan ancha qimmatdir.

Muqobil lentalar bo'lib, yarim po'lat va yarim invardan iborat Lovar lentarlari hisoblanadi. Ular qizil va oq ranglar bilan bo'yalgan bo'lib, yerga mahkamlash uchun metall shpilkalar bilan ta'minlangan.



6.1-rasm

Masofa o'lchash jarayoni o'lchov asbobini o'lchanayotgan chiziqda ketma-ket qo'yib chiqishdan iborat. Asbobni qo'yish sonini uning uzunligiga ko'paytirib, yakuniy natija topiladi.

O'lchash asbobining haqiqiy uzunligi uning nominal (loyiha) qiyamatidan birmuncha farq qiladi. Bunga har xil omillar, chunonchi, asbobni bo'laklarga bo'lish xatosi, asbobni tayyorlashdagi havo harorati bilan chiziq o'lchash vaqtidagi harorat farqi, asbobni har xil kuch bilan tarang tortish va boshqalar sabab bo'ladi. Shuning uchun avval ishlatiladigan lentaning haqiqiy uzunligi aniqlanadi.

Bu ishchi lenta uzunligini etalon lenta uzunligi bilan taqqoslash (komparirlash) orqali aniqlanadi. Bunga o'lchash qurolini **komparirlash** deb aytiladi. Komparirlash maxsus komparatorlarda bajariladi, ular statsionar (laboratoriya sharoitida o'rnatilgan maxsus komparator) va dala komparatorlariga bo'linadi.

Oddiy sharoitda ishchi lenta bilan etalon lenta uzunliklarini quyidagicha taqqoslash mumkin. Tekis joyda yoki binoning polida ishchi va etalon lentalarni yonma-yon yotqizib, nolinch shtrixlari tutashtiriladi, keyin ularni bir xil kuch bilan tortiladi va millimetrl chizg'ich bilan lentalarning ikkinchi uchidagi shtrixlari farqi Δl o'lchanadi. Bu

Δl qiymatiga **komparirlash tuzatmasi** deyiladi. Aniq o'lchash ishlari uchun komparirlash vaqtidagi havo harorati o'lchanadi.

Agar ishchi lentaning haqiqiy uzunligini l , etalon lenta uzunligini l_0 desak, unda **komparirlash tuzatmasi** quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta l = l - l_0. \quad (6.1)$$

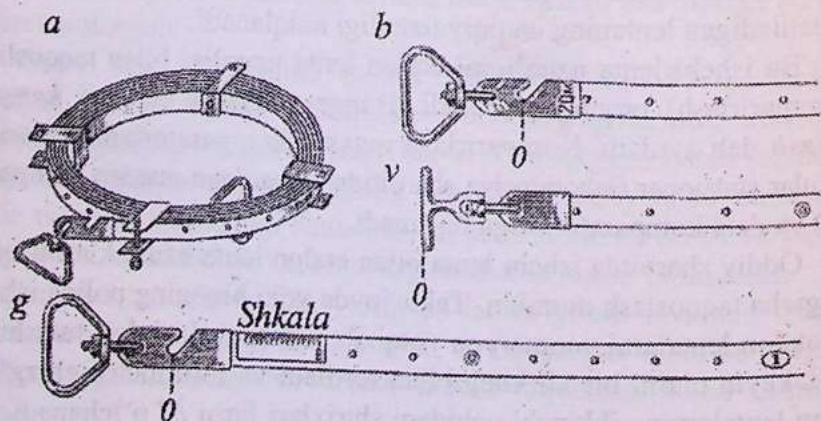
Aytaylik, lentaning nominal uzunligi $l_0 = 20$ m, ishchi lentaning uzunligi $l = 20,016$ m (metrning mingdan bir bo'laklari millimetrlilik chizg'ich orqali aniqlanadi). Unda (6.1) ko'ra $\Delta l = 20,016 - 20,000 = \pm 0,016$ m.

Dala komparatorini qo'llashda ishchi lenta yordamida uning uzunligi o'lchanib $L = 119,963$ m qiymat olingan, komparatorning haqiqiy uzunligi $L_0 = 119,870$ m ga, ishchi lentani qo'yib chiqish soni $n = 6$ ga teng. Hisoblangan natija **komparirlash tuzatmasi** qiymati Δl ni ifodalaydi. Masalan,

$$\Delta l = \frac{L - L_0}{n} = \frac{119,963 - 119,870}{6} = 0,016 \text{ m}.$$

Amaliy ishlarda ko'proq po'latdan yasalgan o'lchov lentalar qo'llaniladi, uning eni 10–15 mm, qalinligi 0,4–0,6 mm va uzunligi 20 m bo'ladi. Uzunligi 24, 30, 50 m li lentalar ham bo'ladi.

Saqlash, olib yurish uchun qulay bo'lish maqsadida lentalar temir halqalarda o'rab yig'iladi (6.2-a rasm). Lentalar **shtrixli** (6.2-b rasm), **uchli** (6.2-v rasm) va **shkalali** (6.2-g rasm) bo'ladi.



6.2-rasm

Amalda ko'p ishlatiladigan chiziqli o'lchash asboblarning tavsifi quyidagi 6.1-jadvalda keltirilgan.

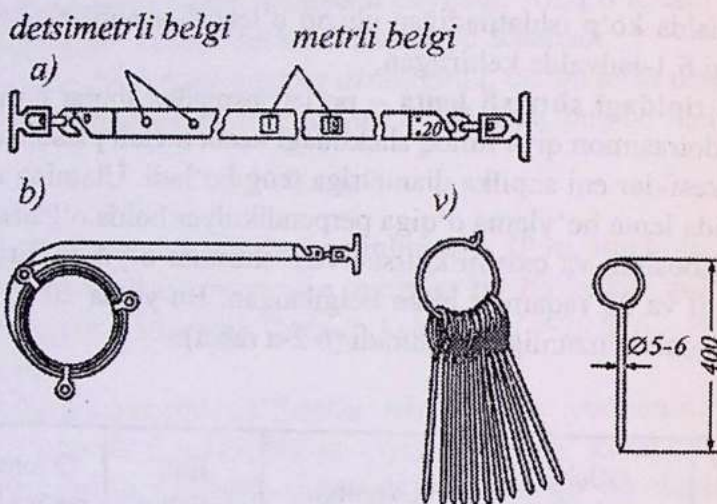
ЛЗ tipidagi shtrixli lenta – po'lat tasmadan iborat bo'lib, ikki uchida doirasimon qiya ilmoq shaklidagi kesik metall plastinka o'rnatilgan; kesiklar eni shpilka diametriga teng bo'ladi. Ularning markazi qarshisida lenta bo'ylama o'qiga perpendikulyar holda o'lchash shkalasining boshini va oxirini ko'rsatuvchi shtrixlar o'yib tushirilgan va tegishli 0 va 20 raqamlar bilan belgilangan. Bu yerda 20 po'lat lentaning nominal uzunligini bildiradi (6.2-a rasm).

6.1-jadval

O'lchov asboblarning turlari	O'lchov asboblarning nomi	Uzunligi, m	Eni, qalinligi, mm	O'lchashning me'yoriy nisbiy xatoligi
ЛЗ	Shtrixli yer o'lchov lentasi	20; 24; 50	$10 \div 5$ $0,4 \div 0,5$	1:1 500
ЛЗШ	Shkalali yer o'lchov lentasi	20; 24; 50	$10 \div 5$ $0,4 \div 0,5$	1:2 000
ЛТ	Yer o'lchov trosi	50; 100	2	1:1 000
ПК	Krestovinada o'ralgan ruletka	30; 50; 100	$10 \div 12$ $0,20 \div 0,25$	1:2 000
РС	Po'lat ruletka	10; 20; 30; 50	$10 \div 12$ $0,16 \div 0,22$	1:2 000 – 1:5 000
БП	O'sma bazis asbobi (invar sim)	24	1; 1,5	1:1 000 000

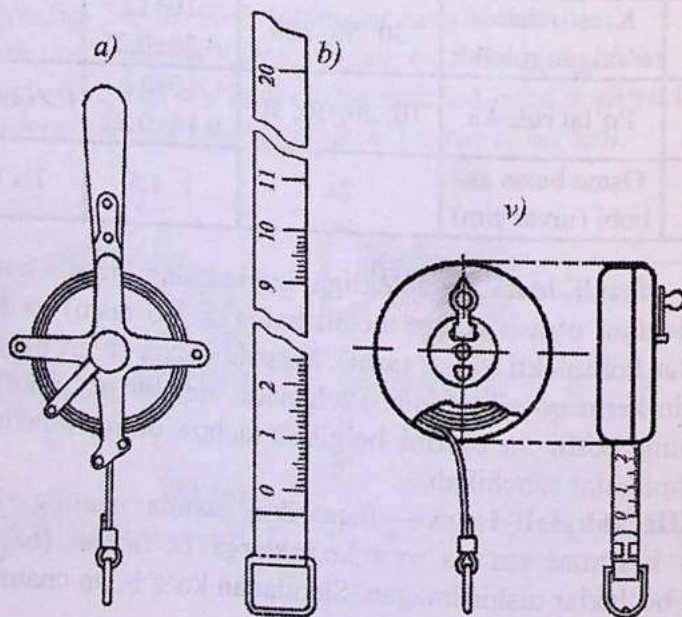
ЛЗ shtrixli lenta komplektiga quyidagilar kiradi: lenta (6.3-a rasm), lentani o'rash uchun metall halqa (6.3-b rasm) va 6 yoki 11 shpilka komplekti (6.3-v rasm). Masofa chiziqli stvori bo'yicha lentani birin-ketin qo'yib chiqib o'lchanadi. Har bir qo'yishda o'lchov lentasining boshi va oxirini belgilash uchun uning ilgaklari orqali yerga shpilka sanchiladi.

ЛЗШ shkalali lenta – faqat ikki uchida uzunligi 10-15 sm bo'lgan kesimlar sm va mm bo'laklarga bo'lingan (6.2-g rasm). Boshqa bo'laklar tushirilmagan. Shkaladan ko'z bilan chamalab 0,2 – 0,5 mm aniqlikda sanoq olinadi.



6.3-rasm

PK ruletkasi – krestovina barabanga o‘ralgan po‘lat tasmadan iborat (6.4-a rasm). Ruletkaning birinchi detsimetri mm bo‘laklarga, qolganlari esa sm bo‘laklarga bo‘lingan (6.4-b rasm). Ruletka uzunligidan oshmaydigan uzunlikdagi chiziqlarni o‘lchash va joyga ko‘chirishda yuqori aniqlikni ta‘minlashi mumkin.



6.4-rasm

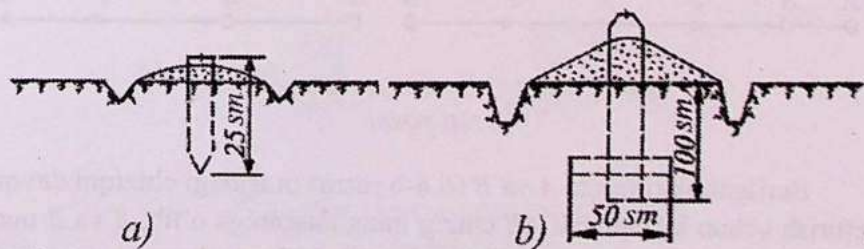
JIT yer o'lchash trosi – diametri 2 mm ga teng 7 tolali po'lat sim bo'lib, plastmassa qobiqda yasalgan. U halqa shaklidagi metall belbog'chalar bilan 1 metrli bo'laklarga bo'lingan va g'altakka o'ralgan bo'ladi.

Masofa o'lchashda tros yerga yozib qo'yiladi va 1 metrdan kichik bo'lgan qoldiq ko'z bilan chamalab 0,1 m aniqlikda baholanadi.

PC ruletkasi – metall g'ilofda joylashtirilgan g'altakka o'ralgan po'lat tasma (lenta)dan iborat. Ruletka shkalasi boshidan oxirigacha mm bo'laklarga bo'lingan va har sm da raqamlar bilan yozilgan (6.4-v rasm).

6.2. Chiziqni o'lchashga tayyorlash

Joyda har qanday chiziqni o'lchashdan avval u o'lchashga tayyorlanadi. Chunonchi, chiziq uchlari joyda mahkamlanadi, ular belgilanadi va chiziqlar joyda o'tkaziladi. Chiziq uchi nuqtalari o'rni joyda chiziq vazifasiga, saqlanish muddatiga va joy sharoitiga qarab turlicha mahkamlanadi. Oddiy hollarda nuqtalar joyda yog'och qoziqlar (3×25 sm) bilan mahkamlanib, atrofiga uchburchak, to'rtburchak yoki doira shaklida ariqcha qaziladi va chiqqan tuprog'i qoziq atrofida uyib qo'yiladi (6.5-a rasm).



6.5-rasm

Agar nuqta muhim ahamiyatga ega bo'lib, uzoq muddatga saqlanishi kerak bo'lsa, yog'och ustun (6.5-b rasm), metall parchasi yoki temir beton plitasi bilan mahkamlanadi.

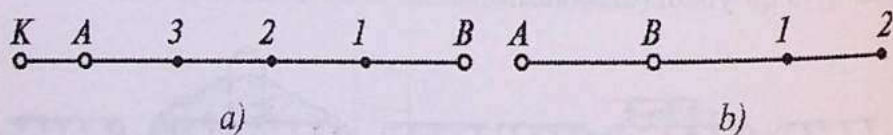
Nuqtalarning bir-biridan ko'rinishini ta'minlash uchun ular vaxa deb ataluvchi maxsus tayoqlar bilan belgilanadi. Vexa uzunligi 2, 3 va 4 m, yo'g'onligi 3-4 sm bo'lgan, uzunasi bo'ylab 10-15 santimetrli bo'laklarga bo'linib oq-qora rangga bo'yalgan va bir uchiga temir nayza qoplangan tayoq hisoblanadi. Joydagi to'g'ri chiziq un-

ing ikkala uchida o'rnatilgan vexalar bilan belgilanadi. Tekis joydagi uzunligi 100 m dan ortiq chiziqni o'lchash uchun uning ikkala uchida o'rnatilgan vexalar oralig'ida qo'shimcha vexalar (masalan, har 50 metrdan) o'rnatib chiqiladi, bunga **chiziq olish** deyiladi.

Tepalik va jarliklar orqali o'tgan chiziqlar har 20-50 m da qo'shimcha vexalar bilan belgilab chiqiladi.

Chiziq olishni berilgan ikki nuqta orasida chiziq olish va berilgan ikki nuqta orasidagi chiziqni davom ettirish yo'li bilan bajarish mumkin.

Birinchisida berilgan A va B nuqtalar (6.6-a rasm) orasida chiziq olish kerak bo'lsin. Kuzatuvchi o'z yordamchisini B nuqtasidan 50–100 m da bo'lgan 1 -nuqta tomon jo'natadi, o'zi esa A nuqtasidan 10–20 m da joylashgan K nuqtasida turadi. Shundan keyin u o'z yordamchisiga qo'lidagi vexani 1 -nuqtada chapga yoki o'ngga surishga, A nuqtadagi vexa 1 va B nuqtalardagi vexalarni to'smaguncha, ko'rsatma beradi. Keyin yordamchi boshqa bir vexa bilan 2 -nuqtaga o'tadi va oldingiga o'xshab ko'rsatmaga binoan u vexani ham o'rnatadi va hokazo. Bu usulga **o'ziga qarab chiziq olish** deyiladi. Agar birinchi oraliq vexa 3 -nuqtada, keyin 2 -nuqtada va hokazo tartibda o'rnatilsa, **o'zidan chiziq olish** deyiladi.



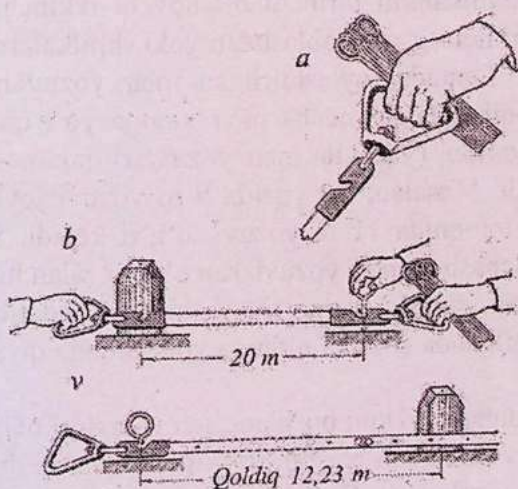
6.6-rasm

Berilgan ikki nuqta A va B (6.6-b rasm) orasidagi chiziqni davom ettirish uchun kuzatuvchi AB chizig'ining davomiga o'tib, A va B nuqtalarda o'rnatilgan vexalar bo'yicha 50–100 m chamasi masofada 1 -vexani shunday o'rnatadiki, u A va B nuqtalardagi vexalarni to'ssin, keyin 2 -vexani xuddi shunday o'rnatadi va hokazo.

6.3. Po'lat lenta bilan chiziq o'lchash va uning aniqligi

Lenta bilan joyda chiziqni o'lchash uchun ikki kishi kerak bo'ladi. O'lchash lenta va 6 ta yoki 11 ta shpilkalar komplekti bilan bajariladi. O'lchashni boshlashda lentaning birinchi (0 indeksi bilan belgilangan) uchi va 1 dona shpilka orqadagi o'lchovchida, lentaning

ikkinchi uchi va 5 ta shpilka oldindagi o'lchovchining qo'lida bo'ladi. Orqadagi o'lchovchi lenta uchidagi qiya ilgakni qo'lidagi shpilka-ga ilib, uni chiziqning bosh nuqtasida yerga qadab tutadi, oldindagi o'lchovchi lentani o'lchanadigan chiziq yo'nalishi bo'yicha qo'yadi. Keyin orqadagi ishchi ko'rsatmasi bo'yicha oldindagi ishchi lentani chiziqda to'g'ri yotqizib silkitib tarang tortadi va shu turishda lenta uchidagi qiya ilgakdan shpilkani o'tqazib, yerga qadaydi (6.7-b rasm). Keyin orqadagi o'lchovchi yerga qadalgan shpilkasini olib, oldindagi o'lchovchi esa yerga qadalgan shpilkasini joyida qoldirib, ikkalasi oldinga qarab yuradi; orqadagi o'lchovchi lenta uchini oldin-dagi o'lchovchi qoldirgan shpilka-ga iladi va o'lchash yuqoridagi kabi davom ettiriladi. Oldindagi o'lchovchi qadab ketgan shpilkalarni orqadagi o'lchovchi yig'ib boradi. Orqadagi o'lchovchi qo'lida 5 ta shpilka yig'ilganda o'lchangan masofa 100 m ga teng bo'ladi.



6.7-rasm

Keyin orqadagi o'lchovchi qo'lidagi 5 ta shpilkani oldindagi o'lchovchiga uzatadi. Chiziq oxiridagi eng keyingi qadalgan shpilka bilan chiziq oxirgi uchi nuqtasi orasidagi lenta uzunligidan kalta bo'lgan qoldiq r oxirida o'lchanadi (6.7-v rasm).

Shunda o'lchangan chiziq uzunligi quyidagicha hisoblanadi:

$$D = nl_0 + r \text{ yoki } D = n \cdot D + r. \quad (6.2)$$

Bu yerda n – chiziqda lentaning qo'yilish soni; l_0 – lentaning nominal uzunligi (20 m); r – qoldiq, lenta uzunligidan kam kesma.

Agar ishchi lentaning haqiqiy uzunligi nominal uzunlikdan farq qilsa, bunda (6.1) formulani e'tiborga olib, chiziq uzunligi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$D = nl_0 + r + n\Delta l. \quad (6.3)$$

O'lchash natijasini nazorat qilish uchun har bir chiziq ikki marta – to'g'ri va teskari yo'nalishlarda o'lchanadi.

Ikkala o'lchash natijalari bir-biri bilan teng chiqsa yoki farqi belgilangan qiymatdan oshmasa, o'lchash to'g'ri amalga oshirilgan bo'ladi. Aks holda, chiziq qayta yana bir marta o'lchanadi.

Lentada chiziq o'lchash oddiy bo'lishiga qaramay ko'pincha qo'pol xatolarga yo'l qo'yiladi. Qo'pol xatolar, masalan, 20 m ga teng xatolar shpilkalarni birinchi o'lchovchi ikkinchisiga uzatishda ularning sonini noto'g'ri hisoblashdan yoki shpilkalarni yo'qotishdan kelib chiqadi. Lentada joylashtirilgan metr yozuvlaridan noto'g'ri sanoq olish oqibatida bir necha metr xatoga yo'l qo'yish mumkin. Lentani ikki tomoni (yuzi) da metr yozuvlari qarama-qarshi uchlaridan boshlanadi. Masalan, bir yuzida 9 m yozuvi joylashgan bo'lsa, uning teskari tomonida 11 m yozuvi to'g'ri keladi. Shuning uchun qoldiqlarni o'lchashda metr yozuvlarini e'tibor bilan hisoblash kerak.

Shuningdek, shpilka yerga tik va chuqur qadalib, lentani unga ilib tarang tortilganda shpilka oldinga yoki orqaga qiyshayib qolmasligi kerak.

O'lchanadigan chiziqni boshlang'ich va oxirgi nuqtalarini tutash-tiruvchi to'g'ri chiziqdan har bir qo'yilgan lenta og'ib borib yakuniy natijani oshirib yuboradi. Chunki to'g'ri chiziq o'miga siniq chiziqlardan iborat chiziq o'lchanadi.

Chiziq o'lchash aniqligiga lentani komparirlash xatosi, havo harorati va boshqalar ham ta'sir etadi. Bulardan tashqari, chiziq o'lchash aniqligiga joyning notekisligi va tuproq qoplaminin yumshoqligi ham katta ta'sir ko'rsatadi. Tekis va tuproq qoplami qattiq joyda chiziqlar notekis va yumshoq tuproqli joylarga qaraganda ancha aniq o'lchanadi.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, ko'rib chiqilgan xatolardan o'lchash aniqligiga eng katta ta'sir etuvchisi bo'lib, bu joy relyefi va

tuproq sharoiti hisoblanadi. Bu ko'rsatkichlar bo'yicha joy uch toifaga bo'linadi:

1-toifa – o'lchash uchun eng qulay joy (relyefi tekis, tuprog'i qattiq, o'simliklarsiz);

2-toifa – o'lchash uchun o'rtacha sharoitdagi joy (relyefi bir-muncha notekis, tuprog'i nisbatan bo'sh, o'simliklari uncha baland emas);

3-toifa – o'lchash uchun noqulay joy (tepa va jarliklar bilan kesilgan, tuprog'i juda bo'sh, o'simliklari baland).

Joyda po'lat lenta bilan chiziqlarni o'lchash ko'p yillik tajriba natijalariga tayanib, joy toifalari bo'yicha o'lchashning quyidagi chekli nisbiy xatosi belgilangan:

- 1-toifali joyda $\frac{1}{3000}$ dan;
- 2-toifali joyda $\frac{1}{2000}$ dan;
- 3-toifali joyda $\frac{1}{1000}$ dan oshmasligi kerak.

Amalda chiziq o'lchash aniqligini tekshirib borish uchun har bir chiziq eng kamida ikki marta o'lchanadi (to'g'ri va teskari yo'nalishlarda). O'lchash xatolari ta'sirida bu ikki qiymat o'zaro farq qiladi va unga **mutlaq xato** deyiladi. Qanchalik o'lchash aniq amalga oshirilgan bo'lsa, shuncha kichik mutlaq xato qiymatini kutish mumkin. Ko'pincha na mutlaq xato, na farq o'lchash aniqligini ifodalay oladi. Masalan, chiziq uzunligi 1 m ga teng xatolik bilan o'lchangan deb aytganda, ushbu xatolik qiymati bo'yicha o'lchash aniqligi to'g'risida so'z yuritish mumkin emas. Chunki 10 m chiziq uzunligiga 1 m ga teng xatolik juda katta bo'lib, bir necha o'n kilometr masofa uchun esa kichik hisoblanadi. Shuning uchun mutlaq xato qiymati bilan o'lchash aniqligi to'g'risida so'z yuritish kamlik qiladi, nisbiy xatoni hosil qilishga zarurat paydo bo'ladi. Buning uchun mutlaq xatoni o'lchash natijasi bilan taqqoslash lozim. Nisbiy xatolar, odatda, kasr bilan ifodalanadi. O'lchashning **nisbiy xatoligi** deb, mutlaq xatoni o'lchash natijasining nisbatiga aytiladi. Ikki o'lchash natijalarining farqi qachon (qanday qiymatda) yo'l qo'yarli ekanligini bilish uchun yuqorida keltirilgan nisbiy xatolar chekidon foydalaniladi.

Masalan, biron-bir chiziq ikki marta o'lchanib, unda 318,75 m va 318,64 m qiymatlar topilgan bo'lsin. O'lchash o'rta sharoitdagi (2-toifa) joyda bajarilgan bo'lsa, nisbiy xatosi $\frac{1}{2000}$ dan oshmasligi kerak. Bizning misolda o'lchangan chiziqni yaxlit metrdagi qiymati 319 m bo'lsa, $319:2000 = 0,16$ m ni topamiz. Natijalarning farqi esa $318,75 - 318,64 = 0,11$ m ni tashkil etadi va u yo'l qo'yarli nisbiy xatodan kichik, ya'ni $0,11 < 0,16$. Demak, ikkala o'lchash ham qoniqarli bajarilgan va yakuniy natija qilib, ular arifmetik o'rta qiymatini olamiz:

$$(318,75 + 318,64):2 = 318,70 \text{ m.}$$

Agar o'lchash natijalarining farqi 0,16 m dan katta bo'lsa, demak, qaysidir bir o'lchashda qo'pol xatoga yo'l qo'yilgan hisoblanadi va o'lchashni yana bir marta takrorlash lozim bo'ladi.

Umuman olganda, ikki marta o'lchangan chiziq uzunligi qiymatlari orasidagi farq ΔD ning yo'l qo'yarli nisbiy xatosi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\frac{\Delta D}{D} \leq \frac{1}{M} \sqrt{2}. \quad (6.4)$$

Bu yerda D – o'lchab topilgan qiymatlarning o'rtachasi; M – yo'l qo'yarli nisbiy xato maxraji.

Olingan misol uchun (6.4) formuladan quyidagilarni topamiz:

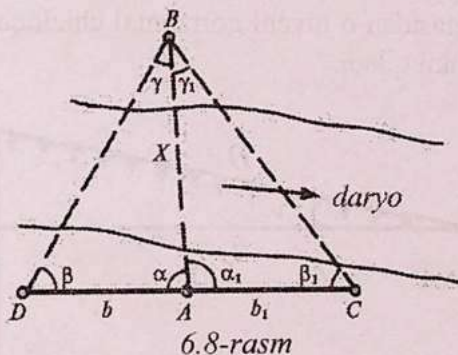
$$\frac{0,11}{318,70} < \frac{1}{2000} \sqrt{2} \quad \text{yoki} \quad \frac{1}{2897} < \frac{1}{1414},$$

ya'ni xato yo'l qo'yarli ekani ko'rinib turibdi.

6.4. Borib bo'lmas masofani aniqlash

Yuqorida aytib o'tilganidek, teodolit yo'lining biron-bir tomoni, masalan, daryoni kesib o'tgan bo'lsa, o'sha tomon uzunligini bevosita o'lchab chiqish imkoniyati bo'lmaydi va bu holatda borib bo'lmas masofani aniqlash usuli qo'llaniladi. Masalan, teodolit yo'lining AB tomoni daryodan o'tishi kerak bo'lsin (6.8-rasm). Uning

uzunligini topish uchun daryo yoqasi bo'ylab lenta bilan o'lchanishi qulay bo'lgan AD chizig'i olinib, uchlari yog'och qoziqlar bilan joyda mustahkamlanadi va ularning orasi o'lchov lentasi bilan imkon qadar aniq o'lchanadi. Bu chiziqqa **bazis** deyiladi.



Hosil bo'lgan ABD uchburchakda iloji bo'lsa, hamma burchaklar teodolit bilan o'lchanadi. Agar uchburchakda faqat α va β burchaklari o'lchangan bo'lsa, γ burchak $\gamma = 180 - (\alpha + \beta)$ formulasi orqali hisoblab topiladi.

Shunda sinuslar teoremasiga asosan 6.8-rasmdan yozish mumkin:

$$AB = x = \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} \cdot b. \quad (6.5)$$

Bu yerda $AD = b$ – bazis tomonining uzunligi.

Topilgan qiymatni tekshirish uchun joyda qo'shimcha bazis b_1 va burchaklar α_1 va β_1 o'lchanadi (6.8-rasm), shunda tomon uzunligi quyidagi formula bilan topiladi:

$$AB = x = \frac{\sin \beta_1}{\sin \alpha_1 + \beta_1} \cdot b_1. \quad (6.6)$$

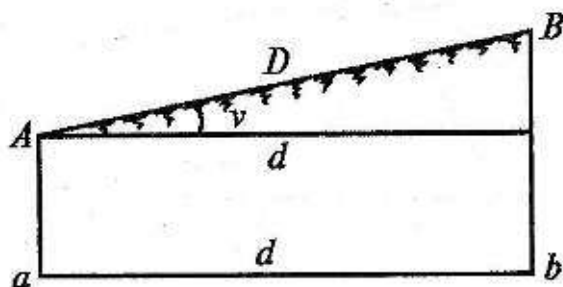
Tomon uzunligi x ni aniqlash uchun uchburchak shunday tanlanishi kerakki, bazis va aniqlanadigan tomonlar qarshisidagi burchaklar qiymati 30° dan kichik va 120° dan katta bo'lmasin (shunda tomon uzunligi aniqroq topiladi).

x qiymatlari orasidagi farq 1:1 000 dan katta bo'lmasligi kerak. Bu shart bajarilsa, qiymatlarning o'rtachasi olinadi.

6.5. O'lchangan qiya chiziqning gorizontal quyilishini aniqlash

Plan va kartalarni tuzish texnologiyasi joyda o'lchangan qiya chiziqlardan ularning gorizontal quyilishiga o'tishni talab qiladi.

Joyda AB qiya chiziq (6.9-rasm) o'lchangan bo'lsin. Ushbu chiziqning A nuqtasidan o'tuvchi gorizontal chiziqqa nisbatan og'ish burchagi ν ni tashkil qiladi.



6.9-rasm

Chiziqning gorizontal quyilishi d ga teng. Agar AB chiziqning uzunligi D lenta bilan, og'ish burchagi ν teodolit bilan o'lchansa, ular orqali d qiymatini topish uchun 6.9-rasmdan yozamiz:

$$d = D \cos \nu. \quad (6.7)$$

Bu formula bo'yicha hisoblash kalkulyatorda osongina bajariladi.

Misol: $D = 156,70$ m; $\nu = 4^{\circ}51'$ ga teng bo'lsa, (6.5) formula bo'yicha topamiz: $d = 156,70 \cdot \cos 4^{\circ}51'$ m.

Amalda ko'pincha o'lchangan qiya chiziq uchun tuzatma ΔD hisoblanadi:

$$\Delta D = D - d. \quad (6.8)$$

(6.8)ga (6.7)ni qo'yib topamiz:

$$\Delta D = D - D \cos \nu = D(1 - \cos \nu) \quad (6.9)$$

yoki keltirish formulasiga asosan yozamiz:

$$\Delta D = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2}. \quad (6.10)$$

(6.10) formula bo'yicha hisoblangan qiymat (6.8) formulaga asosan D o'lchangan qiymatdan ayriladi, shunga ko'ra (6.10) formulani

$$\Delta D = -2D \sin^2 \frac{\nu}{2} \quad (6.11)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

Yuqorida olingan misolni bu formulalar bo'yicha yechib topamiz:

$$(6.10) \text{ formuladan } \Delta D = 2 \cdot 156,70 \cdot \sin^2 \frac{4^\circ 51'}{2} = 0,55 \text{ m,}$$

(6.8) formuladan $d = D - \Delta D = 156,70 - 0,55 = 156,15 \text{ m}$ ekanligi kelib chiqadi.

Chiziq uzunligini o'lchashda birdaniga uning og'ish burchagi ham o'lchab boriladi. Buning uchun teodolitning vertikal doirasidan foydalaniladi. Burchak qiymati kichik ($1^\circ - 15^\circ$) bo'lsa, uni oddiy moslama – eklimetrda ham o'lchash mumkin.

6.6. Optik dalnomerlar

Masofani optik dalnomerlar bilan aniqlash asosiga parallaktik burchak φ va uning qarshisida yotgan b tomoni (6.10-rasm) ma'lum bo'lgan teng yoqli parallaktik uchburchakning optik mexanik yechish yo'li qo'yilgan.

Parallaktik burchak, odatda, kichik (1° dan oshmaydi), bazis tomoni b uzunligi 1-3 m orasida, o'lchanadigan masofa D esa yuzlab metrga yetadi.

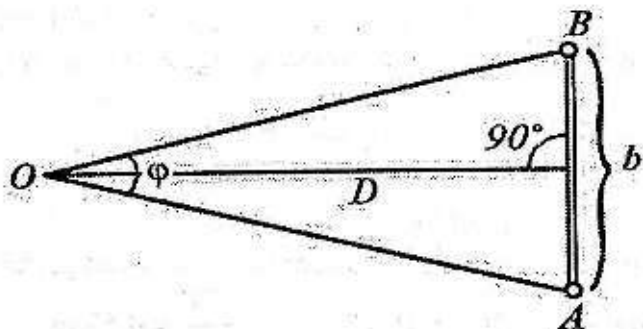
OAB uchburchakdan bissektrisa bazis b ga perpendikulyar deb hisoblab yozamiz:

$$D = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} \quad (6.12)$$

yoki burchak kichik bo'lgani uchun

$$D = \frac{b}{2} \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} = \frac{bp}{\varphi}, \quad (6.13)$$

bu yerda p – radian qiymati.



6.10-rasm

(6.13) formuladagi qaysi bir element o'lchanishiga qarab dalnomerlar quyidagi turlarga bo'linadi:

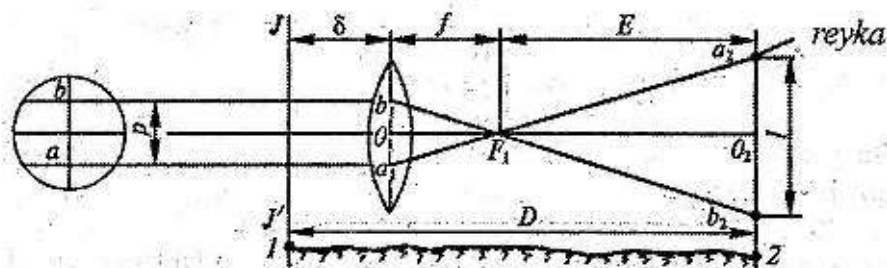
- a) doimiy burchakli dalnomer;
- b) doimiy bazisli dalnomer;
- v) o'zgaruvchan burchakli va o'zgaruvchan bazisli dalnomer.

Amalda yuqoridagi a) va b) bandlarda ko'rsatilgan dalnomerlar keng tarqalgan. Ular geodezik asboblarda ko'rish trubasining iplar to'ri diafragmasida joylashtiriladi hamda truba obyektiviga kiydiriladigan moslama sifatida tayyorlanadi. Doimiy parallaktik burchak optik yo'l bilan hosil qilinadi: iplar to'ri diafragmasida chizilgan shtrixlar yordamida (ipli dalnomerlar) yoki truba obyektiviga kiydiriladigan linza (prizma)lar yordamida (ikkilangan tasvirli dalnomerlar). Bazis vazifasini vertikal yoki gorizontal holatda o'rnatiladigan dalnomer reykasini bajaradi. Optik dalnomerlarni ko'p yillik ishlatish tajribasining ko'rsatishicha, ular masofani oson va tez o'lchash imkoniyatini beradi.

Ipli dalnomer. U doimiy parallaktik burchakli va o'zgaruvchan bazisli dalnomerlar turiga kiradi.

Iplar to'ri diafragmasidagi markaziy gorizontal ipdan har ikkala tomonga bir xil oraliqda o'zaro parallel qilib chizilgan shtrixlar (6.11-rasm) – **ipli dalnomer** bo'ladi. Parallaktik burchak φ shtrixlar b va a nuqtalaridan o'tuvchi vizirlash nurlari yordamida hosil bo'ladi. Burchak qiymati shtrixlar orasidagi p masofaga bog'liq; burchak uchi nuqtasi obyektiv optik o'qida joylashgan bo'lib, u qo'zg'almasdir. Tashqi fokuslanuvchi trubalarda (Kepler trubasi) bu nuqta obyektivning oldingi fokus nuqtasida bo'ladi. Ichki fokuslanuvchi trubalarda esa iplar to'ri bilan obyektiv oraliqida joylashadi.

Ippli dalnomer nazariyasini Kepler trubasining optik chizmasida ko'rib chiqish qulaydir. Joydagi 1 va 2 nuqtalar orasidagi D masofani (6.11-rasm) o'lchash uchun dalnomer shunday o'rnatiladiki, asbobning (masalan, teodolitning) aylanish o'qi JJ_1 vertikal bo'lib, 1-nuqta ustidan o'tsin. 2-nuqtaga reyka tik o'rnatiladi.



6.11-rasm

Agar O_1O_2 chizig'i gorizontal holatda bo'lsa, tik o'rnatilgan reyka unga perpendikulyar bo'lishi kerak. Rasmdan o'lchanadigan masofa D quyidagiga teng:

$$D = E + f + \delta. \quad (6.14)$$

Bu yerda E – obyektiv oldingi fokusidan reyka gacha masofa;

f – obyektivning oldingi fokus masofasi;

δ – obyektivdan asbob aylanish o'qigacha bo'lgan masofa.

Dalnomer shtrixlaridagi b va a nuqtalarni reykaga nurlar orqali proyeksiyalasak, reykada b_2 va a_2 nuqtalar hosil bo'ladi (bunda nurlar obyektivning oldingi fokus nuqtasidan o'tishi kerak). Obyektiv oldingi fokusidan reykadagi dalnomer shtrixlari tasvirini ko'rish burchagi φ o'zgarmas, chunki p va f qiymatlar doimiydir. Shuni hisobga olib $F_1a_1b_1$ va $F_1a_2b_2$ o'xshash uchburchaklardan yozamiz:

$$\frac{p}{f} = \frac{l}{E}, \quad (6.15)$$

bu yerdan

$$E = l \frac{f}{p}. \quad (6.16)$$

(6.16) formuladan $\frac{f}{p} = K$ deb belgilab, (6.14) formulaga qo'yib yozamiz:

$$D = Kl + f + \delta \quad (6.17)$$

yoki $f + \delta = c$ bilan belgilasak, (6.17) ni quyidagicha yozamiz:

$$D = Kl + c. \quad (6.18)$$

Bu yerda K – ipli dalnomer koeffitsiyenti; c – dalnomer doimiy qo'shiluvchisi.

Ko'pincha K qiymatini 100 ga teng deb olinadi.

Odatda, bazis l qiymatini dalnomer reykası bo'laklari n orqali ifodalanadi. U reykanı olinadigan sanoqlar a_2 va b_2 orqali quyidagicha topiladi:

$$n = a_2 - b_2.$$

Shunda formula (6.18) quyidagicha yoziladi:

$$D = Kn + c = 100n + c. \quad (6.18')$$

c qiymati ichki fokuslanuvchi trubalarda 0,1 m ga teng va uni hisobga olmasa ham bo'ladi.

Notekis relyefli joyda vizirlash o'qi tik o'rnatilgan reykağa perpendikulyar bo'lmashı uchun u joy qiyaligi burchagi v qiymatiga teng qiya o'rnatilishi kerak bo'ladi. Amalda reyka tik o'rnatiladi va dalnomerda o'lchangan qiya masofa D ga ΔD tuzatmasi kiritiladi, u quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\Delta D = D \sin^2 v. \quad (6.19)$$

ΔD og'ish burchagi 3° gacha bo'lsa, kichik qiymatga ega bo'ladi. Masalan, $v = 2^\circ$ va $D = 100$ m bo'lsa, $\Delta D = 0,15$ m ga teng. Ipli dalnomerlarning afzalligi – tuzilishi sodda, masofa o'lchash esa tez va oson bajariladi; kamchiligi – o'lchash aniqligi nisbatan past va 1:200 – 1:400 ni tashkil qiladi.

6.7. Elektron dalnomerlar haqida ma'lumot

Foydalaniladigan elektromagnit to'lqinlarning ko'rinishiga qarab dalnomerlar yorug'lik va radiodalnomerlarga bo'linadi. Ular chiziqli o'lchash elektromagnit to'lqinlarning o'lchanayotgan masofadan o'tish vaqtini aniqlashga asoslangan.

Tebranihlarni tarqatish xususiyatiga qarab yorug'lik va radiodalnomerlar impulsli hamda fazali kabi turlarga bo'linadi. Hamma elektron dalnomerlarda bir xil prinsipdagi blokchizma qabul qilingan. Dalnomer ikkita asosiy qismdan tashkil topadi: *uzatgich* va *qabul qilgich*. Uzatgichqabul qilgich o'lchanadigan chiziqlarning boshlang'ich nuqtasida, qaytargich esa oxirgi nuqtasida o'rnatiladi.

Uzatgich-qabul qilgichning vazifasi elektromagnit to'lqinlarini qaytargich tomonga yuborish, qaytarilgan elektromagnit to'lqinlarni qabul qilish va ularni *uzatgich-qaytargich-qabul qilgich* yo'lida tarqalish vaqtini o'lchashdan iborat.

Qaytargich yuborilgan elektromagnit to'lqinlarini teskari yo'nalishda qaytarish uchun xizmat qiladi.

Dalnomerning bu ishlash prinsipiga asosan o'lchangan masofa quyidagicha hisoblanadi:

$$D = \frac{1}{2} vt. \quad (6.20)$$

Bu yerda v – o'lchash davomida elektromagnit to'lqinlarining havoda tarqalish tezligi; t – elektromagnit to'lqinlar $2D$ masofani o'tishi uchun sarflangan vaqt.

Tezlik v ni aniqlash uchun quyilagi bog'lanishdan foydalaniladi:

$$v = \frac{c}{n}, \quad (6.21)$$

bu yerda c – elektromagnit to'lqinlarining vakuumda tarqalish tezligi, hozir u $299792,2 \pm 0,4$ km/s; n – havoning sindirish ko'rsatkichi (havo zichligiga bog'liq).

Amalda n qiymatini topish uchun chiziqli o'lchash bilan birga chiziqli bo'ylab havoning harorati, bosimi va namligi o'lchanishi kerak.

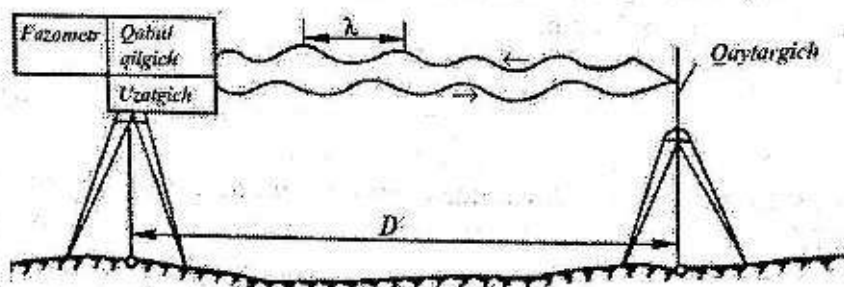
Impulsi dalnomer. Impulsi dalnomer masofani aniq o'lchashni ta'minlay olmaydi, lekin o'lchashni tezkorlik bilan bajarish imkonini beradi.

Odatda, impulsi dalnomerlardan lokator sifatida foydalaniladi, ya'ni ular bilan masofadan tashqari obyektga qarab yo'nalish ham o'lchanadi. Ular aniqligi past bo'lganligi sababli geodezik o'lchash ishlarida kam qo'llaniladi. Bunday dalnomerlardan eng aniqlari aerofotosyomkada qo'llaniladi va syomka davomida samolyot uchish balandligini o'lchash vazifasini bajaradi.

Fazali dalnomer. Bunday dalnomeroring ishlash mohiyati va sxemasi 6.12-rasmida tasvirlangan.

Uzatgich so'nmaydigan f chastotali elektromagnit tebranishni qaytargichga qarab uzluksiz tarqatadi, uning bir qismi shu zahoti qabul qilgichning fazometriga tushadi. Qolgan qismi qaytargichgacha borib yana orqaga qaytib, t vaqt o'tgandan keyin qabul qilgich fazometriga tushadi.

Tebranish chastotasi f ma'lum bo'lganda vaqt t ni aniqlash tebranish davrining butun sonlari N va vaqt qoldig'i Δ ni aniqlashdan iborat bo'ladi. Δ qiymatiga *faza siklining domeri* deyiladi.



6.12-rasm

Fazali dalnomerlarda faqat Δ ni bevosita o'lchash imkonini beradi yoki chastota f ni o'zgartirib, Δ ni ayrim qiymatlarga: $\Delta = 0$; $\Delta = \frac{1}{4}$; $\Delta = \frac{1}{2}$ tebranish davrining hissasiga tenglashtirib olinadi. Shunga binoan masofani hisoblash asosiy formulasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$D = \frac{v}{2}(N + \Delta) \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{2}(N + \Delta). \quad (6.21)$$

Bu yerda $\lambda = v/f$ – elektromagnit tebranish to'liq uzunligi.

Fazali dalnomerlar afzalligi Δ qiymatini yuqori aniqlikda, 1:1 000-1:1 500 tebranish davrining hissasiga teng o'lchashdan iborat.

Hozirgi zamon fazali dalnomerlarda elektromagnit tebranish chastotasi $f = 10^8$ Gs, tebranish davri $T = 10^{-8}$ s, vaqt o'lchash aniqligi $m_t = 10^{-11}$ c ni tashkil qiladi. m_t vaqt davomida elektromagnit tebranishlar havoda 3 mm ga yaqin masofani bosib o'tadi.

Shunday qilib, fazali dalnomerlar masofani mm aniqlikda o'lchash imkonini beradi.

(6.21) formuladagi N har qanday butun son qiymatga ega bo'lishi mumkin. Bu esa formulani yechishda noaniqlikka olib keladi. Masalani yechish uchun bir tekis chastota usuli va belgilangan chastota usuli qo'llaniladi. Bu usullardan qaysi biri qo'llanilganiga qarab dalnomerning konstruktiv chizmasi va texnik ko'rsatkichlari ma'lum darajada o'zgaradi.

Hozirgi paytda ishlab chiqarilayotgan dalnomerlarda uzatgich va qabul qilgich moslamalari bir blokda joylashgan hamda u chiziqning bosh uchi nuqtasida markazlashtiriladi, qaytargich esa chiziqning oxirgi uchida o'rnatiladi.

Ularda t qiymatini o'lchash ikki usulda amalga oshiriladi: *bevosita impulsli* deb ataluvchi elektron sekund o'lchagich bilan va *bilvosita*, modullashtirib qaytargichga yuborilgan nur oqimi bilan undan qaytib kelganini fazasi bo'yicha solishtirib aniqlash usuli bilan.

Elektron dalnomerlar bo'yicha qabul qilingan standartga asosan ularning aniqligi va vazifasiga qarab 3 guruhga bo'lingan: I , II va T guruhlar, ularning tavsifi 6.2-jadvalda keltirilgan.

I va II guruhlariga kiruvchi dalnomerlar davlat geodezik tarmoqlarini barpo etishda va amaliy geodezik ishlarda qo'llanadi. T guruhi esa zichlash tarmoqlarini barpo etish va topografik ishlarda ishlatiladi.

Ular bilan masofa o'lchashda yo'l qo'yarli o'rta kvadratik xato cheki quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$m_D = a + bD10^{-6}. \quad (6.22)$$

Bu yerda a va b – koeffitsiyentlar (qiymatlari 6.2-jadvalda berilgan); D – o'lchanadigan masofa, mm.

Yorug'lik dalnomerlar guruhi	Koeffitsiyentlar qiymati		Masofa o'lchash chegaralari	
	<i>a, mm</i>	<i>b, mm</i>	quyi	yuqori
Γ	5; 10	1; 2	0,5	15–20
Π	0,3; 0,5; 1; 2	0,3; 0,5; 1; 2	0,002	0,1–3
T	5; 10	3; 2; 5	0,002	1–15

Dalnomerlar nomidagi belgilar quyidagi ma'nolarni bildiradi: *C* – asbob nomidagi bosh harf (*C* – svetodalnomer); *Γ*, *Π* va *T* – guruh belgilari; *H* – ko'rish trubasi obyektiviga kiydiriladi (*H* – nasadka); keltirilgan raqam esa o'lchanadigan masofaning eng yuqori qiymatini bildiradi.

Misol: CI-20 belgida *Γ* guruhidagi yorug'lik dalnomer (svetodalnomer), 20 km gacha masofani o'lchashga mo'ljallangan; CT-15H belgida *T* guruhidagi yorug'lik dalnomeri, o'lchanadigan masofa 15 km gacha, ko'rish trubasi obyektiviga kiydiriladi; CΠ-02 belgida *Π* guruhiga kiradigan yorug'lik dalnomeri, 2 km gacha masofa o'lchashga yaroqli.

Dalnomerlarni loyihalab ishlab chiqaradigan yetakchi davlatlar AQSh, Germaniya, Rossiya, Shveysariya, Shvetsiya, Angliya va Yaponiya hisoblanadi.

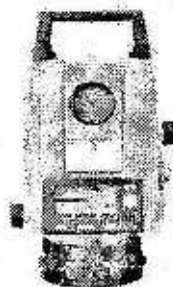
Γ guruhdagi dalnomerlarda yorug'lik tarqatish manbayi bo'lib quvvati 2·10 MVt bo'lgan geliy neon gaz lazerlari xizmat qiladi. Ularga misol qilib, «Keuffel and Esser» (AQSh) firmasining Rangemaster; «AGA Geotronics» (Shvetsiya) firmasining 8 va 600 geodimetrlari; Rossiyaning «Кварц» va «Гранат» yorug'lik dalnomerlarini keltirish mumkin. Amaliy geodezik ishlarida qo'llanadigan (*Π* guruhi) dalnomerlarga MA 100 «Tellurometer» (Angliya); MCD 1M, CΠO3 (Rossiya); Mekometr 3000 «Kern» (Shveysariya) kiradi.

T guruhiga kiradigan dalnomerlar: 2CM-2, CM-5, CT-5 «Блеск», 3CM-2 (Rossiya); Bettle «Precision International» (AQSh); Eldi 2 «Opton» (Germaniya); 100, 112, 14A, 120 geodimetrlar «AGA Geotronics» (Shvetsiya); CD-6 «Tellurometer» (Angliya) va boshqalar.

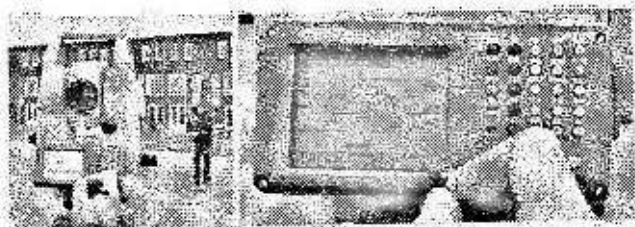
Ma'lumki, hozirgi paytda geodezik-topografik ishlab chiqarishda asosiy asbob «elektron taxcometr» hisoblanadi. Ushbu asbobda

jamlangan elektron dalnomer yordamida masofani joy sharoitini hisobga olmasdan oson va tez yuqori aniqlikda o'lchash mumkin.

6.13 va 6.14-raslarda keltirilgan zamonaviy elektron taxometrlar masofalarning gorizontal qiymatlarini aniqlash uchun alqoritmilar bilan jihozlanagan. Injenerlik qidiruv ishlarini olib borishda ma'lumotlarni avtomatik tarzda real vaqt tartibida qayd etish uchun standartli moslamalar mavjud.



6.13-rasm



6.14-rasm

Masofa o'lchashining standartli vaqti 1,5 s dan 3 s gacha. Takroriy avtomatik o'lchashlar murakkab iqlim sharoitlarida ishonchli natijalarni berishi uchun qo'llanadi.

Nazorat savollari:

1. Chiziqlarni bevosita o'lchash qurollari qaysilar?
2. Po'lat lenta tuzilishi qanday bo'ladi?
3. Po'lat lentani komparirlash nima?
4. Po'lat lenta bilan chiziq o'lchash aniqligi nimalarga bog'liq?
5. Chiziqni o'lchashga tayyorlash nima?
6. O'lchanadigan chiziq joylarda qanday mahkamlanadi?
7. Ipli dalnomer nima?

Elektron dalnomerda chiziq uzunligini o'lchash nimaga asoslanadi?

NIVELIRLASH

7.1. Nivelirlash mohiyati va metodlari

Nivelirlash geodezik ishlarning bir turi bo'lib, uning natijasida yerning tabiiy (fizik) yuzasida joylashgan nuqtalarning bir-biriga nisbatan balandligi (nisbiy balandligi) o'lchanadi hamda u orqali nuqtalarning boshlang'ich deb qabul qilingan sathiy yuzadan balandligi aniqlanadi.

«Nivelirlash» umumiy atama bo'lib, u nuqtalar balandligi yoki ularning farqini aniqlashning turli jarayonlarida qo'llaniladi. Nivelirlash plan, kartalarni tuzish, injenerlik obyektlarini loyihalash va qurishda zarur ma'lumotlarni olish uchun bajariladi. Nivelirlash natijalari: (1) – avtomobil va temir yo'llar, kanallar, suv oqova, suv ta'minoti tizimi va boshqa obyektlarni loyihalashda, joyda biron-bir yo'nalish bo'yicha aniq topografik ma'lumot olishda; (2) – bino va inshootlar qurilish loyihalarini balandlik bo'yicha joyga ko'chirishda; (3) – qurilishda yer ishlari hajmini aniqlashda; (4) – hudud yer osti suvlari sathini aniqlashda; (5) – yerning umumiy relyefini tasvirlovchi kartalarni ishlab chiqishda; (6) – yer qatlamining vertikal va gorizontall surilishini aniqlashda keng qo'llanadi.

Foydalanadigan asboblari va metodlarga qarab quyidagi nivelirlash metodlari qo'llaniladi:

Geometrik nivelirlash geodezik asbob nivelir yordamida hosil qilinadigan gorizontall vizirlash nuri yordamida bajariladi. Shuningdek, bunday gorizontall vizirlash nurini trubasida silindrik adilak mavjud bo'lgan geodezik asboblari – teodolit (5.6 ga qaralsin) hamda kipregel (13.2) yordamida ham bosil qilish mumkin.

Trigonometrik nivelirlash qiya nur yordamida bajariladi, u geodezik asbob – teodolit-taxeometr, kipregel asboblari yordamida hosil qilinadi. Bu nivelirlash metodi ikki nuqta orasidagi chiziqlarning og'ish burchagi va masofasini o'lchash bilan amalga oshiriladi.

Fizik nivelirlash gidrostatik, barometrik va aeroradio-nivelirlashga bo'linadi.

Gidrostatik nivelirlash o'zaro ulangan shisha naychalardagi suyuqliq erkin sathining har doim bir xil balandlikni egallash xususini

yatidan foydalanib, ikkita nuqtalarga o'rnatilgan va o'zaro shlang bilan ulangan shisha naychalar orqali o'lchanadi.

Barometrik nivelirlashda nuqtalarga o'rnatilgan barometrlar ko'rsatkichi bo'yicha ulardagi atmosfera bosimining qiymatlari o'lchanib, bosim farqi orqali nisbiy balandlik hisoblanadi.

Aeroradionivelirlash radiobalandlikni o'lchash va statoskop bilan uchib ketayotgan samolyotning yer sirtidan balandligini aniqlash orqali bajariladi.

Stereofotogrammetrik nivelirlash joyning ikkita qo'sh aerosuratini stereometr, stereokomparator va shularga o'xshash maxsus asboblarda relyef modelini hosil qilib, unda o'lchashni bajarish bilan amalga oshiriladi.

Avtomatik nivelirlash joyning biron-bir yo'nalishi bo'yicha profilini maxsus nivelir-avtomat deb ataluvchi asbobda chizib, profildan nuqtalar nisbiy balandligini aniqlab olishga asoslangan.

Ushbu bobda qo'llanadigan asosiy atamalarning mazmuni qo'yida keltirilgan.

Vertikal chiziq – nuqtadagi og'irlik kuchi yo'nalishiga to'g'ri (mos) keluvchi shovun chizig'ining yo'nalishi.

Sathiy yuza – har bir nuqtada mahalliy shovun chizig'i yo'nalishi (og'irlik kuchi yo'nalishiga mos yo'nalish) ga perpendikulyar bo'lgan egri chiziq. Sathiy yuza taqriban sferik shaklga ega. Tinch holatdagi suv sathi tekis sirt misoli bo'la oladi. Alohida uchastkalarda har xil balandlikka ega sathiy yuzalar konsentrik doiralar shakliga ega.

Sathiy chiziq – sathiy yuzadagi egri chiziqdir.

Gorizontal tekislik – og'irlik kuchining ayrim yo'nalishiga perpendikulyar tekislikdir. Syomka tekisligida bu tekislik mahalliy vertikalga perpendikulyardir.

Gorizontal chiziq – gorizontal tekisligidagi chiziq; syomka tekisligida ushbu chiziq mahalliy vertikalga perpendikulyardir.

7.2. Geometrik nivelirlash usullari

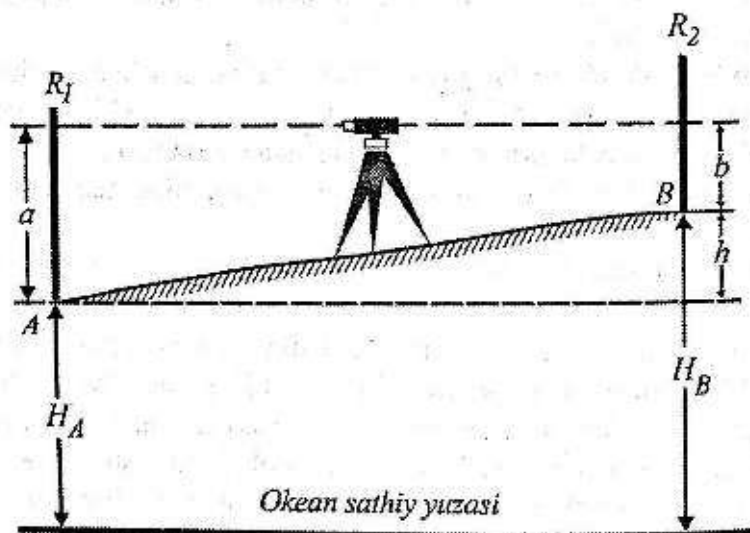
Geometrik nivelirlashning ikki usuli mavjud:

1. O'rtadan nivelirlash.
2. Oldinga nivelirlash.

Geometrik nivelirlash *nivelir* va *nivelir reykalari* yordamida bajariladi.

Nivelir geodezik asbob bo'lib, gorizontaal vizirlash nuri yordamida nuqtalar orasidagi nisbiy balandliklarni o'lchash uchun xizmat qiladi. U o'zida ko'rish trubasi, silindrik adilak yoki kompensatorni birlashtirgan asbob. Adilak va kompensator ko'rish trubasi vizir o'qini gorizontaal holatga keltirish uchun xizmat qiladi.

Geometrik nivelirlash mohiyati nuqtalarda tik o'rnatilgan reykalardan olingan sanoqlar bo'yicha ular orasidagi nisbiy balandliklarni aniqlashdan iborat.



7.1-rasm

1. O'rtadan nivelirlash. Joyda olingan ikki nuqta orasidagi nisbiy balandlik h ni o'lchash uchun nivelir asbobi A va B nuqtalar orasida, ulardan bir xil masofada, ishchi holatga keltirib o'rnatiladi (7.1-rasm). Bunda nivelir nuqtalarni tutashtiruvchi chiziq ustida o'rnatilishi shart emas. A va B nuqtalarda vertikal holatda reykalar o'rnatiladi (reyka shkalasining nol yozuvi yerga qo'yib o'rnatiladi). Nivelirning ko'rish trubasi navbati bilan R_1 va R_2 reykalarga qaratilib, a va b sanoqlari olinadi.

7.1-rasmdan quyidagini yozish mumkin:

$$a = h + b.$$

(7.1)

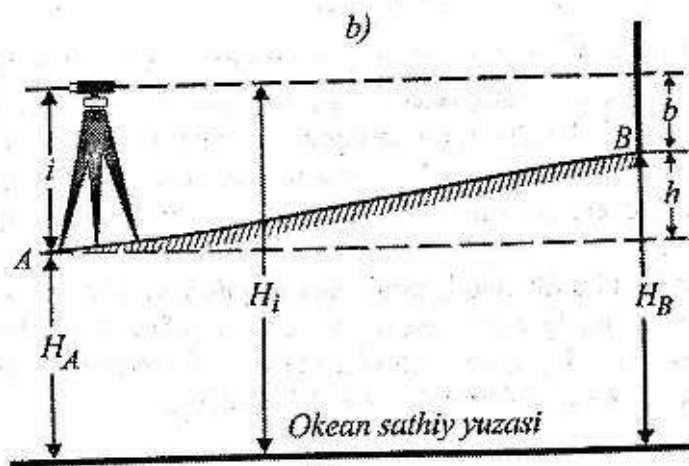
Bundan

$$h = a - b, \quad (7.2)$$

ya'ni nisbiy balandlik h orqadagi va oldindagi reykalardan olingan a va b sanoqlarning ayirmasiga tengdir.

Nivelirlash A nuqtadan boshlab B nuqta yo'nalishi bo'ylab olib borilishi uchun A orqadagi, B oldindagi nuqta hisoblanadi. Shunday qilib, nisbiy balandlik orqadagi va oldindagi reykalardan olingan sanoqlar ayirmasiga teng. Agar $a > b$ bo'lsa, nisbiy balandlik musbat, $a < b$ bo'lsa, manfiy ishorali bo'ladi.

2. Oldinga nivelirlash. Nisbiy balandlikni oldinga nivelirlash usulida o'lchash uchun nivelir asbobi shunday o'rnatiladiki, uning okulyari A nuqtadan o'tuvchi shovun yo'nalishiga to'g'ri kelsin (7.2-rasm). B nuqtaga esa reyka o'rnatiladi. Nivelir ishchi holatga keltiriladi, reyka yoki ruletka bilan asbob balandligi i o'lchanadi, truba reykaqa qaratilib, undan b sanog'i olinadi.



7.2-rasm

7.2-rasmdan quyidagini yozish mumkin:

$$i = h + b. \quad (7.3)$$

Bundan

$$h = i - b, \quad (7.4)$$

ya'ni nisbiy balandlik h asbob balandligi i va reykadan olingan sanoq b ning ayirmasiga tengdir.

Nivelirlash natijasidan foydalanib, A nuqtaning balandligi H_A bo'yicha, B nuqtaning balandligi H_B o'lchangan nisbiy balandlik yoki asbob gorizonti orqali hisoblanishi mumkin.

7.1-rasmga asosan A nuqtaning balandligi va nisbiy balandlik orqali B nuqta balandligi H_B quyidagiga teng:

$$H_B = H_A + h, \quad (7.5)$$

ya'ni oldindagi nuqtaning balandligi orqadagi nuqta balandligiga nisbiy balandlikni algebraik yig'indisiga teng. B nuqtaning balandligi H_B asbob gorizonti orqali quyidagicha hisoblanadi (7.2-rasmga asosan):

$$H_B = H_i - b. \quad (7.6)$$

Bu yerda H_i – asbob gorizonti bo'lib, u quyidagiga teng:

$$H_i = H_A + a. \quad (7.7)$$

Asbob gorizonti deb, asbobning vizir o'qidan boshlang'ich deb qabul qilingan sathiy sirtgacha bo'lgan vertikal oraliqqa aytiladi.

Nuqtalar balandligini asbob gorizonti orqali hisoblash, masalan, yerlarni vertikal tekislashda bir necha nuqtalar loyiha balandligini bir bekatdan (nivelir o'rnatilgan joy) turib joyga ko'chirishda qulaylik tug'diradi.

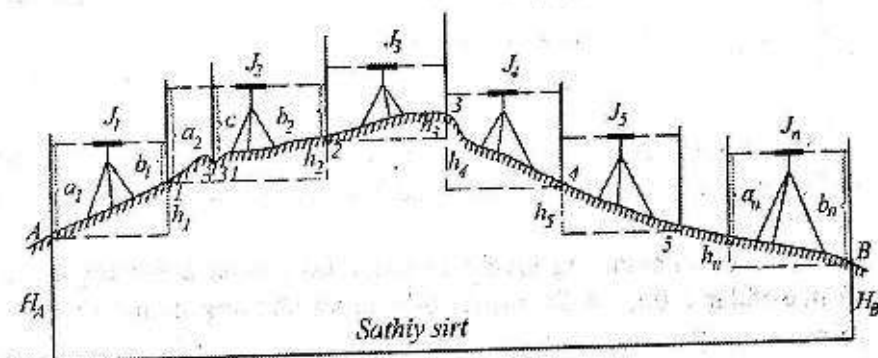
Yuqorida ko'rib chiqilgan nivelirlash **oddiy nivelirlash** deyiladi. Agar nivelirlanadigan ikki nuqta orasidagi masofa katta bo'lsa, nivelirlash uchun u bir nechta bo'laklarga bo'linib nivelirlab chiqilsa, unga **murakkab** yoki **ketma-ket nivelirlash** deyiladi.

7.3. Ketma-ket geometrik nivelirlash

Ketma-ket geometrik nivelirlashda nivelirlanadigan AC chizig'i (7.3-rasm) bo'laklarga bo'linadi va har bir bo'lak alohida bekatlardan nivelirlanadi. Nivelirni birinchi bekat J_1 da o'rnatib, 1-nuqtaning A nuqtasiga nisbatan nisbiy balandligi o'lchanadi:

$$h_1 = a_1 - b_1. \quad (7.8)$$

Keyin nivelir $J_2, J_3, \dots, J_n$ bekatlarga ketma-ket o'ratilib, xuddi shu tarzda 1 va 2; 2 va 3 va hokazo nuqtalarning nisbiy balandligi $h_1, h_2, \dots, h_n$ o'lchanadi.



7.3-rasm

Agar nivelirlash n ta bekatda bajarilgan bo'lsa, umumiy nisbiy balandlik quyidagiga teng bo'ladi:

$$h_0 = h_1 + h_2 + \dots + h_n = \sum_{i=1}^n h_i \quad (7.9)$$

yoki

$$h_0 = \sum_{i=1}^n (a_i - b_i) = \sum_{i=1}^n a_i - \sum_{i=1}^n b_i \quad (7.10)$$

ya'ni oxirgi nuqta B ni boshlang'ich nuqta A ga nisbatan nisbiy balandligi orqadagi reyka bo'yicha sanoqlar yig'indisidan oldindagi reyka bo'yicha sanoqlar yig'indisining ayirmasiga teng.

Agar nivelirlash oxirgi nuqtaning balandligi H_B ni aniqlash maqsadida bajarilgan bo'lsa, boshlang'ich nuqta balandligi H_A dan foydalanib, quyidagicha hisoblanadi:

$$H_B = H_A + h_0 \quad (7.11)$$

Nivelirlash AB chizig'ining bo'ylama profilini tuzish maqsadida bajarilsa, unda 1, 2, ... nuqtalar balandligini ham hisoblashga to'g'ri keladi, ya'ni

$$\left. \begin{aligned} H_1 &= H_A + h_1 \\ H_2 &= H_1 + h_2 \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \quad (7.12)$$

Bu formuladan ko'rinishicha, 1, 2, ... nuqtalar orqali nivelir yo'lida balandliklar ketma-ket uzatiladi va ularga **bog'lovchi nuqtalar** deyiladi.

Amaliy ishlarda bog'lovchi nuqtalar ko'pincha belgilangan bir xil masofalar (100, 40, 20 m) da olinadi va shuning uchun ular har doim ham joy relyefining pastbaland (xarakterli) nuqtalariga to'g'ri kelavermaydi. Relyefni batafsil tasvirlash uchun xarakterli nuqtalar balandligini ham topishga to'g'ri keladi. Bunday nuqtalarga **oraliq** yoki **plyus nuqtalari** deyiladi va ular orqadagi eng yaqin bog'lovchi nuqtadan boshlab o'lchangan masofa bilan belgilanadi (7.3-rasmda J_2 bekatdagi +31 nuqta).

Oraliq nuqtalarning balandligi tegishli bekatda hisoblanadigan asbob gorizonti orqali topiladi. Masalan, +31 nuqta uchun (7.6) va (7.7) formulalarga asosan balandlik quyidagicha hisoblanadi:

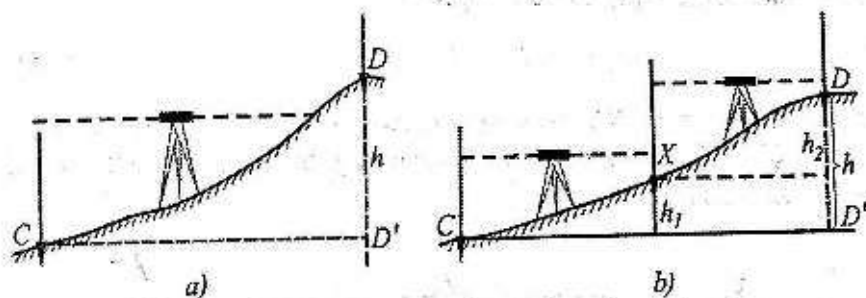
$$\left. \begin{aligned} H_{+31} &= H_i - c \\ H_i &= H_1 + a_2 \end{aligned} \right\} \quad (7.13)$$

Bu yerda c – oraliq nuqtada o'rnatilgan reykadan olingan sanoq.

Tik qiya joylarni nivelirlashda ikki qo'shni bog'lovchi nuqtalarni bir bekatdan nivelirlash imkoni bo'lmay qoladi (7.4-a rasm). Masalan, gorizonta'l nur reyka ustidan o'tishi mumkin. Bunday holda orada **iks (x) nuqta** deb ataluvchi qo'shimcha bog'lovchi nuqta olinadi (7.4-b rasm). Ungacha bo'lgan masofa o'lchanmaydi. Rasmdan o'lchanishi kerak bo'lgan umumiy nisbiy balandlik h alohida-alohida o'lchangan nisbiy balandliklar h_1 va h_2 yig'indisiga teng ekanligi ayon bo'ladi. Qiyalikning katta-kichikligiga qarab ikki bog'lovchi nuqta orasida bitta yoki bir nechta x nuqtalari olinishi mumkin.

Ketma-ket nivelirlashda natijani tekshirib borish uchun har bir stansiyada reykalarning ikki (qora va qizil) tomonlari bo'yicha yoki

reykalarning bir tomoni bo'yicha asbobning ikki gorizontida nivelirlash bajariladi.



7.4-rasm

Nivelirlash natijalari maxsus jurnalga yozib boriladi. Bir bekatda sanoqlar olib bo'lingandan keyin nisbiy balandlik hisoblanadi. Buning uchun orqadagi reykanidan olingan sanoqdan oldindagi reykanidan olingan sanoq ayrilishi kerak. Demak, bunda nisbiy balandlik ikki marta: qora tomondan olingan sanoqlar va qizil tomondan olingan sanoqlar bo'yicha aniqlanadi. Nisbiy balandlikning ikkala qiymati orasidagi farq 4 mm dan oshmasligi kerak. Bunga *stansiyadagi tekshirish* deyiladi. Agar shart bajarilsa, nisbiy balandlikning o'rtacha qiymati hisoblanadi va nivelir bilan keyingi bekatga ko'chib o'tiladi. Aks holda, bekatda nivelirlash qaytadan bajariladi.

7.4. Geometrik nivelirlashga yer egriligi va refraksiyaning ta'siri

Yuqorida (7.1-rasm) ko'rib o'tilgan geometrik nivelirlashning nazariyasida sathiy yuzani tekis yuza deb, vizir nurini esa to'g'ri chiziq bo'yicha o'tadi deb berilgan edi.

Amalda sathiy yuza tekislikka mos kelmaydi, vizir nuri esa havo qatlamining zichligi har xil bo'lgani tufayli sinib to'g'ri chiziqdan og'adi.

7.5-rasmdan vizir chizig'i MJN sathiy yuzaga parallel bo'lgan holda A va B nuqtalari orasidagi nisbiy balandlik h quyidagiga teng:

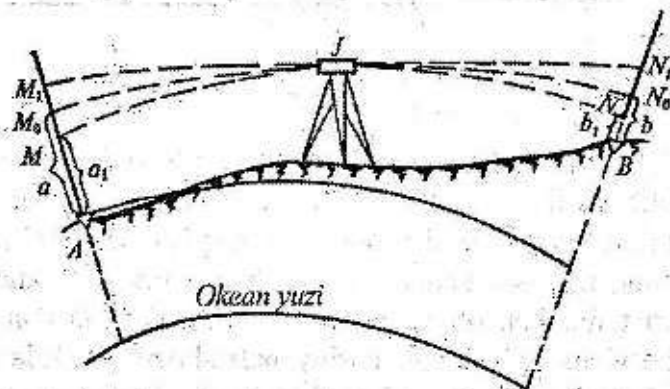
$$h = a_1 - b_1. \quad (7.14)$$

Vizir chiziq J nuqtasida egri chiziqqa urinma bo'lib o'tganda reykalardan olingan sanoqlar AM_1 va BN_1 ga teng bo'ladi va bu holda nisbiy balandlik h quyidagicha topiladi:

$$h = (a_1 + MM_1) - (b_1 + NN_1). \quad (7.15)$$

Bu yerda $MM_1 = k_1$; $NN_1 = k_2$ - yer egriligi uchun tuzatmalar bo'ladi.

Aslida, yorug'lik nuri faqat havoning bir xil muhitida to'g'ri chiziq ko'rinishida tarqaladi.



7.5-rasm

Tabiatda havo qatlamlari yer yuziga yaqin joyda nisbatan zichroq joylashadi va shunga ko'ra nivelir trubasiga reykanan yetib kelayotgan nur yo'lda havoning har xil qatlamlarini kesib o'tishiga to'g'ri keladi. Natijada M_1JN_1 vizirlash nuri (7.5-rasm) M_0JN_0 egri chiziq bo'yicha yo'naladi va $MM_1 = k_1$ va $NN_1 = k_2$ qiymatlari $M_0M_1 = r_1$ va $N_0N_1 = r_2$ refraksiya uchun tuzatma qiymatlariga kamayadi. Shunga ko'ra, reykalar bo'yicha haqiqiy sanoqlar quyidagiga teng bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} a &= a_1 + k_1 - r_1 \\ b &= b_1 + k_2 - r_2 \end{aligned} \right\}. \quad (7.16)$$

Yer egriligi va refraksiya qo'shma tuzatmasini $f_1 = k_1 - r_1$ va $f_2 = k_2 - r_2$ bilan belgilab, (7.16) dan quyidagini yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} a &= a_1 - f_1 \\ b &= b_1 - f_2 \end{aligned} \right\}. \quad (7.17)$$

Bu yerda f_1, f_2 – yer egriligi va refraksiya uchun qo‘shma tuzatma.
Topilgan a_1 va b_1 qiymatlarni (7.14) formulaga qo‘yib topamiz:

$$h = (a - f_1) - (b - f_2), \quad (7.18)$$

yoki

$$h = (a - b) - (f_1 - f_2). \quad (7.19)$$

Yer egriligi uchun o‘lchangan balandlikka tuzatma quyidagiga teng:

$$\Delta h = k = \frac{S^2}{2R}. \quad (7.20)$$

Bu yerda S – nivelirdan reykgagacha masofa, R – Yerning radiusi.

Refraksiya egrisi R_1 radiusga ega aylananing yoyi, deb faraz qilib (7.21) ga o‘xshash refraksiya tuzatmasi uchun yozamiz:

$$r = \frac{S^2}{2R_1}. \quad (7.21)$$

Refraksiya egrisining radiusi havo harorati, namligi, bosimi va boshqalarga bog‘liq bo‘lib, uni aniq ifodalab bo‘lmaydi. Yerning egrilik radiusi R ni refraksiya egriligidan radiusi R_1 ga nisbati quyidagicha ifodalanadi:

$$K = \frac{R}{R_1}. \quad (7.22)$$

Bu nisbatga *yerning sindirish koeffitsiyenti* deyiladi va u 0,16 ga teng deb qabul qilingan.

(7.22) formuladan R_1 qiymatini (7.21) ga qo‘yib topamiz:

$$r = 0,16 \frac{S^2}{2R}. \quad (7.23)$$

(7.20) va (7.23) lardan yer egriligi va refraksiya uchun umumiy tuzatma quyidagiga teng:

$$f = k - r = \frac{S^2}{2R} - 0,16 \frac{S^2}{2R} = 0,42 \frac{S^2}{R}.$$

yoki

$$f = 0,42 \frac{S^2}{R} \quad (7.24)$$

Bu formula bo'yicha, masalan, masofalar $S = 100$ m, $S = 200$ m bo'lganda $R = 6400$ km olib tegishli natijalarni topamiz $f = 0,7$ mm va $f = 3,0$ mm.

Bu tuzatmani hisobga olish yoki olmaslik, talab qilinadigan ish aniqligiga va ishni bajarish usuliga bog'liq. Nivelir o'lchanadigan nuqtalardan bir xil masofada o'rnatilsa, (7.19) formuladagi f_1 va f_2 qiyamatlar bir-biriga teng bo'ladi va u quyidagi ko'rinishga keladi:

$$H = a - b. \quad (7.25)$$

Demak, o'rtadan geometrik nivelirlashda yer egriligining ta'siri umuman yo'qotiladi, refraksiyaning ta'siri esa kamaytiriladi.

7.5. Geometrik nivelirlash aniqligi

O'rtadan geometrik nivelirlash formulasi (7.2) ga ko'ra o'lchan-gan nisbiy balandlikning o'rta kvadratik xatosi quyidagiga teng bo'ladi (IV bobga qaralsin):

$$m_h = \sqrt{m_a^2 + m_b^2}. \quad (7.26)$$

Bu yerda m_a , m_b — orqadagi va oldindagi reykalardan olingan sanoqlar o'rta kvadratik xatosi.

Yuqorida (IV bobda) ko'rib chiqilgan dalillarga asoslanib $m_a = m_b = m_{qar}$ deb, quyidagini yozish mumkin:

$$m_h = m_{qar} \sqrt{2}. \quad (7.27)$$

Bu yerda m_{qar} — reykaqa qarash xatosi.

Reykaqa qarash xatosi m_{qar} qiymatiga ta'sir etuvchi xatolar quyidagicha hisoblanadi:

1. Ko'rish trubasining vizir o'qini gorizontal holatga keltirish xatosi $m_{v.o'}$. Bu xato quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$m_{v.o.} = \frac{m_{adl}''}{\rho''} S, \quad (7.28)$$

Bu yerda m_{adl}'' – silindrik adilak pufakchasini nol punktga keltirish xatosi; S – asbobdan reykgacha bo‘lgan masofa (mm da).

Tadqiqotlar natijasiga asoslanib aniqlanishicha, $m_{adl}'' = 0,1\tau$, bu yerda τ – adilakning bo‘lak qiymati. Agar $\tau = 20''$ va $S = 100$ m bo‘lsa, (7.28) formuladan $m_{v.o.} \approx \pm 1$ mm.

2. Reykadan sanoq olishning o‘rta kvadratik xatosi $m_{r.s.}$, u quyidagiga teng:

$$m_{r.s.} = \pm \left(0,136 \frac{S}{V} + 0,0292t \right). \quad (7.29)$$

Bu yerda V – ko‘rish trubasining kattalashtirishi; t – reykaning bo‘lak qiymati (mm da).

Agar $S = 100$ m; $V = 20\times$; $t = 10$ mm bo‘lsa, (7.29) formuladan $m_{r.s.} \approx \pm 1$ mm.

3. Ko‘rish trubasining hal qilish qobiliyatiga bog‘liq bo‘lgan reykanadan sanoq olish xatosi $m_{x.q.}$, masofaga proporsional holda ta‘sir etadi:

$$m_{x.q.} = \frac{60''}{V\rho''} S, \quad (7.30)$$

$V = 20\times$; $S = 100$ m bo‘lsa, (7.30) formuladan $m_{x.q.} \approx \pm 1$ mm.

4. Reyka detsimetrlil bo‘laklarining tasodifiy xatosini $m_{r.b.} \approx \pm 0,5$ mm deb qabul qilish mumkin.

Ko‘rib chiqilgan xatolar bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan holda o‘lchash natijasiga ta‘sir etadi, deb qabul qilib, reykaqa qarash o‘rta kvadratik xatosi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$m_{qar} = \sqrt{m_{v.o.}^2 + m_{r.s.}^2 + m_{x.q.}^2 + m_{r.b.}^2}. \quad (7.31)$$

Bu formulaga qiymatlarini qo‘yib chiqib, (7.27) ga asosan $m_h = 2\sqrt{2} = \pm 3$ mm ni topamiz.

Shunday qilib, texnik nivelir va shashkali reykalari bilan bitta bekatda nivelirlashning o'rta kvadratik xatosini 3 mm deb qabul qilish mumkin. Nivelirdan reytagacha masofa $S = 100$ m bo'lganda 1 km nivelir yo'lida bekatlar soni $n = 5$ ga teng bo'ladi va bu yo'lning xatosi quyidagiga teng:

$$m_{km} = m_h \sqrt{n} = 3\sqrt{5} = \pm 7 \text{ mm.}$$

Chekli xato 1 km yo'l uchun $\Delta h_{\text{chekli}} = 3m_{km} = 3 \cdot 7 = 21$ mm, bu esa IV sinf nivelirlash aniqligiga to'g'ri keladi.

7.6. Nivelir turlari

Nivelirlar bo'yicha GOST 10528-90 «Nivelirlar. Umumiy texnik shartlar»ga asosan nivelirlarni tasniflash asosiga ikkita ko'rsatkich qabul qilingan:

– aniqligi bo'yicha nivelirlar 3 turga bo'linadi: **yuqori aniqlikdagi nivelirlar** – H-05, H-05K (Rossiya) *optik nivelirlar*, Trimble Dini (AQSh), Leica DNA 03 (Shveysariya) *raqamli nivelirlar*; **aniq nivelirlar** – H-3, 2H-3, H-3K, 2H-3KJI (Rossiya), Ni-30, Ni-50 (Germaniya), «Sprinter» Trimble (AQSh) Kernlevel-20 va 24 (Shveysariya); **texnik nivelirlar** – H-10, 2H-10KJI (Rossiya).

– konstruktiv tuzilishi bo'yicha nivelirlar **qarash trubasida silindrik adilak o'rnatilgan va kompensatorli nivelirlarga** bo'linadi. Kompensatorli nivelirda keltirilgan raqamlar 1 km ikkilangan nivelir yo'lida yo'l qo'yarli o'rta kvadratik xatosini ko'rsatadi, raqamdan keyin «K» harfi keltiriladi. Masalan, H-3K. Nivelir rusumida «J» harfi ko'rsatilgan bo'lsa, u limb doirasiga ega nivelir hisoblanadi. Masalan, 2H-10J. Bu yerda oldinda keltirilgan «2» raqami, model tartib raqami hisoblanadi. Yuqorida ko'rsatilgan H-05, H-3 va H-10 nivelirlar ham qarash trubasida silindrik adilakli, shuningdek, kompensatorli variantlarda ishlab chiqariladi. Jahonda geodezik asboblarni ishlab chiqarish tajribasiga ko'ra hozirgi paytda asosan kompensatorli nivelirlar ishlab chiqariladi. Aniqlanishicha, bunday nivelirlar ish unumdorligini 10–15% ga oshiradi.

Yuqori aniqlikdagi nivelirlar davlat tarmoqlarida, geodinamik poligonlarda I va II sinf nivelir yo'llarini o'tkazishda, aniq nivelirlar

III va IV sinf nivelirlash ishlarida faol qo'llaniladi. Texnik nivelirlar topografik syomkalar asosini yaratishda va qurilish maydonchalarida foydalaniladi.

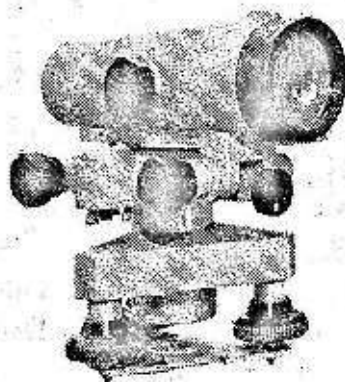
Hozirgi kunda amalda keng qo'llanilayotgan nivelirlarning texnik ko'rsatkichlari 7.1-jadvalda berilgan.

7.1-jadval

Ko'rsatkichlar	Nivelir turlari	
	H-3 / H-3K	H-10 / 2H10KJ
1 km yo'lda ikki tomonga bajariladigan nivelirlashdagi o'rta kvadratik xato, mm	3	10
Trubaning kattalashtirishi, karra	30	20
Silindrik adilak bo'lagining qiymati, sek/2mm "	15	45
Vizirlashning eng kichik masofasi, m	2	2
Kompensator chegarasi, min.	/±15	/±20
Nivelir massasi, kg	3	2

7.7. Aniq va texnik nivelirlar

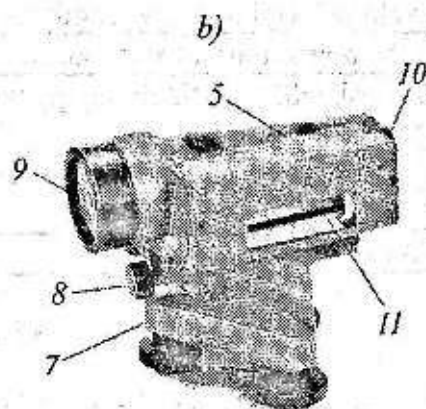
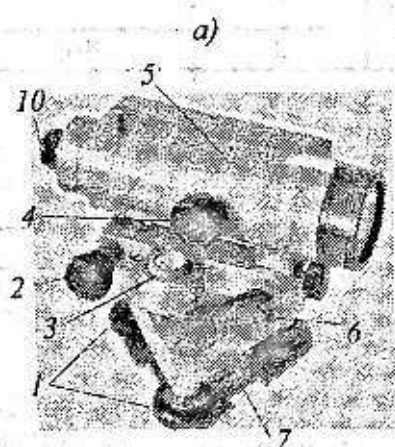
H-3 niveliri. Silindrik adilak va elevatsiya vintiga ega aniq nivelir (7.6-rasm). III va IV sinf nivelirlash, injenerlik qidiruv va qurilish ishlariga mo'ljallangan. Nivelirning asosiy qismlari (7.7-a, b rasm): taglik 7 uchta ko'targich vintlari 1 ga ega, qarash trubasi va silindrik (kontaktli) adilak 11, asbobning vertikal o'qi atrofida aylanuvchi trubaning umumiy korpusi 5 orqali o'zaro perpendikulyar qilib o'rnatilgan.



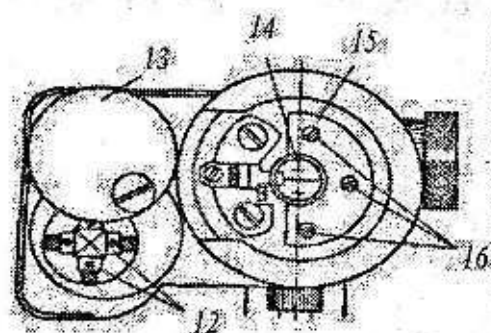
7.6-rasm

Qarash trubasini reykaga qaratib vint 8 bilan qo'zg'almas mahkamlanadi va kremalera vinti 4 bilan reyka tasviri aniqlashtiriladi, qaratish vinti 6 bilan truba reykaga aniq qaratiladi. Elevatsiya vinti 2 yordamida qarash trubasini silindrik adilak bilan birga kichik qiymatga vertikal tekislikda qiyalashtirish mumkin.

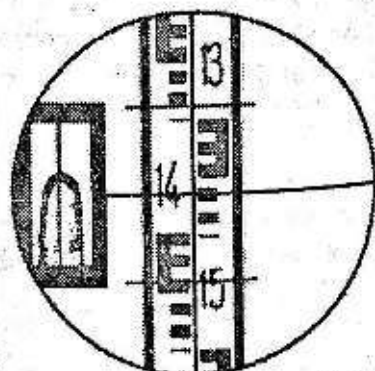
Okulyar 10 tomonidan silindrik adilak qutichasi qopqoqcha 13 bilan yopiladi (7.8-rasm). Qopqoqcha ostida tuzatgich vintlari 12 joylashgan bo'lib, ular yordamida adilak o'qini truba vizir o'qiga parallel keltirish amalga oshiriladi.



7.7-rasm



7.8-rasm



H-3 nivelirida sanoq: 1465

Dalnomer sanoqlari:

1389, 1542

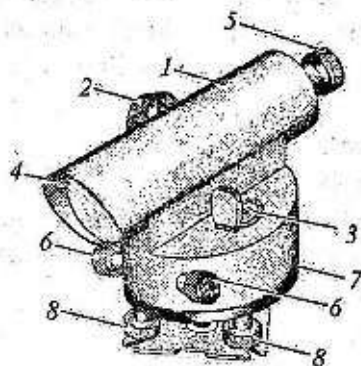
7.9-rasm

Iplar to'ri diafragmasi okulyari oldida joylashgan bo'lib, mahkamlash vintlari 15 ga ega.

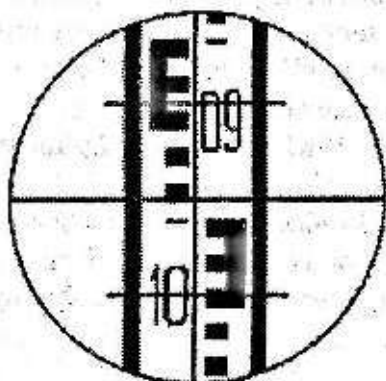
Ko'rish trubasining maydonida reyka va adilak pufakchasi uchlarining tasviri 7.9-rasmda keltirilgan.

Doiraviy adilak 3 (7.7-rasm) nivelir aylanish o'qini dastlabki vertikal holatga keltirishga xizmat qiladi. Doiraviy adilak pufakchasi markazga keltirilsa, ko'rish trubasi maydonida silindrik adilak pufakchasi uchlarining tasviri ko'rinadi. Ular uchini o'zaro tutashtirish elevatsion vint 8 ni burab amalga oshiriladi.

Kompensatorli H-3K niveliri. Bu nivelir H-3 nivelirining o'zgartirilgan konstruksiyasi bo'lib, mayatnikli optik-mexanik kompensatorga ega. Trubaning vizir o'qi ushbu kompensator yordamida o'z-o'zidan avtomatik ravishda gorizontol holatga keltiriladi. Silindrik adilak o'rnatilmagan. Ko'rish trubasining mahkamlash vinti yo'q, qaratish vinti esa chervyak (tishli) vinti ko'rinishida bo'ladi va okulyar 5 dan qarab buraladi.



7.10-rasm



H-3K nivelirida sanoq: 0989
Dalnomer sanoqlari: 0935, 1043

7.11-rasm

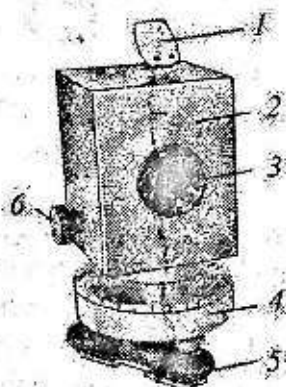
H-3K niveliri (7.10-rasm) ko'rish trubasi 1, kremalera vinti 2, doiraviy adilak 3, obyektiv 4 tomonida ikki yonboshda qaratish vintlari 6, doiraviy taglik 7, ko'targich vintlar 8 va vizir o'qini gorizontol holatga kelishini ta'minlaydigan optik (prizmalı) kompensator bilan jihozlangan. Optik kompensator ishlashi uchun doiraviy taglik qiyaligi $\pm 15'$ dan oshmasligi kerak. Shuning uchun avval bo'lak

qiymati 10' ga teng bo'lgan doiraviy adilak pufakchasi uchta ko'targich vint yordamida o'rta (nol punktga) keltiriladi. Truba vertikal o'q atrofida yengil aylanib, turgan vaziyatini yaxshi va tinch saqlaydi, shu sababli u mahkamlagich vintiga ega emas. Ikki yonboshdagi cheksiz buraydigan qaratish vintlaridan xohlagan bittasi bilan trubani reyka ga aniq to'g'rilash mumkin. Nivelir o'rnatgich vint yordamida shtativ ustiga o'rnatiladi. Shtativ yerga boshmoqlari botirilib o'rnatirilganda usti taxminan gorizontall bo'lishiga e'tibor qilinishi kerak. Shunday qilinmasa, nivelirdagi doiraviy adilak pufakchasini ko'targich vintlar yordamida o'rta ga keltirish mumkin bo'lmay qoladi.

7.11-rasmda H-3K niveliri ko'rish trubasida reyka tasviri ko'rsatilgan. H-3K niveliri H-3KJI va 2H-3KJI shifrlari bilan gorizontall limbbi konstruksiyada chiqariladi. Limb bo'lagining qiymati 1° ga teng. Limbdan sanoq 0,1° aniqlikda olinadi.

Texnik H-10KJI niveliri. H-10KJI niveliri texnik aniqlikdagi nivelirlar turiga kiradi va u texnik nivelirlashni 1 km nivelir yo'lining ikki tomoniga 10 mm gacha o'rta kvadratik xatolik bilan bajarish uchun mo'ljallangan (7.12-rasm). Nivelir kompensator va limb bilan ta'minlangan.

H-10KJI niveliri kattalashtirishi 20^x bo'lgan ko'rish trubasiga ega, gorizontall doira limbbining bo'lak qiymati 1°, gorizontall burchaklar 6' o'rta kvadratik xato bilan o'lchanadi. Bo'lak qiymati (2 mm) 10' ga teng doiraviy adilak orqali asbob ish holatga keltiriladi. Asbobning tashqi qismi yengil termoizolyatsiya qopqog'i bilan yopilgan.



- 1-doiraviy adilak;
- 2-qopqogʻ;
- 3-obyektiv;
- 4-taglik;
- 5-ko'targich vint;
- 6-kremalera vinti.

7.12-rasm.

Asbobni tuzatish uchun iplar to'ri va adilak tuzatgich vintlar bilan ta'minlangan. Nivelir predmet tasvirini to'g'ri hosil qiluvchi optik sistema bilan jihozlangan. Kompensator gorizontal tekislikka nisbatan nivelirning vertikal o'qidan $\pm 15'$ oraliqda og'ishida bir xil holatni egallaydi. Kompensatorning doimiy holatini saqlash sharikpodshipnikli mayatnik yordamida amalga oshiriladi. Havoli dempfer bilan to'xtaladigan kompensatorning tebranishini tinchitish vaqti 2 sekunddan oshmaydi.

7.8. Nivelirlarning tekshirishlari va tuzatishi

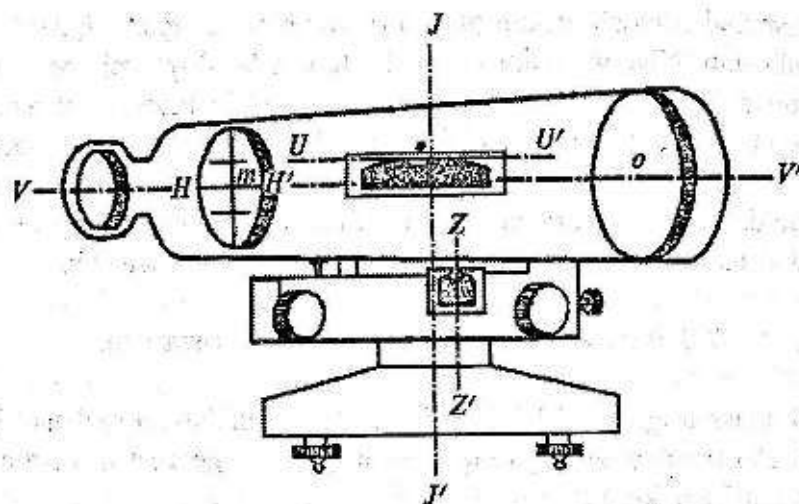
Dala ishlariga chiqishdan oldin nivelir sinchiklab ko'rikdan o'tkaziladi. Har qanday ishga yaroqli nivelir quyidagi geometrik shartlarni qanoatlantirishi kerak.

1. Doiraviy adilak o'qi nivelirning aylanish o'qiga parallel bo'lishi kerak ($ZZ' \parallel JJ'$, 7.13-rasm).

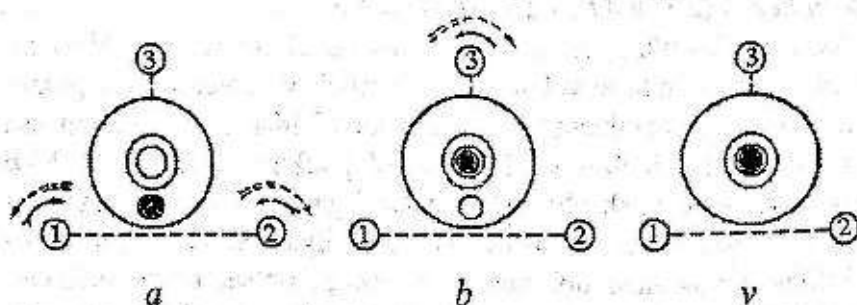
Ko'targich vintlar yordamida doiraviy adilak pufakchasi nol punktga keltiriladi. Bunda avval ikkita ko'targich vint yordamida pufakchani nol punkt qarshisiga olib kelinadi (7.14-a rasm). Keyin esa uchinchi ko'targich vint yordamida nol punktga keltiriladi (7.14-b rasm). Nivelir aylanish o'qi atrofida 180° ga buriladi, agar pufakcha nol punktda qolsa (7.14-v rasm), shart bajarilgan bo'ladi. Agar doiraviy adilak pufakchasi nol punktdan chetga og'sa, unda pufakcha og'ish yoyining yarmiga adilakning tuzatgich vintlari, qolgan yarmiga esa ko'targich vintlar yordamida nol punktga keltiriladi. Shundan keyin shart bajarilishini yana tekshirib ko'rish kerak.

2. Iplar to'rining gorizontal ipi nivelirning aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lishi kerak ($HH' \perp JJ'$, 7.13-rasm).

Bu shartni tekshirish uchun nivelirdan 8 – 10 m masofada reyka o'rnatiladi va unga ko'rish trubasi qaratiladi. Qaratish vinti yordamida ko'rish maydonidagi reyka tasviri gorizontal ipning o'ng va chap uchlariga keltirilib sanoqlar olinadi. Agar sanoqlar bir xil chiqsa, shart bajarilgan hisoblanadi. Aks holda, sanoqlar 1 mm dan ko'pga farq qilsa, iplar to'ri tuzatilishi kerak. Buning uchun avval sanoqlarning o'rtacha qiymati hisoblanadi, keyin tuzatgich vintlar bo'shatilib, iplar to'ri gorizontal ipining uchida o'rtacha sanoq hosil bo'lguncha buriladi. Shundan keyin tuzatgich vintlarni mahkamlab, tekshirishni takrorlash kerak.



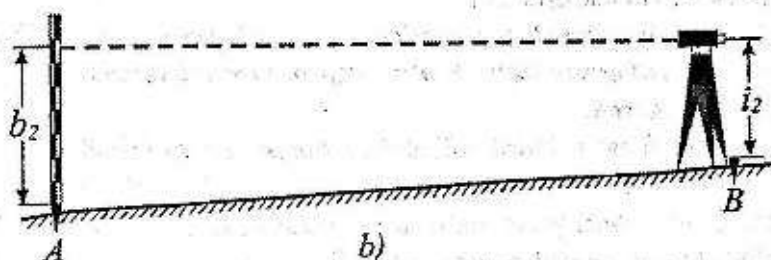
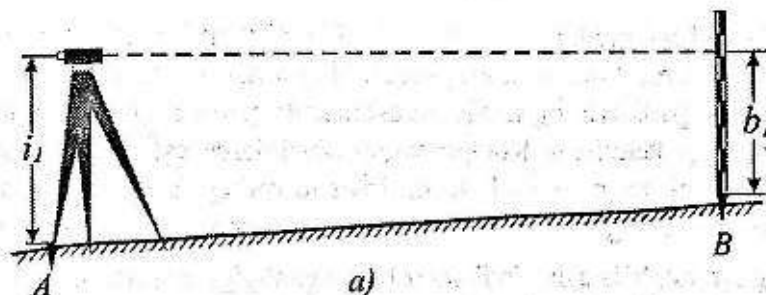
7.13-rasm



7.14-rasm

3. *Trubaning ko'rish o'qi silindrik adilak o'qiga parallel bo'lishi kerak* ($VV' \parallel UU'$, silindrik adilakli nivelirlarda) yoki *trubaning ko'rish o'qi gorizontal bo'lishi kerak* (kompensatorli nivelirlarda).

Bunga *nivelirlarning asosiy geometrik sharti* deyiladi. Bu shartni tekshirish uchun bir-biridan 50 – 70 m masofada turgan *A* va *B* nuqtalariga qoziq qoqiladi (7.15-rasm). *A* va *B* nuqtalarining oralig'i to'g'ri va teskari yo'nalishda oldinga nivelirlash usuli bilan nivelirlanadi. Buning uchun *A* nuqta yoniga nivelirning okulyari shovun chizig'i bo'yicha nuqta (qoziq) ustiga to'g'ri keladigan qilib o'rnatiladi va qoziq ustidan okulyar markazigacha bo'lgan balandlik nivelir balandligi i_1 reyka yordamida o'lchanadi. Keyin reyka *B* nuqtadagi qoziq ustiga vertikal qilib qo'yiladi va unga ko'rish trubasi qaratilib, b_1 sanog'i olinadi (7.15-a rasm).



7.15-rasm

Endi aynan shunday ish teskari yo'nalishda bajariladi. Bunda B nuqta yoniga o'rnatilgan nivelirning balandligi i_2 o'lchanadi va A nuqtadagi qoziq ustiga qo'yilgan reykadan b_2 sanog'i olinadi. Reykadan sanoq olinayotgan paytda ko'rish maydonidagi adilak pufakchasi yarim pallalarining tasviri tutashtirilgan bo'lishi (silindrik adilakli nivelirlarda) yoki doiraviy adilak pufakchasi nol punktda bo'lishi (kompensatorli nivelirlarda) kerak.

Asosiy geometrik shartning bajarilmaslik xatosi x quyidagi ifoda bo'yicha topiladi:

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} \quad (7.32)$$

Agar x ning qiymati 4 mm dan oshmasa, shart bajarilgan bo'ladi. Aks holda, silindrik adilakli nivelirlarda silindrik adilak o'qining holati, kompensatorli nivelirlarda esa ko'rish o'qining holati tuzatilishi kerak. Buning uchun reykadan oxirgi marta olingan sanoqning tuzatilgan qiymati hisoblab $b_{2_{uz}} = b_2 - x$ olinadi. Keyin silindrik adilakli nivelirlarda elevatsion vint yordamida iplar to'rining gorizontalligi tuzatilgan $b_{2_{uz}}$ sanog'iga to'g'rilanadi. Shunda silindrik adilak

pufakchasi nol punktdan chetlashadi. Silindrik adilakning yuqoridagi va pastdagi tuzatgich vintlari yordamida ko'rish maydonidagi pufakcha yarim pallalarining tasviri tutashtiriladi, ya'ni bu bilan pufakcha nol punktga keltiriladi. Kompensatorli nivelirlarda esa doiraviy adilak pufakchasini nol punktga keltirib, iplar to'rlining yuqorida va pastda joylashgan tuzatgich vintlari yordamida gorizontali ip tuzatilgan b_{2uz} sanog'iga to'g'rilanadi. Endi shart bajarilganligiga ishonch hosil qilish uchun tekshirish takrorlanadi.

4. Asbob aylanish o'qi vertikal holatda turganda silindrik adilak o'qi va trubaning ko'rish o'qi o'zaro parallel vertikal tekisliklarda yotishi kerak.

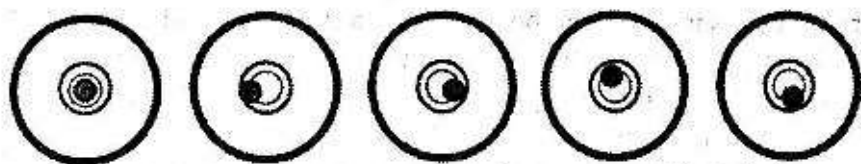
Bu shart faqat silindrik adilakli nivelirlarda tekshiriladi. Ko'rish trubasi ko'targich vintlardan birining yo'nalishi bo'yicha o'rnatiladi va adilak pufakchasi yarim pallalarining tasviri tutashtirilib, 50–70 m masofada turgan reykanadan sanoq olinadi.

Ko'rish trubasiga nisbatan ikki yonboshda qolgan ikkita ko'targich vint qarama-qarshi tomonga bir necha marta buralib, nivelir avval bir tomonga, keyin ikkinchi tomonga og'diriladi. Har ikkala holda ham sanoqning va pufakcha yarim pallalari tasvirining o'zgarmasligi tekshiriladi.

Agar sanoq o'zgarmagan holda pufakcha yarim pallalarining tasviri tutashgan holda qolsa, yoki faqat bir tomonga siljisa, shart bajarilgan bo'ladi. Aks holda, ya'ni sanoq o'zgarmaganda pufakcha yarim pallalarining tasviri qarama-qarshi tomonga siljisa, bu siljish silindrik adilakning yonbosh tuzatgich vintlari yordamida bartaraf qilinadi. Har galgidek tekshirish takrorlanishi kerak.

5. Kompensatorning to'g'ri ishlashiga ishonch hosil qilish kerak.
Demak, bu shart kompensatorli nivelirlarda tekshiriladi. Buning uchun nivelirdan 40–50 m masofada reyka qo'yiladi va doiraviy adilakning pufakchasi nol punktda bo'lganda (7.16-a rasm) reykanadan b_a sanog'i olinadi. Keyin ko'targich vintlar yordamida pufakcha okulyar, obyektiv, chap va o'ng tomonlarga bir bo'lakka og'dirilib (7.16-rasm, b, v, g va d), reykanadan b_b , b_v , b_g va b_d sanoqlari olinadi.

Bu sanoqlar dastlabki olingan b_a sanog'idan 1 mm dan ortiq farq qilmasligi kerak. Aks holda, kompensator nivelir ishlab chiqarilgan zavodda yoki maxsus ustaxonalarda sozlanadi.



a)

b)

v)

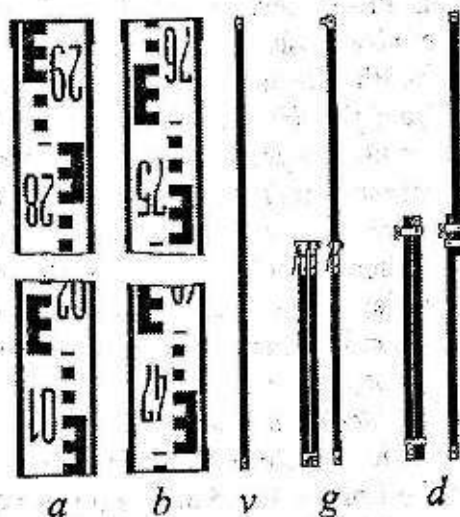
g)

d)

7.16-rasm

7.9. Nivelir reykalari va ularning tekshirishlari

Nivelir reykalari sifatli yog'ochdan yasalgan bo'lib, uzunligi 3 yoki 4 m (3000 yoki 4000 mm), qalinligi 2–3 sm va eni 8 sm ga teng (7.17-rasm). Reykaga shashkasimon santimetrli bo'laklar chizilgan va detsimetrli oraliqlar arab raqamlari bilan ko'rsatilgan. Bo'laklar hisobi reykaning pastki uchi (tovoni) dan boshlanadi. Detsimetrli bo'laklarning boshlanishi chiziqli bilan belgilangan.



a)

b)

v)

g)

d)

7.17-rasm

Reyka egilmaydigan va chidamli bo'lishi uchun qo'shtavr kesimli qilib yasalgan va ikki uchiga metall (tunuka) qoplangan. Reykalar bir tomonli (bo'laklar bir tomoniga chizilgan) va ikki tomonli (bo'laklar ikki tomoniga chizilgan) bo'ladi. Ikki tomonli reykalarning bir

tomonidagi shashkasimon bo'laklar oq va qora, ikkinchi tomonidagi-lari esa oq va qizil rang bilan bo'yalgan bo'ladi. Shuning uchun reyka-ning qora rangli tomoni «qora tomon», qizil rangli tomoni esa «qizil tomon» deb ajratiladi.

Sanoq olish qulay bo'lishi uchun har detsimetrli bo'lakning dast-labki bosh santimetrli bo'laklari «E» harfi ko'rinishida beriladi va qiymati dm birlikda yoziladi.

Reykalarning qora tomonida sanoq noldan (7.17-a rasm), qizil tomonida esa ixtiyoriy sondan, masalan, 4683 mm dan (7.17-b rasm) boshlanadi. Natijada nivelirlashda qo'llanilayotgan reykalar juftining qora va qizil tomonidan olingan sanoqlar farqi doimiy qiymatga teng bo'ladi. Ikki tomonli reykalar qo'llanilganda nivelirning balandligini o'zgartirmasdan turib, nisbiy balandlikni ikki marta, ya'ni qora tomon-dan olingan sanoqlar va qizil tomondan olingan sanoqlar bo'yicha aniqlash mumkin.

Nivelir reykalari uch turda: PH-05, PH-3 va PH-10 shifrlari bilan chiqariladi. Shifrdagi sonlar 1 km nivelir yo'lidagi xatolik qiymatini mm da ifodalaydi. PH-05 reykalari I, II sinf nivelirlash, PH-3 reykalari III, IV sinf nivelirlash va PH-10 reykalari texnik nivelirlash uchun mo'ljallangan. Biroq texnik nivelirlashda ko'proq PH-3 reyka-lari qo'llaniladi. Uzunligi 3000 mm li reykalar yaxlit (7.17-v rasm) yoki buklanadigan qilib chiqariladi. Ba'zan buklanmasdan, surilib yig'iladigan (yig'ma) reykalar (7.17-d rasm) ham tayyorlanadi.

Dala ishlarini boshlashdan oldin reykalarning butunligi, bo'laklar va raqamlar bo'yog'ining ko'chmaganligi, mahkamlash moslama-larining ishlashi (buklanadigan yoki yig'ma reykalarda) va uchlari-dagi metall qoplamalarning mustahkamligi ko'rib chiqiladi. Keyin quyidagi tekshirishlar bajariladi:

1. *Reykalar juftidagi metrli oraliqlarning o'rtacha qiymatini aniqlash.* Tekshirish Jeneva chizg'ichi (zanglamaydigan oq metall-dan yasalgan, uzunligi 1 m, eni 40–55 mm, ikki yog'i qiya yo'nilgan va bir tomoni 0,2 mm, ikkinchi tomoni esa 1 mm li bo'laklarga bo'lin-gan maxsus chizg'ich) yordamida bino ichida bajariladi. Tekshirishni boshlashdan oldin metrli oraliqlar, ya'ni qora tomondagi 01, 10, 20, 29; qizil tomondagi 47, 57, 67, 76 detsimetrli bo'laklarning boshla-nishi o'tkir qalam bilan metall chizg'ich yordamida belgilab olinadi. Reyka egilmaydigan qilib gorizontal holatda yotqiziladi. Keyin Jeneva

chizg'ichi yordamida har bir metrli oraliq (01–10, 10–20, 20–29 va 47–57, 57–67, 67–76) ikki marta: to'g'ri va teskari yo'nalishda o'lchanadi. Har bir metrli oraliqda Jeneva chizg'ichining o'ng va chap uchlaridan olingan sanoqlar farqi 0,1 mm dan oshmasligi kerak. Reykalar juftidagi metrli oraliqlarning o'rtacha qiymatlari bir-biridan 0,8 mm gacha farq qilishi mumkin.

2. Detsimetrli bo'laklardagi xatolikni aniqlash. Tekshirish reykaning qora tomonida 01–29, qizil tomonida 47–76 oraliqda Jeneva lineykasi yordamida bajariladi. Tekshirishni boshlashdan oldin detsimetrli bo'laklarning chetlari o'tkir qalam bilan metall chizg'ich yordamida belgilab olinadi. Jeneva chizg'ichining chap uchidagi lupadan qaralib, chizg'ichning nol shtrixi reykadagi birinchi detsimetr boshlanishi bilan tutashtiriladi. Keyin o'ng tomondagi lupa chizg'ich bo'yicha surilib, detsimetrli bo'laklar chetiga keltiriladi va sanoqlar olinadi. O'lchash har metrli oraliqda ikki marta bajariladi. Ikkinchi marta o'lchashdan oldin Jeneva chizg'ichi biroz siljutiladi. PH-3 reykalarida detsimetrli bo'laklar xatoligi: III sinf nivelirlash uchun 0,4 mm, IV sinf nivelirlash uchun 0,6 mm va texnik nivelirlash uchun 1,0 mm dan oshmasligi kerak.

Reykadagi detsimetrli bo'laklarni tekshirish bilan birgalikda qora tomondagi nolning reyka uchidagi metall qoplama (tovon) chetiga to'g'ri kelishi ham tekshiriladi. Texnik nivelirlashda qo'llaniladigan reykalarda nolning tovon chetiga to'g'ri kelmaslik xatosi 1,0 mm dan ortiq bo'lmasligi kerak.

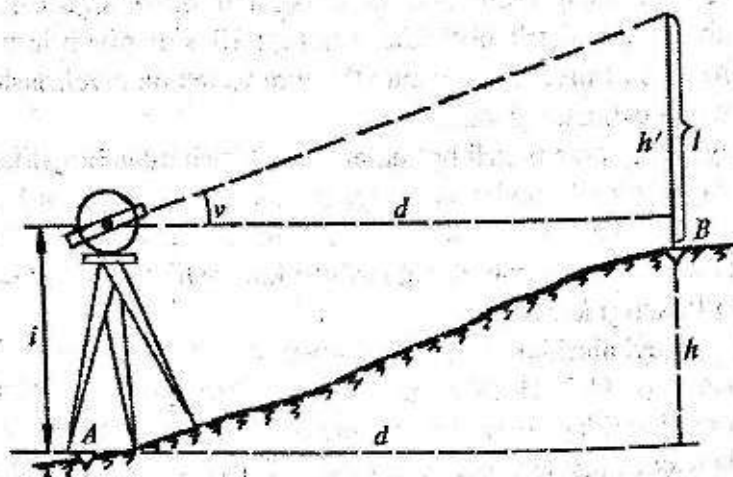
PH-3 reykalaridan sanoq millimetr aniqligida olinadi. 7.9 va 7.11-rasmlarda H-3, H-3K nivelirlaridan kuzatilayotgan reykalarining ko'rish maydonidagi tasviri va ularga mos sanoqlar keltirilgan. Nivelirlarda teskari tasvir beruvchi ko'rish trubalari o'rnatilganligi uchun reyka nuqtaga 7.17-a, b rasmdagi holda o'rnatiladi. Nivelirlashda iplar to'ringining vertikal ipi reykaning o'qi bo'yicha joylashtiriladi va silindrik adilak pufakchasi yarim pallalarining tasviri tutashtiriladi (H-3 nivelirida) yoki doiraviy adilak pufakchasi o'rtaga keltiriladi (H-3K nivelirida). Reykadan sanoq asosiy gorizontaal ip bo'yicha olinadi. Sanoq olishda avval gorizontaal ip to'g'ri kelgan detsimetrli bo'lak qiymati o'qiladi. Masalan, 7.9-rasmda 14; keyin detsimetrli bo'lakning yuqori chetidan gorizontaal ipgacha to'liq santimetrli bo'laklar har qaysisi 10 mm dan hisoblanib, oxirgi to'liq bo'lmagan santimetrli

bo'lakning millimetrdagi qiymati chamalab olinadi – 65. Demak, sanoq «o'n to'rtu oltin besh» deb aytilib, to'rt xonali son ko'rinishida yoziladi, ya'ni 1465. Nivelirdan reykgacha bo'lgan masofani aniqlashda dalmomer iplaridan ham shu tartibda sanoq olinadi.

7.10. Trigonometrik nivelirlash

Trigonometrik nivelirlashda nivelirlanadigan nuqtalar orasidagi chiziq uzunligi va uning og'ish burchagi o'lchanadi. Bu nivelirlash yordamida balandlik uzoq masofaga tez va oson uzatiladi.

Joydagi A va B nuqtalar orasidagi nisbiy balandlik h ni o'lchash uchun (7.18-rasm) nuqtalarning biriga (masalan, A da) teodolit taxco-metr, B nuqtaga esa reyka o'rnatiladi va ko'rish trubasini reyka uchiga qaratib og'ish burchagi ν o'lchanadi (ν burchakni o'lchash 5.11 da berilgan).



7.18-rasm

Agar AB chizig'ining gorizonttal quyilishi d bo'lsa, asbob balandligi i va reyka balandligi l ni tashkil qilsa, 7.18-rasmdan quyidagini yozish mumkin:

$$h + l = h' + i$$

yoki

$$h + l = h' - i.$$

(7.33)

$$h' = dtgv$$

bo'lgani uchun nisbiy balandlik qiymati quyidagiga teng:

$$h = dtgv + i - l. \quad (7.34)$$

Bu formula yer egriligi va refraksiya ta'sirini hisobga olmasdan chiqarildi. Yer egriligi va refraksiya ta'siri uchun kiritiladigan umumiy tuzatma f bilan ifodalansa (7.34), formula quyidagicha bo'ladi:

$$h = dtgv + i - l + f. \quad (7.35)$$

Bu formulaga *trigonometrik nivelirlashning asosiy formulasi* deyiladi.

Nivelirlanadigan nuqtalar orasidagi masofa $d = 300$ m bo'lganda, (7.24) formuladan $f = 0,01$ m bo'lishini aniqlaymiz. Trigonometrik nivelirlashda ko'pincha nisbiy balandlik qiymati $0,01$ m gacha yaxlitlab olinadi va shunga ko'ra $d = 300$ m gacha bo'lganda f tuzatma hisobga olinmasligi mumkin.

Agar v ni o'lchashda ko'rish trubasi reykada belgilangan asbob balandligiga qaratilsa (ya'ni $i = l$ teng qilib olinsa), yuqoridagi (7.35) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$h = dtgv. \quad (7.36)$$

Ipli dalnomerda o'lchangan qiya chiziqli uzunligi D ning gorizontali quyilishi qiymati d quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi (6.6. ga qaralsin).

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

Bundan d qiymatini (7.36) ga qo'yib, og'ish burchagining qiymati 10° gacha bo'lganda, $\sin 2v \approx \sin v$ ekanini hisobga olib yozamiz:

$$h = \frac{1}{2}(Kn' + c)\sin 2v. \quad (7.37)$$

Bu formuladagi $Kn' + c$ ni D bilan ifodalab yozamiz:

$$h = \frac{1}{2}D\sin 2v. \quad (7.38)$$

Amaliy hisoblashlarda ushbu formula ishlatiladi. Nisbiy balandlik qiymatlarini hisoblashni osonlashtirish maqsadida ishlab chiqilgan maxsus taxeometrik jadvallar yoki nomogrammalardan foydalanish mumkin. Trigonometrik nivelirlashda asbob balandligi i va qaratish balandligi l qiymatlari 0,01 m aniqlikda o'lchab topiladi va uni kichik bo'lganligi uchun e'tiborga olmaslik mumkin. Shunday qilib, trigonometrik nivelirlash aniqligiga asosan chiziqli uzunligining o'lchash xatosi ta'sir etadi.

Og'ish burchagining qiymati 10^0 gacha va masofa $D = 100$ m bo'lib, u 1:200 aniqlikda o'lchansa, (7.38) formula bo'yicha hisoblangan nisbiy balandlikning chekli xatosi $\Delta h \approx \pm 4$ sm ni tashkil etadi.

Nazorat savollari:

1. Nivelirlash deb nimaga aytiladi?
2. Nivelirlashning qanday turlari mavjud?
3. Geometrik nivelirlash nima va u qaysi asbob bilan bajariladi?
4. Trigonometrik nivelirlash nima va u qaysi asbobda bajariladi?
5. O'rtadan geometrik nivelirlashning afzalligi nimada?
6. Nivelirlarning qanday turlarini bilasiz?
7. Silindrik adlakli nivelirning bosh sharti nima?
8. Kompensatorli nivelirlarning asosiy qismlari qaysilar?

GEODEZIK TARMOQLAR

8.1. Umumiy ma'lumotlar

Geodezik ishlarni olib borishda eng muhim vazifa dastlab tayanch tarmoqni qurish hisoblanadi. Tayanch geodezik tarmoq yer sirti nuqtalarining (geodezik punktlarining) maxsus belgilangan (mahkamlangan) majmui bo'lib, ularning o'zini umumiy koordinatalar va balandliklar sistemada aniqlangan bo'ladi. Odatda, bunday tayanch tarmoqlar konkret (muayyan) davlatning butun hududi uchun qurilib, uning punktlari davlat hududida imkon boricha bir xil zichlikda joylashtirilib, koordinatalari yuqori aniqlik bilan bitta sistemada aniqlanadi. Bunday tarmoqning vazifasi davlatning butun hududini kartalashtirishni, ilmiy va amaliy maqsadlardagi ishlarini ta'minlashdan iborat.

Geodezik tarmoqlarni qurish prinsipi umumiydan xususiyga (yakaga) o'tish, ya'ni avval katta hududdagi juda yuqori aniqlikdagi ishlardan kichik maydonlardagi aniqligi past ishlarga o'tishga asoslanadi. Shunga ko'ra geodezik tarmoqlar *davlat geodezik tarmoqlari*, *zichlash geodezik tarmoqlari* va *syomka geodezik tarmoqlariga* bo'linadi. Geodezik tarmoq punktlari o'zaro bog'langan bo'lib, ular zaruriy zichlikda va aniqlikda quriladi.

Davlat geodezik tarmoqlari planli va balandlik (nivelir) tarmoqlariga bo'linadi.

Planli tarmoqlar nuqtalarning planli koordinatalari (x, y) ni, balandlik tarmoqlari esa nuqtalar mutlaq balandligi (H) ni aniqlashga xizmat qiladi. Davlat geodezik tarmoqlari punktlarining koordinatalari va balandliklari maxsus katalogga yozib qo'yiladi. Katalogda qo'shimcha punktlarning joylashgan o'zini chizmasi va tegishli ma'lumotlar yozib qo'yiladi. Ushbu ma'lumotlar (kataloglar) davlat kartografiya-geodeziya fondi tashkilotida saqlanadi.

Zichlash geodezik tarmoqlari davlat geodezik tarmoqlari punktlarining zichligini oshirish maqsadida ular orasida quriladi. Zichlash tarmoqlari haqida to'la ma'lumot mazkur darslikning II qismida beriladi.

Syomka geodezik tarmoqlari davlat geodezik tarmoqlari va zichlash tarmoqlari negizida quriladi. Ularning nuqtalari joyini konturli

yoki topografik syomkalarini bajarish, loyiha nuqtalarini joyga ko'chirish va boshqalar uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Syomka geodezik tarmog'i haqida to'la ma'lumot 8.4. da beriladi.

8.2. Davlat planli geodezik tarmoqlari

Davlat geodezik tarmog'i barcha masshtablarda bajariladigan topografik syomkalarining bosh geodezik asosi bo'lib xizmat qiladi. Davlat geodezik tarmog'ining zamonaviy tarkibi quyidagicha: davlat planli geodezik tarmog'i, davlat balandlik geodezik tarmog'i va davlat sun'iy yo'ldosh geodezik tarmog'i.

Davlat planli geodezik tarmoqlari to'rtta sinf (1, 2, 3 va 4-sinflar) ga bo'linadi. Ular bir-biridan burchaklar va tomonlarni o'lchash aniq-ligi, tomonlarining uzunligi va qurish ishlarining ketma-ketligi bilan farqlanadi.

O'zbekiston Respublikasi hududida nuqtalar koordinatalari (x, y) ni sanashning bosh (nol) nuqtasi bo'lib, Pulkovo observatoriyasining gumbazi markaz vazifasini bajaradi.

Planli tarmoqlar quyidagi usullarda quriladi.

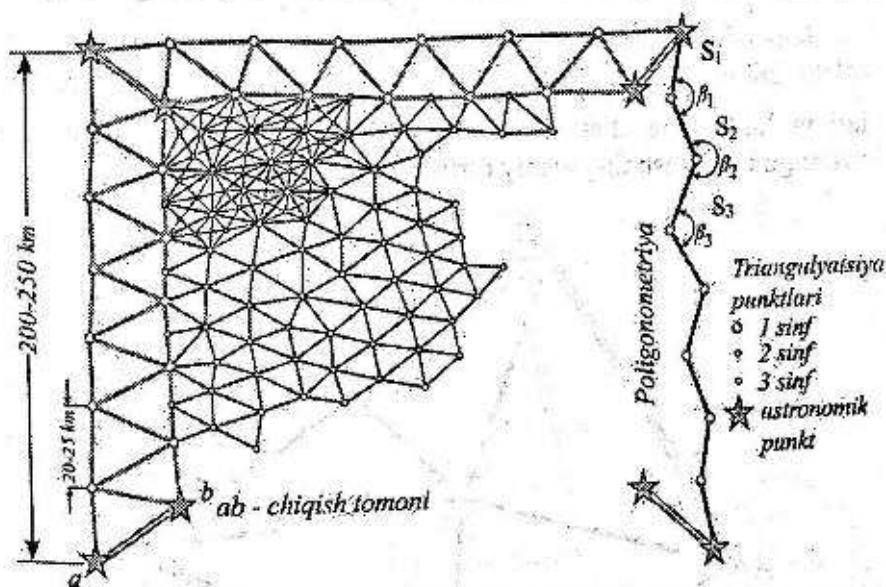
Triangulyatsiya usuli tarmoqni tashkil qiluvchi uchburchaklar burchaklari, boshlang'ich va oxirgi uchburchaklar bazis tomonlari-ni uzunligini o'lchashga asoslangan. Bunda joyda mustahkam o'rnatilgan uchburchaklar uchlari *punktlar* deb ataladi. Burchaklar aniq va yuqori aniqlikda teodolitlar bilan, tomonlar uzunligi sveto-dalnomer yoki elektron dalnomerlar bilan yuqori aniqlikda o'lcha-nadi. Uchburchaklarning qolgan tomonlari sinuslar teoremasi bo'yi-cha hisoblanib topiladi. Matematik hisoblashlar orqali tarmoq punkt-larining koordinatalari bitta sistemada aniqlanadi.

Poligonometriya usuli sinq chiziqlardan tashkil topuvchi ko'p-burchaklarda burchaklar uchi nuqtalari joyda mahkamlanadi, tomon-lar orasidagi burchaklar va barcha tomon uzunligi o'lchanadi.

O'lchangan natijalar matematik ishlab chiqilib, punktlar koordi-natalari aniqlanadi. Poligonometriya ko'rinish sharoiti qiyin bo'lgan joylar (o'rmon va shaharlar hududi)da qo'llaniladi. Hozirgi kunda poli-gonometriyada burchak va tomonlar uzunligi aniq va yuqori aniq elektron taxseometrlarda o'lchanadi.

Trilateratsiya usulida uchburchaklardan tashkil topgan tarmoqda barcha uchburchaklar tomonlari o'lchanadi. Ushbu tomonlar orqali uchburchaklar burchaklarining qiymatlari hisoblanadi. Yakuniy hisoblashlarni bajarib tarmoq punktlarining koordinatalari aniqlanadi.

Davlat triangulyatsiya tarmog'ini qurish 1-sinf dan boshlanadi. Bunda uchburchaklar qatori (zveno)lari meridian va parallelar yo'nalishi bo'yicha joylashtiriladi, qatorlar har birining uzunligi 200–250 km va ular hosil qilgan poligonlar perimetri 800–1000 km ni tashkil qiladi (8.1-rasm). Qatorlar tutashgan joylarda bazis tomonlar olinib, ular uchlarida astronomik kuzatishlardan astronomik kenglik va uzoqlik aniqlanadi.



8.1-rasm

2-sinf triangulyatsiya tarmoqlari 1-sinf poligonlarini yoppasiga to'ldiruvchi uchburchaklar tarmog'i ko'rinishida quriladi (8.1-rasm).

2-sinf tarmoqlari 3 va 4-sinf tarmoqlariga tayanch bo'lib xizmat qiladi va 1-sinf punktlari orasini zichlash uchun xizmat qiladi. Zarur holatlarda 3 va 4-sinf tarmoqlari mustaqil tarmoqlar sifatida ham qurilishi mumkin (8.2-rasm).

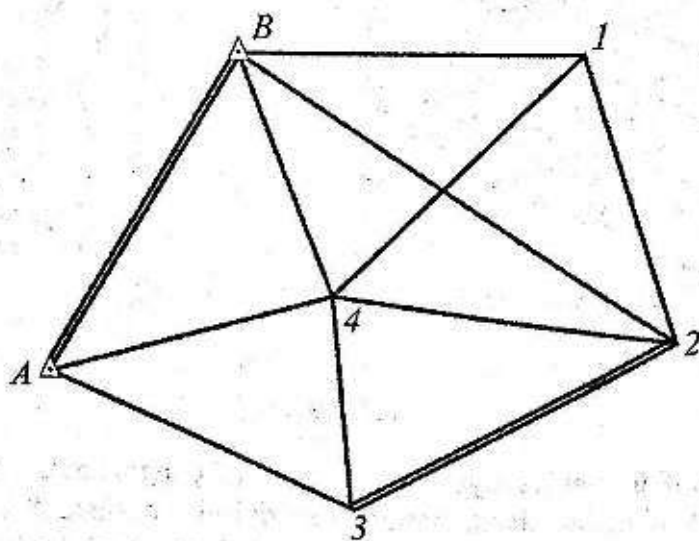
Poligonometriya usulida davlat planli geodezik tarmoqlarini qurish chizmasi 8.1-rasmida ko'rsatilgan.

Davlat planli tarmog'ining asosiy texnik ko'rsatkichlari 8.1-jadvalda keltirilgan.

8.1-jadval

Sinf	Triangulyatsiya				Poligonometriya		
	S , km	m_β	$f_{\beta_{chekl}}$	$m_S:S$	S , km	m_β	$m_S:S$
1	>20	$0,7''$	$3''$	1:400 000	8–30	$0,4''$	1:400 000
2	7–20	$1,0''$	$4''$	1:300 000	5–18	$1,0''$	1:200 000
3	5–8	$1,5''$	$6''$	1:200 000	3–10	$1,5''$	1:100 000
4	2–5	$2,0''$	$8''$	1:200 000	>0.25	$2,0''$	1:40 000

Jadvaldagi belgilar: S – tomon uzunligi, km; m_β – burchak o'lchashning o'rta kvadratik xatosi; $f_{\beta_{chekl}}$ – uchburchaklar burchaklari yig'indisining chekli xatosi; $m_S:S$ – bazis yoki yo'l tomonlari uzunligini o'lchashning nisbiy o'rta kvadratik xatosi.



8.2-rasm

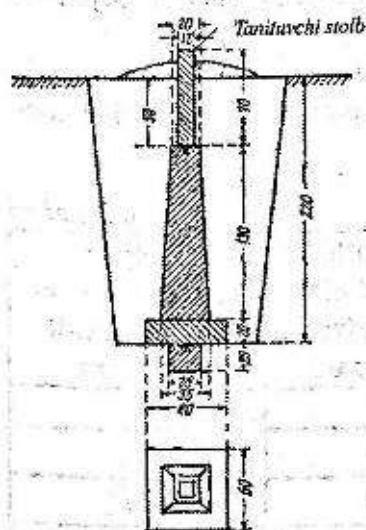
1- va 2-sinf punktlari bo'lmagan hududlarda 1:5 000 va 1:2 000 masshtablardagi topografik syomkalar uchun geodezik asos sifatida 3 va 4-sinf mustaqil geodezik tarmoqlarni qurishga ruxsat etiladi. Bunda har bir triangulyatsiya tarmog'ida ikkitadan kam bo'lmagan

bazis tomonlar o'lchanishi kerak. 3-sinfda poligonometriya tarmog'i uchun poligon perimetri 60 km, 4-sinf uchun esa 35 km dan oshmasligi kerak.

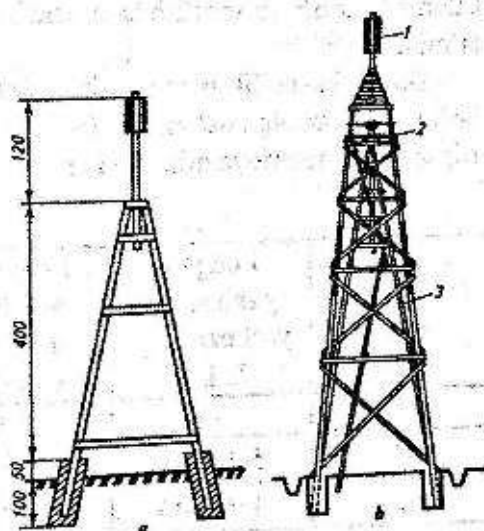
Davlat planli geodezik tarmoq punktlari joyda uzoq muddatga qo'zg'almas qilib qo'shma markaz (8.3-rasm), tog'li hududlarda esa turlar (8.4-rasm) bilan mahkamlanadi.

Punktlarning markazlari yerning muzlamaydigan qatlamidan pastda o'rnatiladi. Triangulyatsiya punktlarining markazi ustma-ust joylashtirilgan cho'yan quymasidan yasalgan ikkita markalardan iborat (8.3-rasm).

Punkt koordinatalari marka teshigining o'rtasiga, balandligi esa marka yarim sfera bo'rtiqning yuqori nuqtasiga to'g'ri keladi. Markaz ustiga tuproq uyilib, tepacha hosil qilinadi (8.3-rasm). Atrofi esa chuqurligi 0,4 – 0,5 m to'rtburchak shaklida ariqcha kavlab qo'yiladi.



8.3-rasm



8.4-rasm

Planli geodezik tarmoq punktlari orasida o'zaro ko'rinishni ta'minlash uchun ularning markazlari ustiga tashqi belgilar, piramida (8.4-a rasm) yoki signallar (8.4-b rasm) quriladi. Piramidaning balandligi 10–12 m, signallarning balandligi esa 15–40 m gacha bo'lib, yog'och yoki metall dan yasaladi. Burchak o'lchashda teodolit piramidaning ostiga, yerga, signalda esa signal yuqori qismida

joylashtirilgan maxsus stolchaga o'rnatiladi. Signalning tepa qismida kuzatuvchi uchun maxsus maydoncha (2) ham bo'ladi. Piramida va signal uchiga vizirlash silindri (1) o'rnatiladi (8.4-b rasm).

8.3. Davlat balandlik geodezik tarmoqlari

Davlat balandlik geodezik tarmog'i butun davlat hududida yagona balandlik sistemasini o'rnatadi. U turli masshtablardagi topografik syomkalar va qurilishdagi geodezik ishlar uchun balandlik asos bo'lib xizmat qiladi hamda ichki, tashqi dengiz, okeanlar suvi sathlari farqi, siqilish va yer qobig'i siljishlarini kuzatishni ta'minlaydi.

Davlat nivelir balandlik tarmoqlari I, II, III va IV sinflarga bo'linadi. I va II sinf tarmoqlari davlat yagona balandliklar sistemasini tuzishning bosh asosi hisoblanadi. III va IV sinflar topografik syomkalarni bajarish va qurilishda injenerlik-geodezik ishlarni bajarishni ta'minlaydi.

Davlat balandlik tarmoqlarini yaratish asosan geometrik nivelir-lash usulida amalga oshiriladi. Tarmoqni qurishda 8.2-jadvalda keltirilgan talablarga rioya qilinishi kerak.

8.2-jadval

Nivelirlash sinfi	Poligon perimetri, yo'l uzunligi L , km	1 km yo'lda nivelirlash o'rta kvadratik xatosi, mm	Poligon (yo'l)dagi nivelirlash chekli xatosi, mm
I	—	0,5	—
II	500–600	2,0	$5\sqrt{L}$
III	150–200	5,0	$10\sqrt{L}$
IV	25	10,0	$20\sqrt{L}$

I sinf nivelir yo'llari mamlakat chegaralarida joylashgan dengizlar suvining sathini tutashtiruvchi yo'nalishlar bo'yicha va temir hamda avtomobil yo'llari yoqalab o'tkazilib, eng yuqori aniqlikda bajariladi.

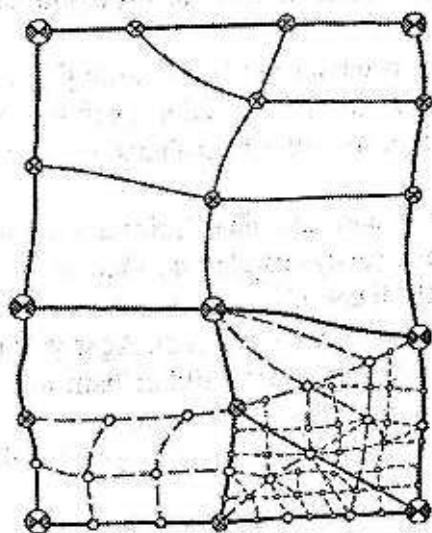
II sinf nivelir tarmoqlari I sinf tarmog'i punktlariga bog'lab, perimetri 500–600 km poligonlar shaklida hosil qilinadi. Bu sinf nivelir yo'llari ham temir va avtomobil yo'llari yoqalab, qiyaligi kichik joylardan o'tkaziladi (8.6-rasm).

III sinf nivelirlash tarmog'i I va II sinf punktlariga tayanib hosil qilinadi va perimetri o'rtacha 150 km ni tashkil qiladi. 1:5 000 masshtabdagi syomkalarni ta'minlash uchun poligon perimetri 60 km dan oshmasligi kerak.

IV sinf nivelirlash yo'llari bitta yo'nalish bo'yicha yuqori sinf punktlari orasida o'tkaziladi. Bu yo'llarning uzunligi 50 km dan oshmasligi kerak. IV sinf nivelirlash yo'llarining punktlari bevosita syomkalarining balandlik asosi bo'lib xizmat qiladi.

Davlat nivelirlash tarmoqlari yo'llari joyda o'rtacha har 5–7 km da gurunt reper yoki devoriy markalar bilan mahkamlanadi. I sinf yo'llari joyda har 50–80 km da chuqur o'rnatiladigan fundamental reperlar bilan mahkamlanib, ular 25 yilda qayta nivelirlab turiladi.

Nivelir belgilarining sxemalari 8.6-rasmda keltirilgan.



Davlat nivelir tarmoqlari

- ⊗ I sinf
- ⊙ II sinf
- III sinf
- IV sinf

8.6-rasm

Grunt reperlar yaxlit betondan yoki ost tomoni beton langarli temir trubadan yasalib, ustiga marka o'rnatiladi. Reperning balandligi marka ustidagi yarim sferik bo'rtiqning yuqori nuqtasiga to'g'ri keladi. Grunt reperining markasi yer yuzidan 60–80 sm chuqurlikkeladi. Grunt reperining markasi yer yuzidan 60–80 sm chuqurlikkeladi, langar asosi esa yerning muzlash chuqurligidan 0,5 m pastda joylashishi kerak. Devoriy markalar mustahkam binolarning devoriga o'rnatiladi. Markaning mutlaq balandligi marka teshigining markaziga

to'g'ri keladi. Reper va markalar haqida to'la ma'lumot darslikning II qismida to'liq beriladi.

8.4. Syomka geodezik asosi

Syomka geodezik asosi planli va balandlik asoslarga bo'linadi. Berilgan topshiriqqa hamda turli sharoitlardan kelib chiqib planli va balandlik asos alohida yoki syomka ishlari bilan qo'shib olib boriladi.

Syomka geodezik asosini rivojlantirish quyidagi maqsadlarda bajariladi:

- mavjud geodezik tarmoqni berilgan masshtabdagi topografik syomkani ta'minlash talabidan kelib chiqib;

- injenerlik-geodezik ishlarni turli maqsadlarda — geodezik qidiruv ishlari, loyihani joyga ko'chirish, daryolar nishabini aniqlash va boshqalarni ta'minlash maqsadida.

Syomka geodezik tarmoqlari davlat geodezik tarmoqlari asosida rivojlantiriladi. Ayrim hollarda kichik yer bo'laklari syomkalarini bajarishda syomka geodezik asosni mahalliy koordinatalar sistemasida rivojlantirish mumkin.

Syomka geodezik asos punktlari koordinatalarini aniqlashda poligonometriya yoki mikrotriangulyatsiya usullari qo'llaniladi.

Poligonometriya usulida planli koordinatalari aniqlanadigan syomka geodezik yo'llari *teodolit yo'llari* deb nomlanadi. Agar yo'l nuqtalarining koordinatalari bilan birgalikda balandliklari ham aniqlansa, *teodolit-nivelir yo'li* yoki *taxeometrik yo'l* deb ataladi.

Syomka balandlik asos balandliklarini aniqlash geometrik yoki trigonometrik nivelirlash bilan amalga oshiriladi.

Teodolit yo'llarini qurishda yo'l nuqtalarining koordinatalari 9.5. da keltirilgan formulalar bo'yicha hisoblanadi.

Planli syomka geodezik asosining aniqligi bajariladigan syomka masshtabidan kelib chiqib aniqlanadi. Bunda syomka asosi punkti-ning yaqin joylashgan zichlash yoki davlat tarmog'i punktlariga nisbatan planli xatosi syomka masshtabida 0,2 mm dan oshmasligi kerak. Masalan, teodolit yo'lining nisbiy xatosi 1:2 000 bo'lganda ushbu yo'l zichlash tarmog'ining ikkita punktlari orasida o'tkazilsa, uning o'rta nuqtasining xatosi 1:1 000 masshtab uchun 0,2 m dan oshmasligi kerak.

Umuman olganda, syomka geodezik asosini qurish usuli obyekt hududining sharoiti va berilgan topshiriqdan kelib chiqib belgilanadi.

Nazorat savollari:

1. Geodezik tarmoq nima?
2. Geodezik tarmoqlar qanday turlarga bo'linadi?
3. Planli geodezik tarmoqlarni qurish usullari qanday?
4. Balandlik geodezik tarmoq va uni qurish usullari qanday?
5. Aniqligi bo'yicha davlat geodezik tarmoqlari qanday bo'linadi?
6. Geodezik tarmoqlar punktlari joyda qanday mahkamlanadi?

TEODOLIT SYOMKASI

9.1. Teodolit syomkasining mohiyati

Syomka – bu texnologik jarayon bo‘lib, yer sirtini plan va kartalarda tasvirlash maqsadida amalga oshiriladi. Agar joyning faqat tafsilot va predmetlari syomka qilinsa, unda u *gorizontal*, faqat relyefi tasvirlansa, *vertikal syomka* deyiladi. Qachonki karta yoki planga joydagi tafsilot va relyefini tasvirlash uchun o‘lchashlar amalga oshirilgan bo‘lsa, unda u *topografik syomka* deb nomlanadi.

Teodolit syomkasi gorizontal syomka turiga kiradi va u joyning yirik masshtabli tafsilotli (konturli) planini hosil qilish maqsadida bajariladi. Syomka jarayonida joyda nuqtalar orasidagi masofa va gorizontal burchaklar o‘lchanadi. Teodolit, lenta va ruletkalar hamda turli dalmomerlar asosiy ishlatiladigan asboblari hisoblanadi.

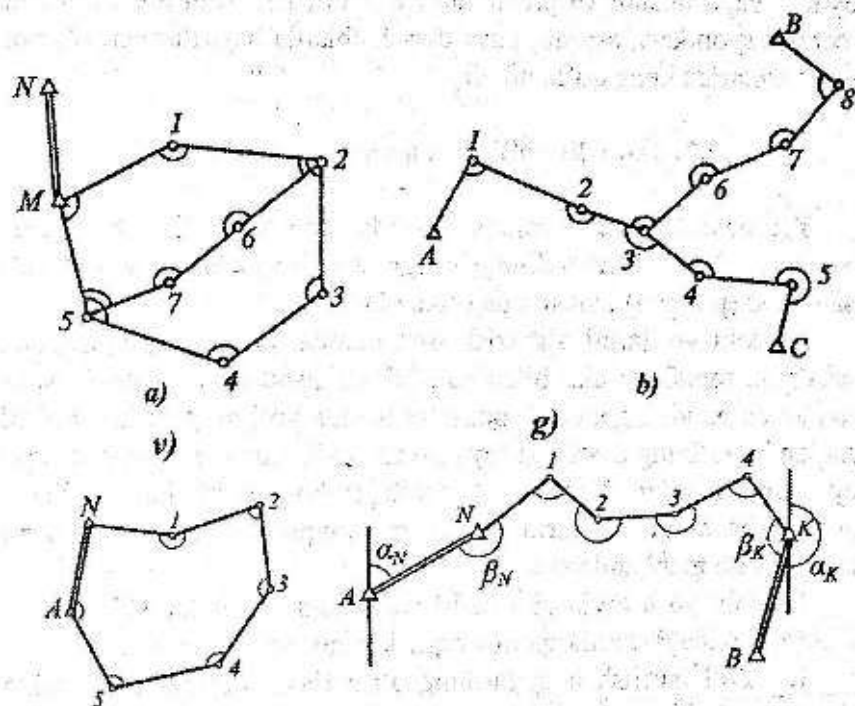
Teodolit syomkasi dala o‘lchash ishlaridan boshlanib, uni bajarishda dastlab geodezik punktlar oralig‘ida syomka asosi barpo etiladi va u asosida joydagi tafsilotlar syomka qilinadi. Teodolit syomkasi deyilishiga sabab, asosiy o‘lchash ishlari hisoblangan gorizontal burchaklar va og‘ish burchaklari geodezik asbob-teodolit bilan o‘lchanishidir.

Teodolit syomkasini bajarishda yopiq ko‘pburchaklar (polygonlar) tarmog‘i (9.1-a rasm) yoki ochiq ko‘pburchaklar tarmog‘ini hosil qiluvchi tugun nuqtali teodolit yo‘llari (9.1-b rasm) syomka asosi bo‘lib xizmat qiladi. Bu yo‘llar uchi nuqtalarining o‘rni joyda mahkamlanadi va koordinatalari aniqlanadi. Katta bo‘lmagan yer bo‘laklarini syomka qilishda esa yopiq (poligon) ko‘pburchak (9.1-v rasm) yoki yakka teodolit yo‘li (9.1-g. rasm) syomka asosi vazifasini bajaradi.

Poligon o‘rta qismida joylashgan tafsilotlarni syomka qilish uchun poligon o‘rtasidan qo‘shimcha yo‘l o‘tkazilsa, u *diagonal yo‘l* deyiladi (2, 6, 7 va 5 nuqtalar, 9.1-a rasm).

O‘lchashlarni bajarishdan avval teodolit yo‘llari burilish nuqtalarining o‘rni joyda yog‘och qoziqlar, yog‘och ustunlar (6.2 ga qaral-sin) va boshqalar bilan mahkamlanadi. Keyin tomonlar orasidagi bur-

chaklar, tomonlarning uzunligi hamda ularning og'ish burchaklari (tomonlar uzunligining gorizontal quyilishini hisoblash uchun) o'lchanadi.



9.1-rasm

Shunday qilib, teodolit syomkasini bajarish quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Teodolit yo'li (poligon) nuqtalarini joyda mahkamlash.
2. Poligon yoki ochiq yo'lda tomonlar uzunligini va gorizontal burchaklarni o'lchash.
3. Joy tafsilotlarini syomka qilish.

O'lchashlar natijasi maxsus jurnalga yozib boriladi. Tafsilotlar syomkasi asosida abris chiziladi.

Dala o'lchash natijalari kameral sharoitda (xonada) matematik ishlab chiqiladi va teodolit yo'li nuqtalarining koordinatalari topiladi. Sifatli qalin chizma qog'ozi (vatman) olinib, tegishli masshtabda unga teodolit yo'li (poligoni)ning nuqtalari hisoblab topilgan koordinatalari bo'yicha tushiriladi. Planni tuzish abrisidan foydalanib, yo'l

tomonlariga tayangan holda tafsilotlar tegishli shartli belgilar bilan qog'ozga tushiriladi va teodolit syomkasining plani hosil qilinadi.

Shunday qilib, yer bo'lagining teodolit syomkasi natijasida ushbu joyning faqat tafsilot va predmetlari tasvirlangan plani hosil qilinadi. Teodolit syomkasi, asosan, yirik masshtablarda bajarilib yer, o'rmon tuzish ishlarida keng qo'llaniladi.

9.2. Teodolit yo'llarini loyihalash va qurish

Yer uchastkalarini syomka qilishda teodolit yo'llari ko'pincha yerdan foydalanish hududining chegaralari bo'yicha, diagonal yo'l esa hudud (poligon) ichkarisida o'tkaziladi.

Teodolit yo'llarini o'tkazish ishi, odatda, joyning mavjud plan, kartalarini topish va ular bilan tanishib chiqishdan boshlanadi. Natijada joyda mavjud geodezik punktlar hamda yo'l nuqtalarining o'rni aniqlanib, yo'lning dastlabki loyihasi tuziladi. Keyin esa joyga chiqib joy sharoiti bilan bevosita tanishib (rekognossirovka) loyihaga qo'shimcha aniqliklar kiritiladi va yo'l nuqtalarining joydagi o'rni tanlab olinib mahkamlanadi.

Teodolit yo'li loyihasini tuzish va rekognossirovka ishlarini bajarishda quyidagi shartlarga rioya qilish kerak bo'ladi:

1. Yo'l burilish nuqtalarining o'rni (hech bo'lmaganda uchta o'zaro qo'shni nuqtalar), ularning bir-biridan ko'rinishini ta'minlash maqsadida mumkin qadar do'nglik joylarda olinishi kerak.

2. Yo'l tomonlari tekis va o'lchash lentasi bilan o'lchashga qulay joylardan (yo'llar, kanallar yoqalab) o'tishi va og'ish burchaklari qiymati uncha katta bo'lmasligi kerak.

3. Tomonlarning uzunligi 400 m dan katta va 50 m dan kichik bo'lmasligi, o'rtacha 250 m atrofida bo'lishi kerak.

4. Umuman, tomonlarning uzunligi o'zaro bir-biriga yaqin bo'lsa, maqsadga muvofiq hisoblanadi.

5. Tomonlar orasidagi burchaklar qiymati 180° ga yaqin bo'lishi, ya'ni yo'l cho'zinchoq bo'lishi kerak.

Teodolit yo'li tomonlari orasidagi burchaklar 1 minutli yoki 0,5 minutli teodolitlar bilan to'la qabulda (5.9 ga qaralsin), yarim qabullar orasida limb holatini 90° ga o'zgartirib o'lchab chiqiladi.

Har bir tomon uzunligi o'lchash lentasi yoki optik, elektron dal-
 nomer bilan ikki marta – to'g'ri va teskari yo'nalishlarda o'lchab chiqi-
 ladi. Tomonlar uzunligining gorizonta! quyilish qiymatini hisoblash
 uchun og'ish burchagi ham birdaniga o'lchab ketiladi. Agar tomonlar
 uzunligini bevosita o'lchash imkoni bo'lmasa (daryo, jar yoki boshqa
 to'siqlar orqali o'tsa), unda uzunlik borib bo'lmas masofani aniqlash
 usulini qo'llab topiladi (6.4 ga qaralsin).

Burchaklar va tomonlar uzunligini o'lchash bilan bir vaqtda joydagi
 predmetlar va tafsilotlar ham syomka qilinib (9.3 ga qaralsin) boriladi.

Teodolit yo'li burchaklarini, tomonlar uzunligini o'lchash va taf-
 silotlar syomkasini bajarish natijalari quyida keltirilgan dala o'lchash
 jurnaliga (9.1-jadval) yoziladi va abrisi chizib boriladi.

Burchak o'lchash jurnali

9.1-jadval

Nuqtalar nomeri		Limbdan olingan sanoqlar		Burchaklar				Chiziq uzunligi, m	Qiyalik burchagi, °
				DO' va DCh		O'rtacha			
Turish	Kuzati- layotgan	o	'	o	'	o	'		
1	2	3		4		5		6	7
1					DO'				
	A	243	59					$D_{1-2}=255,54$	$\nu_{1-2}=4^{\circ}17'$
				97	55				
	2	146	04					$D_{2-1}=255,44$	
					DCh	97	55,5		
	A	155	17					$D_{o-n}=255,49$	
2				97	56				
	2	57	21						
					DO'				
	1	44	09						
				174	27			$D_{2-3}=165,88$	
	3	229	42			174	26,5		
					DCh			$D_{3-2}=165,95$	
	1	136	54						
				174	26			$D_{o-n}=165,92$	
	3	322	28						

Tayanch geodezik punktlardan oriyentirlash uchun direksion burchak va koordinatalarni teodolit yo'liga uzatish maqsadida bajarilgan o'lchash ishlariga *teodolit yo'lini bog'lash* deb aytiladi.

Ochiq teodolit yo'li ikkita tayanch geodezik asos punktlari oralig'ida o'tkaziladi (9.1-g rasm). Rasmda N va K nuqtalari yo'lning boshlang'ich va oxirgi bog'lash nuqtalari hisoblanadi. Bu punktlardan eng kamida bittadan punktga (A va B larga) qarab yo'nalishlar (direksion burchaklar α_{AN} va α_{BK}) ma'lum bo'lishi kerak.

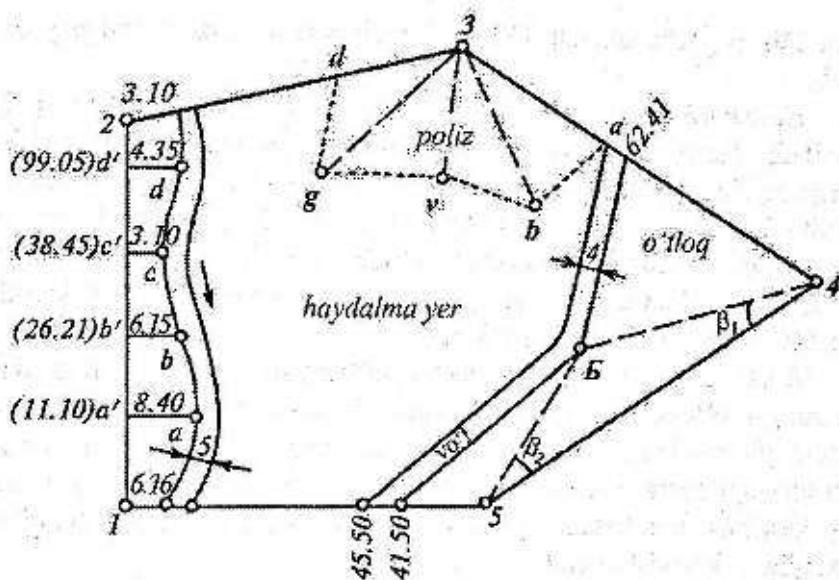
Teodolit yo'lini geodezik tayanch punktlar N , K , A va B larga bog'lash uchun N va K nuqtalarida yo'l bo'yicha o'ng tomonda joylashgan β_N va β_K burchaklar o'lchanadi. Tekshirish uchun har bir nuqtada bu burchaklarni 360° ga to'ldiruvchi burchaklari ham o'lchanadi. Ushbu bog'lashga *bevosita bog'lash* deyiladi. Agar teodolit yo'lining faqat bir nuqtasigina geodezik punktga bog'lansa, bunda o'lchashda yo'l qo'yilgan xato yo'lning umumiy holatiga ta'sir etadi va hamma nuqtalar bir xil qiymatga surilgan bo'ladi. Shuning uchun teodolit yo'li eng kamida geodezik asosning ikkita punktiga bog'lanishi kerak.

9.3. Joy tafsilotlarini syomka qilish. Abris

Yer bo'lagining chegaralari va o'rta qismi bo'ylab teodolit yo'llari o'tkazilgandan so'ng tafsilotlarni syomka qilish boshlanadi. Ko'pincha teodolit yo'llarini o'tkazish bilan bir vaqtda tafsilotlar ham syomka qilinib boriladi. Syomka qilinadigan joy tafsilotlarining shakliga, chegaralarining murakkabligiga, uzoq yoki yaqinligiga qarab quyidagi usullardan biri qo'llaniladi.

To'g'ri burchakli koordinatalar (perpendikulyarlar) usuli. Bu usul teodolit yo'li tomoni yaqinida joylashgan yo'l, daryo, inorat va shunga o'xshash tafsilotlarni syomka qilishda qo'llaniladi. Teodolit yo'lining tomoni *abssissa o'qi*, nuqtasi esa *bosh nuqta* va syomka qilinadigan inshoot nuqtasidan abssissaga tushiriladigan perpendikulyar chiziqlar uzunligi *ordinata* deb olinadi.

Masalan, 9.2-rasmda berilgan 1–2 chiziqning 1-uchi koordinata boshiga, 1–2 chiziq esa abssissa o'qiga qabul qilinadi. Uning yaqinida joylashgan daryoni syomka qilishda, burilish nuqtalari a , b , c , d lar o'rni quyidagicha topiladi.



1-2 chiziq bo'ylab lenta tarang tortib qo'yiladi va unga a nuqtadan perpendikulyar tushiriladi. Hosil bo'lgan 1-a' kesim lenta bo'yicha aniqlanadi, $a - a'$ esa ruletka bilan o'lchanadi. Lentani 1-2 chiziq bo'yicha birin-ketin qo'yib, unga keyingi b , c va d nuqtalardan perpendikulyarlar tushiriladi va tegishli kesimlar oldingiday o'lchanadi ($1 - b'$, $1 - c'$ va $1 - d'$ va $b - b'$, $c - c'$, $d - d'$), 9.2-rasmga qaralsin.

Qutbiy koordinatalar usuli. 9.2-rasmda boshlang'ich yo'nalishga 3–4 tomon, bosh nuqtaga esa 3-nuqta qabul qilinsa, a , b , v , g , d nuqtalarni syomka qilish uchun 3-nuqtaga teodolit o'rnatiladi, gorizontal doira sanog'i $0^{\circ}00'$ ga to'g'rilanib, ko'rish trubasi 4-nuqtaga qaratiladi. Limb mahkamlanadi va alidada bo'shatilib, truba b nuqtadagi reykgaga qaratiladi, so'ngra limbdan sanoq olinadi, ipli dalnomer bilan masofa o'lchanadi. Keyin truba v nuqtaga qaratilib, xuddi oldingiday o'lchashlar bajariladi va hokazo. Oxirida truba 4-nuqtaga qayta qaratiladi va gorizontal doiradan olingan sanoq tekshiriladi, u $0^{\circ}00'$ bo'lsa, limb doirasi qo'zg'almagan bo'ladi. Bu nuqtalarni planga tushirish uchun transportirdan foydalanishda limbdan olingan sanoqlar $5'$ ga yaxlitlanib olinadi. Nuqtalargacha bo'lgan masofa ipli dalnomerda o'lchanishi uchun 1:5 000 masshtabdagi syomka uchun qiymati 150–200 m dan oshmasligi kerak. 1:10 000 masshtab uchun

esa 250 m gacha olinadi. O'lchash natijalari maxsus jadvalga yoziladi.

Kesishtirish usuli. Teodolit syomkasida bu usul nisbatan kam qo'llaniladi. Kesishtirish usuli ikkita burchak va chiziqli kesishtirishlarga bo'linadi. **Burchak kesishtirish**da teodolit yo'li nuqtalarida teodolit bilan turib syomka qilinadigan nuqtaga (9.2-rasmda yo'l burilish nuqtasi B ga qarab burchaklar o'lchanadi. Syomka tegishli aniqligini ta'minlash uchun o'lchanayotgan nuqtadagi burchak 40° dan kichik va 140° dan katta bo'lmasligi lozim.

Burchaklar o'rniqa nuqtagacha bo'lgan masofalar (yo'nalishlar uzunligi) o'lchansa, **chiziqli kesishtirish** deyiladi. Bunda chiziqlar uzunligi o'lchash asbobi (masalan, lenta) uzunligidan katta bo'lmasligi kerak. 9.2-rasmda B nuqtasini syomka qilish uchun β_1 va β_2 kestirma burchaklari yoki $4-B$ va $5-B$ kestirma chiziqlar uzunligi o'lchanishi kerak.

Tafsilotlarni syomka qilish ish bajaruvchidan tajriba va e'tiborni talab qiladi. Bunda har bir syomka qilinadigan nuqtani o'lchashda yo'l qo'yilgan xato faqat ushbu nuqta uchun ta'sir etadi va nuqtadan nuqtaga uzatilmaydi. Shuning uchun ularning to'g'riligini ta'minlash uchun sinchiklab o'lchash va ko'z bilan solishtirib borish zarur. Syomka vaqtida joydagi qishloq xo'jalik yer turlarini to'g'ri aniqlash va abrisda ko'rsatib borish muhim ahamiyatga ega.

9.4. To'g'ri va teskari geodezik masalalar

Teodolit yo'li nuqtalarining koordinatalarini hisoblashda inshoot loyihasini joyga ko'chirish va boshqa maqsadlarda to'g'ri hamda teskari geodezik masalalarni yechishga to'g'ri keladi.

To'g'ri geodezik masalada AB chizig'ining A nuqtasi koordinatalari x_A va y_A (9.3-rasm), chiziqning direksion burchagi α va gorizontal quyilishi d lardan foydalanib, B nuqtasining koordinatalari x_B va y_B topiladi. Masalani yechish uchun beriladigan qiymatlar: x_A va y_A ; α va d . Topish kerak: x_B va y_B .

Keltirilgan 9.3-rasmda AB chizig'i koordinatalar sistemasining birinchi choragida, uning direksion burchagi shimoli-sharq yo'nalishi bo'yicha olingan bo'lib, qiymati rumb qiymatiga teng bo'ladi. Rasm-dan quyidagilarni yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} x_B &= x_A + \Delta x \\ y_B &= y_A + \Delta y \end{aligned} \right\} \quad (9.1)$$

Bu yerda Δx va Δy – *koordinatalar orttirmasi* deyiladi.

AB chizig'ining gorizontall quyilishi d va direksion burchagi α qiymatlari berilganini hisobga olib, rasmdagi to'g'ri burchakli uchburchakdan quyidagilarni topamiz:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= d \cos \alpha \\ \Delta y &= d \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (9.2)$$

Ushbu formula bo'yicha hisoblanadigan Δx va Δy ishoralari $\cos \alpha$ va $\sin \alpha$ larning ishorasiga yoki rumb burchaklarining nomiga bog'liqdir. Koordinata orttirmalarining ishorasi 9.2-jadvaldan foydalanib aniqlanadi.

9.2-jadval

Choraklar	Direksion burchaklarning qiymatlari	Rumblarning nomi	Orttirmalar ishorasi	
			Δx	Δy
I	$0^\circ - 90^\circ$	Sh – Shq	+	+
II	$90^\circ - 180^\circ$	J – Shq	–	+
III	$180^\circ - 270^\circ$	J – G'	–	–
IV	$270^\circ - 360^\circ$	Sh – G'	+	–

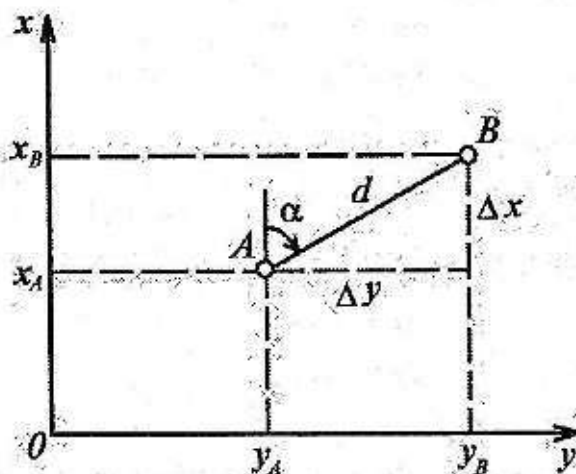
Odatda, (9.2) formulalar bo'yicha Δx va Δy qiymatlari trigonometrik funksiyali kalkulyatorlarda oson hisoblanadi va koordinata orttirmalarining ishoralari avtomatik ravishda kelib chiqadi.

(9.2) formulani (9.1) ga qo'yib topamiz:

$$\left. \begin{aligned} x_B &= x_A + d \cos \alpha \\ y_B &= y_A + d \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (9.3)$$

Teskari geodezik masalada AB chizig'ining uchlari koordinatalari x_A va y_A ; x_B va y_B lar berilgan bo'lsa, ushbu chiziqning direksion burchagi α va uzunligi d hisoblab topiladi. (9.1) formuladan yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= x_B - x_A \\ \Delta y &= y_B - y_A \end{aligned} \right\} \quad (9.4)$$



9.3-rasm

9.3-rasmdan AB chizig'ining direksion burchagi α_{AB} quyidagiga teng:

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}. \quad (9.5)$$

Bu formula bo'yicha hisoblangan natural qiymatdan foydalanib, trigonometrik jadval yoki kalkulyator bo'yicha rumb burchagi topiladi va Δx hamda Δy ishoralariga qarab rumbdan direksion burchakka o'tiladi.

Chiziq uzunligini hisoblash uchun (9.2) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$d = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha}. \quad (9.6)$$

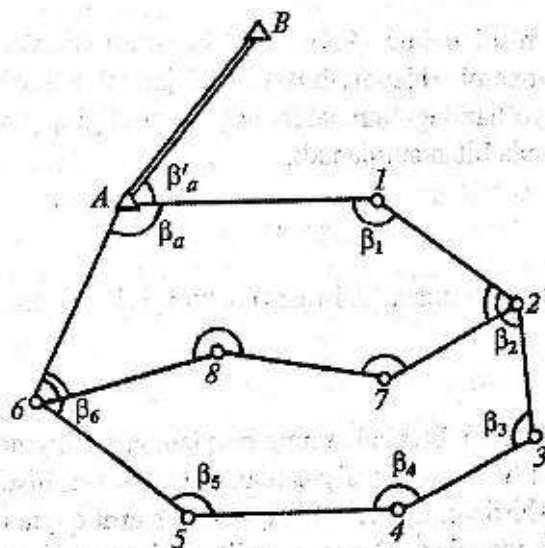
Bundan tashqari, chiziq uzunligi d 9.3-rasmdagi uchburchakdan quyidagicha topilishi mumkin:

$$d = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}. \quad (9.7)$$

9.5. Teodolit yo'li nuqtalarining koordinatalarini hisoblash

Yopiq poligon burilish nuqtalari koordinatalarini hisoblash

Teodolit yo'llarini matematik ishlab chiqish ular nuqtalarining koordinatalarini topish maqsadida bajariladi. Hisoblash ishlari burchak o'lchash jurnalidagi yarim qabullardagi burchak qiymatlari va ular bo'yicha hisoblangan o'rtacha qiymatlarini qayta tekshirishdan boshlanadi. Shuning uchun dala hisoblash ishlarini qayta tekshirishga katta e'tibor beriladi. Jurnalning (9.1-jadval) 5 va 6-ustunlarida qalam bilan yozilgan burchak va chiziqlarning tekshirilgan o'rtacha qiymati siyoh bilan yozib chiqiladi. Bu yerda yopiq poligon va uning nuqtalariga uchlari bilan bog'langan ochiq poligon (diagonal yo'l) ko'rinishidagi teodolit yo'llarini matematik ishlab chiqish ko'rib chiqiladi. Misolda olingan yopiq poligon va uning diagonal yo'li 9.4-rasmda berilgan.



9.4-rasm

Burchak bog'lanmasligi qiymatini aniqlash va burchaklarni tenglash. Dala jurnalida hisoblangan qiymatlar tekshirib chiqilgandan keyin burchaklar o'rtacha qiymati jumaldan koordinatalarni hisoblash qaydnomasining (9.3-jadval) 2-ustuniga ko'chirib yoziladi va burchaklar yig'indisi topilib, o'sha ustunning ostiga yoziladi. Yopiq poligonda burchaklar bog'lanmasligi qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$f\beta = \sum_1^n \beta_\alpha - \sum_1^n \beta_n. \quad (9.8)$$

Bu yerda $f\beta$ – burchaklar bog‘lanmasligi; $\sum_1^n \beta_\alpha$ – o‘lchangan burchaklar yig‘indisi; $\sum_1^n \beta_n$ – burchaklarning nazariy yig‘indisi.

Yopiq poligon burchaklarining nazariy yig‘indisi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\sum_1^n \beta_n = 180^\circ(n-2). \quad (9.9)$$

Bu yerda n – o‘lchangan burchaklar soni.

Olingan misol uchun (9.8) va (9.9) formulalardan foydalanib $f\beta = -01,5'$ ni topamiz (hisoblash tartibi 9.3-jadval ostida berilgan).

Teodolit yo‘llaridagi burchaklar bog‘lanmasligi qiymatining cheki quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$f_{\beta_{chek}} = 1'\sqrt{n}. \quad (9.10)$$

Shunda bizning misol (9.4-rasm) uchun (9.10) formulaga ko‘ra:

$$f_{\beta_{chek}} = 1'\sqrt{7} \approx 2,6'.$$

Agar o‘lchangan burchaklarning bog‘lanmaslik qiymati ushbu formula bo‘yicha hisoblangan qiymatdan katta bo‘lsa, hisoblash natijalari qayta tekshiriladi. Lozim bo‘lsa, burchaklarni qayta o‘lchab xatolik topiladi va tuzatiladi. Bog‘lanmaslik yo‘l qo‘yarli, ya‘ni $f\beta \leq f_{\beta_{chek}}$ bo‘lsa, u hamma o‘lchangan burchaklarga teng va o‘zining ishorasiga teskari ishora bilan tarqatib beriladi, ya‘ni:

$$v_\beta = \frac{-f_\beta}{n}. \quad (9.11)$$

Ushbu formula bo‘yicha tuzatmalarni hisoblashda hamma burchaklar teng aniqlikda o‘lchangan, deb qabul qilinadi. Amalda bog‘lan-

maslik kamdan-kam holatda burchaklar soni n ga qoldiqsiz bo'linadi. Shu sababli ayrim burchaklarga boshqalariga qaraganda kattaroq tuzatma berishga to'g'ri keladi. Qisqa tomonlar orasidagi burchaklar uzun tomonli burchaklarga qaraganda kattaroq xatolik bilan o'lchanishini hisobga olib, ularga kattaroq tuzatma beriladi. Burchaklar qiymatini yaxlit minutlarga keltirish hisobi bilan ham tuzatma kiritilishi mumkin. Lekin bunday yondashuv, tomonlar uzunligi kalta bo'lganda yo'l aniqligining pasayishiga olib keladi.

Tarqatib berilgan tuzatmalar yig'indisi bog'lanmaslik qiymatiga teskari ishora bilan teng bo'lishi kerak, ya'ni:

$$\sum_1^n v_{\beta} = -f_{\beta} \quad (9.12)$$

Tuzatmalar burchak qiymatlarining ustiga yoziladi (9.3-jadvalning 2-ustuniga qaralsin) va ularning ishorasi hisobga olinib, tuzatma kiritilgan burchaklar qiymati jadvalning 3-ustuniga yoziladi. Tuzatilgan burchaklarning yig'indisi (9.9) bo'yicha aniqlanadigan nazariy yig'indiga teng bo'lishi kerak.

Poligon tomonlarining direksion va rumb burchaklarini hisoblash. Nuqtalar koordinatalarini hisoblash uchun to'g'ri geodezik masalani yechish talab qilinadi. Buning uchun har bir tomonning direksion burchagini hisoblab chiqish kerak bo'ladi. Poligon boshlang'ich tomonining direksion burchagi ma'lum bo'lsa, tomonlar orasidagi tuzatilgan ichki burchaklar bo'yicha qolgan barcha tomonlarning direksion burchaklarini quyidagi formulalar orqali hisoblab chiqarish mumkin:

— agar o'ng burchaklar o'lchangan bo'lsa,

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n \quad (9.13)$$

bu yerda α_n — keyingi tomonning direksion burchagi; α_{n-1} — oldingi tomonning direksion burchagi; β_n — keyingi tuzatilgan o'ng burchak;

— agar chap burchaklar o'lchangan bo'lsa,

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_n - 180^\circ \quad (9.14)$$

Bu yerda β_n — keyingi tuzatilgan chap burchak.

Misolimizda olingan poligon uchun yo'l bo'yicha o'ng tomondagi burchaklar o'lcanganini hamda (9.13) ifodani hisobga olib, quyidagi formulalardan foydalanildi:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_2 &= \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2 \\ \alpha_3 &= \alpha_2 + 180^\circ - \beta_3 \\ &\dots \dots \dots \\ \alpha_7 &= \alpha_6 + 180^\circ - \beta_7 \\ \alpha_1 &= \alpha_7 + 180^\circ - \beta_1 \end{aligned} \right\}.$$

Ushbu tenglamalarni ketma-ket bir-biriga qo'yib quyidagini topamiz:

$$\alpha_1 = \alpha_1 + 7 \cdot 180^\circ - \sum_1^7 \beta.$$

O'lcangan n burchaklar uchun bu tenglamani quyidagicha yozamiz:

$$\alpha_1 = \alpha_1 + n \cdot 180^\circ - \sum_1^n \beta.$$

Bundan β burchaklar tenglanganini hisobga olinsa, (9.9) formulaga asosan quyidagi tenglik kelib chiqadi:

$$\alpha_1 = \alpha_1,$$

ya'ni yopiq poligonda boshlang'ich direksion burchak va tomonlar orasidagi tenglangan burchaklar orqali ketma-ket qolgan tomonlarning direksion burchaklari hisoblab borilsa, oxirida boshlang'ich tomonning direksion burchagi takroran kelib chiqadi. Bu esa direksion burchaklarni hisoblashning nazorati bo'lib xizmat qiladi.

Yuqoridagi 9.4-rasmda berilgan B va A geodezik punktlar koordinatalaridan (9.5) formula bo'yicha BA tomon direksion burchagi $\alpha_{BA} = 227^\circ 08'$ topilib, bog'lash chap burchagi qiymati $\beta'_A = 29^\circ 08'$ va (9.14) formula orqali poligon boshlang'ich tomoni $A - 1$ ning direksion burchagi α_{A-1} ni quyidagicha topamiz:

$$\alpha_{A-1} = \alpha_{BA} + \beta'_A - 180^\circ = 227^\circ 08' + 29^\circ 08' - 180^\circ = 76^\circ 16'.$$

Poligon keyingi tomonlarining direksion burchaklarini, o'ng burchaklar o'lcanganini hisobga olib, quyidagicha topamiz:

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{A-1} + 180^\circ - \beta_1 = 76^\circ 16' + 180^\circ - 97^\circ 56' = 158^\circ 20';$$

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2 = 158^\circ 20' + 180^\circ - 174^\circ 27' = 163^\circ 53'$$

va hokazo. Nazorat hisoblash:

$$\alpha_{A-1} = \alpha_{6-A} + 180^\circ - \beta_A = 24^\circ 36' + 180^\circ - 128^\circ 20' = 76^\circ 16'.$$

Demak, hisoblashlar to'g'ri.

Hisoblangan direksion burchaklar 9.3-jadvalning 4-ustuniga yoziladi. Hisoblash ishlari trigonometrik funksiyali kalkulyatorda bajarilsa, burchaklar qiymatining minut qismi ham gradusda ifodalanib yozilishi kerak. Masalan, $145^\circ 15' = 145^\circ + (15:60) = 145,25^\circ$.

Oddiy kalkulyatorda hisoblash ishlarini bajarish uchun trigonometrik funksiyalar jadvali yoki maxsus ishlab chiqilgan «koordinatalar orttirmasi jadvali»dan foydalanish mumkin. Buning uchun hamma burchaklar gradus hamda minutlarda hisoblanishi kerak va qo'shimcha koordinatalar hisoblash qaydnomasining 5-ustuni «Rumblar» ham to'ldirilishi kerak. Poligon har bir tomonining direksion burchagi bo'yicha rumb nomi va uning qiymati (2.3-jadval) dagi formulalar orqali hisoblanib, jadvalning 5-ustuniga yoziladi.

Jadvalning 6-ustuniga burchak o'lcash jurnalidan tomonlar uzunligining o'rtacha qiymatlari ko'chirib yoziladi. Bunda poligonning qaysi tomoni qiya chiziq bo'lib, uning og'ish burchagi o'lcangan bo'lsa, (7.8) formula bo'yicha tuzatma hisoblanadi va u chiziq uzunligiga kiritilib, natija jadvalning 6-ustuniga yoziladi. Bizning misolimizda poligonning 1-2 tomoni uzunligi $D = 255,49$ m, og'ish burchagi $v = 4^\circ 17'$ bo'yicha hisoblangan tuzatma $\Delta D = 0,71$ m bo'lgani uchun chiziqning gorizonta quyilishi $d = D - \Delta D = 255,49 - 0,71 = 254,78$ m ga teng bo'ladi.

Koordinata orttirmalarini hisoblash. Koordinata orttirmalari yuqorida keltirilgan (9.2) formula bilan hisoblanadi. Olingan misolda poligonning 1-2 tomoni uchun 9.3-jadvalning 4 va 6-ustunlaridan α va d qiymatlarini olib topamiz:

$$\Delta x = d \cos \alpha = 254,78 \cdot \cos 158^\circ 20' = -236,78 \text{ m,}$$

$$\Delta y = d \sin \alpha = 254,78 \cdot \sin 158^\circ 20' = +94,06 \text{ m.}$$

Hisoblangan orttirmalar jadvalning 7 va 8-ustunlariga yoziladi. Xuddi shu tartibda poligonning qolgan tomonlari uchun ham koordinata orttirmalari hisoblab topiladi.

Koordinata orttirmalarining xatosini aniqlash va ularni tenglash. Yopiq poligonda koordinata orttirmalarining algebraik yig'indisi nazariy jihatdan nolga teng bo'lishi kerak, ya'ni:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{1}^n \Delta x_n &= 0 \\ \sum_{1}^n \Delta y_n &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (9.15)$$

Amalda esa burchak va tomonlar uzunligini o'lchashda yo'l qo'yilgan ayrim xatolar ta'siri natijasida (9.15) formula sharti bajarilmaydi, ya'ni

$$\left. \begin{aligned} \sum_{1}^n \Delta x_a &\neq 0 \\ \sum_{1}^n \Delta y_a &\neq 0 \end{aligned} \right\} \quad (9.16)$$

Shuni hisobga olib, koordinata orttirmalari xatosi uchun yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} f_x &= \sum_{1}^n \Delta x_a - \sum_{1}^n \Delta x_n \\ f_y &= \sum_{1}^n \Delta y_a - \sum_{1}^n \Delta y_n \end{aligned} \right\} \quad (9.17)$$

Bu yerda $\sum_{1}^n \Delta x_a$ va $\sum_{1}^n \Delta y_a$ – koordinata orttirmalarining amaliy yig'indisi (9.3-jadval 7 va 8-ustunlarining tegishli algebraik yig'indisi). (9.15) formula hisobga olinsa, (9.17) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\left. \begin{aligned} fx &= \sum_1^n \Delta x_a \\ fy &= \sum_1^n \Delta y_a \end{aligned} \right\} \quad (9.18)$$

Olingan misolimizda ushbu formula bo'yicha hisoblangan fx va fy qiymatlari qaydnomaning ostiga yozilgan. Hisoblangan ortirmalarning bog'lanmaslik qiymati yo'l qo'yarli yoki yo'qligi tekshiriladi. Buning uchun hisoblangan fx va fy lar bo'yicha poligon perimetridagi bog'lanmaslik absolyut qiymati fd quyidagi formuladan topiladi:

$$fd = \sqrt{fx^2 + fy^2} \quad (9.19)$$

Absolyut bog'lanmaslikning poligon perimetriga nisbati $fd : \sum_1^n d$ perimetrdagi **nisbiy bog'lanmaslik** deyiladi. Ko'pincha nisbiy bog'lanmaslik surati birga teng oddiy kasr bilan ifodalanadi:

$$\frac{fd}{\sum_1^n d} \leq \frac{1}{N} \quad (9.20)$$

Bunda $N = \sum_1^n d : fd$ bo'ladi.

Perimetrdagi nisbiy bog'lanmaslik qiymati tomonlar uzunligini o'lchash sharoiti yaxshi (qulay) bo'lganda quyidagi shartni ta'minlashi kerak:

$$\frac{fd}{\sum_1^n d} \leq \frac{1}{2000} \quad (9.21)$$

Bu qiymat o'rtacha o'lchash sharoiti uchun 1:1 500 va noqulay sharoit uchun esa 1:1 000 dan oshmasligi kerak.

Bizning misolimizda $fx = +0,79$ m va $fy = -0,01$ m bo'lgani uchun (9.19) formuladan $fd = 0,79$ m bo'ladi.

Poligon perimetrini 9.3-jadvalning 6-ustunidagi hamma qiymatlarni qo'shib topamiz: $\sum_1^n d = 1650,74$ m.

Yopiq poligon nuqtalarining koordinatalarini hisoblash qaydnomasi

9.3-jadval

№	Ichki burchaklar (o'ng)		Direk- sion bur- chaklar	Rumb	Poligon tomon, gorizon, quyil. (m)	O'rtirmalar (m)								Koordinatalar (m)			
	O'lchan- gani	Tuzatil- gani				Hisoblangani				Tuzatilgani				±	x	±	y
						±	Δx	±	Δy	±	Δx	±	Δy				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
B	β'a = 29°08'		227°08'	-	-												
A	128°20'	128°20'	76°16'	Sh.Shq. 76°16'	221,28	+	52,55	+	214,95	+	52,45	+	214,95				
1	97°55,5'	97°56'	158°20'	I.Shq. 21°40'	254,78	-	236,78	+	94,06	-	236,90	+	94,06	+	4152,45	+	2714,95
2	174°26,5'	174°27'	163°53'	J.Shq. 16°07'	165,92	-	-0,08							+	3915,55	+	2809,01
3	107°00'	107°00'	236°53'	J.G'. 56°53'	201,91	-	159,40	+	46,04	-	159,48	+	46,04	+	3756,07	+	2855,05
4	156°31,5'	156°32'	260°21'	J.G'. 80°21'	259,25	-	-0,12							+	3645,66	+	2685,94
5	104°47'	104°47'	335°34'	Sh.G'. 24°26'	191,00	+	173,90	-	78,99	+	173,81	-	78,99	+	3602,12	+	2430,35
6	130°57,5'	130°58'	24°36'	Sh.Shq. 24°36'	356,60	+	-0,18							+	3775,93	+	2351,36
A						+	324,25	+	148,63	+	324,07	+	148,64	+	4100,00	+	2500,00

$$\sum \beta a = 899^{\circ}58'$$

$$\sum \beta n = 900^{\circ}00'$$

$$\sum \beta = -02'$$

$$\sum \beta_n = 180^{\circ}(n-2) = 180^{\circ}(7-2) = 900^{\circ}00'$$

$$\sum \beta_n = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{7} = \pm 02,6'$$

$$fd = \sqrt{fx^2 + fy^2} = \sqrt{(0,79)^2 + (0,01)^2} = 0,79 \text{ m}$$

$$\frac{fd}{\sum d} = \frac{0,79}{1651} = \frac{1}{2089} \approx \frac{1}{2000}$$

$$\sum \Delta x = +0,79 \text{ m} \quad \sum \Delta y = -0,01 \text{ m} \quad \sum \Delta x = 0 \quad \sum \Delta y = 0$$

Shunda (9.21) formulaga ko'ra aniqlaymiz:

$$\frac{0,79}{1651} = \frac{1}{2089}; \quad \frac{1}{2089} < \frac{1}{2000}.$$

Demak, orttirmalar bog'lanmaslik qiymati bizning misolimizda yo'l qo'yarli chegarada ekan. Agar ushbu shart (9.21) bajarilmasa, orttirmalar bog'lanmaslik xatosi orqali $tga = fy/fx$ formuladan direksion burchak topiladi, va unga yaqin direksion burchakli poligon tomoni uchun hisoblashlar tekshiriladi, bo'lmasa tomon uzunligi joyda qayta o'lchanadi.

Yuqoridagi misolda fx va fy qiymatlari koordinata orttirmalariga tomonlar uzunligiga proporsional ravishda teskari ishora bilan tuzatma qilib beriladi. Tuzatmalar quyidagicha hisoblanadi:

$$\left. \begin{aligned} v_{\Delta x_i} &= \frac{-fx}{\sum_1^n d} d_i \\ v_{\Delta y_i} &= \frac{-fy}{\sum_1^n d} d_i \end{aligned} \right\} \quad (9.22)$$

Bu yerda d_i – tuzatma beriladigan tomonning uzunligi.

Hisoblangan tuzatmalar qiymatining kasr qismini ikki xonagacha (santimetrgacha) yaxlitlab, tegishli orttirma qiymati ustiga yoziladi (7 va 8-ustunlarga qaralsin).

Tuzatmalar to'g'ri hisoblab tarqatilgan bo'lsa, ushbu shart – tuzatmalar yig'indisining bog'lanmaslik xatolariga teskari ishora bilan teng bo'lishi, bajarilishi kerak:

$$\left. \begin{aligned} \sum_1^n v_{\Delta x} &= -fx \\ \sum_1^n v_{\Delta y} &= -fy \end{aligned} \right\} \quad (9.23)$$

Har bir tuzatma tegishli orttirma qiymatiga algebraik qo'shilib natija 9.3-jadvalning 9 va 10-ustunlariga yoziladi. Tuzatilgan orttirmalarning yig'indisi yopiq poligon uchun nolga teng bo'lishi kerak.

Shundan keyin boshlang'ich nuqtaning berilgan koordinatalari va tuzatilgan orttirmalar qiymati orqali (9.1) formula bo'yicha nuqtalar koordinatalari hisoblanadi, ya'ni:

$$\left. \begin{aligned} x_{i+1} &= x_i + \Delta x \\ y_{i+1} &= y_i + \Delta y \end{aligned} \right\} \quad (9.24)$$

Bu yerda i – poligon nuqtalarining tartib raqami: 1, 2, 3, ... n .

Yopiq poligonda nuqtalar koordinatasi ketma-ket hisoblab borilganda oxirida boshlang'ich nuqta koordinatalari takroran kelib chiqadi. Bu esa hisoblashlar tekshiruvini bo'ladi. Olingan misolda A nuqtaning koordinatalari takroran kelib chiqishi jadvalning 11 va 12-ustunlarida ko'rsatilgan.

Ochiq teodolit yo'li nuqtalarining koordinatalarini hisoblash

Ochiq teodolit yo'lida burchak va koordinata orttirmalarini tenglash yopiq poligondagi kabi bajarilsa-da, bog'lanmasliklarni hisoblash o'ziga xos xususiyatga ega. Hisoblash ishlari quyidagi tartibda bajariladi:

1. 9.4-jadvalning 1-ustuniga poligon nuqtalarining tartib raqami, yo'lining boshlang'ich va oxirgi uchi tayanch nuqtalari bilan birga yoziladi. Misolda 2- va 6-nuqtalar yo'lining boshlang'ich va oxirgi uchining tayanch nuqtalari hisoblanadi (9.4-rasm). 1–2 va 6– A tomonlarning direksion burchaklari (α_b va α_{ox}) hamda 2 va 6-nuqtalarning koordinatalari (x_b, y_b va x_{ox}, y_{ox}) 9.3-jadvaldan olinib, boshlang'ich qiymatlar sifatida 9.4-jadvalga yozilgan.

2. Jadvalning 2-ustuniga yo'l bo'yicha o'lchangan burchaklar dala o'lchash jurnalidan olib yoziladi va ularning yig'indisi $\sum_1^n \beta_a$ topiladi.

3. «Direksion burchaklar» ustuniga (4-ustun) boshlang'ich 1–2 va oxirgi 6 – A tomonlar direksion burchaklari α_b va α_{ox} 9.3-jadvalning 4-ustunidan olib yoziladi.

4. Burchaklar xatosi (9.8) formula bo'yicha hisoblanadi. Lekin bunda $\sum_1^n \beta_n$ – burchaklarning nazariy qiymati quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\sum_1^n \beta_n = \alpha_b + n \cdot 180^\circ - \alpha_{ox} \quad (9.25)$$

Bu yerda α_b va α_{ox} – yo‘lning boshlang‘ich va oxirgi tomonlarining berilgan direksion burchaklari; n – yo‘lda o‘lchangan burchaklar soni.

(9.25) formula yo‘l bo‘yicha o‘ng burchaklar o‘lchangan vaqtda ishlatiladi. Agar chap tomondagi burchaklar o‘lchangan bo‘lsa, formula quyidagicha bo‘ladi:

$$\sum_1^n \beta_n = \alpha_{ox} + n \cdot 180^\circ - \alpha_b. \quad (9.26)$$

Ushbu misolda yo‘lda o‘ng burchaklar o‘lchanganligi uchun burchaklarning nazariy yig‘indisi (9.25) formula bo‘yicha hisoblanadi. Bu formulaga qo‘yiladigan qiymatlar 9.4-jadvalning 4-ustunidan olinadi:

$$\sum_1^n \beta_n = \alpha_b + n \cdot 180^\circ - \alpha_{ox} = 158^\circ 20' + 4 \cdot 180^\circ - 24^\circ 36' = 853^\circ 44'.$$

(9.25) va (9.26) formulalari bilan hisoblangan natijalarda ortiqcha 360° (bitta davr) paydo bo‘lishi mumkin va bunda natijadan 360° ayirib tashlanishi kerak bo‘ladi. Shunga ko‘ra, misoldagi burchaklar nazariy yig‘indisini topamiz:

$$\sum_1^n \beta_n = 853^\circ 44' - 360^\circ 00' = 493^\circ 44'.$$

Shunda burchaklar bog‘lanmaslik qiymati (9.8) formula bo‘yicha quyidagiga teng bo‘ladi:

$$f_\beta = \sum_1^n \beta_a - \sum_1^n \beta_n = 493^\circ 45' - 493^\circ 44' = +01'.$$

Chekli xato diagonal yo‘l uchun quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$f_{\beta_{chek}} = \pm 2' \sqrt{n} = \pm 2' \sqrt{4} = \pm 4'.$$

Bu yerda n – o‘lchangan burchaklar soni.

Hisoblangan xato chekinging qiymatini o‘lchangan burchaklar xatosi bilan solishtirib, misolda o‘lchash xatosi yo‘l qo‘yiladigan chegarada ekanligini ko‘ramiz.

Burchaklar xatosi yopiq poligondagiga o‘xshash tarqatiladi va burchaklar qiymati tuzatilib, 3-ustunga yoziladi.

Ochiq teodolit yo'li (diagonal yo'li) nuqtalarining koordinatlarini hisoblash qaydnomasi

9.4-jadval

№	Ichki burchaklar (o'ug)		Direktsion burchak- lar	Rumb	Poligon to- monlar, go- rizontal qayilishi (m)	O'rttirmalar (m)						Koordinatalar (m)			
	O'chagan- gani	Tuzatil- gani				Hisoblangani			Tuzatilgani			±	x	±	y
						±	Δx	±	Δy	±	Δx				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1															
		-0.5'	158°20'												
2	88°42.5'	88°42'				+0.08	-0.06								
			249°38'	J.G': 69°38'	144.26	-50.20	-135.24	-50.12	-135.30				+3915.55	+2809.01	
7	124°12'	124°12'				+0.09	-0.08								
			305°26'	Sh.G': 54°34'	159.50	+92.48	-129.95	+92.57	-130.03				+3865.43	+2673.71	
8	258°55'	258°55'				+0.18	-0.15								
		-0.5'	226°31'	J.G': 46°31'	264.85	-182.25	-192.17	-182.07	-192.32				+3958.00	+2543.68	
6	21°55.5'	21°55'													
			24°36'										+3775.93	+2351.36	
A															

$$\sum d = 568,61$$

$$\sum \Delta x_n = -139,97$$

$$\sum \Delta y_n = -457,36$$

$$\sum \Delta x_n = (-139,62)$$

$$\sum \Delta y_n = (-457,65)$$

$$fx = -0,35 \text{ m}$$

$$fy = +0,29 \text{ m}$$

$$\sum \beta_n = \alpha_6 + 180^\circ \cdot n - \alpha_m =$$

$$158^\circ 20' + 180^\circ \cdot 4 - 24^\circ 36' = 493^\circ 44'$$

$$\sum \beta_n = \pm 2\sqrt{n} = \pm 2\sqrt{4} = \pm 04'$$

$$\sum \Delta x_n = 3775,93 - 3915,55 = -139,62 \text{ m}$$

$$\sum \Delta y_n = 2351,26 - 2809,01 = -457,65 \text{ m}$$

$$fd = \sqrt{(0,35)^2 + (0,29)^2} \approx 0,45 \text{ m}$$

$$\frac{fd}{\sum d} = \frac{0,45}{569} = \frac{1}{1264} \approx \frac{1}{1000}$$

5. Tomonlar direksion va rumb burchaklari yopiq poligondagi kabi hisoblanadi. Direksion burchaklar to'g'ri hisoblanganligining isboti bo'lib, oxirgi tomonning oldindan ma'lum bo'lgan direksion burchagining takroran kelib chiqishi xizmat qiladi (bu misolda 4-ustundagi 6 - A tomonining direksion burchagi $24^{\circ}36'$).

6. Tomonlarning uzunligi o'lchash jurnalidan olinib, 6-ustunga yoziladi. Bunda qiya chiziqlar o'lchangan bo'lsa, ularning gorizontal quyilishi hisoblab olinadi.

7. Yo'l tomonlarining orttirmasi yopiq poligonga o'xshash (9.3) formulalar bilan hisoblanadi va 7, 8-ustunlarga yoziladi.

8. Ort-tirmalar bog'lanmashigi ochiq poligonda quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi:

$$\left. \begin{aligned} fx &= \sum_1^n \Delta x_a - \sum_1^n \Delta x_n \\ fy &= \sum_1^n \Delta y_a - \sum_1^n \Delta y_n \end{aligned} \right\} \quad (9.27)$$

Bu yerda $\sum_1^n \Delta x_n$ va $\sum_1^n \Delta y_n$ - orttirmalar nazariy yig'indisi bo'lib, quyidagi formulalardan topiladi:

$$\left. \begin{aligned} \sum_1^n \Delta x_n &= x_{ox} - x_b \\ \sum_1^n \Delta y_n &= y_{ox} - y_b \end{aligned} \right\} \quad (9.28)$$

Bu yerda x_b, y_b va x_{ox}, y_{ox} - yo'l boshlang'ich va oxirgi tayanch nuqtalarining koordinatalari.

Bizning misolimizda 2 va 6-nuqtalar tayanch nuqtalar bo'lib, koordinatalari 9.3-jadvalning 11- va 12-ustunlaridan olinib, 9.4-jadvalning tegishli ustunlariga yoziladi.

Yuqoridagi (9.27) va (9.28) formulalardan foydalanib 9.4-jadval ma'lumotlari asosida fx, fy, fd va $fd: \sum_1^n d$ qiymatlar hisoblanib jadvalning ostida keltirilgan.

Diagonal yo'lda asosiy (yopiq) teodolit yo'li nuqtalari orasida o'tkazilganligi uchun unda yo'l qo'yilgan xatolar ta'sirida orttirmalar bog'lanmasligining mutlaq qiymati bir muncha kattaroq bo'ladi va uning nisbiy qiymati $fd: \sum_1^n d \leq 1:1000$ shartni qanoatlantirishi kerak. Bizning misolimizda $u 1:1260 < 1:1000$ bo'lgani uchun (hisoblash 9.4-jadval ostida keltirilgan) orttirmalar xatosi yo'l qo'yarli chegarada ekanligi tasdiqlandi. Orttirmalarni bog'lash xuddi yopiq poligonga o'xshash bajariladi. Bog'langan (tuzatilgan) orttirmalar va boshlang'ich nuqtaning (misolda 2-nuqta) koordinatalari bo'yicha keyingi nuqtalarning koordinatalari yopiq poligonga o'xshash ketma-ket hisoblab chiqiladi. Hisoblashlar oxirida yo'l oxirgi tayanch nuqtasining berilgan koordinatalari kelib chiqishi kerak. Olingan misolda diagonal yo'lning oxirgi tayanch nuqtasi 9.3-jadvaldan olingan 6-nuqta bo'lib, uning koordinatalari 9.4-jadvalda quyidagicha hisoblanadi (9.4-rasmga asosan):

$$x_6 = x_8 + \Delta x = 3958,00 - 182,07 = 3775,93 \text{ m};$$

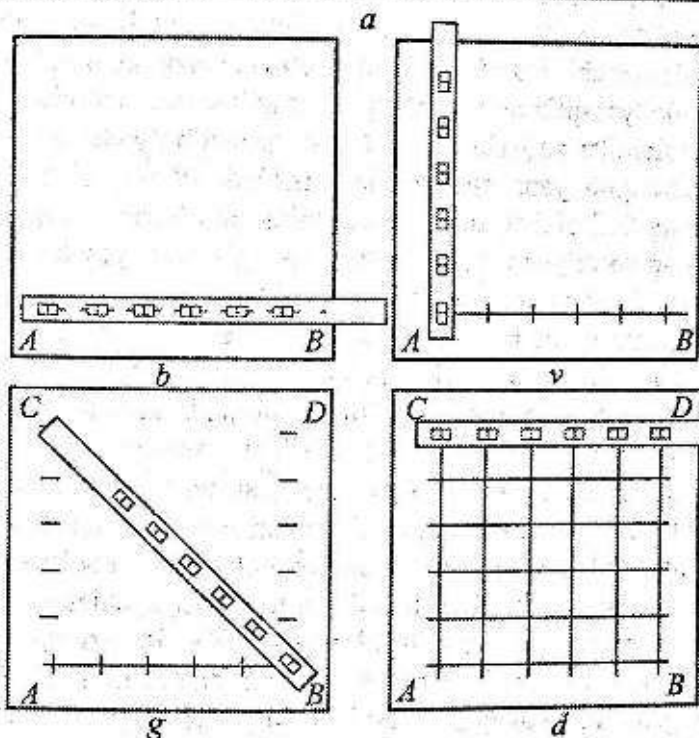
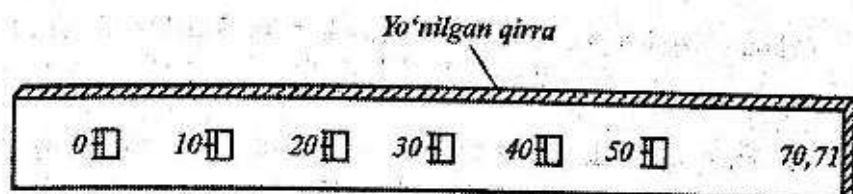
$$y_6 = y_8 + \Delta y = 2543,68 - 192,32 = 2351,36 \text{ m}.$$

Bu esa hisoblash to'g'ri ekanligini bildiradi. Hisoblangan koordinatalar 9.4-jadvalning 11 va 12-ustunlariga yoziladi.

9.6. Teodolit syomkasi planini koordinatalar bo'yicha tuzish va rasmiylashtirish

Poligonning shimoldan janubga qarab kattaligi nuqtalar absissasining eng katta va eng kichik qiymatlari ayirmasi, g'arbdan sharqqa esa ordinatalar eng katta va eng kichik qiymatlarining ayirmasi bilan belgilanadi. Ularni plan masshtabiga keltirib, santimetrda hisoblasak, plan chiziladigan qog'oz varag'ining o'lchamini aniqlagan bo'lamiz.

Hisoblash asosida tanlab olingan vatman qog'ozida tomonlari 10×10 sm bo'lgan kvadrat kataklar yasaladi. Bu ish maxsus metall chizg'ich – Drobishev chizg'ichi yoki ЛБЖ chizg'ichi yordamida bajariladi. Ular bo'lmagan taqdirda kvadrat kataklarni kattaroq uzunlikdagi oddiy chizg'ich, ko'ndalang masshtab va sirkullardan foydalanib yasash mumkin.



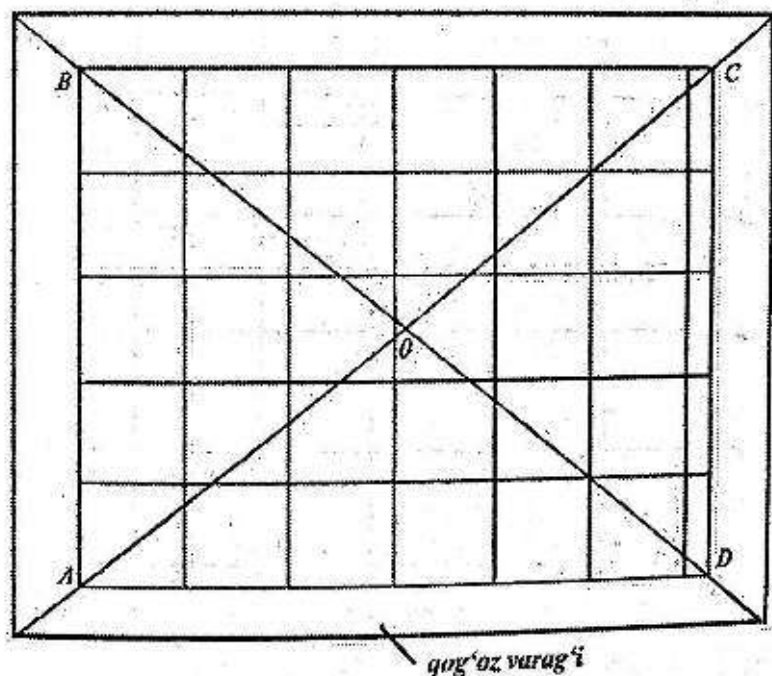
9.5-rasm.

Drobishev chizg'ichi metall dan yasalgan, uning o'rta qismida 6 ta to'g'ri burchakli teshiklar joylashgan bo'lib, ular har birining chap qirrasi, chizg'ichning uzunasiga bitta yon qirrasi va oxirgi uchi qirrasi yo'nilgan bo'ladi (9.5-a rasm). Birinchi teshik yo'nig'ida perpendikulyar yo'nalishda shtrix chizilgan bo'lib, u 0 bilan belgilangan. Qolgan teshiklarning yo'nilgan qirralari noldan hisoblaganda, 10, 20, ..., 50 sm va chizg'ich oxirgi uchi yo'nilgan qirrasi esa 70,71 sm yozuvlar bilan belgilangan. Bunday chizg'ichdan foydalanish prinsipi katetlari 50 sm, gipotenuzasi esa 70,71 sm ga teng to'g'ri burchakli uchburchakni yasashga ($50^2 + 50^2 = 70,71^2$) asoslangan.

Ushbu chizg'ich yordamida qog'ozda kvadrat kataklarni yasash tartibini ko'rib chiqamiz. Bunda dastlab qog'ozning pastki qirrasiga Drobishev chizg'ichi parallel qilib qo'yiladi va yo'nilgan qirradi bo'ylab AB chiziq o'tkaziladi. Bu chiziqqa chizg'ichni qo'yib, uning 0 shtrixi uchini A nuqta bilan tutashtiradilar va Drobishev chizg'ichining teshiklari yo'nilgan qirradi bo'yicha qalam bilan ingichka qilib chiziqlar chiziladi (9.5-b rasm). So'ngra chizg'ichni AB chiziqqa perpendikulyar qilib qo'yib, chizg'ichning 0 shtrixi uchini A nuqta bilan tutashtiradilar va teshiklar yo'nilgan qirradi bo'yicha qalam bilan ingichka qilib yana chiziqlar chiziladi (9.5-v rasm). Endi chizg'ichning 0 shtrixi uchini B nuqta bilan tutashtirib (9.5-g rasm) chizg'ichning yo'nilgan uchi bilan diagonal bo'ylab C yoy kesishtiriladi va kvadratning yuqori chap tomon uchi hosil qilinadi. Aynan shu tarzda kvadratning yuqori o'ng tomon uchi D hosil qilinadi. Nazorat uchun chizg'ichining 0 shtrixi uchini C nuqta bilan tutashtirib oltinchi teshikchaning yo'nilgan qirradi D nuqta bilan tutashish yoki tutashmasligi (9.5-d rasm) tekshirib ko'riladi. Tutashmaslik qiymati 0,2 mm dan oshmasligi kerak. Agar tutashgan bo'lsa, unda kvadratning to'rt tomoni chizg'ichning teshikchalari orqali 10 sm li bo'laklarga bo'lib chiqiladi va qarama-qarshi tomonlarda hosil bo'lgan nuqtalar chizg'ichning yo'nilgan qirradi bilan tutashtirilib chiziqlar chiziladi va kvadrat kataklari to'rti hosil qilinadi. Kvadratlarning o'zaro tengligini tekshirish uchun ulardan birining diagonalini sirkul bilan olinib, qolganlarining diagonalini bo'yicha qo'yib chiqilganda ular teng bo'lishi yoki ularning farqi 0,2 mm dan oshmasligi kerak.

Bunday maxsus chizg'ich qo'l ostida bo'lmasa, oddiy yo'l bilan kvadrat kataklar to'rtini hosil qilish mumkin. Buning uchun olingan qog'oz varag'ining qarama-qarshi burchaklaridan oddiy chizg'ich bilan diagonal chiziqlar o'tkaziladi. Ularning kesishgan nuqtasi 0 dan boshlab to'rtta burchaklarga qarab qabul qilingan uzunlikdagi kesimlar qo'yib chiqiladi va A , B , C va D nuqtalari topiladi (9.6-rasm). Bu nuqtalarni tutashtirib, to'rt burchakli to'rtburchak hosil qilinadi. A nuqtadan B nuqtaga qarab ko'ndalang masshtabdan sirkul yordamida aniq o'lchab olingan 10 sm ga teng kesim ketma-ket qo'yib chiqilib, nuqtalar belgilanadi (9.6-rasm).

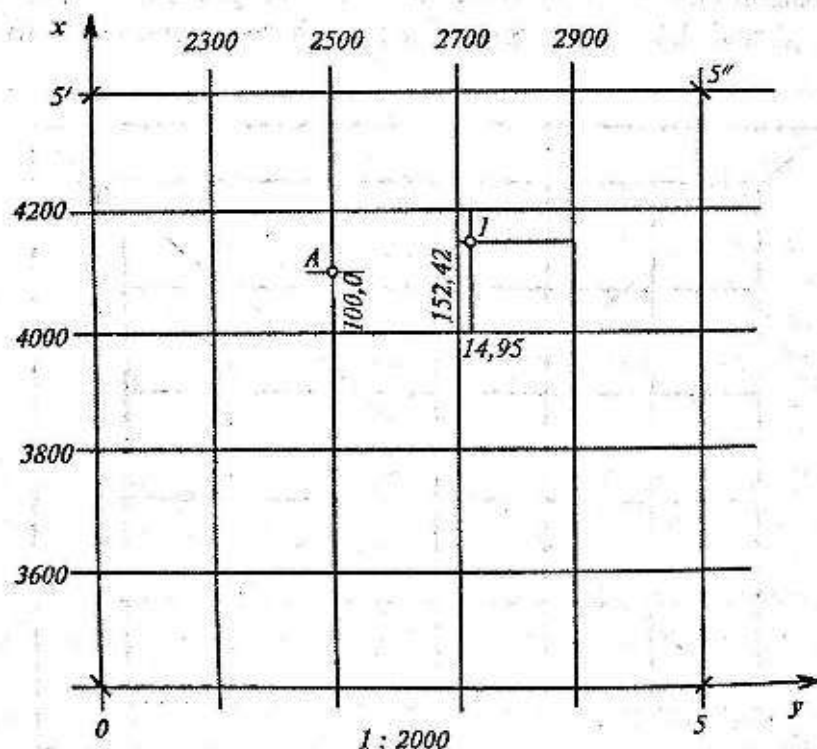
So'ngra sirkulda olingan o'sha 10 sm li kesim A nuqtadan boshlab D nuqtaga qarab birin-ketin qo'yilib, nuqtalar belgilanadi. Xuddi shu tarzda DC tomon D nuqtadan, BC tomon esa B nuqtadan boshlab oldingiday kesimlarga bo'linadi. Qarama-qarshi tomonlardagi teng nuqtalardan chiziqlar o'tkazilib, 10×10 sm bo'lgan kvadrat kataklar hosil qilinadi. Ularning tengligini tekshirish yuqoridagi kabi bajari-ladi.



9.6-rasm.

Kvadrat kataklar to'ri yasab bo'lingach, chiziladigan plan massh-tabi va teodolit poligoni nuqtalarining koordinatalari qiymatidan kelib chiqib, kvadrat kataklar to'ri koordinata qiymatlari bilan belgilab chiqi-ladi. Bizning misolimizda teodolit poligoni nuqtalarining 9.3-jadval-dagi x va y qiymatlariga qarab 1:2 000 masshtab uchun 9.6-rasmdagi koordinatalar to'ri sonlar bilan yozib chiqilgan. Poligon nuqtalarini koordinatalari bo'yicha planga tushirish boshlang'ich nuqta (9.3-jadval-da A nuqta) dan boshlanadi. Buning uchun ushbu nuqta koordinatlari-ning ishorasi va qiymatiga qarab nuqta joylashadigan kvadrat aniqla-nadi. A nuqtaning koordinatalari $x = +4100,00$ m va $y = +2500,00$ m

bo'lgani uchun nuqta joylashadigan kvadratning pastki chap uchi koordinatalari $x = +4000$ va $y = +2500$ m bo'ladi. Demak, undan boshlab shimolga $4100 - 4000 = 100$ m, sharqqa $2500 - 2500 = 0$ m masshtabda o'lchab qo'yilsa, A nuqtaning o'rni topiladi (9.7-rasm).



9.7-rasm

Koordinatalari $x = +4152,42$ m va $y = +2714,95$ m bo'lgan 1-nuqta (9.3-jadval) pastki chap uchi koordinatalari $x = 4000$ m va $y = +2700$ m ga teng kvadratda joylashadi. Undan yuqoriga (shimolga) $4152,42 - 4000 = 152,42$ m va o'ng tomonga (sharqqa) $2714,95 - 2700 = 14,95$ m ni plan masshtabida o'lchab qo'yib (9.7-rasm) topilgan nuqtalardan kvadrat tomonlariga parallel chiziqlar chizilsa, ularning kesishishidan 1-nuqtaning plandagi o'rni hosil bo'ladi. Poligon qolgan nuqtalarining o'rni ham planda shu tartibda topiladi. Planga nuqtalar to'g'ri tushirilganini tekshirish uchun birin-ketin tushirilgan ikki nuqta oralig'i masshtabda sirkul bilan o'lchanib, qaydnomadagi (9.3-jadval) chiziqning gorizontal quyilishi qiymati bilan

solishtiriladi. Agar ular bir-biriga teng chiqsa, nuqtalar planga to'g'ri tushirilgan bo'ladi. Aks holda, ularning o'rni planda qayta topiladi.

Tushirilgan har bir nuqta yoniga uning tartib raqami yoziladi. Aynan shu tarzda planga diagonal yo'l nuqtalari ham tushiriladi.

Plandagi teodolit yo'li nuqtalari chiziqlar bilan o'zaro tutashtirib chiqiladi va planda poligon hosil bo'ladi. Shundan keyin joyda syomka qilingan tafsilotlar (9.2-rasm) planga yo'l nuqtalari va tomonlaridan tegishli o'lchangan qiymatlarni o'lchab qo'yib tushiriladi. Bunda dala syomkasida olib borilgan abrisdan foydalaniladi.

Perpendikulyarlar usuli bilan syomka qilingan tafsilot nuqtalari planga sirkul, chizg'ichlar (oddiy va uchburchak) hamda ko'ndalang masshtab yordamida tushiriladi. Perpendikulyarlar uzunligi va ularning asosigacha o'lchangan masofalarni uchburchak va oddiy chizg'ichlar yordamida yoki ko'ndalang masshtab va sirkul yordamida o'lchab qo'yib, tafsilot nuqtalari planga tushiriladi.

Qutbiy koordinatalar usulida syomka qilingan nuqtalarni transportir, sirkul va ko'ndalang masshtab yordamida o'lchab qo'yiladi.

O'lchangan qutbiy burchaklarni qog'ozda yasash uchun transportir markazi teodolit o'rnatilgan nuqtaga, uning nol diametri esa joyda boshlang'ich yo'nalish qilib olingan tomon bilan tutashtirib olinadi. Har bir tushirilgan burchakni chegaralovchi yo'nalish bo'yicha teodolit o'rnatilgan nuqtadan boshlab tegishli masofalar masshtabda qo'yilib topilgan nuqtalar bo'yicha tafsilot chegarasi chizib ko'rsatiladi.

Burchak kesishtirish usuli bilan syomka qilingan nuqtalarni planga transportir va chizg'ich yordamida tushiriladi. Bunda burchaklar qaysi tomondan boshlab o'lchangan bo'lsa, transportir bilan o'sha tomondan o'lchab qo'yiladi.

Teodolit syomkasi planini rasmiylashtirish

Joydagi barcha predmetlar va tafsilotlarni planga tushirib bo'lgandan keyin uni shu masshtabga tegishli shartli belgilar bilan ishlab chiqiladi. Buning uchun maxsus adabiyot (Условные топографические знаки для масштабов 1:500, 1:1 000, 1:2 000 и 1:5 000) dan foydalanadi.

Poligon uchlari diametri 1,5 mm doiracha bilan ko'rsatiladi, doiracha sirtiga uni markazidan o'tuvchi 0,5 mm ikki gorizontaal va ikkita vertikal shtrixlar chiziladi.

Poligon tomonlari, tafsilotlarni (konturlarni) chegara chiziqlari qora tush bilan ingichka (0,1 mm) qilib ko'rsatiladi.

Daryo, ko'l, kanallar planda och havorangda bo'yaladi, chetlari esa yashil rangda ingichka (0,1 mm) qilib ko'rsatiladi, oqim yo'nalishi mil bilan qora tushda ko'rsatiladi va daryoning nomi yoziladi.

Ekinlar o'rni o'ziga xos shartli belgilariga muvofiqlashtirib ko'rsatiladi. Ichki va tashqi ramkalar chiziladi. Ichki ramka sifatida ko'pincha kvadrat kataklarning chetki chizig'i qabul qilinadi. Bundan qog'oz qirg'og'iga qarab 12,8 mm o'lchanib, yo'g'onligi 1,2 mm bo'lgan tashqi chiziq chiziladi. Qora tush bilan ramka chiziqlari chizilib, burchaklaridagi koordinatalar qiymatlari yoziladi. Ramka tashqi qismining tepasiga joy va tashkilot nomlari yoziladi. Ramkaning tagida esa (o'rtada) sonli masshtab yozilib, uning ostiga masshtabning 1 sm dagi qiymati ko'rsatiladi.

Nazorat savollari:

1. Teodolit yo'li nima va u qanday shakllarda quriladi?
2. Teodolit yo'lida gorizontal burchaklar qanday o'lchanadi?
3. Teodolit yo'li tomonlarining uzunligi qanday o'lchanadi?
4. To'g'li geodezik masalaning mohiyati nimadan iborat?
5. Yopiq teodolit yo'lida o'lchangan burchaklar xatosi qanday hisoblanadi?
6. Yopiq poligon shaklidagi teodolit yo'lida koordinatalar orttirmalarining xatosi qanday topiladi?
7. Ochiq teodolit yo'lida koordinatalar orttirmalarining xatosi qanday topiladi?
8. Koordinatalar orttirmalari hisoblangan xatolik orqali qanday tuzatiladi?
9. Teodolit yo'li nuqtalarining koordinatalari qanday hisoblanadi?
10. Teodolit syomkasining mohiyati nimadan iborat?
11. Joy predmet va tafsilotlari syomkasining qaysi usullarini bilasiz?
12. Abris nima va u qanday tuziladi?
13. Teodolit yo'li nuqtalari planga qaynday tushiriladi?

YUZANI HISOBLASH

10.1. Umumiy ma'lumotlar

Yer maydonlaridan foydalanishga oid turli loyihalarni tuzishda, ularning tabiiy boyliklarini o'rganishda, yerlarni hisobga olish va yo'qlama qilishda, yer uchastkasiga egalik qilish bilan bog'liq dalolatnoma tuzishda va boshqa holatlarda yer maydonlari yuzalarini aniqlash talab qilinadi.

Uncha katta bo'lmagan yer uchastkalari yuzalarini aniqlashda ingliz o'lchash sistemasida fut^2 yoki dyum^2 , m^2 birliklari qo'llaniladi, katta yer uchastkalari esa akr yoki gektarda aniqlanadi. Metrik o'lchash sistemasida asosan m^2 va gektar birliklaridan foydalaniladi.

Yer bo'laklarining xo'jalik ahamiyatiga, ularning shakliga, kattakichikligiga, geodezik o'lchashlarning aniqligi va usullariga, o'lchashda ishlatiladigan asboblardan, plan va kartalarning mavjudligiga va kerakli ma'lumotlarning bor-yo'qligiga qarab yuza hisoblashning quyidagi usullari qo'llaniladi:

1. **Analitik usul** – yuza joyda o'lchangan chiziqlar va burchaklar orqali geometriya, trigonometriya va analitik geometriya formulalari bo'yicha hisoblanadi. Masalan, tomorqalar, qurilish maydonchasi yer bo'laklari, yakka imorat yoki inshoot bilan band maydonlarni hisobga olish va har xil maqsadlar uchun yer bo'laklarini ajratish uchun ularni oddiy geometrik shakllarga – uchburchak, to'g'ri burchakli to'rtburchak, ayrim vaqtlarda trapesiyaga bo'lib olib, har birining yuzasi tegishli oddiy formulalar bilan hisoblanadi va ularning yig'indisini olib umumiy yuza topiladi.

Katta maydonlar, masalan, xo'jaliklar yeri ularning chegara nuqtalari koordinatalari bo'yicha hisoblanishi qulay bo'ladi va aniq natija beradi (10.2 ga qaralsin).

Analitik usul eng aniq usul hisoblanadi. Chunki yuza hisoblash aniqligiga faqat joyda chiziq va burchak o'lchashlarni bajarishda yo'l qo'yiladigan xatolar ta'sir qiladi va shuning uchun uning aniqligi planning aniqligiga bog'liq bo'lmaydi.

2. **Grafik usul** – maydonlar yuzasi plan va kartalar bo'yicha o'lchab aniqlangan chiziqlar uzunligi orqali hisoblanadi, ya'ni yer bo'laklari plan yoki kartada uchburchak, to'rtburchak yoki trapetsi-

yaga bo'linib, ularning asos va balandligi masshtabdan foydalanib o'lchanadi, va tegishli formulalarga qo'yib hisoblanadi. Paletkalar yordamida yuza hisoblash ham shu usulga kiradi (10.3 ga qaralsin).

Grafik usulning aniqligi analitik usulga nisbatan pastroq, chunki joyda o'lchashlarni bajarishda sodir bo'lgan xatolardan tashqari yuza hisoblash aniqligiga plan, kartalarni tuzishdagi va yuzalarni plan, kartalarda aniqlashdagi grafik xatolar ham ta'sir qiladi.

3. *Mexanik usul* – maydonlar yuzasi plan yoki kartada maxsus asbob planimetr yordamida o'lchanadi (10.4 ga qaralsin). Keyingi yillarda turli tipdagi elektron planimetrlarning ishlab chiqilishi tufayli bu usul *elektron – mexanik* usul deb nomlanadi. Ushbu usul eng ko'p qo'llanib kelingan bo'lib, hozirgi kunda raqamli plan va kartalarda konturlar yuzasi dasturiy ta'minotdan foydalanib aniqlanadi.

Yuqorida ko'rib o'tilgan usullar xo'jaliklar, yerdan foydalanuvchilar ixtiyorida bo'lgan yerlar yuzasini hisoblashda, yer tuzish va yer kadastrida, shuningdek, yerdan foydalanish chegaralarini aniqlashda, xo'jaliklararo yer tuzish ishlarini bajarishda, yerlarni hisobga olish va boshqalarda keng qo'llaniladi.

10.2. Analitik usulda yuzani aniqlash

Joyda o'lchangan chiziqlar va burchaklar natijalari bo'yicha yer bo'laklari yuzasini aniqlashda geometrik va trigonometrik formulalar qo'llaniladi. Agar chiziq uzunligi va burchaklar yer bo'lagining chegarasi bo'yicha o'lchangan bo'lsa, unda uning yuzasi geometrik shakllarga tegishli quyidagi formulalar orqali aniqlash mumkin.

Uchburchak (10.1-a rasm). Uchburchak yuzasini, o'lchangan ikki tomonning uzunligi S_1 va S_2 hamda ular orasidagi β_2 burchak orqali aniqlash mumkin. 10.1-a rasmdan ma'lumki,

$$2P = S_1 h, \quad (10.1)$$

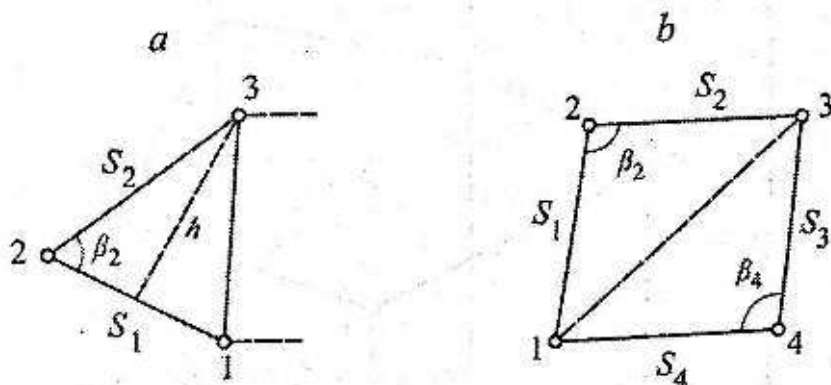
bu yerda $h = S_2 \sin \beta_2$.

h ning qiymatini (10.1) ga qo'yib, quyidagini yozamiz:

$$2P = S_1 S_2 \sin \beta_2. \quad (10.2)$$

To'rtburchak. Uzunligi ma'lum, o'lchangan to'rtta tomoni S_1, S_2, S_3, S_4 va ikki qarama-qarshi burchaklari β_2 va β_4 qiymatlari bo'yicha (10.1-b, rasm), (10.2) formula asosida to'rtburchak shaklining yuzasini hisoblash formulasini quyidagicha yozmiz:

$$2P = S_1 S_2 \sin \beta_2 + S_3 S_4 \sin \beta_4. \quad (6.3)$$



10.1-rasm

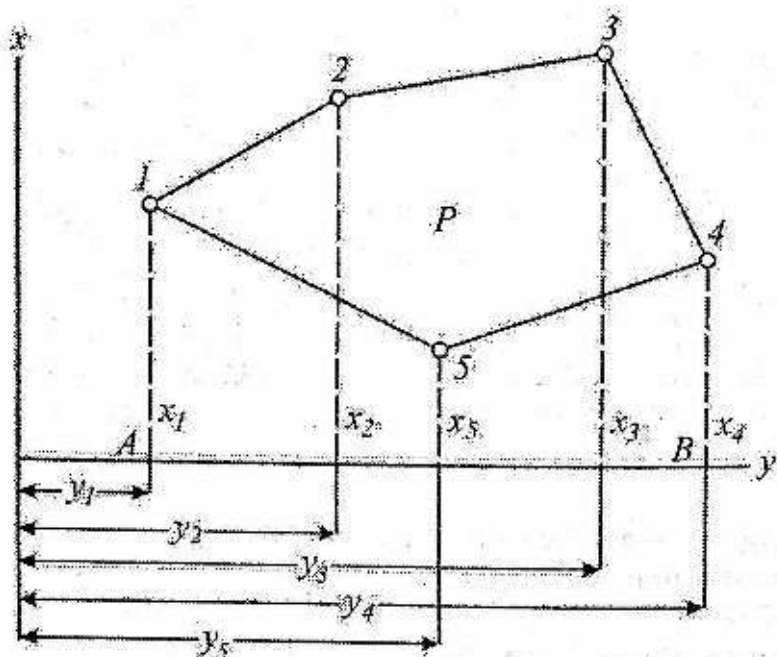
Agar biron-bir yer bo'lagining chegaralari bo'yicha teodolit yo'li o'tkazilib, burilish nuqtalarining koordinatalari topilgan bo'lsa, uning yuzasi tegishli formulalar yordamida hisoblab chiqilishi mumkin. Bu formulalar isbotini 10.2-rasmda keltirilgan oddiy beshburchak misolida ko'rib chiqamiz.

Ushbu rasmdagi poligon yuzasini R bilan belgilab, uni $A-1-2-3-4-B$ bilan $A-1-5-4-B$ shakllar yuzasining farqi deb hisoblab, har bir shakl yuzasini asoslari x va balandliklari $y_2 - y_1, y_3 - y_2$ va hokazoda iborat trapetsiyalar yuzalarining yig'indisi bilan ifodalash mumkin, ya'ni

$$P = \text{yuz}_{A-1-2-3-4-B} - \text{yuz}_{A-1-5-4-B} = \frac{1}{2}(x_1 + x_2)(y_2 - y_1) + \\ + \frac{1}{2}(x_2 + x_3)(y_3 - y_2) + \frac{1}{2}(x_3 + x_4)(y_4 - y_3) - \frac{1}{2}(x_4 + x_5)(y_4 - y_5) - \\ - \frac{1}{2}(x_5 + x_1)(y_5 - y_1).$$

Yuqorida keltirilgan ifodaning ikki oxirgi hadlaridagi ishoralarini o'zgartirib, quyidagicha yozamiz:

$$2P = (x_1 + x_2)(y_1 - y_2) + (x_2 + x_3)(y_3 - y_2) + (x_3 + x_4)(y_4 - y_3) + (x_4 + x_5)(y_5 - y_4) + (x_5 + x_1)(y_1 - y_5).$$



10.2-rasm

Hosil qilingan ifodadan ko'rish mumkinki, poligonning ikkilangan yuzasi poligon uchlarini nuqtalari soni qancha bo'lsa, shuncha ko'paytmalar yig'indisiga teng. Shunda har bir ko'paytmaning birinchi ko'payuvchisi k va $k + 1$ bilan ikkita qo'shni nuqtalar absissasini, ikkinchi ko'paytiruvchisi esa $k + 1$ va k raqamlari bilan ushbu nuqtalarning ordinatalari farqini bildiradi. Bu esa, o'z navbatida, har qanday n burchakli ko'pburchak uchun qisqa formulani yozishga imkon beradi:

$$2P = \sum_{k=1}^n (x_k + x_{k+1})(y_{k+1} - y_k). \quad (10.2)$$

Bu formuladagi qavslarni ochib, o'zgarishlarni bajarib bo'lib va y_k ni qavsdan chiqarib (10.2) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$2P = \sum_1^n y_k (x_{k-1} - x_{k+1}). \quad (10.3)$$

Bu yerda $k = 1, 2, 3, \dots, n$ – poligon nuqtalarining tartib raqami.

Ushbu formulaga asoslanib quyidagi ta'rifni berish mumkin: *poligonning ikkilangan yuzi har bir nuqta ordinatasini orqadagi va oldindagi nuqtalar absissalari ayirmasiga ko'paytirib, umumiy yig'indisini olishga barobardir.*

Agar poligon burilish nuqtalari ordinata o'qiga proyeksiyalansa, yana o'sha 10.2-rasmga asosan ko'pburchakli poligon uchun quyidagini hosil qilishimiz mumkin:

$$2P = \sum_1^n x_k (y_{k+1} - y_{k-1}). \quad (10.4)$$

Ushbu formulaga asoslanib quyidagi ta'rifni yozish mumkin: *poligonning ikkilangan yuzi har bir nuqta absissasini oldindagi va orqadagi nuqtalar ordinatalari ayirmasiga ko'paytirib, umumiy yig'indisini olishga barobardir.* Hisoblash ishlarini tekshirib borish (10.3) va (10.4) formulalarning qavs ichidagi hadlari orqali amalga oshiriladi. Yopiq poligon uchun ushbu formulalardan quyidagini yozamiz:

$$\sum_1^n (x_{k-1} - x_{k+1}) = \sum_1^n (y_{k+1} - y_{k-1}) = 0. \quad (10.5)$$

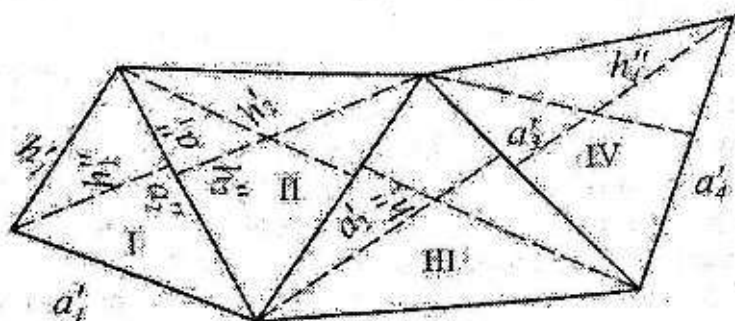
Bitta poligon uchun (10.3) va (10.4) bo'yicha hisoblangan yuza qiymatlari o'zaro teng chiqishi kerak. Hisoblashni osonlashtirish maqsadida koordinatalar qiymati 0,1 m gacha yaxlitlab yoziladi. Hisoblash maxsus jadvalda mikrokalkulyator yordamida bajariladi. Murakkab va ko'p burilish nuqtalaridan tashkil topgan poligonlar yuzi kompyuterda maxsus dastur asosida hisoblanishi mumkin.

9.2-jadvalda topilgan koordinatalar bo'yicha poligon yuzasini hisoblash 10.1-jadvalda keltirilgan.

Nuqta- lar t/r	Koordinatalar (m)		Ayirmalar (m)		Ko'paytmalar (m)	
	x	y	$x_{k-1}-x_{k+1}$	$y_{k+1}-y_{k-1}$	$x_k(y_{k+1}-y_{k-1})$	$y_k(x_{k-1}-x_{k+1})$
1	2	3	4	5	6	7
A	+4100,0	+2500,0	-376,6	+363,6	+1490760	-941500
1	+4152,4	+2715,0	+184,5	+309,0	+1283092	+500918
2	+3915,5	+2809,0	+396,4	+140,0	+548170	+1113488
3	+3756,0	+2855,0	+269,9	-123,1	-462364	+770564
4	+3645,6	+2685,9	+154,0	-424,6	-1547922	+413629
5	+3602,0	+2430,4	-130,2	-334,5	-1204869	-316438
6	+3775,8	+2351,4	-498,0	+69,6	+262796	-1170997
			+1004,8	+882,2	+3584818	+2798599
			-1004,8	-882,2	-3215155	-2428935
Σ			0	0	+369663	+369664
					$2P = 369664 \text{ m}^2$	
					$P = 184832 \text{ m}^2 = 18,48 \text{ ga}$	

10.3. Grafik usulda yuzani aniqlash

Bu usulning mohiyati shundaki, plan, kartada tasvirlangan yer bo'laklari oddiy geometrik shakllarga – ko'pincha uchburchaklar va trapeziya yoki to'g'ri burchakli to'rtburchaklarga bo'linadi. Ushbu shakllarning tomonlari uzunligi va burchaklari o'lchanib, geometriya va trigonometriya formulalari yordamida ularning yuzalari hisoblanadi hamda ular bir-biriga qo'shilib yer bo'laklarining umumiy yuzasi aniqlanadi.



10.3-rasm

Har bir uchburchakning yuzasi nazorat uchun ikki marta (o'lgan-
gan ikki asos a va h balandliklar) bo'yicha hisoblanadi (10.3-rasm).

Grafik usulda yuzani aniqlash

10.2-jadval

Uchbur- chaklar- ning soni	Asos- lar, <i>a</i>	Baland- liklar, <i>h</i>	Hisob- langan yuza <i>P</i> , ga	Mutlaq xato, ΔP , ga	Chekli xato ΔP_{cheks} ga	O'rtacha yuza, <i>P</i> , ga
1	2	3	4	5	6	7
1	365	602	11,00	0,03	0,12	10,98
	572	380	10,97			
2	438	421	9,22	0,03	0,12	9,24
	507	365	9,25			
3	300	340	5,10	0,05	0,10	5,12
	330	312	5,15			
4	258	365	4,71	0,06	0,09	4,68
	431	216	4,65			
					<i>P</i> =29,92 ga	

Shunda umumiy yuza uchburchaklar hisoblangan yuzasining yig'indisiga teng bo'ladi.

Uchburchakning yuzasi ma'lum formulalar orqali hisoblanadi:

$$P_1 = \frac{1}{2} a' h',$$

$$P_1 = \frac{1}{2} a'' h''.$$

Har bir uchburchak bo'yicha mutlaq bog'lanmaslik hamda chekli bog'lanmasligi quyidagi ifodalar orqali aniqlanadi:

$$\Delta P = P_1 - P_2,$$

$$\Delta P_{chek} = 0,04 \frac{M}{10000} \cdot \sqrt{P, \text{ga}}. \quad (10.6)$$

Bu yerda M – plan masshtabining maxraji.

Agar hisoblangan mutlaq bog‘lanmaslik chek doirasida, ya’ni $\Delta P \leq \Delta P_{chek}$ bo‘lsa, u holda P_1 va P_2 ning o‘rtacha qiymati olinadi.

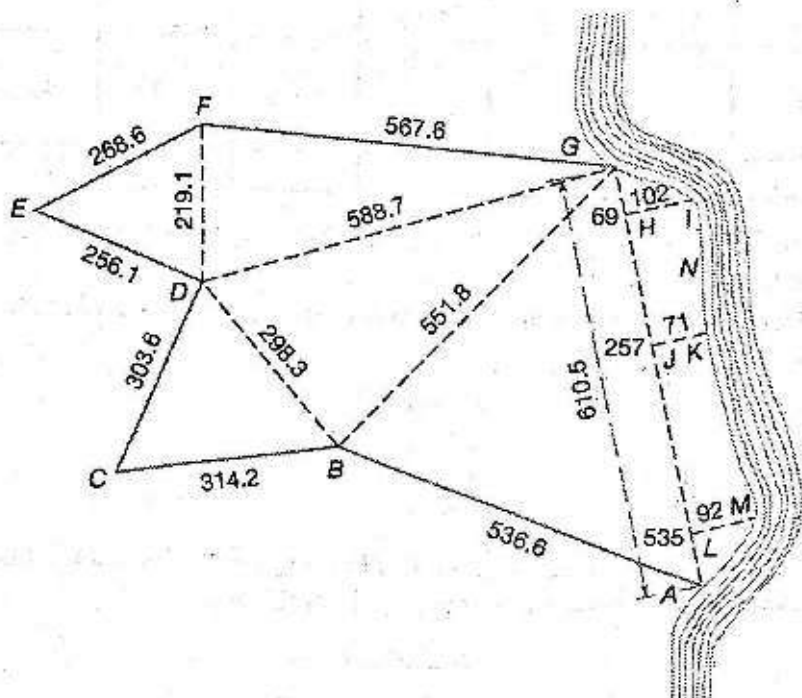
10.3-rasmda ko‘rsatilgan yer bo‘lagining yuzasi grafik usulda hisoblanib, natijalari 10.2-jadvalda keltirilgan.

Yer uchastkasi yuzasini uchburchaklarga bo‘lib aniqlashni 10.4-rasmda keltirilgan misolda ham ko‘rish mumkin. Shunda uchburchak yuzasini tomonlar uzunligi orqali quyidagi formuladan hisoblash mumkin:

$$area = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}. \quad (10.7)$$

Bu yerda a , b va c – uchburchak tomonlari uzunligi bo‘lib, s quyidagicha bo‘ladi:

$$s = \frac{1}{2}(a+b+c).$$



10.4-rasm

Bundan tashqari, uchburchak yuzasini aniqlashning boshqa formulasini ham keltirish mumkin:

$$area = \frac{1}{2} ab \sin C. \quad (10.7)$$

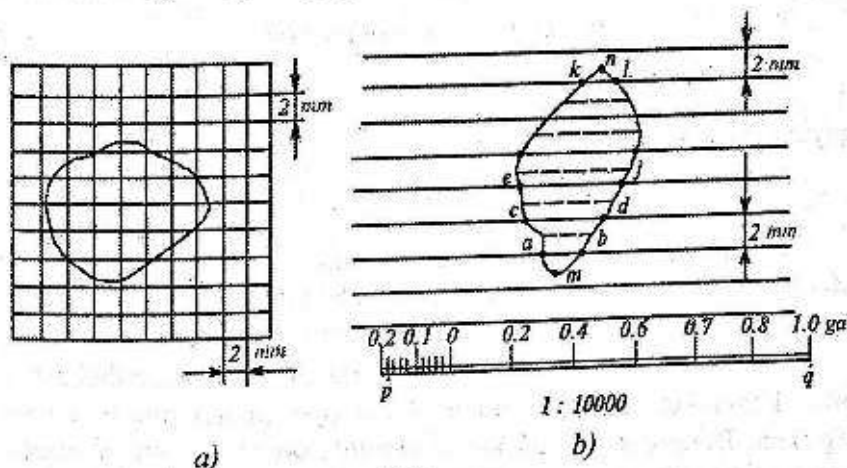
Bu yerda C – a va b tomonlar orasidagi burchak.

(10.6) yoki (10.7) formulalarni tanlash uchburchakning ko'rinishiga bog'liq.

Paletka yordamida yuzani hisoblash. Chegaralari egri chiziqdan tashkil topgan mayda konturlar yuzasini hisoblashda paletkalardan foydalanish mumkin. Paletkalar to'g'ri va egri chiziqli bo'ladi. To'g'ri chiziqli paletkalarga eng ko'p tarqalgan kvadrat va parallel paletkalar kiradi.

Kvadrat paletka – oralari 1 yoki 2 mm dan shaffof selluloidda o'zaro perpendikulyar o'tkazilgan chiziqlardan iborat. Perpendikulyar chiziqlar kesishib kvadratlarni to'rini (tomonlari 1×1 yoki 2×2 mm) hosil qiladi (10.5-a rasm).

Ayrim vaqtda paletkani to'g'ri burchakli kataklardan ham yasash mumkin. Berilgan shakl yuzasi uning ichida joylashgan paletka butun kataklari soniga to'lamas kataklar sonini ko'z bilan aniqlab qo'shib, bitta katak qiymatiga ko'paytirib topiladi.



10.5-rasm

Misol, 1:1 000 masshtabdagi planda olingan shakl yuzasi, paletka katagining tomonlari 2×2 mm bo'lsa, 10.5-a rasimga asosan quyidagicha

hisoblanadi. Bitta kvadratning tomonlari olingan masshtabda 2×2 m bo'lsa, maydoni 4 m^2 ga teng. Butun kataklar soni 14 ta, butun bo'lmagan kataklar sonini chamalab hisoblasak, ular 7 ta chiqadi, jami esa 21 ta katakni tashkil etadi. Shunda umumiy yuza $21 \times 4 \text{ m}^2 = 84 \text{ m}^2$ ga teng bo'ladi.

Paletkalar yordamida planda kattaligi 2 sm^2 dan ortiq bo'lgan yuzalarni hisoblash tavsiya etilmaydi. Butun bo'lmagan kataklar sonini ko'z bilan chamalab hisoblash o'lchash aniqligini pasaytiradi.

Yuzalarni parallel chiziqli paletkalar bilan aniqlash uchun shaffof selluloid varaqchasiga 2 mm oraliqdan parallel chiziqlar chiziladi (10.5-b rasm). Bu paletka bilan yuzalar quyidagicha hisoblanadi. Bunda yuzasi hisoblanadigan shaklga paletka shunday qo'yiladiki, uning eng chetdagi m va n nuqtalari parallel chiziqlar orasiga to'g'ri kelsin (10.5-b rasm).

Shunda konturning butun yuzi parallel chiziqlar yordamida bir xil balandlikka ega trapetsiyalarga bo'linadi. 10.5-b rasmda ab , cd , ej , ..., kl chiziqlar bilan trapetsiyalarning o'rtacha asosi, uzoq chiziqlar bilan esa trapetsiyalarning asoslari ko'rsatilgan. Shunda trapetsiyalar yuzasi yig'indisi yoki hisoblanadigan shakl yuzi quyidagicha topiladi:

$$P = ab \cdot h + cd \cdot h + ej \cdot h + kl \cdot h.$$

Trapetsiyalar balandligi h bir xil bo'lgani uchun bu formulani quyidagicha yozamiz:

$$P = h(ab + cd + ej + \dots + kl)$$

Demak, yuza qiymatini topish uchun o'rta chiziqlar uzunligi yig'indisini olib, h balandlik – parallel chiziqlar orasidagi masofaga ko'paytirish kerak bo'ladi.

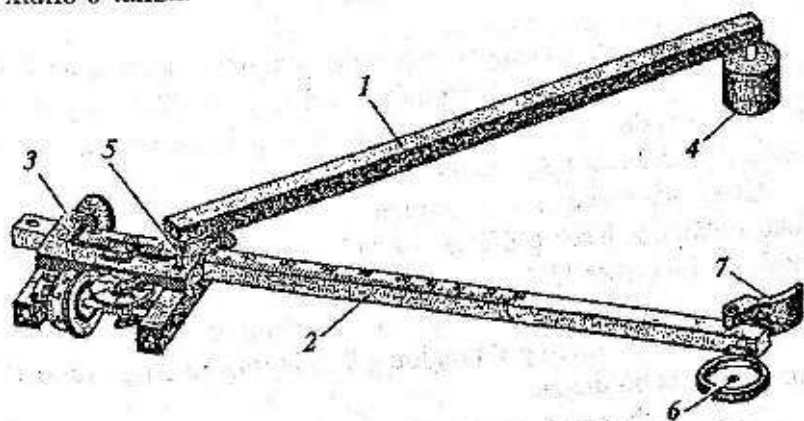
Hisoblashni osonlashtirish uchun o'rta chiziqlar yig'indisi sirkul bilan ketma-ket o'lchanib, uning ikkita oyoqchalari ninasi orasida yig'iladi. Buning uchun ab kesim sirkulda olinadi va uni o'zgartirmasdan chap ninasi d nuqtaga, o'ng ninasi esa chap nina bilan bitta gorizontal chiziqda joylashtiriladi. Shundan keyin chap ninasini ko'tarib suriladi va c nuqtasi bilan tutashtiriladi. Natijada sirkulda $ab + cd$ chiziqlar yig'indisi hosil bo'ladi. Xuddi shu tartibda keyingi

chiziqlar uzunligi sirkulda o'lchab topiladi. Oxirigacha sirkulda yig'ilgan kesim uzunligini ko'ndalang masshtabga qo'yib umumiy uzunlik topiladi va balandlik h ga ko'paytirib yuza topiladi.

Hisoblash ishlarini osonlashtirish maqsadida paletka ostiga maxsus shkala chizilib, uning bo'laklari qiymati tegishli masshtab uchun hisoblab yozib qo'yiladi (chiziqli masshtabga o'xshash). 1:10 000 masshtab uchun shkala asosining qiymatini hisoblaymiz. Parallel chiziqlar orasi 2 mm bo'lsa, berilgan masshtabda shkalaning har bir sm li bo'lagi 0,20 ga ni tashkil qiladi, ya'ni $20 \times 100 = 0,2$ ga. Aniqlikni oshirish uchun shkalaning chap tomonidagi bir bo'lagi (1 sm) 10 bo'lakka bo'lib qo'yiladi (10.5-b rasm). Bunday paletka bilan planda yuzasi 10 sm^2 dan katta bo'lmagan konturlar maydoni o'lchanadi.

10.4. Planimetrning tuzilishi va uning tekshirishlari

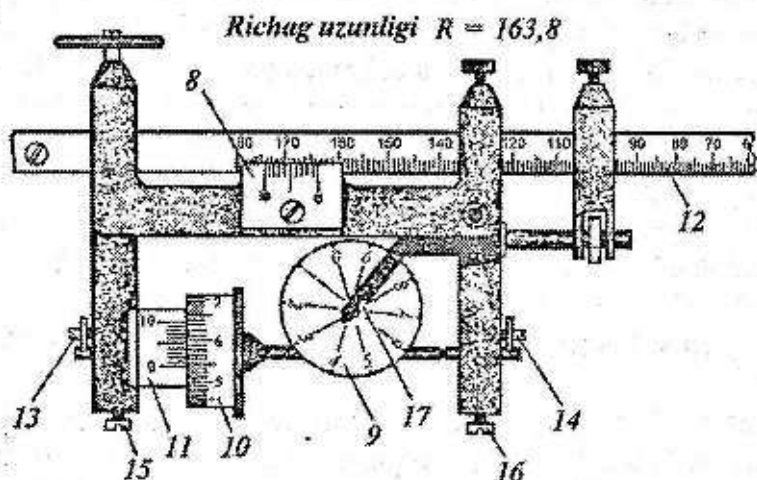
Mexanik usulda plan va kartalarda konturlar yuzasi planimetr yordamida aniqlanadi. Planimetrlarning chiziqli, qutbli va elektron turlari mavjud bo'lib, quyida qutbli mexanik planimetrlar tuzilishiga to'xtalib o'tamiz.



10.6-rasm

Qutbli planimetr (10.6-rasm), asosan, qutb richagi 1, aylantirish richagi 2 va karetk (sanoq olish mexanizmi) 3 dan tashkil topgan. Qutb richagining bir uchida qutb – nina bilan yukcha 4, ikkinchi uchida esa sharsimon boshli shtift 5 joylashgan. Shtift karetkadagi

chuqurlikka joylashtiriladi. Yuk ostidagi nina (qutb) taxta yoki stolga yozilgan plan yoki kartaga sanchib qo'yiladi. Aylantirish richagining bir uchida metall gardishga olingan lupa o'rnatilgan bo'lib, uning ostki sirtiga aylantirish indeksi – nuqta 6 qo'yilgan.



10.7-rasm

Shakl yuzasi aniqlanayotgan paytda aylantirish nuqtasi shaklning chegarasi bo'yicha dasta 7 yordamida sekin yurgiziladi. Aylantirish richagida shkala 12 tushirilgan bo'lib, u orqali richagning uzunligi verner 8 yordamida aniqlanadi (10.7-rasm).

Karetkada sanoq olish mexanizmi joylashgan bo'lib, u gorizontaal doira siferblat 9, hisob g'ildiragi 10 va hisob g'ildirigidan sanoq olish moslamasi – verner 11 dan iborat. Siferblat 10 ta teng bo'lakka, hisob g'ildiragining silindrik sirti esa 100 ta teng bo'lakka bo'lingan. Verner 11 da esa hisob g'ildiragining 9 ta bo'lagiga teng oraliq 10 ta teng bo'lakka bo'lingan.

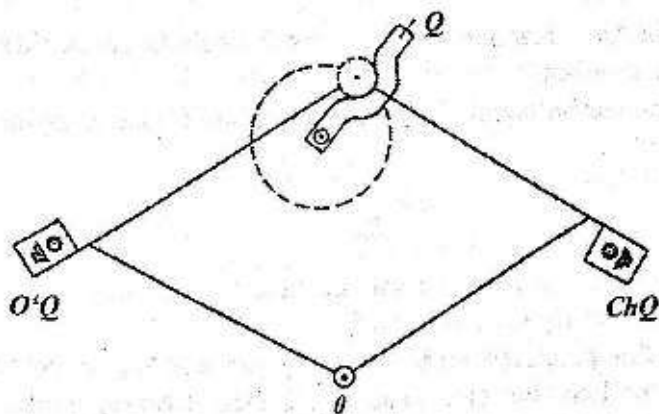
Sanoq olish mexanizmidan olingan sanoq to'rtta raqamdan iborat bo'lishi kerak. 10.7-rasmda keltirilgan sanoqda birinchi raqam siferblatdan – 3 (ko'rsatkich 17 joylashgan oraliqning kichik raqami), ikkinchi va uchinchi raqamlar hisob g'ildirigidan – 54 (vernerning nol shtrixigacha bo'lgan to'liq bo'laklar soni), to'rtinchi raqam esa vernerdan – 6 (hisob g'ildiragining biron-bir shtrixi bilan tutashgan vernerdagi shtrix raqami) olinadi. Demak, sanoq: 3546.

Planimetrni tekshirish va tuzatish. Ish boshlashdan oldin hamma geodezik asboblarning singari planimetr ham tekshirilib, zarur holda tuzatib olinadi. Ishga yaroqli planimetrning quyidagi shartlarni qanoatlantirishi kerak.

1. Hisob g'ildiragi o'z o'qida erkin va verneriga tegmasdan aylanishi kerak. Bu shartni tekshirish uchun aylantirish richagi qo'lga olinib, barmoq bilan hisob g'ildiragi aylantirilib yuboriladi. Shunda g'ildirak o'z inersiyasi bilan uzoq (bir necha sekund) aylanib turishi kerak. Buning uchun verner bilan hisob g'ildiragi orasi qog'oz qalindigidan oshmasligi, g'ildirak o'qini tutib turgan 13- va 14-vintlar (10.7-rasm) yetarli buralgan bo'lishi kerak. Agar shart bajarilmasa, 15- va 16-vintlar bo'shatilib, verner bilan hisob g'ildiragi orasi to'g'ri-landi va 13, 14 vintlar yetarli darajada buraladi. Keyin 15, 16 vintlar mahkamlanib, tekshirish takrorlanadi.

2. Hisob g'ildiragining gardishiga tushirilgan rifelli shtrixlar yo'nalishi aylantirish richagining o'qiga parallel bo'lishi kerak. Tekshirish uchun qutb nuqtasi 0 o'zgartirilmasdan biron shakl, masalan, doira chegarasi ikki qutb holatida: o'ng qutb (O'Q) va chap qutb (ChQ) da aylantirib chiqiladi (10.8-rasm).

Aylantirish xatosining ta'sirini kamaytirish uchun ma'lum radiusli maxsus ninali chizg'ichdan foydalaniladi. Aylantirishda planimetrning ikkala richagi orasidagi burchak o'tkir (90° dan kichik) bo'lishi kerak. Qutbning o'ng va chap holatida olingan sanoqlar ayirmalari Δu_o va Δu_{ch} bir-biridan uch bo'lakdan ortiq farq qilmasligi kerak.



10.8-rasm

Agar bu shart bajarilmasa, hisob g'ildiragi gardishidagi rifelli shtrixlar yo'nalishining holati tuzatgich vint yordamida to'g'rilanadi. Shundan keyin tekshirish yana takrorlanishi kerak.

10.5. Planimetrning bo'lak qiymatini aniqlash

Planimetr bo'lak qiymati deb, planimetrning kichik bir bo'lagiga (verner bo'lagiga) joyda yoki planda to'g'ri keladigan c yuzaga aytiladi. Nazariy jihatdan planimetrning bo'lak qiymati – c ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$c = \tau R. \quad (10.8)$$

Geometrik nuqtayi nazardan bu formula to'g'ri burchakning (uning asosi R – aylantirish richagi uzunligi va balandligi τ – planimetr bo'lagi) yuzasini ifodalaydi.

Planimetrning bo'lagi deb, hisob g'ildiragi aylanasi (diametri) – d ning mingdan bir qismiga aytiladi, ya'ni

$$\tau = \frac{\pi \cdot d}{1000}$$

Planimetrning bo'lak qiymati c ma'lum bo'lsa, shakl yuzasi P quyidagi ifoda bo'yicha hisoblanadi:

$$P = c \Delta u. \quad (10.9)$$

Bu yerda Δu – planimetrdan aylantirish boshida va oxirida olingan sanoqlar ayirmasi.

Planimetr bo'lagining qiymati c quyidagi ifodadan topiladi:

$$c = \frac{P_N}{\Delta u}. \quad (10.10)$$

Bu yerda P_N – planda olingan geometrik shaklning (kvadrat, doira va h.k.) nazariy ma'lum yuzasi.

Amalda planimetr bo'lagining qiymati c ni topish uchun planda yuzasi ma'lum bo'lgan shakl, masalan, kvadrat tanlab olinib, uning chegarasi bo'yicha aylantirish nuqtasi qutbning $O'Q$ va ChQ

holatlarida ikki martadan aylantirib chiqiladi. Bunda aylantirish richagining uzunligi aniqlangan bo'lib, u o'zgarmay turishi kerak. Sanoqlar va hisoblashlar quyidagi 10.2-jadvalda keltirilgan.

Planimetr bo'lak qiymatini aniqlash

Planimetr IIII - M № 1410; $R = 169,2$; $P_N = 100$ ga

10.2-jadval

Sanoqlar u_1 u_2 u_3	Sanoqlar ayirmasi $u_2 - u_1$ $u_3 - u_2$	Sanoqlar ayirmasining o'rtachasi Δu_{or}	Bo'laklar soni Δn	Planimetr bo'lak qiymati c
		O'Q	1015	$c = \frac{P_N}{\Delta n} =$ $= \frac{100}{1015} =$ $= 0,098522 \text{ ga}$
1533	1015	1014		
2548	1014			
3562				
		ChQ		
2113	1016	1016		
3129	1015			
4144				

Plandagi shakllar yuzasini hisoblash qulay bo'lishi uchun planimetr bo'lagining qiymatini yaxlit songa keltirib olish kerak. Agar misolimizda planimetr bo'lagining qiymatini $c_1 = 0,098522$ ga va unga mos richag uzunligini $R_1 = 169,2$ bo'lsa, planimetr bo'lagining qiymati yaxlit son $c_2 = 0,1$ ga bo'lishi uchun richag uzunligi R_2 ning qiymati quyidagi ifodadan topiladi:

$$R_2 = \frac{c_2}{c_1} \cdot R_1,$$

ya'ni

$$R_2 = \frac{0,1}{0,098522} \cdot 169,2 = 171,7.$$

Endi aylantirish richagining uzunligi R_2 qiymatga keltirilib, planimetrning bo'lak qiymatini yana aniqlab ko'riladi.

10.6. Planimetr yordamida yuzani aniqlash va bog'lash

Planimetr yordamida yuzalarni hisoblashda yaxshi natijalarga erishish uchun quyidagi qoidalariga rioya qilish kerak:

1. Ishlatiladigan stol yoki taxtaning sirti tekis bo'lishi kerak. Agar plan qattiq asosga (alyuminiy, fanera) yopishtirilmagan bo'lsa, u tekis stolga yoyib mahkamlanishi kerak.

2. Planimetr qutbi shunday joylashtirilishi kerakki, konturlar aylantirilib chiqilayotganda richaglar orasidagi burchak 30° dan kichik, 150° dan katta bo'lmasligi va sanoq olish mexanizmi plandan chetga chiqmasligi kerak.

3. Konturlarni aylantirishda boshlang'ich nuqtani shunday tanlash kerakki, shu nuqtadan uzoqlashishda yoki unga yaqinlashishida hisoblash g'ildiragi asta-sekin aylansin. Bu shartni qanoatlantirish uchun richaglar orasidagi burchak 90° ga yaqin bo'lishi kerak.

4. Konturlarning chegarasi bo'yicha planimetrning aylana nuqtasi (indeksi) bir xil tezlikda asta-sekin yurgizilishi kerak. To'g'ri chiziqli chegaralarni aylantirishda chizg'ich qo'llanmasligi kerak, chunki u sistematik xatolarni yo'l qo'yishga olib keladi.

5. Konturlar chegarasida boshlang'ich nuqta belgilab olinib, aylantirish indeksi shu nuqtaga qo'yiladi va sanoq u_1 olinadi. Keyin kontur chegarasi bo'ylab aylantirish indeksi tekis bir tezlikda soat mili yurishi bo'yicha yurgizilib, boshlang'ich nuqtaga qaytib kelinganda u_2 sanog'i olinadi. Keyin yana ikkinchi marta aylantirilib, boshlang'ich nuqtaga kelinadi va u_3 sanog'i olinadi. Sanoqlar ayirmasi $u_2 - u_1$, $u_3 - u_2$ bir-biriga teng yoki farqi:

- konutr yuzasi 200 bo'lakkacha bo'lganda 2 bo'lakdan;
- kontur yuzasi 200 dan 2000 bo'lakkacha bo'lganda 3 bo'lakdan;
- kontur yuzasi 2000 bo'lakdan ortiq bo'lganda 4 bo'lakdan ko'p bo'lmasligi kerak.

Sanoqlar ayirmalari ushbu shartni qanoatlantirsa, ayirmalarning o'rtacha qiymati olinadi. Aks holda, hisoblash qaytadan bajariladi.

Natijalar maxsus hisoblash jadvaliga yozib boriladi (10.3-jadval).

Shakl-lar	Sanoqlar	Sanoqlar ayirmasi	Sanoqlar ayirmasi o'rtachasi	O'lchan-gan yuza, ga	Tuzatma, ga	Tuzatilgan yuza, ga
1	5820		O'Q			
	9159	3339				
	2502	3343				
			3342,2	334,22	+0,58	334,80
	3129		ChQ			
	6474	3345				
2	9816	3342				
	1667		O'Q			
	4011	2344				
	6354	2343				
			2344,8	234,48	+0,40	234,88
	8196		ChQ			
3	0541	2345				
	2888	2347				
	6544		O'Q			
	8837	2293				
	1131	2294				
			2295,0	229,50	+0,40	229,90
	5527		ChQ			
	7824	2297				
	0120	2296				

Jadvaldagi hisoblashlarga ko'ra:

Umumiy yuzaning amaliy qiymati $\sum P_a = 799,58$ ga;

Umumiy yuzaning nazariy qiymati $\sum P_n = 800,96$ ga;

Yuza bog'lanmasligi $f_p = -1,38$ ga;

Chekli bog'lanmasligi $f_{p_{chek}} = 1,53$ ga;

Hamma konturlarning yuzasi aniqlab bo'lingandan keyin ularning yig'indisi umumiy yuzaning amaliy qiymati deb olinib, u analitik usul bilan topilgan va nazariy qiymat deb qabul qilingan bilan solishtiriladi. Bunda o'lchash xatosi quyidagicha topiladi:

$$f_p = \sum P_a - \sum P_n. \quad (10.11)$$

Xatoning chekli qiymati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$f_{P_{\text{chek}}} = 0,7c\sqrt{n} + 0,05 \frac{M}{10000} \sqrt{P, ga}. \quad (10.12)$$

Bu yerda c – planimetrning bo'lak qiymati, n – yuzasi aniqlangan konturlar soni, M – plan masshtabining maxraji, P – umumiy yuzaning yaxlitlangan qiymati, ga .

Agar o'lchash xatosining qiymati xatoning chekli qiymatidan ko'p bo'lmasa, ya'ni $f_P \leq f_{P_{\text{chek}}}$ chekli bo'lsa, o'lchash xatoligi f_P teskari ishorasi bilan o'lchangan yuzalarga proporsional tarqatiladi va yuzalarning tuzatilgan qiymati hisoblanadi.

O'lchangan yuzalarga tuzatmalar quyidagicha hisoblanadi:

$$\delta P_i = \frac{-f_P}{\Sigma P} P_i.$$

Bu yerda δP_i – i sonli kontur yuzasiga tuzatma, f_P – o'lchash xatosining teskari ishoradagi qiymati, ΣP – umumiy yuzaning yaxlit qiymati, P_i – i sonli kontur yuzasining yaxlit qiymati.

Planimetrning afzalligi shundan iboratki, uning yordamida ma'lum matematik shakl (doira, ko'pburchak, to'rtburchak, uchburchak) ko'rinishida bo'lmagan konturlar (ekin maydonlari, ko'llar, yaylovlar va h.k.) yuzasini yetarli aniqlikda o'lchash mumkin.

10.7. Elektron planimetrlar

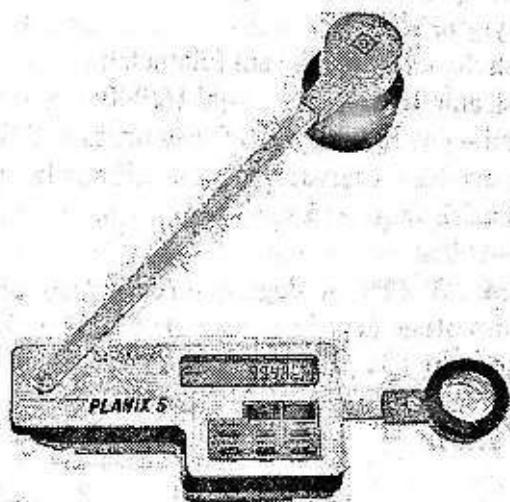
Elektron planimetrlar (electronic planimeter) – bu plan va kartalarda yer bo'laklari (yer uchastkalari) yuzalarini aniqlash uchun mo'ljallangan elektron asbob hisoblanadi. Ular klaviatura, suyuq kristalli display, dasturlashgan kalkulyator funksiyasi, koordinatalar sistemasini o'rnatish moslamasi, kompyuter bilan aloqa vositasi, ma'lumotlarni uzatish PCMCIA kartasi va boshqa imkoniyatlari bilan an'anaviy mexanik planimetrlardan farq qiladi.

Elektron planimetr yer uchastkalari yuzalarini aniqlash jarayonini avtomatlashtirish uchun xizmat qiladi. Shunda elektron planimetrning ishlashi uchun skanerlarning qo'llanishi jarayonni maksimal avto-

matlashtirishga imkon beradi va shu bilan o'lchovchi (operator) ishini yengillashtirish, grafik materiallarni ishlab chiqish aniqligini oshirishga imkon beradi.

Elektron planimetrlar qutbli yoki g'ildirakli ko'rinishlarda bo'lishi mumkin.

Qutbli elektron planimetrlar. Qutbli elektron planimetrlarning turli modifikatsiyalari mavjud bo'lib, ulardan SOKKIA (Yaponiya) firmasining **Planix 5** qutbli elektron planimetri konstruksiyasi diqqatga sazovor (10.9-rasm).



10.9-rasm

Asbob shakllar yuzasi, chiziqlar uzunligini kartalar, planlar, sxemalar va boshqa grafik materiallar bo'yicha tez va sifatli o'lchashga imkon beradi. To'g'ri chiziqlar uzunligi ikki nuqta orasidagi chiziqning boshi va oxirini belgilash, egri chizikli konturlar esa ularni aylantirish bilan aniqlanadi. Barcha holatlarda bitta o'lchash jarayonida ham chiziqlar uzunligi, ham shakllar yuzasi anqlanadi. Shunda o'lchash natijalarini yig'indisi va o'rtacha qiymatlarini hisoblash mumkin. Buning uchun asbob o'lchash natijalari ustida turli hisoblash jarayonlarini amalga oshirish imkonini beradigan kalkulyator bilan ta'minlangan. Natijalar 8 belgili displeyga chiqariladi (10.9-rasm).

Planix 5 qutbli elektron planimetrining texnik tavsiflari quyidagicha:

- O'lchash birligi – mm, sm, km, ga, akr, dyuym, fut, mil va foydalanuvchi tomonidan beriladigan o'lchash birligi;

- O'lchash rejimi:

- a) nuqtali (Point) – burilish nuqtalari orqali to'g'ri chiziqli konturlarni o'lchash;

- b) uzluksiz (Sontinuous) – to'g'ri chiziqli va egri chiziqli konturlarni aylantirish orqali;

- o'lchanadigan qiymatlar – yuzalar, chiziq uzunligi (to'g'ri, egri, uzunliklar yig'indisi);

- o'lchash diapazoni – 35,6 sm (diametr);

- o'lchash aniqligi – $< 0,2 \%$ yoki $1/2000$;

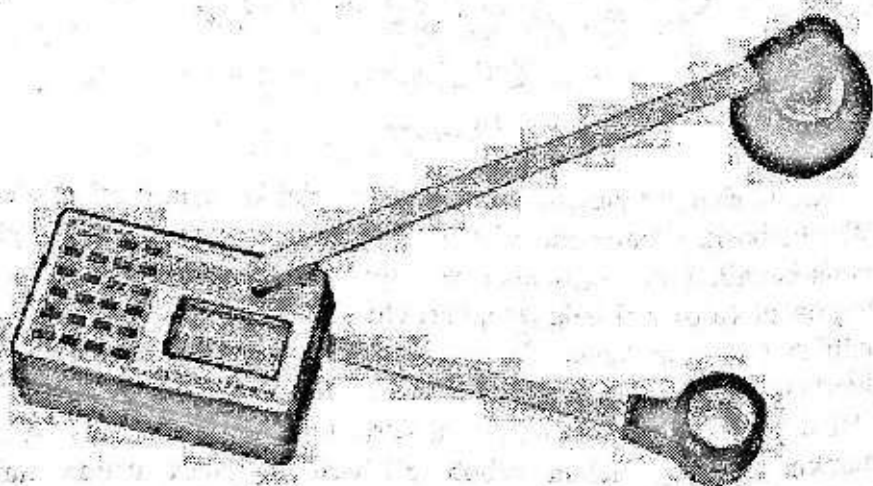
- o'lchami – $64 \times 213 \times 39$ mm (richag uzunligi 222 mm).

- quvvat manbasi – zaryadlanadigan NiSd batareyasi;

- zaryadlanish vaqti – 15 soat;

- vazni – 900 gr.

PLANCOM KP-80N turidagi qutbli elektron planimetri ikki ko'rinishda – hisoblash funksiyasiz va hisoblash funksiyali rusumlarda ishlab chiqarilmoqda (10.10-rasm).



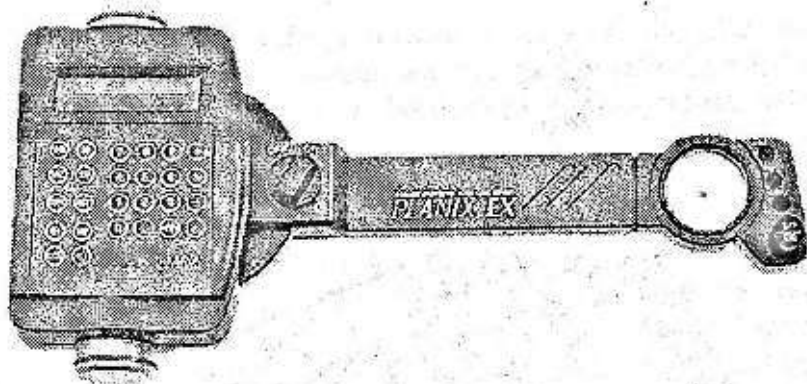
10.10-rasm

PLANCOM KP-80N rusumli qutbli elektron planimetrining texnik tavsiflari quyidagicha:

- o'lchash maydoni – maksimum 10 m^2 ;
- o'lchash diapazoni – 1-o'qning diametri 300 mm, 2-o'qning diametri 800 mm;
- o'lchash aniqligi – $< 0,2 \%$ yoki $1/2000$;
- o'lchash vaqti – batareyaning bir zaryadida uzluksiz ishlash vaqti 30 soat;
- o'lchami – $64 \times 213 \times 39 \text{ mm}$ (richag uzunligi 222 mm).
- quvvat manbasi – Ni-MH nikel-metall gidridli akkumulyator;
- zaryadlanish vaqti – 15 soat;
- vazni – 780 gr.

G'ildirakli elektron planimetrlar. G'ildirak ko'rinishidagi elektron planimetrlarning turli modifikatsiyalari mavjud bo'lib, ular gorizontal bo'yicha katta konturlar chegaralarini aylantirish bilan yer bo'laklari yuzalarini aniqlashga mo'ljallangan.

PLANIX EX (10.11-rasm) elektron planimetri yordamida nafaqat yuzalarni tez va aniq, yana chiziqli uzunligi, nuqtalar koordinatalari, burchaklar, yo'ylar hamda doiraning radiusini ham o'lchashi mumkin.



10.11-rasm

Ushbu planimetrlar yordamida ixtiyoriy ko'rinishidagi shakllar yuzasini aniqlashdan tashqari, nuqtalar koordinatalarini kartografik materiallarining real masshtabida hosil qilish mumkin. O'lchashlarni millimetr, santimetr, metr, kilometr va gektarda bajarish mumkin.

PLANIX EX elektron planimetrlari RS-232C kabeli orqali kompyuter va printerga ulanish imkoniga ega.

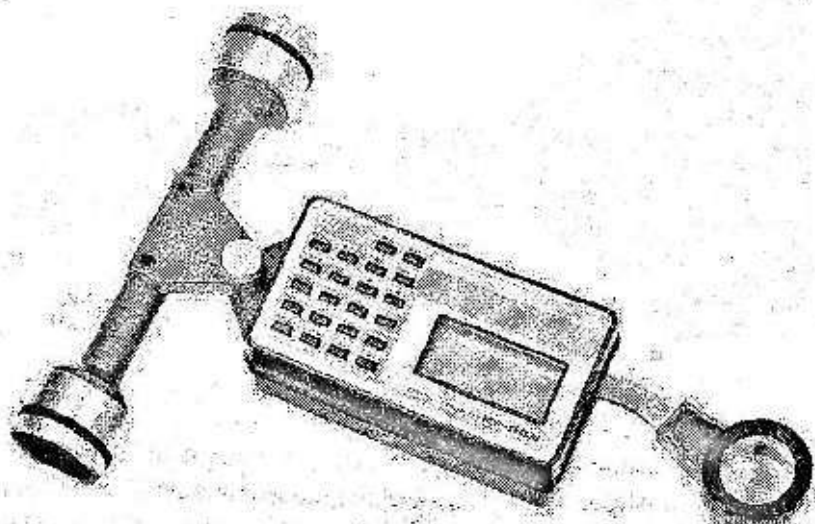
Raqamli klaviatura va trasserdagi tugmachalari tufayli **PLANIX EX** planimetrini boshqarish juda sodda va qulay. Uni kompyuterga ulab, DXF formatdagi faylga o'zgartira oladigan koordinatalar faylini hosil qilish imkoni mavjud. Ma'lumotlarni chiqarish uchun bevosita planimetrga ulanadigan maxsus printerdan foydalanish mumkin.

PLANIX EX planimetrining texnik tavsiflari:

- o'lchash diapazoni – $380 \times 10 \text{ sm}$;
- o'lchash aniqligi – $< 0,1 \%$;
- o'lchash vaqti – batareyaning bir zaryadida uzluksiz ishlash vaqti 40 soat;

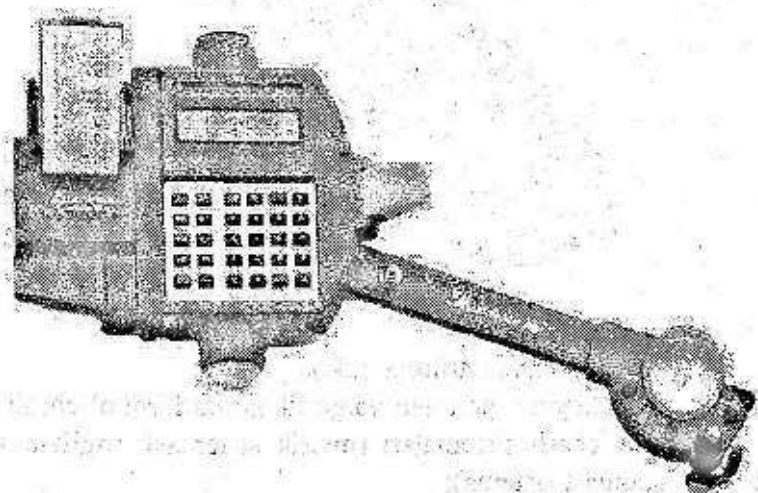
- o'lchami – $350 \times 165 \times 43 \text{ mm}$;
- displey 3 qatorli, 17-razryadli suyuq kristalli;
- quvvat manbasi – NiCd akkumulyator/quvvatlash bloki;
- zaryadlanish vaqti – 15 soat;
- vazni – 1000 gr.

G'ildirak tipidagi **PLANCOM KP-90N** elektron planimetri KOIZUMI firmasi (Yaponiya) tomonidan ishlab chiqilgan (10.12-rasm).



10.12-rasm

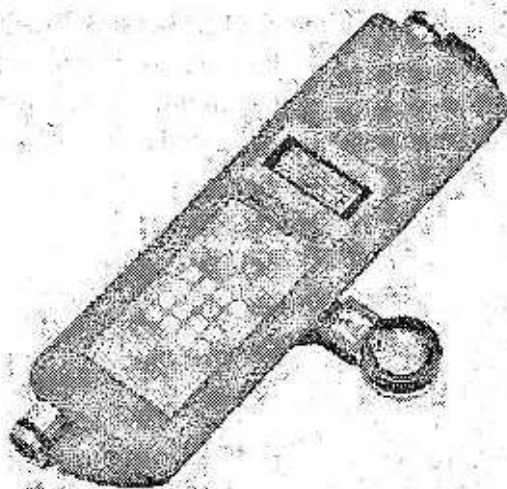
KP-21C elektron planimetri (10.13-rasm) **PLANCOM** (Yaponiya) firmasi tomonidan ishlab chiqarilmoqda va u yordamida nafaqat yuzalarni tez va aniq hisoblash, shuningdek, chiziqli uzunligi, nuqtalar koordinatalari, burchaklar, yo'ylar hamda doiraning radiusini ham o'lchash mumkin.



10.13-rasm

Ushbu planimetrlar yordamida ixtiyoriy ko'rinishdagi shakllar yuzasini aniqlashdan tashqari, nuqtalar koordinatalari kartografik materiallarining real masshtabi hosil qilinadi. O'lchashlarni millimetr, santimetr, metr, kilometr va gektarda bajarish mumkin.

KR-1000 elektron koordinatometri PLANCOM (Yaponiya) firmasi tomonidan ishlab chiqarilmoqda (10.14-rasm). Koordinatometr – bu to'g'ri burchakli koordinatlar to'ri bilan topografik kartalarda nuqtalar koordinatalarini o'lchashga hamda ma'lum koordinatlar bo'yicha nuqtalarni karta va planlarga tushirishga mo'ljallangan asbob hisoblanadi. Koordinatometr KP-1000 bilan ishlashda dekart koordinatlar metodidan foydalaniladi. Katta LCD displey nuqtalar koordinatalari bilan bir vaqtda o'lchanayotgan yuzani ham kuzatib borish imkoniyatiga ega. Q-AD konvektorli sistemani qo'llanishi koordinatlarini aniq hisoblashga qaratilgan. Asbobda infraqizil optik portning o'rnatilganligi ma'lumotlarni printer yoki RS232C interfeysga uzatish imkonini beradi.



10.14-rasm

KP-1000 koordinatometrining imkoniyatlari:

- bir vaqtda yuza, perimetr va grafik konturlarni o'lchash;
- turli o'lchash sistemalari (metrik sistemasi, ingliz-amerika sistemasi, yaponcha sistema);
- o'lchangan qiymatlarning o'rtachasini hisoblash;
- koordinatalar boshini o'rnatish;
- gradusli o'lchashlarni o'zgartirish funksiyasi (deg, rad, grad);
- elektron hisoblash funksiyasi.

Hozirgi paytda kompyuter texnologiyasi sohasida katta imkoniyatlar mavjudligi tufayli yerdan foydalanuvchilarning yer maydonlarini ko'proq analitik usulda, ya'ni nuqtalar koordinatalarining hisoblangan qiymatlari bo'yicha aniqlash ommalashgan. Ushbu qiymatlar bo'lmaganda, fotogrammetrik yoki grafik usulda topilgan nuqtalar koordinatalarining qiymatlaridan foydalanish mumkin. Buning uchun skaner va digitayzer asosida ishlab chiqilgan elektron planimetrlardan foydalanadilar.

Yer uchastkalari yuzalarini ularning chegarasi burilish uchlari-ning koordinatalari yordamida hisoblash uchun analitik usulda yuzani aniqlash formulasiga asoslanib tuzilgan algoritmlar bo'yicha kompyuter dasturlari ishlab chiqilgan. Bularga misol qilib, AutoCAD, CREDO, Panorama va boshqa dasturiy ta'minotlarni keltirish mumkin.

Nazorat savollari:

1. *Yuzani hisoblashning qanday usullari mavjud?*
2. *Analitik usulda yuzani aniqlash qanday bo'ladi?*
3. *Grafik usulda yuzani aniqlashning mohiyati nimadan iborat?*
4. *Qutbli planimetrning qanday asosiy qismlarini bilasiz?*
5. *Ishga yaroqli planimetrlar qanday shartlarni qanoatlantirishi kerak?*
6. *Planimetrning bo'lak qiymati qanday aniqlanadi?*
7. *Planimetr yordamida yuzalarni hisoblashda yaxshi natijalarga erishish uchun qanday qoidalarga rioya qilish kerak?*
8. *Elektron planimetrlar haqida nimalarni bilasiz?*

NIVELIRLASH ISHLARI TURLARI

11.1. Chiziqli insshootlar trassasini nivelirlash

11.1.1. Trassa o'qini joyga ko'chirish va burilish nuqtalarini mahkamlash

Yo'llar, kanallar, zovurlar, quvurlar, elektr uzatish liniyalari va shunga o'xshash chiziqli insshootlarni loyihalash va qurish maqsadida bajariladigan injenerlik-texnik nivelirlash oldindan joyda belgilab chiqilgan, «trassa o'qi» deb ataladigan (qurilishi mo'ljallangan insshoot o'qi) chiziq bo'yicha bajariladi. Bunda joyda bajariladigan geodezik ishlar majmuasi quyidagilardan iborat: berilgan yo'nalish va nishablik bo'yicha joyda chiziqni (o'qni) aniqlash; uni belgilash va mahkamlash; trassa burilish burchaklarini o'lchash; piket va ko'ndalang qirqimlarga bo'lib chiqish; egrilarni rejalash; trassa bo'ylab tor enli yer bo'lagini syomka qilish; trassa va ko'ndalang qirqimlarni nivelirlash; trassani reperlarga bog'lash.

Berilgan yo'nalish bo'yicha chiziqni joyda belgilashda dastlab chiziq o'qining boshlang'ich yo'nalishini karta bo'yicha qabul qilingan biron-bir yo'nalishga nisbatan (joyda o'tgan temir yo'l, avtomobil yo'li, kanal va hokazo) azimuti yoki orasidagi burchagi o'lchab olinadi.

Kartalar haqiqiy meridianlar bo'yicha oriyentirlab tuziladi, trassa o'qi esa joyda ko'pincha teodolit va bussoldan foydalanib, magnit azimuti bo'yicha o'tkaziladi. Buning uchun kartadan olingan haqiqiy azimutdan magnit azimutiga o'tiladi, ya'ni ushbu hududga to'g'ri keladigan magnit milining og'ish burchagi va yo'nalishi olinib, haqiqiy azimut qiymatiga tuzatma kiritiladi va magnit azimuti topiladi.

Trassaning bosh nuqtasida teodolit o'rnatilib, uning ko'rish trubasi trassa o'qining boshlang'ich magnit azimuti qiymati bo'yicha yo'naltiriladi.

Bu yo'nalish bo'yicha asbobdan imkon qadar uzoqroqda, har 250–350 m da, bittadan vexe teodolit trubasi orqali qo'yilib, chiziq joyda belgilab boriladi. Chiziqning davomini durbin yordamida belgilash ham mumkin. Yakuniy qidiruv ishlarida chiziqlarni joyda belgilash teodolit bilan olib boriladi.

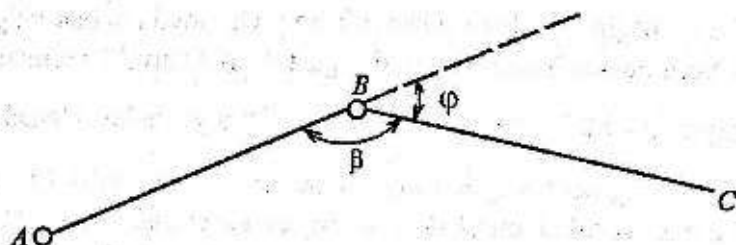
Trassa o'qini berilgan nishablik bo'yicha joyda tanlab belgilash uchun berilgan nishablik qiymati i ga to'g'ri keluvchi vertikal burchak qiymati v ma'lum formula $tg v = i = \frac{h}{s}$ bo'yicha hisoblanadi.

Trassaning boshlang'ich nuqtasida berilgan nishablik i bo'yicha hisoblangan vertikal burchak v ni joyga ko'chirish uchun teodolit boshlang'ich nuqtaga o'rnatiladi va uning trubasi shunday yo'naltiriladiki, bunda vertikal doiradan olingan sanoq hisoblangan v qiymatiga mos kelsin. Reykada asbob balandligi i ni ip bilan belgilab, reyka trassaning mo'ljaldagi yo'nalishi bo'yicha ma'lum masofada qo'yiladi va trubaning vertikal holatini o'zgartirmasdan reykaga qaratiladi, shunda ko'rish trubasi iplar to'rining markazi reykada ip bilan qayd qilingan belgiga to'g'ri kelsa, reyka turgan nuqta joyda mustahkamlanadi. Aks holda, reyka toki undagi belgi truba iplar to'ri markaziga to'g'ri kelguncha chapga yoki o'ngga suriladi. Bu shart amalga oshsa, teodolit va reyka turgan nuqtalarning tutashtiruvchi chiziqli nishabligi berilgan nishablikka teng bo'ladi.

So'ngra teodolit reyka turgan nuqtaga o'rnatiladi, asbob balandligi i reykada belgilanadi va reyka trassa yo'nalishi bo'yicha ma'lum masofada qo'yiladi va xuddi oldingiga o'xshash navbatdagi nuqta o'rni topiladi va hokazo. Bunda topilgan burilish nuqtalari joyda mahkamlanadi, ular orasidagi masofa va burchaklar aniq o'lchab chiqiladi.

11.1.2. Trassa burilish burchaklarini o'lchash va tomonlar direksion burchagini hisoblash

Trassa o'z boshlang'ich yo'nalishini o'zgartiradigan nuqtada (11.1-rasmda B nuqtasi) teodolit asbobi o'rnatilib to'la qabul usulida β burchagi o'lchanadi. Lekin trassani joyda belgilash bilan bog'liq bo'lgan hisoblash ishlarida burilish burchagi φ qiymatidan foydalaniladi. Ushbu burchak qiymatiga qo'shimcha burilish chap yoki o'ng tomonga deb ko'rsatiladi. Shunga ko'ra o'ng va chap tomon burilish burchaklarini bir-biridan ajratish uchun ularni tegishli φ (o'ng) va φ' (chap) bilan belgilashga to'g'ri keladi.



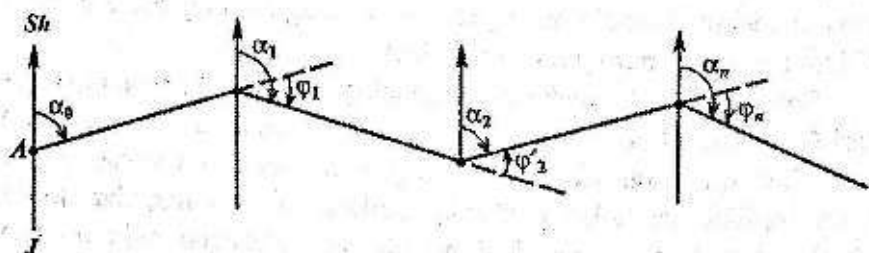
11.1-rasm

11.1-rasmga asosan o'lchangan β burchagi orqali o'ng tomon burilish burchagi φ quyidagi formuladan hisoblab topiladi:

$$\varphi = 180 - \beta.$$

Chap tomon burilish burchagi φ' esa quyidagiga teng bo'ladi:

$$\varphi' = 180 - \beta.$$



11.2-rasm

Agar trassa boshlang'ich tomonining direksion burchagi α_0 berilgan (11.2-rasm) va trassaning burilish burchaklari $\varphi_1, \varphi'_2, \varphi_3, \dots, \varphi'_n$ teodolit bilan o'lchab topilgan bo'lsa, trassa qolgan tomonlarining direksion burchaklari $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ shaklga binoan quyidagicha topiladi:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_0 + \varphi_1 \\ \alpha_2 &= \alpha_1 - \varphi'_2 \\ \alpha_3 &= \alpha_2 + \varphi_3 \\ &\dots \\ \alpha_n &= \alpha_{n-1} - \varphi'_n \end{aligned} \right\} \quad 11.1$$

Ya'ni odlingi tomon direksion burchagi tomon direksion burchagiga o'ngga burilish burchagi φ ni qo'shishga yoki chapga burilish burchagi φ' ni ayirishga teng. (11.1) formulada birinchi qatorni ikkinchisiga, ikkinchisini uchinchisiga va hokazo ketma-ket qo'yib toparmiz:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_2 &= \alpha_0 + \varphi_1 - \varphi'_2 \\ \alpha_3 &= \alpha_0 + \varphi_1 - \varphi'_2 + \varphi_3 \\ \alpha_n &= \alpha_0 + \sum_1^n \varphi - \sum_1^n \varphi' \end{aligned} \right\} \quad 11.2$$

Bu formula trassa tomonlarining direksion burchagini hisoblashni tekshirish formulasi bo'lib xizmat qiladi. Agar hisoblashlar to'g'ri bajarilgan bo'lsa, olingan (11.2) formulaning chap va o'ng tomonlari qiymati bir-biriga teng bo'lishi kerak. O'lchangan burchaklar xatosi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$f_\beta = \sum_1^n \varphi - \sum_1^n \varphi' - (\alpha_n - \alpha_0). \quad 11.3$$

Bu yerda α_0, α_n — trassa boshlang'ich va oxirgi tomonlarining direksion burchagi.

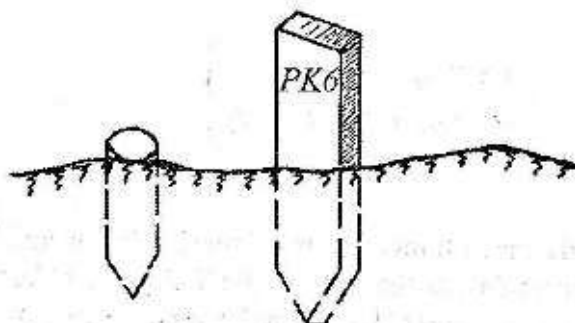
Ushbu formulani yechish uchun trassaning boshlang'ich va oxirgi tomonlari geodezik tarmoq punktlariga bog'lanib, α_0 va α_n lar topilgan bo'lishi kerak.

Hisoblangan xato qiymati (9.10) formula bo'yicha topiladigan chekli qiymatdan oshmasligi kerak.

11.1.3. Trassani piketlarga bo'lish. Doiraviy egri bosh nuqtalari va ko'ndalang qirqim nuqtalarini joyda belgilash

Trassani yo'nalishi bo'yicha uning o'qi gorizonttal quyilish bo'yicha har 100 m dan bo'laklarga bo'lib, ularning bosh va oxirgi nuqtasi o'rnini qoziq qoqib belgilab qo'yiladi. Bu nuqtalarga **piketlar** deyiladi va ular «PK» belgi bilan ifodalanib, tartib raqami 0 dan boshlab trassa oxiriga qarab oshib boradi: PK0, PK1, PK2, Bunday belgilashda piketning tartib raqami trassani boshidan ushbu piketgacha bo'lgan yuz metr-lar soniga to'g'ri keladi.

Har qaysi piketning joydagi o'rniga yog'och qoziqlar yer yuzasi bilan barobar qilib qoqiladi. Bu qoziqlar yoniga «qorovul qoziqlar» yer yuzidan 20 sm cha chiqib turadigan qilib qoqiladi. Ularga piketlarning tartib raqami yozib qo'yiladi (11.3-rasm).



11.3-rasm

Trassani piketlarga bo'lishda trassa o'qi bo'yicha uchraydigan relyefni xarakterli nuqtalari (relyefni o'zgargan nuqtasi, kanal, daryo, ko'l va boshqalar suvi sathining kesimi) hamda joyda mavjud inshootlar (yo'l, ko'priklar va boshqalar) bilan kesishgan nuqtalari ham oraliq nuqta deb olinib, orqadagi yaqin piketdan ulargacha bo'lgan masofalar o'lchanadi va ularning qiymati qoziqlarga yozilib, qoziqlar qoqib chiqiladi.

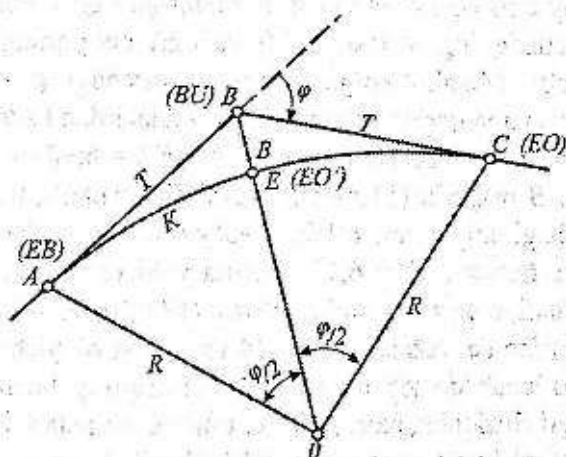
Piketlarga bo'lishda masofa tekshirilgan 20 m li po'lat lenta yoki ruletkalar (30, 50 metrli) bilan o'lchanadi.

Lenta bilan qiyaliklar bo'yicha o'lchashda masofa gorizonttal quyilishiga tuzatma hisoblanib, birdaniga joyda qo'yib boriladi. Burilish egri chiziq bosh nuqtalarining piketlash belgisi hisoblanadi. Bunda masofalar hisobi egri chiziq (yoy) bo'yicha olib boriladi, nuqtalarni o'lchab topish esa urinmalar (tangenslar) bo'yicha olib boriladi.

AB yo'nalishining BC ga o'zgarishida quriladigan inshoot, masalan, avtomobil yo'li o'qi bu ikki tomonni o'zaro qo'shuvchi egri AEC (11.4-rasm) chizig'i bo'yicha o'tadi.

Bunday egri chiziq vazifasini har xil ko'rinishdagi egri chiziqlar bajarishi mumkin, bulardan eng oddiysi doiraviy egri chiziq hisoblanadi. Bunday egri chiziqni joyda rejalash uchun uning quyidagi elementlari ma'lum bo'lishi kerak: burilish burchagi φ ; egri chiziqning

doiraviy radiusi R ; urinmalarning $AB = BC$ uzunligi yoki tangens qiymati T ; AEC egri chiziqlarning uzunligi $-AEC = K$; bissektisa $BE = B$; domer $2T - K = D$.



11.4-rasm

Burilish burchagi φ joyda trassani rejalashda o'lchangan β burchagi orqali hisoblanishi (11.4-rasmga qaralsin) yoki joyda bevosita teodolit bilan o'lchanishi mumkin. Radius R esa joy sharoiti va inshootni qurish uchun qabul qilingan texnik me'yorlarga ko'ra belgilanadi.

Agar φ va R ma'lum bo'lsa, qolgan elementlar 11.4-rasmga asosan quyidagi formulalar bo'yicha hisoblab topiladi:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi^{\circ}}{2}, \quad (11.4)$$

$$K = \frac{\varphi^{\circ}}{180^{\circ}} \pi R, \quad (11.5)$$

$$D = 2T - K, \quad (11.6)$$

$$B = R \left(\sec \frac{\varphi^{\circ}}{2} - 1 \right). \quad (11.7)$$

Bu formulalardan ko'rinib turibdiki, berilgan φ uchun T , K , B egrining elementlari egrining radiusi R ga to'g'ri proporsionaldir.

Yuqorida keltirilgan formulalar asosida doiraviy egri elementlari trigonometrik funksiyali kalkulyatorlarda hisoblanadi yoki maxsus jadvallar (Ganshin va Xrenov jadvallari va boshq.) orqali topiladi.

Doiraviy egri chiziqlarning bosh nuqtalariga egri chiziqlarning boshi (EB), egri chiziqlarning o'rtasi (EO') va egri chiziqlarning oxiri (EO) qabul qilinadi. Misol, berilgan burilish burchagi $\varphi = 39^\circ 15'$ va $R = 100$ m uchun yuqorida ko'rsatilgan formulalardan kalkulyator bilan hisoblab topamiz: $T = 35,66$ m; $K = 68,50$ m; $B = 6,17$ m; $D = 2,82$ m.

Joydagi B nuqtada (11.4-rasm) teodolit o'rnatib, unda o'lchanagan β burchagining yarmi o'lchab qo'yilib, bissektrissa yo'nalishi topiladi va u bo'yicha $B = 6,17$ m lenta yoki ruletkada o'lchanib E nuqtasi topiladi, u egri chiziqlarning o'rtasi (EO') bo'ladi.

B nuqtasidan har ikkala tomon, BA va BC lar bo'yicha $T = 35,66$ m kesimlarni o'lchab qo'yib tegishli egri chiziqlarning boshi (EB) bo'lmish A va egri chiziqlarning oxiri (EO) bo'lmish C nuqtalari joyda topiladi.

Elementlari hisoblangan egri uchun burilish nuqtasi PK1 +55,0 da joylashgan bo'lsin. Egrining bosh nuqtalarini piket o'rni quyidagi ketma-ketlikda hisoblanadi:

$$BU = PK1 + 55,00$$

$$- T = \underline{\quad 35,66 \quad}$$

$$EB = PK1 + 19,34$$

$$+ K = \underline{\quad 68,50 \quad}$$

$$EO = PK1 + 87,84$$

$$- K/2 = \underline{\quad 34,25 \quad}$$

$$EO' = PK1 + 53,59$$

Bosh nuqtalar o'rni hisoblash natijasi quyidagicha tekshiriladi:

$$BU = PK1 + 55,00$$

$$+ T = \underline{\quad 35,66 \quad}$$

$$EO' = PK1 + 90,66$$

$$- D = \underline{\quad 2,82 \quad}$$

$$EO = PK1 + 87,84.$$

Demak, hisoblashlarning to'g'riligi tasdiqlandi.

Ushbu misolda trassa o'qi bo'yicha navbatdagi PK2 ni joyda topish uchun EO nuqtasidan trassa davomida $100 - 87,84 = 12,16$ m ni

o'lchab, nuqta qoziq bilan mahkamlanadi. Trassani piketlarga bo'lish shu tarzda davom ettiriladi.

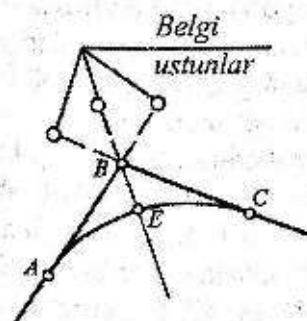
O'lchash natijalarini yozib borish va hisoblash uchun burchak o'lchash jurnali to'ldiriladi va unga quyidagilar yoziladi: *burilish burchagining tartib raqami; burilish burchagi uchining piketaj belgisi; burilish burchagining yo'nalish tomoni (o'ng yoki chap); burilish burchagining qiymati; bussol yordamida o'lchangan tomonlarning magnit azimuti yoki rumbi; belgilab olingan radius qiymati; egri chiziq elementlarining qiymati.*

Trassa burilish burchaklarining uchi joyda yerga chuqur o'rnatilgan yog'och ustun bilan mustahkamlanadi (uzunligi 50 sm yo'g'onligi 7-10 sm) va nishon qoziq bilan belgilanadi.

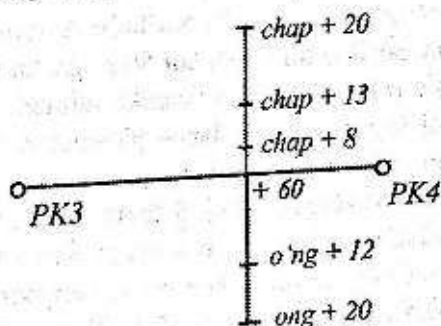
Ustun ustiga balandligi 50 sm ga teng tuproq uyiladi va atrofi ariqcha kavlab o'raladi. Burilish uchi nuqtasidan bissektisa yo'nalishi bo'yicha 2 m masofada yerga 1 m chuqurlikda yo'g'onligi 12-16 sm bo'lgan yog'och belgi ustuni ko'mib joylashtiriladi.

Bundan tashqari, yer ishlari hududidan tashqarida, trassa o'qlari yo'nalishida qo'shimcha ravishda yana ikkita nuqta qoziq qoqib belgilab qo'yiladi (11.5-rasm). Burilish burchagi uchini joydagi doimiy predmetlarga bog'lab abrisi chizib qo'yiladi. Trassa o'qining uzun tomonlari shunday nuqtalarda belgi ustunlar bilan mustahkamlanadiki, uning har biridan orqadagi va oldindagi yaqin belgi ustunlar ko'rinsin.

Trassaning boshlang'ich va oxirgi nuqtalari joyda yerga ko'milgan yog'och ustunlar bilan mustahkamlanadi va atrofdagi mavjud doimiy predmetlarga bog'lanib abrisi chiziladi.



11.5-rasm



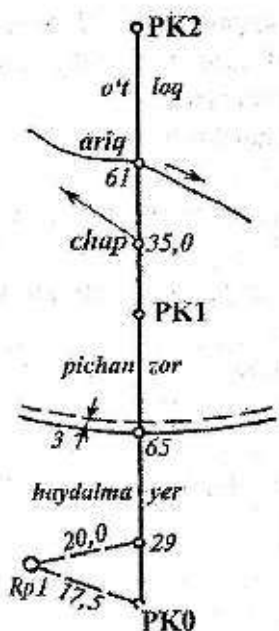
11.6-rasm

Trassaga ikki turdagi – doimiy va vaqtinchalik reperlar o'rnatiladi. Doimiy reper vazifasini kapital bino va inshootlar poydevorida yoki to'sinlarida o'rnatiladigan devoriy reperlar o'taydi. Bunday bino va inshootlar bo'lmagan joylarda do'ng joylar tanlab olinib, u yerlarga metall quvur yoki rels parchasidan grunt reperlari o'rnatiladi. Bunday reperlar asosi yerning muzlash qatlamidan chuqurroqda joylashishi kerak. Doimiy reperlar har 15 km dan uzoq bo'lmagan oralikda o'rnatiladi, vaqtinchalik reperlar esa har 2–3 km da, tog'li hududlarda ular har 1 km da o'rnatiladi.

Trassaning tanlangan joylarida o'qqa ko'ndalang yo'nalishda ko'ndalang qirqim olinadi. Ko'ndalang qirqim trassa o'qiga perpendikulyar, ayrim hollarda qiya yo'nalishda olinadi. O'qdan o'ngga va chapga olinadigan ko'ndalang qirqim uzunligi inshoot turiga, joy relyefiga va boshqalarga qarab har xil bo'ladi. Umuman, ko'ndalang qirqim uzunligi har bir tomonga qarab 20 m dan kichik bo'lmaydi. Ko'ndalang qirqimning o'ng va chap tomonlarida olinadigan nuqtalar soni joy relyefi murakkabligiga bog'liq. Ko'ndalang qirqimni o'lchashda ularda yotgan xarakterli nuqtalar o'rni 11.6-rasmda ko'rsatilganday +60 m nuqtadan boshlab masofalari o'lchanib, «o'ng» va «chap» deb yozib belgilanadi. O'lchangan nuqtalar o'rniga yer yuzasi bilan barobar qilib qoziqlar qoqiladi.

11.1.4. Trassa bo'ylab tor enli joyni syomka qilish va piketlash daftarchasini yuritish

Trassani piketlarga bo'lish bilan bir vaqtda tor enli joydagi tafsilotlar ham syomka qilib boriladi. Avtomobil yo'llari uchun trassa o'qidan har ikki tomonga eni 50 m gacha joy tafsilotlari asbob bilan yoki ko'z bilan chamalab syomka qilinadi. Shunday qilib, to'la 100 metr enli joydagi tafsilotlar – pichanzor, o'tloq, o'rmon, haydalma yer, botqoqlik, daryo, hovuz, quduq, bino va inshootlar, trassa o'qi bilan kesib o'tadigan mavjud temir yo'l hamda avtomobil yo'llari, aholi yashash joylari va boshqalar syomka qilinadi. Syomka natijalari piketlash daftarchasida qayd etib boriladi. Odatda piketlash daftarchasi millimetrlilik qog'ozdan o'lchami 10×15 sm qilib yasaladi. Unda piketlar, oralik nuqtalari, egri chiziq bosh nuqtalari va ko'ndalang



11.7-rasm

qirqimlar ko'rsatilgan bo'ladi. Syomka qilingan tafsilotlarning chegarasi, inshotlarning o'rni, trassa yoqalab joyda o'rnatilgan reperlarning o'rni shartli belgilar bilan ko'rsatiladi. Piketlash daftarchasi biron-bir ixtiyoriy masshtabda, masalan, 1:1 000 yoki 1:2 000 masshtabda chiziladi. (11.7-rasm).

Piketlash daftarchasida trassa o'qi to'g'ri chiziq ko'rinishida, burilish nuqtalari mil belgisi bilan ko'rsatilgan bo'ladi. 10.6-rasmda piketlash daftarchasining bir beti ko'rsatilgan. Daftarcha o'lehamiga ko'ra 1:2 000 masshtabda uning bir betida 2 ta piket oralig'i (200 m) sig'adi.

Tafsilotlarning shartli belgisi o'miga ularning nomini yozish mumkin. Piketlash daftarchasida masshtab doimiy bo'lmasligi ham mumkin – tekis va tafsilotlar kam od-

diy joylarda masshtab mayda, va aksincha, tafsilotlar ko'p murakkab joylarda esa yirik olinishi mumkin.

11.1.5. Trassani nivelirlash va jurnalni ishlab chiqish

Trassa o'qini joyga ko'chirib piket, oraliq, ko'ndalang qirqim nuqtalari va egri chiziq bosh nuqtalarini rejalab, mahkamlab chiqilgandan keyin trassa nivelirlab chiqiladi. Nivelirlash uchun aniq nivelir (H-3, H-3K va boshq.) yoki texnik nivelir (H-10, 2H-10II va boshqalar), bir juft 3 yoki 4 m li buklanma shashkali reyka olinadi. Reykalar bir (qora tomon) yoki ikki (qora va qizil) tomonli bo'lishi mumkin.

O'rtadan nivelirlash usulida har bir bekatda natija tekshirib boriladi. Piketlar bog'lovchi nuqtalar hisoblanib, har ikkala qo'shni piketlar orasiga ulardan bir xil masofada, nivelir o'rnatiladi. Asbob o'rnatilgan joy *bekat* deb ataladi. Nivelir bekati PK0 va PK1 orasida olingan bo'lsa, PK0 ga *orqadagi* va PK1 ga *oldindagi piket* deyiladi. Bu

piketlarda o'ratilgan reykalarga tegishli *orqadagi* va *oldindagi* *reyka* deyiladi. Bekatda dastlab piketlar nivelirlanadi va natija tekshiriladi, u to'g'ri chiqsa, keyin oraliq nuqta nivelirlanadi.

Ikki tomonli (qora va qizil) reykalar bilan har bir bekatda nivelirlash quyidagi tartibda olib boriladi:

a) nivelirning ko'rish trubasini orqadagi reykaqa qaratib, reykaning qora tomonidan sanoq — a_{qor} olinadi;

b) nivelirning ko'rish trubasi oldindagi reykaqa qaratiladi va reykaning qora tomonidan sanoq — b_{qor} olinadi;

v) oldindagi reykaning qizil tomonidan sanoq — b_{qiz} ;

g) nivelirning ko'rish trubasi orqadagi reykaqa qaratilib, reykaning qizil tomonidan sanoq — a_{qiz} olinadi.

Bu sanoqlar orqali nisbiy balandlik qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$h = a_{qor} - b_{qor};$$

$$h = a_{qiz} - b_{qiz}.$$

Ikki marta hisoblab chiqarilgan qiymatlar o'zaro teng bo'lsa yoki ular orasidagi farq 4 mm dan oshmasa, nivelirlash natijasi to'g'ri hisoblanadi. Agar shart bajarilmasa, bekatda reykalardan sanoqlar qaytadan olinadi. Shundan keyin nivelirni o'rnidan qo'zg'atmasdan turib, orqadagi reyka oraliq nuqtalarga birin-ketin qo'yilib, uning qora tomoni bo'yicha har bir nuqtadan bittadan sanoq olinadi. Olingan sanoqlar nivelirlash jurnalining (11.1-jadval) 3, 4 va 5-ustunlariga, tegishli nuqtalar qatoriga yozib boriladi. Shu bilan ushbu bekatda nivelirlash ishlari tugatiladi va nivelir bilan keyingi bekatga o'tiladi.

Nivelir PK1 va PK2 oralig'ida o'ratilib, nivelirlash bundan oldingi bekatdagiga o'xshash bajariladi. (x) nuqtalar va ularni nivelirlash 8.3 da yozilgan tartibda bajariladi. Shu tarzda ketma-ket olingan bekatlarda nuqtalar nivelirlanib, trassa oxirigacha boriladi. Agar nivelirlash uchun bir tomonli reykalar olingan bo'lsa, har bir bekatda reykalardan sanoq nivelirning ikki gorizontida (asbob balandligini o'zgartirib) olinadi.

Nivelirlashning har bir bekatdagi nazorat hisoblash natijasi jurnalning (11.1-jadval) 6-ustuniga va bu qiymatlarning o'rtachasi 7-ustuniga yozib boriladi.

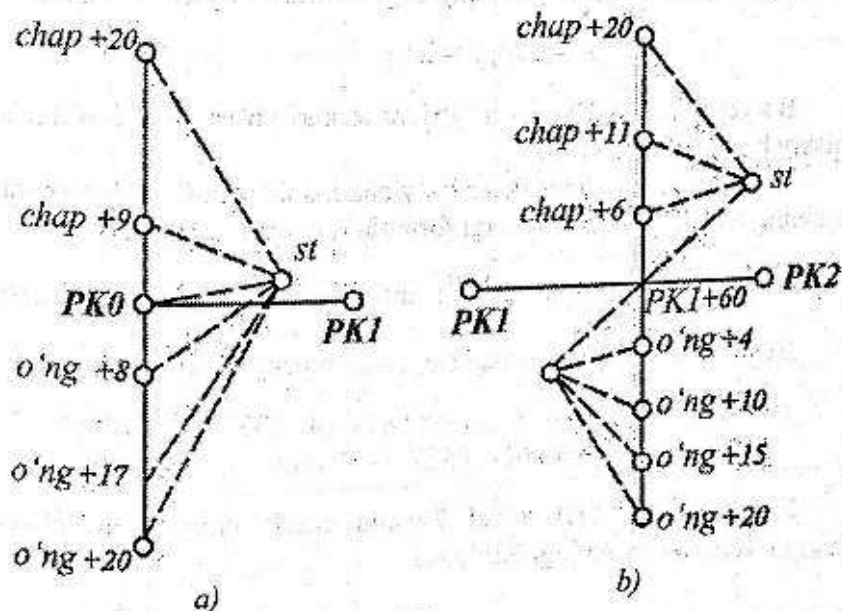
Jurnalning har bir beti to'lganda unda betma-bet tekshirish ishlari bajariladi. Buning uchun jurnalning har bir beti tagida 3-, 4-, 6- va 7-ustunlarda yozilgan sonlar yig'indisi topilib yoziladi. Yuqorida ko'rsatilgan ustunlar yig'indisini Σa , Σb , Σh_h va $\Sigma h_{o'rt}$ desak, u vaqtda tekshiruv natijasi quyidagi shartni ta'minlashi kerak:

$$\frac{\Sigma a - \Sigma b}{2} = \frac{\Sigma h_h}{2} = \Sigma h_{o'rt}.$$

Nivelirlash jurnalida berilgan misol uchun betma-bet tekshirish natijasi jurnal betining tagida hisoblab keltirilgan.

Trassani nivelirlash bilan bir vaqtda ko'ndalang qirqim nuqtalari ham nivelirlab boriladi. Buning uchun agar joy relyefi tekis bo'lsa, piketlarni nivelirlash bekatidan ko'ndalang qirqim hamma nuqtalari oraliq nuqtalar kabi nivelirlanadi (11.8-a rasm) va olingan sanoqlar jurnalning 5-ustuniga yozib boriladi (11.1-jadvalda 7-bekatga qaralsin).

Aks holda, (relyef notekis bo'lsa) ko'ndalang qirqim nuqtalari bir necha bekatdan turib nivelirlanishi mumkin (11.8-b rasm).



11.8-rasm

Trassani nivelirlash natijasini tekshirish va nuqtalar (piketlar) balandligini davlat balandlik sistemasida hisoblash uchun trassaning boshi va oxiri joyda mavjud reper yoki markalarga bog'lanadi. Bunday tayanch punktlar yaqin orada joylashmagan bo'lsa, trassa ikki marta – to'g'ri va teskari yo'nalishlarda nivelirlanadi (teskari yo'nalishda faqat piketlar nivelirlanadi) va *boshlang'ich* deb qabul qilingan piket balandligi shartli qilib olinadi. Shunga ko'ra, nivelirlash jurnalini ishlab chiqishda trassa bo'yicha nivelirlash xatosi quyidagi ikki usulda hisoblanishi mumkin:

1) agar trassaning bosh va oxirgi nuqtalari reperlarga bog'langan bo'lsa, ifoda quyidagicha bo'ladi:

$$fh = \Sigma h_{o'rt} - (H_{ox.rep} - H_{bosh.rep}). \quad (11.8)$$

Bu yerda $\Sigma h_{o'rt}$ – trassa bo'yicha (reperdan repargacha) o'lchangan nisbiy balandliklar o'rtacha qiymatlarining yig'indisi;

$H_{ox.rep}$; $H_{bosh.rep}$ – boshlang'ich va oxirgi reperlarning balandligi.

2) trassa to'g'ri va teskari yo'nalishlarda nivelirlangan bo'lsa, nivelirlash xatosining miqdori quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$fh = \Sigma h_{to'g'} - \Sigma h_{tes.} \quad (11.9)$$

Bu yerda $\Sigma h_{to'g'}$, $\Sigma h_{tes.}$ – to'g'ri va teskari yo'nalishdagi o'rtacha nisbiy balandlik yig'indisi.

(11.8) va (11.9) formulalar bo'yicha hisoblangan nivelirlash xatosining chekli qiymati quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$fh_{chek} = 50\sqrt{L} \text{ mm.} \quad (11.10)$$

Bu yerda L – trassa uzunligi (reperdan repargacha) km da olinadi.

$$\begin{aligned} fh &= \Sigma h_{o'rt} - (H_{rep15} - H_{rep14}) = 6567 - (417,332 - 410,755) = \\ &= 6567 - 6577 = -10 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$\Sigma h_{o'rt}$ qiymati 11.1-jadval 7-ustun tagida chiqarilgan; H_{rep14} , H_{rep15} – reperlar balandligi berilgan.

Trassani nivelirlash jurnali

11.1-jadval

Stansi- yalar	Piketlar va masofalar	Reyka sanoqlari (mm)		Nisbiy balandlik, h (mm)			Asbob gorizonti, H_i (m)	Nuqtalar balandligi, H (m)
		Orqadagi (a)	Oldindagi (b)	oralik (c)	Hisoblan- gani h_b	O'rtachasi $h_{o'rt}$	Tuzatilgani h_{tuz}	
1	2	3	4	5	6	7	8	10
1	Rp14	1464			+0601	+1		410,755
	PK0	6250	0863 5651		+0599	+0600	+0601	411,356
2	PK0	2984 7671			+2731	+1		411,356
	+75 PK1		0253 4940	0254	+2731	+2731	+2732	414,086 414,088
3	PK1	2670 7460			+2010	+1		414,088
	PK2		0660 5448		+2012	+2011	+2012	416,100
4	PK2	2972 7657			+0580	+1,5		416,100
	PK3		2392 7078		+0579	+0579,5	+0581	416,681
5	PK3	2759 7545			+2003	+1,5		416,681
	X		0756 5541		+2004	+2003,5	+2005	418,686

6	X PK4	2899 7686	0307 5092		+2592 +2594	+1 +2593	+2594		418,686 421,280
7	PK4 +60 Ko'n. qirg. o'ng 6,0 o'ng +10,0 chap +3,0 chap +10,0 PK5	0381 5162		1847 2640 1980 1037 0354	-2486 -2487	+1,5 -2486,5	-2485	421,661	421,280 419,814 419,021 419,681 420,624 421,307 418,795
8	PK5 Rp15	0208 4896	1674 6359		-1466 -1463	+1,5 -1464,5	-1463		418,795 417,332
Σ		70664	57530		+13134	+6567			

$$\Sigma a = 70664 \quad \Sigma b = 57530 \quad \Sigma h_b = +13134 \quad \Sigma h_{oM} = +6567$$

$$\Sigma h_{oM} = \frac{\Sigma a - \Sigma b}{2} = \frac{70664 - 57530}{2} = \frac{+13134}{2} = +6567 \text{ mm}$$

$$f_h = \Sigma h_{oM} - (H_{ax,rep} - H_{bosh,rep}) = 6567 - (417,332 - 410,755) = 6567 - 6577 = -10 \text{ mm}$$

$$f_{h,dek} = \pm 50 \sqrt{L} = \pm 50 \sqrt{1,0} = \pm 50 \text{ mm}$$

So'ngra (11.10) formula bo'yicha trassani nivelirlash xatosining chekli qiymatini hisoblaymiz: bu yerda trassa uzunligi 0,5 km (PK0 dan PK5 gacha), PK0 dan rep.14 gacha shartli 250 m, PK5 dan rep.15 gacha 250 m deb hisoblasak, shunda umumiy masofa $L = 1$ km ga teng bo'ladi.

Misolda $f_h < f_{h_{chek}}$ bo'lgani uchun nivelirlash xatosi $f_h = -10$ mm teskari ishorasi bilan o'rtacha nisbiy balandliklarga teng tarqatilib ularning ustiga yoziladi (11.1-jadvalning 7-ustuniga qarang). Odatda, tuzatmalar yaxlit mm da tarqatib beriladi.

Har bir o'rtacha nisbiy balandlik unga berilgan tuzatma ishorasiga qarab tuzatiladi va natija 8-ustunga yoziladi.

(11.9) formula bo'yicha trassani nivelirlash xatosi hisoblansa, topilgan f_h qiymatining yarmi olinadi va u teskari ishora bilan trassani to'g'ri yo'nalishda hisoblangan o'rtacha nisbiy balandliklarga tarqatib beriladi.

Boshlang'ich repening berilgan balandligi va tuzatilgan nisbiy balandlik qiymati bo'yicha piket nuqtalarning (bog'lovchi nuqtalar) balandligi quyida keltirilgan formulalar bo'yicha hisoblanadi. Olingan misol uchun:

$$H_{PK0} = H_{rep} + h_1,$$

$$H_{PK1} = H_{PK0} + h_2,$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\dots\dots\dots$$

$$H_{PKn} = H_{PKn-1} + h_{n+1}.$$

Ushbu formulalar bo'yicha 11.1-jadvalning 10-ustunida yozilgan piket nuqtalarining balandliklari hisoblangan.

Piket nuqtalari balandliklari to'g'ri hisoblanganligini tekshirish uchun oxirgi piket balandligiga shu piket bilan reper orasidagi tuzatilgan nisbiy balandlik qo'shiladi, shunda ushbu repening oldindan ma'lum bo'lgan (berilgan) balandligi kelib chiqishi kerak.

Keltirilgan misolda bu quyidagicha bo'ladi:

$$H_{rep15} = h_8 = 418,795 + (-1,463) = 417,332 \text{ mm},$$

ya'ni H_{rep15} ning berilgan balandligi kelib chiqadi. Demak, piketlar balandligi to'g'ri topilgan.

So'ngra oraliq va ko'ndalang qirqim nuqtalarining balandliklari hisoblanadi. Oraliq yoki ko'ndalang qirqim nuqtalari qaysi bekatda nivelirlangan bo'lsa, o'sha bekatda asbob gorizonti (7.3) formula bo'yicha hisoblanadi. Bizning misolda 11.1-jadvalga ko'ra asbob gorizonti 2 va 7-bekatlarda hisoblanadi. Masalan, 7-bekatta asbob gorizonti quyidagicha hisoblanadi:

$$H_i = H_{PK4} + a_{gor} = 421,280 + 0,381 = 421,661 \text{ mm.}$$

Bu yerda a_{gor} – PK4 dagi reykaning qora tomonidan olingan sanoq ($a_{gor} = 0381$).

Asbob gorizontidan foydalanib, ushbu bekatda nivelirlangan oraliq va ko'ndalang qirqim nuqtalari balandliklari quyidagicha topiladi:

$$H_{+60} = H_i - c = 421,661 - 1,847 = 419,814 \text{ m,}$$

$$H_{o'ng+6} = H_i - c = 421,661 - 2,640 = 419,021 \text{ m va h.k.}$$

Bu yerda c – tegishli oraliq yoki ko'ndalang qirqim nuqtasidagi reykanidan olingan sanoq.

Hisoblab topilgan natijalar jadvalning 10-ustuniga tegishli nuqtalar qatoriga yoziladi.

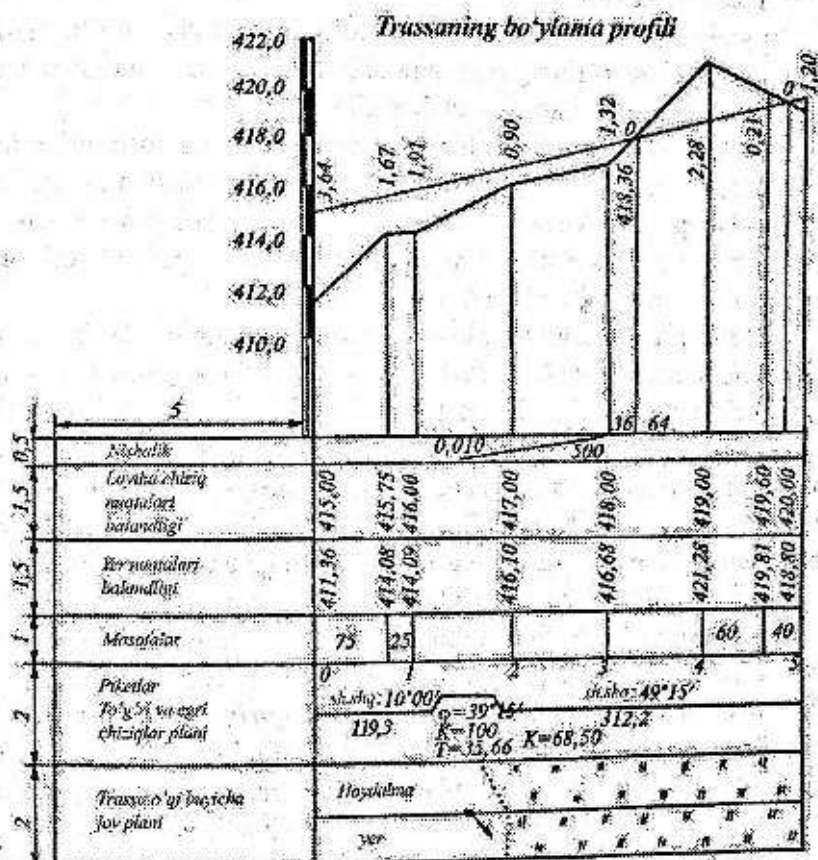
Shuni aytish kerakki, oraliq va ko'ndalang qirqim balandliklarining to'g'ri yoki noto'g'ri hisoblanganligini yakuniy tekshirish imkoniyati yo'q. Shuning uchun har bir hisoblash ishini sinchiklab, kerak bo'lsa takroran hisoblab ko'rish lozim.

Shu bilan nivelirlash jurnalini ishlab chiqish tugatilgan hisoblanadi va nuqtalarning topilgan balandligidan foydalanib, trassaning bo'ylama va ko'ndalang profillarini chizishga o'tiladi.

11.1.6. Trassaning bo'ylama va ko'ndalang profillarini tuzish

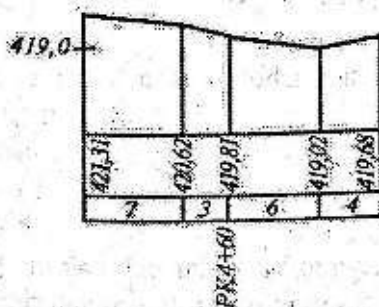
Trassaning bo'ylama va ko'ndalang profili nivelirlash jurnali va piketlash daftarchasi asosida millimetrovka qog'oziga chiziladi. Profil gorizont va vertikal masshtablarda chiziladi. Gorizont masshtab loyihalalanayotgan inshoot turiga, trassa o'tgan joy xususiyatiga bog'liq bo'lib, asosan, yirik masshtablarda (1:500-1:10 000) olinadi. Masalan, avtomobil yo'llarini qurish uchun muhim yo'nalishlarni qidirish ishlarida relyefi tekis joylarda 1:5 000, tog'li joylarda 1:2 000 va

undan yirikroq; kanallarni loyihalashda 1:1 000 dan 1:5 000 masshtabgacha olinadi.



Masshtablar: gorizontal 1:5000
vertikal 1:200
kanalning profil 1:500

Kanalning profil



Profilga aniqroq ko'rinish berish uchun vertikal masshtabi gorizontal masofalar masshtabiga nisbatan 10 marta yirik (ko'pincha 1:100, 1:200) qilib olinadi.

Bo'ylama profilni chizish profil to'rini tuzishdan boshlanadi. Profil masshtabi va to'rining mazmuni quriladigan inshoot turiga, uning xususiyatiga va boshqalarga qarab har xil bo'ladi.

Quyidagi 11.9-rasmda keltirilgan profilda uning to'ri umumiy ko'rinishda berilgan bo'lib, qurilayotgan inshoot xususiyatiga qarab qo'shimcha qatorlar kiritilishi mumkin. Profil to'rini yasash uchun rasmda uning qatorlari o'lchami santimetrda keltirilgan. Qatorlarga ularning nomi rasmda berilganday yozib chiqiladi.

Profil to'ri qatorlarini to'ldirish «Masofalar» qatoridan boshlanadi. Nivelirlash jurnalining (11.1-jadval) 2- ustunidan olingan piketlar va oraliq nuqtalari masofasi qabul qilingan gorizontal masshtab, misol, 1:5 000 da ketma-ket bu qatorga qo'yib chiqiladi va ularning o'rni topilib masofa qiymati yozib qo'yiladi. Piketdan piketgacha bo'lgan 100 m masofa, odatda, yozilmaydi. Ikki qo'shni piketlar orasida yozilgan oraliq nuqtalari masofasining yig'indisi 100 m ga teng bo'lishi kerak.

Topilgan har bir nuqta yoniga «Yer nuqtalari balandligi» qatorida jurnalning 10-ustunidan olingan balandlik sm gacha yaxlitlanib yoniga yozib chiqiladi (11.9-rasmga qaralsin). Profil to'rining yuqoridan birinchi gorizontal chizig'i *shartli gorizont* deyilib, uning balandligi jurnalda hisoblangan nuqtalar balandligiga qarab qabul qilinadi. Bunda chiziladigan profilning eng past nuqtasi ushbu gorizont chizig'idan 2-4 sm yuqorida bo'lishi hisobga olinadi.

Ushbu misolda shartli gorizont balandligi 406,0 m deb qabul qilingan. Profilning eng past nuqtasi PK1 bo'lib, uning balandligi 411,36 m ga teng va u shartli gorizontdan $411,36 - 406,0 = 5,36$ m yoki 1:200 vertikal masshtabda 2,5 sm cha yuqorida joylashadi.

Profilning vertikal shkalasi santimetrli bo'laklarga bo'linib, hisoblangan nuqtalar balandligi qiymatidan eng kichigi yaxlit metrda olinib, shkalaning 2 yoki 3-bo'lagiga yoziladi va keyingi bo'laklar qiymati vertikal masshtabdan foydalanib yozib chiqiladi. Misolimizda shkalaning ikkinchi bo'lagi eng kichik balandlik 410 m bilan yozilib, 1:200 vertikal masshtabda keyingi bo'laklar belgilab chiqilgan (masshtabda 1 sm 2 m ga teng). So'ngra «Masofalar» qatoridagi

har bir nuqtadan perpendikulyar chiziq yo'nalishida ushbu nuqtaning balandligi vertikal shkaladan foydalanib o'lchab qo'yilib nuqtalar bilan belgilanadi. Bu nuqtalarni chizg'ich yordamida to'g'ri chiziqlar bilan tutashtirib profil chizig'i hosil qilinadi.

To'g'ri va egri chiziqlar qatoriga egri chiziqning hisoblangan boshlang'ich va oxirgi uchi qiymatlari gorizontal masshtabda qo'yiladi. Egrining boshi va oxiri orasidagi chiziq yoy ko'rinishda chiziladi va uning bo'rtig'i o'ng burilish uchun yuqoriga, chap burilish uchun pastga qaratib qo'yiladi.

Yoy ichiga egrining elementlari yoziladi. Trassa o'qi to'g'ri kesimlari ustida ularning rumbi, ostida esa kesim uzunligi yoziladi. Burilishdan keyingi to'g'ri chiziq azimuti (11.1) formula bo'yicha φ orqali hisoblanib, undan rumbga o'tiladi.

«Trassa o'qi bo'yicha joy plani» qatorida pikerlash daftarchasidan foydalanib, syomka qilingan trassa o'qi, joy va predmet tafsilotlari, burilish nuqtalari va boshqalar ko'rsatiladi.

Ko'ndalang profil ham millimetrovka qog'oziga, nivelirlash jurnalidan olinadigan qiymatlar bo'yicha gorizontal va vertikal masofalari bir xil yirik masshtabda (1:200 yoki 1:500) chiziladi. 11.9-rasmda bu profil bo'ylama profilning ostida keltirilgan.

11.1.7. Bo'ylama profilda loyihalash elementlari

11.9-rasmda avtomobil yo'lining bo'ylama va ko'ndalang profillari berilgan. Bo'ylama profilda loyiha chizig'ini o'tkazish bilan bog'liq bo'lgan texnik shartlar maxsus qo'llanmalarda beriladi. Bulardan umuniylari quyidagilar:

1. Profilda qazilma va ko'tarma yuzalari taxminan bir xil bo'lishi kerak.
2. Loyiha chizig'ining nishabligi belgilangan qiymatdan oshmasligi kerak.
3. Qazilma chuqurligi va ko'tarma balandligi o'ta katta bo'lmasligi kerak va boshqalar.

Yuqoridagi shartlarni hisobga olib, profilga tushirilgan loyiha chizig'ining boshlang'ich va oxirgi nuqtalari balandliklari profil vertikal shkalasidan aniqlab yoziladi. Masalan, 11.9-rasmda bu nuqtalar balandligi tegishlicha 415,0 va 420,0 m ga teng.

Bu qiymatlar «Loyiha chiziq nuqtalari balandligi» qatorida tegishli PK0 va PK5 nuqtalariga yoziladi.

Chiziq nishabligini hisoblashda ma'lum formuladan foydalaniladi. Ko'rib chiqayotgan misolimizda chiziq nishabligi quyidagicha hisoblangan:

$$i = \frac{H_0 - H_b}{L} = \frac{420,0 - 415,0}{500} = 0,01.$$

Bu yerda L – loyiha chiziq uzunligi.

Profilidagi loyiha chizig'ining boshqa har qanday nuqtasi uchun balandlik quyidagi formuladan topiladi:

$$H_i = H_{i-1} + i \cdot d, \quad (11.11)$$

ya'ni keyingi (i) nuqtaning loyiha balandligi oldingi ($i - 1$) nuqtaning loyiha balandligiga chiziq nishabligini bu nuqtalar orasidagi gorizontal masofaga ko'paytirib qo'shilganiga teng.

Misol: $H_{PK1} = H_{PK0} + i \cdot d = 415,00 + 0,01 \cdot 100 = 416,00.$

(11.9-rasmga qaralsin). Bu yo'l bilan nuqtalarning hisoblangan loyiha balandligi profilning tegishli qatoriga yoziladi. Profil har bir nuqtasining loyiha balandligidan yer balandligini ayirib, musbat ishorali qiymat loyiha chiziqning ustiga, manfiy ishoralisi esa chiziq ostiga yozib boriladi. Bu qiymatlarga **ishchi balandliklar** deyiladi.

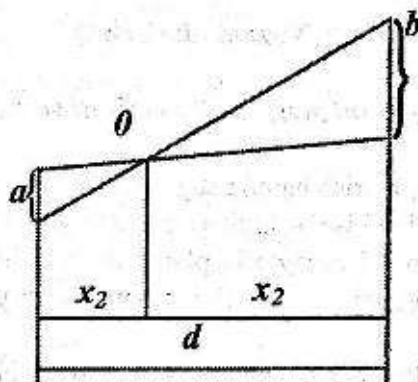
Yer yuzasi chizig'ining (profil chizig'ining) loyiha chizig'i bilan kesishgan nuqtasiga **nol ishlari nuqtasi** deyiladi.

Nol nuqtasining orqadagi va oldindagi yaqin profil nuqtalarigacha bo'lgan masofalari 11.10-rasmga ko'ra quyidagi formulalardan hisoblanadi:

$$x_1 = \frac{a}{a+b} d,$$

$$x_2 = \frac{a}{a+b} d.$$

Bu oddiy formulalarda a orqadagi va b oldindagi profil nuqtalaridagi ishchi balandlik, d esa bu nuqtalar orasidagi gorizontal masofa.



11.10-rasm

11.10-rasmdagi nol (0) nuqta uchun x_1 va x_2 masofalarni hisoblaymiz:

$$x_1 = \frac{a}{a+b} d = \frac{1,32}{1,32+2,28} \cdot 100 = 36 \text{ m},$$

$$x_2 = \frac{a}{a+b} d = \frac{2,28}{1,32+2,28} \cdot 100 = 64.$$

Hisoblash ishlarining to'g'riligi quyidagicha tekshiriladi:

$$x_1 \text{ va } x_2 = 36 + 64 = 100 \text{ m.}$$

Nol ishlari nuqtasining balandligi quyidagicha topiladi:

$$H_0 = H_a + i x_1 = 418,0 + 0,01 \cdot 36 = 418,36 \text{ m.}$$

Bu yerda H_a — nol ishlari nuqtasidan orqadagi eng yaqin nuqtaning loyiha balandligi.

Hisoblab topilgan masofalar va balandlik 11.9-rasmda yozib ko'rsatilgan joylarda yoziladi. Hisoblangan balandlik H_0 ko'k balandlik deyiladi va ko'k rangda yozilishi kerak.

Chizib tugallangan profil tegishli rangdagi tushlar bilan tushlanadi. Bunda qizil ranglar bilan — trassa o'qi, to'g'ri va egri chiziqlar, loyiha balandliklari, «nishablik» qatoridagi qiymatlar, loyiha chiziq va ishchi balandliklar (uyma va ko'tarma); qolgan hamma elementlar (suv manbalaridan tashqari) qora rangdagi tush bilan tushlanadi.

11.2. Yuzani nivelirlash

11.2.1. Yuzani nivelirlash mohiyati va usullari

Yerlarga suv chiqarish hamda sug'orish, bino va inshootlarni qurish va boshqa shu kabi ishlar loyihasini tuzish joy relyefi aniq tasvirlangan yirik masshtabli topografik planlarda bajariladi. Relyefi tekis bo'lgan joylarda bunday topografik planlar asosan yuzani nivelirlash orqali tuziladi.

Yuzani nivelirlash odatda joyning yirik masshtabli topografik planlar va raqamli modellarini (masshtabi 1:500, 1:1 000, 1:2 000 (relyef kesimi balandligi 0,1–0,5 m) tuzish uchun bajariladi.

Joy relyefning xarakteriga, uni planda tasvirlash aniqligiga, loyihalalanadigan inshoot turiga va xususiyatiga hamda boshqa bir qancha shartlarga qarab yuzani nivelirlash quyidagi usullarda bajariladi:

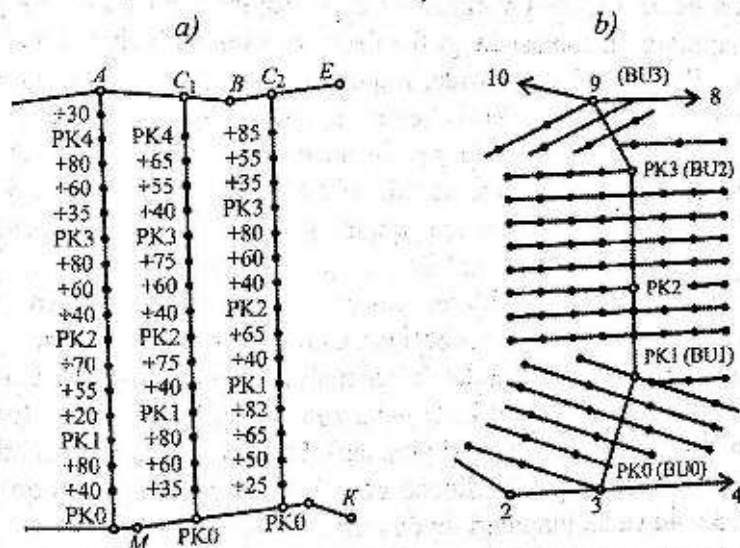
- parallel chiziqlar usuli;
- magistrallar usuli;
- poligonlar usuli;
- kvadrat kataklar usuli.

Parallel chiziqlar bo'yicha yuzani nivelirlash usuli kvadrat kataklarni rivojlantirishga to'sqinlik qiladigan o'simliklar bilan qoplangan relyefi nisbatan tekis, ochiq va yopiq joylarda qo'llanilishi mumkin. Buning uchun uchastka chegarasi bo'yicha boshlang'ich geodezik punktlar va reperlarga tayanadigan teodolit-nivelir yo'li o'tkaziladi. Yo'lning tomonlariga uchastkani kesadigan to'g'ri profil chiziqlar uchun tayanch hisoblanadigan, stvorli nuqtalar mahkamlanadi (11.11-a rasm).

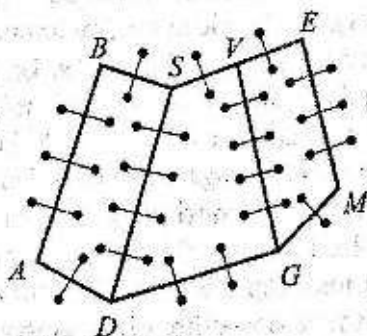
Profil chiziqlari 1:500 va 1:1 000 syomka masshtablarida har biri 20 m dan, 1:2 000 syomka masshtabida esa 40–50 m dan belgilanadi. Profil chiziqlari bo'ylab piketlash ishlari bajariladi, yuz metrli piketlar qoziqlar bilan belgilanadi, plyusli nuqtalar esa har biri 20 m yoki 40 m dan (syomka masshtabiga qarab) qorovul qoziqlar bilan mahkamlanadi. Bir vaqtning o'zida asosan perpendikulyar usulida joy tafsilotlari syomka qilinadi va tegishli abrisi tuziladi.

Magistrallar usuli. Bu usul joy relyefi notekis, kichik va cho'zinchoq bo'lgan yerlarda qo'llaniladi. Magistral yo'llar relyefning

xarakterli chiziqlari: suv ayrig'ichlar, suv yig'ish chiziqlari bo'yicha o'tkaziladi (11.11-b rasm). Bu usul ko'pincha avtomobil yo'llari, kanallar va boshqa chiziqli inshootlar bo'ylab syomkalarni bajarishda qo'llaniladi. Planli va balandlik asos bo'lib, chiziqli inshootlar trasasi bo'ylab o'tkazilgan teodolit-nivelir yo'li xizmat qiladi. Magistral yo'llarga perpendikulyar qilib ko'ndalanglar rejalaniadi. So'ngra bu chiziqlar bo'yicha syomka masshtabiga qarab har 20 yoki 40 m dan piketlarga bo'lib chiqiladi va qoziqlar qoqiladi. Shundan keyin bu nuqtalar nivelirlab chiqiladi. Nivelirlash natijalari ishlab chiqilib, nuqtalar balandligi topiladi.



11.11-rasm



11.12-rasm

Poligonlar usuli relyefi xarakterli katta uchastkalarda qo'llaniladi. Planli balandlik asos sifatida syomka qilinadigan uchastka chegarasi hamda relyefning xarakterli chiziqlari bo'ylab o'tkaziladigan teodolit nivelir yo'llar sistemasi qo'llaniladi (11.12-rasm). Tafsilot va relyefni syomka qilish uchun planli balandlik asos tomonlariga ko'ndalang ko'rinishida syomka yo'llari rejalaniadi.

Yuza nivelirlash ishlarida ishlab chiqarishda eng ko'p qo'llanadigan usul **kvadrat kataklar usuli** hisoblanadi. Shu bois quyida ushbu usulga batafsil to'xtalib o'tamiz.

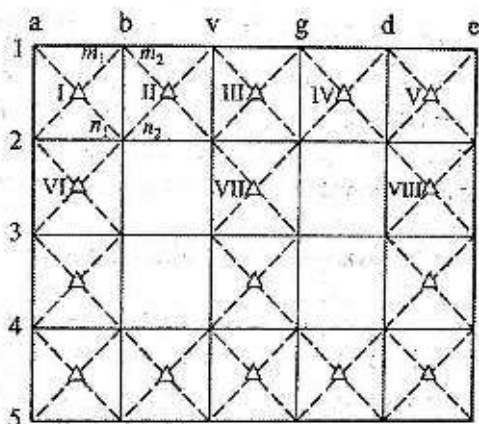
Kvadrat kataklar bo'yicha yuzani nivelirlash usuli ko'pincha relyefi tekis ochiq joylarda vertikal tekislash loyihalarini tuzish va yer ishlari hajmlarini hisoblashda qo'llaniladi. Bu usulda nivelirlash ishlari sanoat qurilish maydonchalarida, fuqaro va sport obyektlarini qurish, sug'orish uchastkalari va sholi cheklarini barpo etishda bajariladi.

Kvadrat kataklar usulida nivelirlanadigan maydon teodolit va o'lchash lentasi yordamida kvadratlarga bo'linadi. Plan masshtabi va quriladigan inshootning turiga qarab kvadrat tomonlari 10×10 ; 20×20 ; 40×40 m bo'lishi mumkin.

Bunday kvadrat kataklarni yasash uchun maydon avval tomonlari 100×100 , 200×200 m bo'lgan katta kvadratlarga bo'linadi va joyda kvadrat uchlari qoziqlar bilan mahkamlanadi. Buning uchun joyda 1a nuqtasini mahkamlab, 1a – 5a yo'nalish belgilab olinadi (olingan yer maydonining chegarasi yoqalab). Shu yo'nalishda lenta bilan kvadrat tomonining qabul qilingan uzunligi ketma-ket o'lchab qo'yilib, 2a, 3a, 4a va 5a nuqtalari joyda mahkamlanadi (11.13-rasm).

Keyin 1a va 5a nuqtalariga teodolit o'rnatib, 1a – 5a va 5a – 1a yo'nalishiga nisbatan 90° li burchak yasab 1a – 1e va 5a – 5e yo'nalishlar hosil qilinadi va ular bo'yicha kvadrat tomonining qabul qilingan qiymatini ketma-ket qo'yib chiqib, 1a, 1b, 1v, 1g, 1d, 1e va 5a, 5v, 5g, 5d, 5e nuqtalari topilib, qoziqlar qoqib mahkamlanadi. Tashqi asosiy kvadrat ichida yotgan kvadratlar uchi 1b – 5b, 1v – 5v va boshqa tomonlar bo'yicha vexadan vexagacha lenta bilan o'lchab topiladi va qoziqlar bilan mahkamlanadi, qoziqlarga tegishli kvadrat uchi nuqtasining tartib raqami 1a, 1b, 1v, ..., 2a, 2b, 2v, ... yozib qo'yiladi.

Asosiy kvadrat tomonlarining uzunligi 100 m bo'lsa, nivelir har bir kvadrat o'rta qismida o'rnatilib, oldin asosiy kvadratlarning uchlari, keyin esa ichki kichik kvadratlar uchlari nivelirlanadi.



11.13-rasm

Nivelirlashda nuqtalarda o'rnatilgan reykanan olingan sanoqlar oldindan tayyorlab olingan chizmaning tegishli nuqtalari yoniga yozib boriladi.

Bekatda asosiy kvadrat uchlarini nivelirlash natijasini tekshirish uchun qo'shni bekatlardan nivelirlangan ikkita bog'lovchi nuqtalar, masalan 11.13-rasmida 1b va 2b nuqtalar, orasidagi nisbiy balandlik sanoqlar bo'yicha hisoblanadi. Rasmdagi m_1 va n_1 sanoqlar birinchi bekatdan, m_2 va n_2 sanoqlar ikkinchi bekatdan olingan. Bu sanoqlar orqali 1b va 2b nuqtalar orasidagi nisbiy balandlik ikki marta topiladi:

$$h = m_1 - n_1; h = m_2 - n_2,$$

bulardan

$$m_1 - n_1 = m_2 - n_2$$

yoki

$$m_1 + n_2 = m_2 + n_1 \quad (11.12)$$

yozish mumkin.

(11.12) formuladan har bir kvadrat tomonida qarama-qarshi yotgan sanoqlar yig'indisi o'zaro teng bo'lishi kerakligi kelib chiqadi. Bu yig'indilar farqi 5 mm dan oshmasligi kerak.

Yuqorida ko'rib chiqilgan tartibda hamma asosiy kvadratlar uchi nuqtalari orasidagi nisbiy balandlik hisoblab chiqiladi. Dastlab asosiy

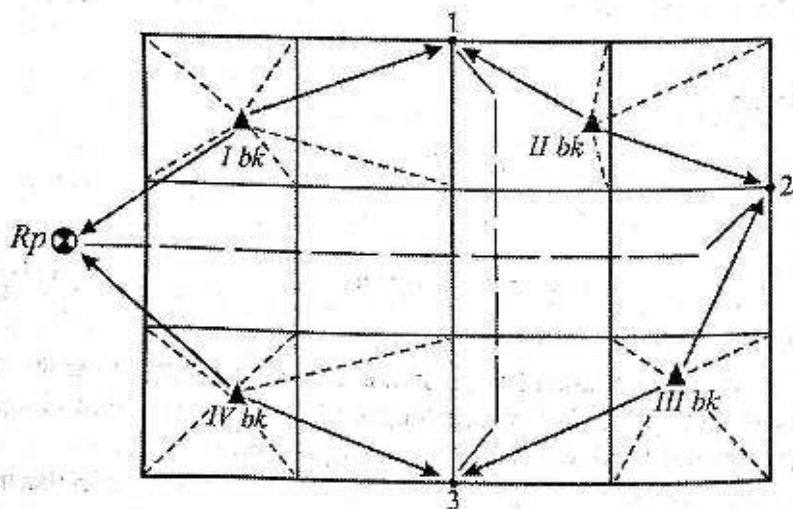
kvadrat uchlari $1a, 1e, 5e, 5a$ orasidagi nisbiy balandliklar yig'indisi topilib, nivelirlash xatosi hisoblanadi. Nazariy jihatdan yopiq poligonda nisbiy balandliklar yig'indisi $\sum h = 0$ bo'lishi kerak, amalda nol o'rinda kelib chiqqan qiymatga *nivelirlash xatosi* deyiladi va u quyidagi chekdan oshmasligi kerak:

$$fh_{chek} = 6\sqrt{n}, \text{ mm } (n - \text{bekatlar soni}).$$

Ushbu qiymatdan oshmagan xatolik tuzatma qilib tarqatilib, nisbiy balandliklar bog'lanadi va asosiy kvadrat uchi nuqtalarining balandligi hisoblanadi. So'ngra $1a$ va $1e$ hamda $5a$ va $5e$ nuqtalar orasida joylashgan $1b, 1v, \dots$ va $5b, 5v, \dots$ nuqtalar balandligi hisoblanadi.

Asosiy kvadrat ichidagi nuqtalar nisbiy balandligi $1b - 5b$ qatori bo'yicha olinib, bosh va oxirgi nuqtalarning hisoblangan balandligidan foydalangan holda tenglanadi va ular orasidagi nuqtalar balandligi hisoblanadi. Keyin $1v - 5v$ qatoriga o'tiladi va oldingi qatordagiga o'xshash hisoblashlar bajariladi va hokazo.

Tomonlari 10×10 yoki 20×20 m kataklarga bo'lingan maydonda kvadratlar uchlari bir yoki bir nechta bekatdan turib nivelirlanadi (11.13-rasm). Bu rasmda I, II, III va IV nivelir bekatlari; 1, 2, 3 va R_p bekatlar orasida olingan bog'lovchi nuqtalar bo'ladi. Maydonni kvadratlarga bo'lish bilan bir vaqtda maydondagi tafsilotlar ham syomka qilinadi.



11.14-rasm

11.14-rasmda I, II, III va IV bekatlardan nivelirlangan bog'lovchi nuqtalar 1, 2, 3. va *Rp* yo'g'on chiziqlar bilan, oraliq nuqtalar sifatida nivelirlangani esa uzuq chiziqlar bilan ko'rsatilgan. Bog'lovchi nuqtalar reykaning qora va qizil tomonlari, oraliq nuqtalar esa faqat qora tomoni bo'yicha nivelirlanadi.

Olingan sanoqlar chizmada tegishli nuqta yoniga yozib boriladi. Bog'lovchi nuqtalar orasida o'lchangan nisbiy balandlik qiymati qora va qizil sanoqlar bo'yicha hisoblanadi va bular o'zaro teng bo'lishi yoki farqi 3–4 mm dan oshmasligi kerak. Nisbiy balandlik qiymatlarining o'rtachasi olinadi.

Quyidagi paragrafda misolda kvadratlar bo'yicha nivelirlash natijalarini ishlab chiqish jarayoni batafsil yoritilgan.

11.2.2. Yuzani kvadratlar bo'yicha nivelirlash natijalarini ishlab chiqish

Hisoblash ishlari quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

1. Kvadratlar bo'yicha nivelirlash sxema jurnalida keltirilgan ma'lumotlar bo'yicha (11.14-rasm) bog'lovchi nuqtalar orasidagi nisbiy balandliklar quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$h = a - b. \quad (11.13)$$

Bu yerda a – orqadagi reykanan olingan sanoq;

b – oldindagi reykanan olingan sanoq.

Misol: I bekatda h qiymati reper $Rp1$ (orqadagi) va 1-bog'lovchi (oldindagi) nuqtalarda o'rnatilgan reykalarining qora va qizil tomonlari bo'yicha olingan sanoqlar orqali quyidagicha hisoblanadi:

$$h_1 = 2593 - 1018 = +1575 \text{ mm};$$

$$h_2 = 7276 - 5703 = +1573 \text{ mm}.$$

Hisoblangan nisbiy balandliklarning qiymati 11.2-jadvalining 2-ustuniga yoziladi.

Agar bekatda hisoblangan nisbiy balandliklar qiymati bir-biriga teng yoki 4 mm dan ko'p farq qilmasa, unda o'rtacha qiymat topilib, 11.2-jadvalining 3-ustuniga yoziladi.

Misol: $h_{o'n} = (1575 + 1573)/2 = 3148/2 = 1574$ mm.

Shu tarzda qolgan bekatlarda ham nisbiy balandliklar va ularning o'rtacha qiymatlari hisoblanadi.

2. Yopiq nivelir yo'li bo'yicha nisbiy balandliklar bog'lanmasligi hisoblanadi. Ma'lumki, yopiq nivelir yo'li bo'yicha nisbiy balandliklarning algebraik yig'indisi (nazariy) nolga teng, lekin o'lchashlar jarayonida yo'l qo'yilgan xatolar tufayli nisbiy balandliklarning amaliy yig'indisi nolga teng bo'lmay, nivelir yo'lidagi ***nisbiy balandliklar bog'lanmasligi*** deb nomlanadigan *fh* qiymatiga teng bo'ladi, ya'ni

$$fh = \Sigma h_a \quad (11.14)$$

Bu yerda Σh_a – bog'lovchi nuqtalar orasidagi nisbiy balandliklar yig'indisi.

Ko'rilayotgan misolda

$$fh = +1575 - 447 - 1770,5 + 650 = +6,5 \text{ mm.}$$

3. Kvadratlar bo'yicha yuzani nivelirlashda nivelir yo'li nisbiy balandliklardagi yo'l qo'yarli bog'lanmasligi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$fh_{chek} = \pm 10 \text{ mm} \sqrt{n} \quad (11.15)$$

Bu yerda n – bekatlar soni.

Hisoblash natijasi 11.2-jadvalning oxirida yoziladi.

Ko'rilayotgan misolda:

$$fh_{chek} = \pm 10 \text{ mm} \sqrt{n} = \pm 10 \sqrt{4} = \pm 20 \text{ mm.}$$

4. Agar $fh \leq fh_{chek}$ shart bajarilsa (bizning misolda $6,5 < 20$ mm), unda *fh* qiymati teskari ishorasi bilan o'rtacha nisbiy balandliklar qiymatlariga tarqatiladi (11.2-jadvalning 3-ustuniga qarang).

Tuzatmalar qiymatlari bo'yicha tuzatilgan nisbiy balandliklar qiymatlari topiladi va ular 11.2-jadvalning 4-ustuniga yoziladi.

Bog'lovchi nuqtalar nomeri	Nisbiy balandliklar h , mm			Nuqta balandligi H , m
	h_{his}	$h_{o'rt}$	h_{tuz}	
Rp	+1575	-2 +1575	+1573	32,693
№ 1	+1575			34,266
№ 1	-446	-1 -447	-449	34,266
№ 2	-448			33,817
№ 2	-1770	-2,5 -1770,5	-1773	33,817
№ 3	-1771			32,044
№ 3	+649	-1 +650	+649	32,044
Rp	+651			32,693
Σ		+6,5		

$$fh = \Sigma h_{o'rt} = +6,5 \text{ mm},$$

$$fh_{chek} = \pm 10 \text{ mm} \sqrt{n} = \pm 10 \sqrt{4} = \pm 20 \text{ mm}.$$

5. Tuzatilgan nisbiy balandliklar va boshlang'ich reperring balandligi bo'yicha qolgan bog'lovchi nuqtalarning balandliklari quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$H_n = H_{n-1} + h_{tuz}. \quad (11.16)$$

Bu yerda H_n ; H_{n-1} – muvofiq keyingi va oldingi bog'lovchi nuqtalar balandligi; h_{tuz} – tuzatilgan nisbiy balandliklar.

Misol: $H_1 = H_{rep.1} + h_{tuz} = 32,693 + 1,573 = 34,266 \text{ m}.$

$H_2 = 32,266 - 0,449 = 33,817 \text{ m}$ va h.k.

Topilgan balandliklar jadvalning 3-ustuniga nuqtalar qatoriga muvofiq yoziladi.

Hisoblashlarning nazorati bo'lib boshlang'ich reper balandligining kelib chiqishi asos bo'ladi.

6. Oraliq nuqtalar balandligini hisoblash uchun asbob gorizonti topiladi:

$$AG = H_{org} + a \text{ yoki } AG = H_{old} + b.$$

Bu yerda H_{org} , H_{ol} – orqadagi va oldindagi bog'lovchi nuqtalar balandligi; a , b – reyklar qora tomonidan olingan sanoqlar.

Misol: 1 bekatda:

$$AG = H_{org} + a = 32,693 + 2,593 = 35,286 \text{ m,}$$

$$AG = H_{old} + b = 34,266 + 1,018 = 35,284 \text{ m.}$$

Hosil qilingan asbob gorizonti qiymatlarining farqi 5 mm dan kam bo'lmaganligi tufayli sxema jurnaliga o'rtacha qiymat 35,285 m yoziladi (11.15-rasm).

7. Hisoblangan asbob gorizonti qiymatlari bo'yicha oraliq nuqtalar balandligi quyidagi formuladan topiladi:

$$H_c = AG - c.$$

Bu yerda c – oraliq nuqtada o'rnatilgan reykan olingan sanoq.

Misol, $H_{C1} = 35,285 - 1,499 = 33,786 \text{ m,}$

$$H_{C2} = 35,285 - 0,436 = 34,848 \text{ m va hokazo.}$$

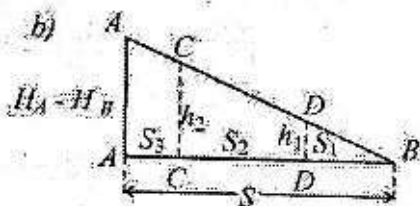
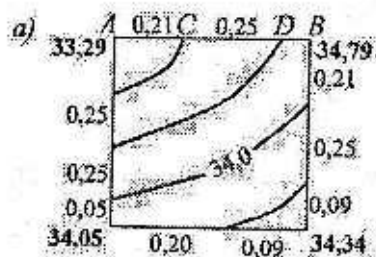
Barcha topilgan oraliq nuqtalar balandligi kvadratlarining muvofiq uchlari yonida reyka bo'yicha sanoqlarning tagida yoziladi.

11.2.3. Yuzani kvadratlar bo'yicha nivelirlash planini tuzish

Joyning topografik plani vatman qog'ozida berilgan masshtab va relyef kesimi balandligida tuziladi. Dastlab kvadratlar to'ri chiziladi va kvadrat uchlarning yonida ular balandligi nivelirlash sxemajurnalidan olinib, 0,01 m gacha yaxlitlab yoziladi.

Berilgan relyef kesimi balandligida gorizontallar interpolyatsiyalash usuli yordamida o'tkaziladi.

Gorizontallarni interpolyatsiyalash deb, relyef kesimi balandligiga qoldiqsiz bo'linadigan nuqtalar balandligini plandagi o'rinni topishga aytiladi.



11.16-rasm

Misol: AB uzunligi $s = 20$ m kvadratning yuqori tomoni uchun

$$s_1 = \frac{h_1}{H_A - H_B} s = \frac{0,21}{0,50} \cdot 20 = 8,4 \text{ m},$$

$$s_1 + s_2 = \frac{h_2}{H_A - H_B} s = \frac{0,46}{0,50} \cdot 20 = 18,4 \text{ m}.$$

Hosil qilingan s_1 va $s_1 + s_2$ masofalar B nuqtadan A nuqta tomoniga qarab planning masshtabida qo'yiladi.

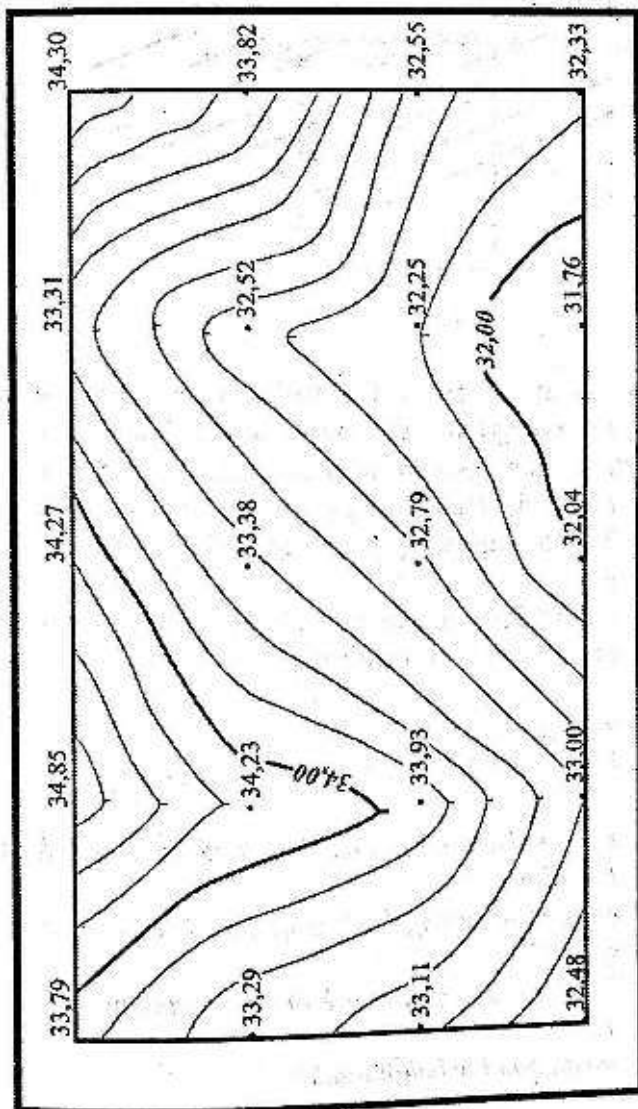
Aynan shu tarzda kvadratning qolgan tomonlari bo'yicha interpolatsiyalash jarayoni bajariladi, keyin esa bir xil balandlikka ega nuqtalar orqali gorizontallar o'tkaziladi.

Grafik usul orqali interpolatsiyalashda millimetrli qog'oz yoki parallel chiziqli paletkalar qo'llaniladi. Paletka shaffof qog'oz (kalka)da har bir 0,5 yoki 1 sm dan o'tkazilgan qator parallel chiziqlar tushirilgan moslama hisoblanadi (11.17-rasm).

Paletka planga shunday joylashtiriladiki, A nuqta o'rnini bo'yicha o'z balandligiga mos bo'lsin (11.17-rasm)da $H_A = 33,29$ m) va shu holatda paletka plandagi A nuqtaga o'lchagichning ignasi orqali biriktiriladi. Keyin paletka unda B nuqta o'z balandligiga mos kelgunicha A nuqtaning atrofida aylantiriladi. Planda AB chiziqning paletkadagi parallel chiziqlar bilan kesishgan nuqtalarini teshik qilib, gorizontaal balandliklariga mos nuqtalar hosil qilinadi.

Shu tarzda barcha kvadratlar tomonlari bo'yicha interpolatsiyalanib, gorizontallar o'tadigan nuqtalar hosil qilinadi. Shu jarayon kvadratlarning diagonallari bo'yicha ham bajariladi. Hosil qilingan bir xil balandliklarga ega nuqtalar qalam orqali ravon egri chiziq bilan tutashtiriladi va gorizontallar hosil qilinadi.

JOY PLANI

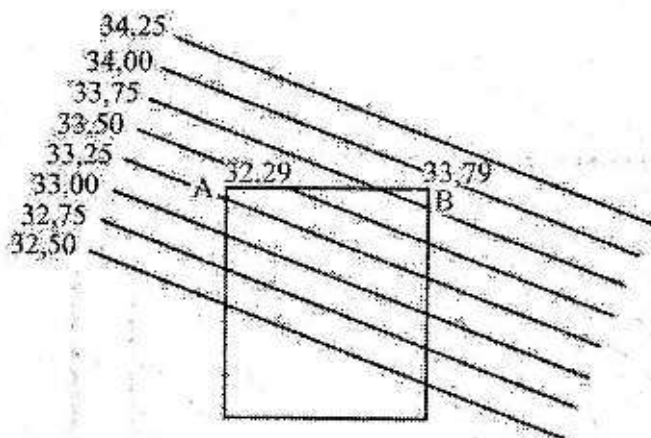


1:1000

1 santimetrd 10 metr

Relyef kesimi balandligi 0,25 m

11.18-rasm



11.17-rasm

Plan tushda rasmiylashtiriladi. Kvadratlar uchlari kora doirachalar bilan belgilandi va o'ng tomondan ular balandligi kora tushda yoziladi. Gorizontallar va bergshtrixlar ingichka jigarrangda ko'rsatiladi. Har bir metrga mos gorizontallar yo'g'onlashadi va ularning balandligi shunday yoziladiki, raqamning yuqori qismi ko'tarilish tomoniga qaratilgan bo'lsin.

Yuzani kvadratlar bo'yicha nivelirlash joy planini rasmiylashtirilgan nusxasi 11.18-rasmda ko'rsatilgan.

Nazorat savollari:

1. Injenerlik-texnik nivelirlash ishlari qayerlarda olib boriladi?
2. Berilgan yo'nalish bo'yicha chiziqni joyda belgilashda dastlab nimalar o'lchab olinadi?
3. Doiraviy egri chiziqning bosh nuqtalarini rejalashda nimalarga e'tibor qaratiladi?
4. Egri chiziqni joyda rejalash uchun uning qanday elementlari ma'lum bo'lishi kerak?
5. Trassa joyda qanday belgilanadi?
6. Ko'ndalang qirgim nuqtalari joyda qanday belgilanadi?
7. Piketlash daftarchasi qanday yuritiladi?
8. Ikki tomonli (qora va qizil) reykalalar bilan har bir bekatda nivelirlash qanday tartibda olib boriladi?

9. Trassa bo'yicha nivelirlash xatosi qaysi usulda hisoblanadi?

10. Bo'ylama profilda loyihalash elementlari nimalardan iborat?

11. Yuzani nivelirlashning qanday usullari mavjud?

12. Gorizontallarni interpolyatsiyalash deb nimaga aytiladi va uning qanday usullari bor?

TAXEOMETRIK SYOMKA

12.1. Taxeometrik syomkaning mohiyati

«Taxeometriya» – grekcha soʻz boʻlib, «tez oʻlchash» degan maʼnoni anglatadi. Tez oʻlchash maʼnosi shundan iboratki, syomka qilinadigan nuqtaning planli va balandlik oʻrni taxeometr koʻrish trubasining reykağa bir qarashda oʻlchangan masofa (dalnomer boʻyicha), gorizonta va vertika burchaklar orqali aniqlanadi. Shu bois *taxeometrik syomka* deganda gorizonta va vertika syomkalarni bir vaqtning oʻzida «taxeometr» deb ataluvchi asbob bilan bajarish tushuniladi.

Taxeometr asbobi oʻrnatilgan nuqtaga *bekat* deyiladi va undan har bir syomka qilinadigan tafsilot va relyef nuqtasiga qarab bir vaqtda gorizonta burchak (biron-bir boshlangʻich yoʻnalishga nisbatan), vertika burchak va dalnomer bilan (oddiy doiraviy taxeometrlarda ipli dalnomer yoki elektron taxeometrlarda elektron dalnomer bilan) masofa oʻlchanadi.

Taxeometrik syomkada qutbiy koordinatalar usuli bilan nuqtalarning plandagi oʻrni va trigonometrik nivelirlash usuli bilan esa ularning balandligi topiladi. Oʻlchash natijalarini ishlab chiqib yer boʻlagining yirik masshtabli topografik plani tuziladi.

Taxeometrik syomka, asosan, relyefi notekis, maydoni uncha katta boʻlmagan, eni tor va boʻyiga choʻzilgan tafsilotlari murakkab boʻlgan joy uchastkalari yirik masshtabli topografik planlarini hosil qilish uchun qoʻllaniladi. Lekin elektron taxeometrlarning paydo boʻlishi bilan, mazkur syomka maydoni katta yer uchastkalarining raqamli modellarini yaratishda asosiy syomka turiga aylandi va taxeometrik syomkaning toʻliq yoki qisman avtomatlashtirishiga, yaʼni *elektron taxeometriyaning* kelib chiqishiga sabab boʻldi.

Taxeometrik syomka teodolit syomkasidan tafsilotlardan tashqari joy relyefini ham syomka qilish, menzula syomkasidan esa joy planini dalada tuzmasdan, kameral sharoitda yaratish bilan farq qiladi. Menzula syomkasi bilan taqqoslaganda, taxeometrik syomka oʻz afzalliklari va kamchiliklariga ega. Uning afzalligi shundan iboratki, taxeometrik syomkani menzula syomkasi uchun noqulay

hisoblangan ob-havo sharoitida qo'llash mumkin bo'lib, u dala o'lchash ishlarini qisqa muddatda bajarishga imkon beradi.

Taxeometrik syomkaning kamchiligiga planni tuzishda bajaruvchi tuzgan planini joy bilan taqqoslash imkoni yo'qligini (menzula syomkasi plani bevosita dalada tuziladi) ta'kidlash mumkin.

12.2. Taxeometrik syomka uchun ishlatiladigan asboblari

Taxeometrik syomka hozirgi kunda optik geodezik asbob – teodolit-taxeometr (doiraviy taxeometr) lardan tashqari, asosan, elektron taxeometrlar yordamida bajarilmoqda.

Syomka jarayonida kerakli o'lchashlarni amalga oshirish uchun optik taxeometr asbobining gorizontal va vertikal doiralari hamda ko'rish trubasidagi ipli dalnomer chiziqlari xizmat qiladi.

Gorizontal doira yordamida syomka qilinadigan har bir nuqtaga (bundan keyin *piket nuqta* deyiladi) qarab, qutbiy gorizontal burchakni, vertikal doira yordamida vertikal (og'ish) burchakni va ipli dalnomer bilan piket nuqttagacha masofani o'lchash mazkur darslikning 5.9, 5.11 va 6.6 paragraflarida batafsil bayon etilgan va kerakli formulalar keltirilgan. O'lchangan vertikal burchak va dalnomer masofasi bo'yicha nisbiy balandlikni hisoblash esa 7.10 paragrafda to'la-to'kis yoritilgan.

Shu bois quyida hozirgi kunda ishlab chiqarilayotgan va amaliyotda keng qo'llanilayotgan elektron taxeometrlarning tuzilishi, texnik tavsiflari va ularning imkoniyatlariga to'xtalib o'tiladi.

Elektron taxeometrlar. Hozirgi paytda ishlab chiqarilayotgan elektron taxeometrlar (elektron taxeometrik stansiyalar) o'lchash-hisoblash majmuasidan iborat bo'lib, unga ixcham masofa o'lchash elektron dalnomeri, gorizontal va vertikal burchaklarni o'lchab, natijasini ekran (display)ga chiqarib va birdaniga xotiraga yozib qayd qiluvchi elektron moslama hamda natijalarni dastlabki ishlab chiqish uchun kichik kompyuterlar kiradi.

Elektron taxeometrlar hozirgi kunda eng ommabop asbob bo'lib, ko'pgina xorijiy firmalar tomonidan ishlab chiqarilmoqda. Ular sistemali hamda kundalik syomkalarda ishlatiladigan asboblarga bo'linadi va bir-biridan aniqligi, imkoniyatlari hamda avtomatlashtirilgan darajasiga qarab farq qiladi.

Bugungi kunda elektron taxeometrlar ma'lum aniqlik diapazonini qamrab oladigan bir avlod asboblarning seriyali namunasi sifatida ishlab chiqarilmoqda. Har bir seriyada ko'rsatilgan diapazon doirasida aniqligi, avtomatlashtirish darajasi va qo'shimcha funksiyalarning har xil to'plami bo'yicha farqlanadigan bir necha modifikatsiyasi bo'ladi.

Elektron taxeometrlarni ishlab chiqaruvchi ilg'or firmalar bo'lib, «Leica» (Shveysariya), «Trimble» (AQSh), «SOKKIA» (Yaponiya), YOM3 (Rossiya) va boshqalarni qayd etish mumkin.

«Carl Zeiss» (Germaniya) tomonidan ishlab chiqilgan Elta S10, S20 tizimli taxeometrlar hamda kundalik ishlatiladigan Elta R55 lar to'g'risida yetarli ma'lumot [8] da keltirilgan. Quyida «Leica» (Shveysariya), Trimble» (AQSh) firmalari tomonidan ishlab chiqarilgan elektron taxeometrlar to'g'risida to'xtalib o'tamiz.

«Leica» (Shveysariya) tomonidan ishlab chiqilgan TPS seriyali elektron taxeometrlar asosan topografik, kadastr, qurilish uchun syomkalarni bajarishga mo'ljallangan bo'lib, quyidagi seriyalarda ishlab chiqarilmoqda:

- TSM – motorlashtirilgan taxeometrik stansiyalar;
- TSR – qaytargichsiz o'lchashlarni bajara oladigan taxeometrlar;
- TSMR – qaytargichsiz o'lchashlarni bajara oladigan motorlashtirilgan taxeometrlar;
- TSA – motorlashtirilgan, qaytargichni avtomatik tarzda kuzatadigan taxeometrlar.

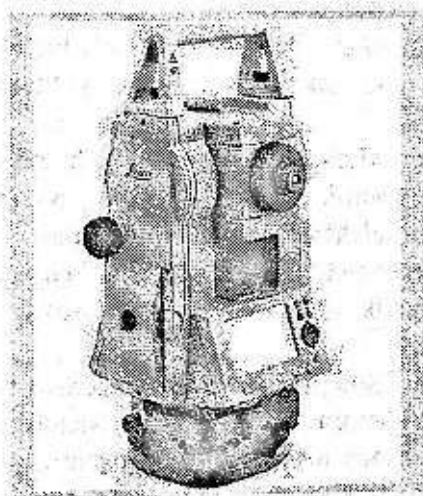
TPS 400, TPS 800, TPS 1100 seriyali elektron taxeometrlar qator afzalliklarga ega bo'lib, ular bir-biridan o'lchash aniqligi va ayrim imkoniyatlari bilan farq qiladi.

TPS seriyali elektron taxeometrlarda quyidagi afzalliklar mujassamlashgan:

- *Uch xil aniqlikni ta'minlashi* – o'lchashning kerakli aniqligiga qarab mavjud seriyaning qatoridan zaruriy modelni tanlash mumkin. Masalan, TPS 802 - 2", TPS 803 - 3", TPS 805 - 5";
- *10000 ta o'lchashlarni saqlash imkoniyati* – ishonchli o'atilgan xotira 10000 ta ma'lumotni saqlash qobiliyatiga ega;
- *Qaratish vintining cheksizligi* – nishonga qaratishda vintni mahkamlash va bo'shatishning hojati yo'q;

– *Lazer shovunning mavjudligi* – u bilan asbobni optik markazlashtirgichga nisbatan ancha tez markazlashtirish mumkin;

– *Elektron ko'rsatkichi* – rejalash ishlarini bajarishda juda qulay bo'lib, reykhachi elektron ko'rsatkichi bo'yicha stvorga qaytar-gichni aniq qo'yish imkoniyatiga ega bo'ladi.



12.1-rasm

TPS 400 seriyali elektron taxeometrlar (12.1-rasm) topografik syomka va qurilish ishlariga mo'ljallangan bo'lib, bazis chiziqlarni hosil qilish, rejalash ishlari, balandliklarni uzatish, yuzalarni hisoblash, borib bo'lmas nuqtalar balandligini aniqlashda qo'llash mumkin.

TPS 800 seriyali elektron taxeometrlar bilan esa yuqorida qayd etilgan ishlardan tashqari oriyentirlash, teskari geodezik masalani yechish, loyihani joyga ko'chirish, ko'rinmaydigan nuqtalarni o'lchash va boshqa ishlarni amalga oshirish mumkin.

TRS 1100 seriyali elektron taxeometrlar qo'shimcha amaliy dasturlar bilan ta'minlanganligi tufayli yuqori hamda unumli hisoblanadi va ular alohida masalalarni yechish, shuningdek, asboblarning ishlash qobiliyatini oshirishga xizmat qiladi.

TPS seriyali elektron taxeometrlarda bir qator geodezik o'lchashlarni bevosita joyda bajarish uchun dasturlar o'rnatilgan, chunonchi:

– *rejalash dasturi* ma'lum koordinatalari bo'yicha uch o'lchamli rejalash elementlarini hisoblashga imkon beradi.

– *oriyentirlash balandlikni uzatish dasturi orqali* boshlang'ich direksion burchaklarni hisoblash va koordinatalari ma'lum bir yoki bir necha borib bo'lmas nuqtalarning kuzatish natijalari bo'yicha balandliklarni uzatish mumkin.

– *doiraviy qabullar dasturi yordamida* bir necha qabullardan iborat o'lchangan burchaklarda o'rtacha yo'nalishlarni aniqlash mumkin.

Keyingi yillarda «Leica Geosystems» (Shveysariya) firmasi tomonidan yanada unumli, yuqori darajada avtomatlashgan Leica FlexLine TS rusumli elektron taxeometrlar ishlab chiqarilmoqda. Bu rusumli elektron taxeometrlar qator afzalliklarga ega bo'lib, ulardan sifat, moslashuvchanlik, qulaylik va samardorlik xossalarini ko'rsatish mumkin.

Leica FlexLine TS02 plus elektron taxeometri texnik va o'rtacha aniqlikda syomka ishlarining barcha standart vazifalari uchun ishonchli, tezkor va qulay asbob hisoblanadi. Bu asbob katta grafik oq-qora display, harfli-raqamli klaviatura, bluetooth simsiz aloqa bilan jihozlangan va SmartWorx Viva dasturiy ta'minoti orqali yanada qulay bo'lishi mumkin.

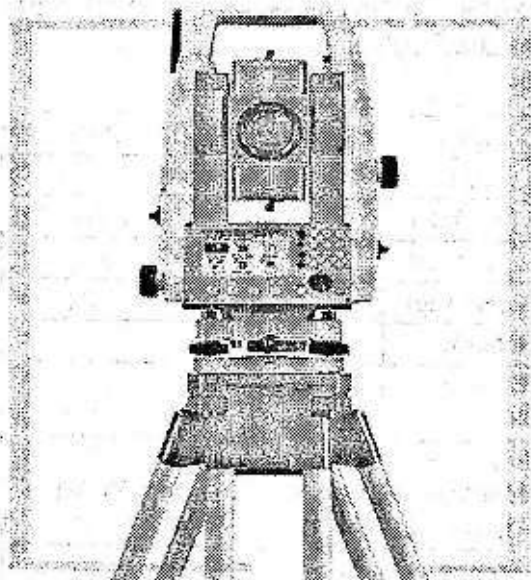
Leica FlexLine TS06 plus elektron taxeometri o'rtacha aniqlikda kundalik syomka ishlarining barcha standart vazifalari uchun ishonchli, tezkor va qulay asbob hisoblanadi. Unda katta grafik oq-qora display, harfli-raqamli klaviaturadan tashqari, yangi o'rnatilgan Leica FlexFildplus dasturi va yangi rangli sensor display bilan jihozlangan (12.2-rasm).

Leica FlexLine TS09 plus elektron taxeometri Leica FlexLine plus asboblari turkumida yetakchi model bo'lib, yuqori aniqlikdagi ishlar uchun ideal asbob hisoblanadi. TS09 plusning kengaytirilgan konfiguratsiyasi uni favqulodda moslashuvchan asbobga aylantiradi, chunki u bilan nafaqat kundalik syomka ishlarni, balki har qanday murakkab masalalarni katta ishonch bilan bajarish mumkin. Yangi o'rnatilgan Leica Flex-Fildplus dasturi va yangi rangli sensor display bajarilayotgan ishlar samarasini yanada oshirishga imkon beradi.

Leica FlexLine TS plus elektron taxsemetrlarining texnik tavsiflari 12.1-jadvalda keltirilgan.

12.1-jadval

Ko'rsatkichlar	TS02	TS06	TS09
Burchak o'lchashlar:			
Gorizontal Hz / Vertikal V	3"/5"	2"/3"	1"/2"
Kompensator	To'rt o'qli	To'rt o'qli	To'rt o'qli
Ko'rish maydoni burchagi	1°30'	1°30'	1°30'
Masofalarni o'lchash:			
Fokuslashning minimal masofasi, m	1,5	1,5	1,5
Qaytargichsiz masofa o'lchash (R30/R500/R1000 diapazonlarda), m	30/>500/>1000	30/>500/>1000	30/>500/>1000
Qaytargichli plastinaga (5 × 5sm), m	1,6 dan 300 gacha		
Bitta prizma bo'yicha, m	3500 gacha	3500 gacha	3500 gacha
Prizma bo'yicha o'lchash aniqqligi, mm	±(1,5+2ppm·D)	±(1,5+2ppm·D)	±(1+1,5ppm·D)
Qaytargichsiz, mm	±(2+2 ppm)	±(2+2 ppm)	±(2+2 ppm)
Ishchi harorat, °C	-20° dan +50° gacha		
Gorizontal va vertikal doira bo'yicha hisob	Ikki tomonli	Ikki tomonli	Ikki tomonli
Chang va namlikdan himoyalanganligi	IP55	IP55	IP55
Ma'lumotlarni saqlash xotirasi	24000 nuqta, o'lchash 13500	100000 nuqta, o'lchashlar 60500	
Lazer markazlashtirgichi	5 darajali yoritkichli lazer tamg'a		
Markazlash aniqqligi	Asbob balandligining 1,5 m ga 1,5 mm		
Klaviatura va displey	To'liq harf-raqamli klaviatura, oq-qora grafik displey, 5 darajali yoritgich		
Almashtiriladigan USB xotira kartasi	1 Gbayt, uzatish tezligi 1000 nuqta/sek		
Akkumulyator turi	Litiy-ionli		
Amaliy dasturlar	Topografiya (Oriyentirlash va syomka), rejalash, teskari kestirma		



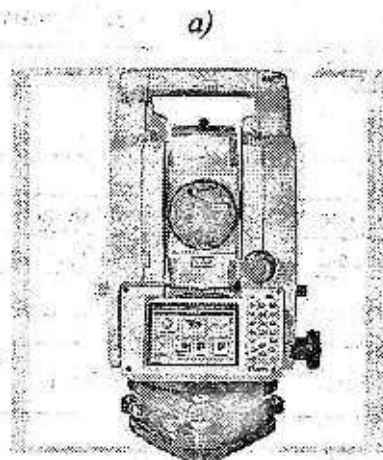
12.2-rasm

Keyingi yillarda Trimble (AQSh) firmasi tomonidan esa Trimble M3 DR (12.3-a rasm) hamda NIKON (Yaponiya) firmasi bilan hamkorlikda Spektra Precision Focus 4 (12.3-b rasm,) elektron taxeo-metrlar ishlab chiqarilmoqda. Ular asosan topografik, kadastr va qurilish syomkalari uchun mo'ljallangan bo'lib, o'lchash imkoni bo'lmagan nuqtalarda o'lchashlarni bajarishda katta universallikka ega bo'lib, bunda o'lchashlarni qaytargichsiz amalga oshirish mumkin.

Bu asboblار quyidagilarni hal etishga xizmat qiladi:

- taxeometrik yo'llarni o'tkazish;
- geodezik asos tarmoqlarini rivojlantirish;
- topografik, kadastr va qurilishdagi syomkalarni bajarish;
- yerlarni ajratish (chegaralarini o'rnatish);
- yer uchastkalari chegaralarini joyga ko'chirish;
- rejalarish ishlari.

Asbobni o'rnatish, oriyentirlash va nishonga aniq, tez qaratish uchun qulay sharoit yaratish maqsadida Trimble M3 DR elektron taxeo-metrlarning barcha modellari cheksiz qaratish vintlari, lazer nishon ko'rsatkich, lazer stvor ko'rsatkich va lazer markazlashtirgichi bilan ta'minlangan.



12.3-rasm

a) Trimble M3 DR elektron taxeometri; b) Focus 4 elektron taxeometri

SP Focus 4 elektron taxeometri -20°C dan $+50^{\circ}\text{C}$ gacha keng harorat diapazonida ishlash uchun mo'ljallangan. SP Focus 4 quyoshga bardoshli, bir tomonli grafik suyuq kristalli displeyga ega. SP Focus 4 taxeometri bir o'qli kompensator bilan jihozlangan. Boshqaruv panelida to'liq funksional harfli-raqamli klaviatura joylashtirilgan. SP Focus 4 elektron taxeometrining kopqog'i alyuminiydan ishlangan bo'lib, IPX4 standartiga muvofiq suv tushishidan himoyalangan va noqulay ob-havo sharoitlarida ham ish olib borish imkonini beradi.

SP Focus 4 taxeometri ichiga o'rnatilgan Ni-MN batareyasi 15 soatdan ko'p vaqt davomida asbobning uzluksiz ishlashini ta'minlaydi. Mukammallashtirilgan ichki dastur ta'minoti turli murakkablikdagi injenerlik-geodezik masalalarni yechishni yengillashtiradi. Uning xotira hajmi 10 000 gacha nuqtani saqlash imkonini beradi. Ko'rish trubasi $26\times$ kattalashtirib ko'rsatadi. Qulay ob-havo sharoitlarida, tuman bo'lmaganda 40 km masofani ko'rish imkoniyati mavjud.

SP Focus 4 elektron taxeometrida qaytargichsiz texnologiyalar qo'llanilganligi borib bo'lmay va xavfli joylarda ham o'lchash ishlarini olib borish imkonini beradi. Unda bir nechta interfeys tillarini o'rnatish imkoniyati mavjud. Nikon firmasining optikasidan foydalanilganligi bois burchak o'lchash aniqligi ishonchlilikini ta'minlaydi.

Trimble M3 DR va SP Focus 4 elektron taxeometrlarning texnik tavsiflari 12.2-jadvalda keltirilgan.

Ko'rsatkichlar	M3 DR	Focus 4
Ko'rish trubasining kattalashtirishi, karra	30 ^x	26 ^x
Burchak o'lchashlar aniqligi	3"	5"
Masofa o'lchash, 1 prizmada	3000 m gacha	1,6 dan 5000 gacha
Qaytargichsiz masofa o'lchash	500 m gacha	1,6 dan 210 gacha
Prizma bo'yicha o'lchash aniqligi, mm	$\pm 2 \text{ mm} + 2 \text{ mm} / \text{km}$	$\pm(3+2 \text{ ppm} \cdot D)$
Qaytargichsiz o'lchash aniqligi, mm	$\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ mm} / \text{km}$	$\pm(5+2 \text{ ppm} \cdot D)$
Prizma bo'yicha o'lchash vaqti (aniq/normal), sek	1,6 / 0,8	1,5 / 0,8
Ishchi harorat diapazoni, C	-20° dan +50° gacha	
DCh holatidagi ekran	16 bitli rang, orqa yoritgichi bilan TFTSK – displey (320×240 pikseli)	Grafik suyuq kristallik (128 × 64 nuqta); bir tomonli
DO' holatidagi ekran	orqa yoritgichi bilan SK – displey (128×64 pikseli)	
Operatsion tizim	Windows CE	
O'rnatilgan dasturlar ta'minot	Trimble Access	Trimble Access
O'lchash uchun xotira	RAM 128 Mb, flesh-xotira 128 Mb	10000 yozuv
Chang va namlikdan himoyalanganligi	IP66	IP56
Ma'lumot uzatish porti	RS-232C 2xUSB	
Simsiz aloqa	O'rnatilgan bluetooth moduli	
Qaratish vinti	Cheksiz	RS-232C 2xUSB
O'lchamlari (K × U × B), mm	149 × 145 × 306	168 × 173 × 347
Asbob vazni (batareyasiz), kg	3,9	4,96
Quvvatlash manbasi	Ichki Li-ion Akkumulyatorli Batareya (x2)	
Batareya	BC-65, Ni-MH	
Ishlash muddati:		
To'xtovsiz burchak va masofa o'lchash, soat (bita zaryadkada)	12	6,5

12.3. Taxeometrik syomka asosi. Taxeometrik yo'llar

Taxeometrik syomkani bajarish uchun joyda mavjud geodezik asos punktlari va syomka geodezik asosi nuqtalari zichligi shunday darajaga yetkazilishi kerakki, ularning oralig'ida 12.3-jadvalda ko'rsatilgan talablarni ta'minlagan holda taxeometrik yo'llarni o'tkazishi mumkin bo'lsin. Taxeometrik yo'l dastlab mavjud topografik kartada, joydagi geodezik asos punktlari orasida loyihalalanadi. Joyga chiqib loyihalangan yo'l nuqtalarining o'rni tanlanadi. So'ngra tanlangan nuqtalarining joydagi o'rni qoziq qoqib mahkamlanadi.

Taxeometrik yo'lda tomonlar orasidagi gorizontal burchak optik teodolit-taxeometr bilan to'la qabul usulida, vertikal burchaklar DO' va DCh da to'g'ri va teskari yo'nalishda, tomonlar uzunligi esa ipli dalnomerda (lenta, ruletkada) to'g'ri va teskari yo'nalishda o'lchanib jurnalga yoziladi (12.5-jadval). O'lchash natijalari shu joyda hisoblanib nazorat qilib boriladi. Bunda ikkita yarim qabulda o'lchangan gorizontal burchak qiymati 1' dan, vertikal doira nol o'rni (NO') esa doimiy bo'lishi farqi 1' dan oshmasligi kerak. To'g'ri va teskari yo'nalishlarda o'lchangan masofa farqi 1:400 dan katta bo'lmasligi kerak. Masofa gorizontal quyilishi va nisbiy balandlik o'lchangan masofa hamda vertikal burchak bo'yicha 7.10 paragrafda berilgan formulalar bo'yicha kalkulyatorda hisoblanadi.

12.3-jadval

Syomka masshtabi	Yo'ning maksimal uzunligi, m	Chiziqlar maksimal uzunligi, m	Yo'ldagi tomonlar maksimal soni
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	100	100	2

Eslatma: ushbu jadval ma'lumotlari faqat oddiy optik teodolit-taxeometrga tegishlidir.

To'g'ri va teskari yo'nalishlarda o'lchab topilgan nisbiy balandlik qiymatlari farqi har 100 metr masofa uchun 4 sm dan katta bo'lmasligi kerak.

12.4. Tafsilotlar va relyefni syomka qilish

Tafsilotlar va relyefni syomka qilish ishlari taxeometrik yo'lni o'tkazish bilan bir vaqtda olib borilishi mumkin. Taxeometrik syomkani bajarishda belgilangan syomka masshtabi va relyef kesimi balandligidan kelib chiqib quyidagi 12.4-jadvalda (jadval qisqartirib berilgan) keltirilgan shartlar ta'minlanishi kerak.

12.4-jadval

Syomka masshtabi	Relyef kesimi balandligi, m	Piket nuqtalar orasidagi eng katta masofa, m	Asbobdan reytagacha eng katta masofa, m	
			Relyef syomkasida	Tafsilotlar syomkasida
1:2000	0,5	40	200	100
	1,0	40	250	100
1:5000	0,5	60	250	150
	1,0	80	300	150
	2,0	100	350	150

Syomka taxeometrik yo'lni hosil qilish bilan bir vaqtda bajarilsa, bekatda qilinadigan o'lchash ishlari quyidagi tartibda olib boriladi:

1. Taxeometr yo'l nuqtalaridan birida o'rnatilib ishchi holatga keltiriladi va asbob balandligi o'lchanib, reykada belgilab qo'yiladi.

2. DO, DCh holatlarida taxeometrik yo'lning gorizontaal burchagi, yo'lni orqadagi hamda oldindagi nuqtalariga qarab vertikal burchak va dalnomerda masofalar o'lchanadi. O'lchashlar natijasi taxeometrik syomka jurnaliga yozib boriladi (12.5-jadval).

3. DCh holatda gorizontaal doira sanog'i nolga qo'yilib alidada mahkamlanadi, limb esa bo'shatilib ko'rish trubasi taxeometrik yo'l oldingi nuqtasiga qaratiladi.

4. Limbni mahkam qoldirib, alidada bo'shatiladi va truba piket nuqtada o'rnatilgan reytaga qaratilib, undan dalnomer iplari, gorizontaal va vertikal doiralari bo'yicha sanoqlar olinadi. Vertikal doiradan sanoq olishda truba reykada belgilangan asbob balandligiga qaratiladi. Reyka navbatdagi piket nuqtaga qo'yiladi, alidada bo'shatilib, truba unga qaratiladi va oldingiga o'xshash sanoqlar olinadi, keyin navbatdagi nuqtaga o'tiladi va h.k.

Taxeometrik syomka jurnali

Bekat II; $H_H = 450,65$ m; $i = 1,55$; $NO' = 0^{\circ}00'$

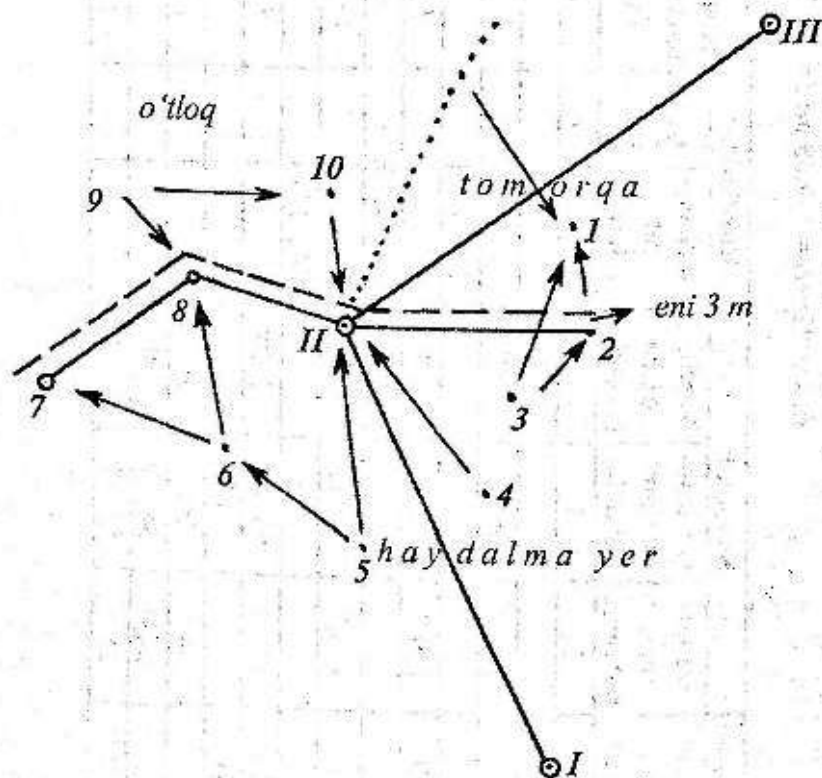
12.5-jadval

12.9-jaava

Kuzatilgan nuqtalar t/r	Sanoqlar		Burchaklar		Kuzatish balandligi i (m)	Masofaning gorizontal quyilishi	h' (m)	h (m)	Balandlik H , (m)	Izoh	
	Dalno-mer bo'yicha	Gorizont tal doira bo'yicha	Vertikal doira bo'yicha	Gorizont tal (chap)							Vertikal
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	115,5	0°10'	-1°22'	DO'		$l=2,0$					
III	130,2	243°43'	+2°01'	242°33'		$l=i$					
I	115,7	173°12'	+1°23'	DCh		$l=2,0$					
III	130,4	55°45'	-2°00'	242°33'		$l=i$					
III		0°00'									
1	34,5	2°40'	-2°05'			$l=i$					
2	34,0	34°25'	+0°06'			$l=i$					
3	25,5	85°55'	+1°07'			$l=i$					

5. Syomka oxirida truba yana boshlang'ich yo'nalishga, yo'lning oldingi nuqtasiga qaratiladi, shunda gorizontal doiradan olingan sanoq nol yoki undan 2' dan ortiq farq qilmasligi kerak. Tafsilotlar chegarasini syomka qilishda dalnomer iplari reykanı o'rta qismiga (asbob balandligiga yaqin qismiga) qaratilib masofa o'lchanadi. Shunda truba vizir o'qining og'ish burchagi o'lchanayotgan chiziq og'ish burchagiga yaqin bo'ladi.

Relyefi tekis joylarda syomkani bajarishda nisbiy balandliklar gorizontal nur yordamida o'lchanishi mumkin. Buning uchun ko'rish trubasida o'rnatilgan silindrik adilakdan foydalaniladi. Ko'rish trubasi piket nuqtada o'rnatilgan reykgaga qaratilib, adilak pufakchasi trubaning qaratish vinti yordamida o'rta qamga keltiriladi va reyktan sanoq olinadi. Nisbiy balandlik qiymati ma'lum, $h = i - b$ formulasi orqali hisoblanadi (i – asbob balandligi, b – reyktan olingan sanoq).



Syomka jarayonida taxeometrik jurnalni to'ldirishdan tashqari kroki ham chizib boriladi (12.4-rasm). Krokida bekat, undan orqada (I nuqta) va oldinda (III nuqta) joylashgan yo'l nuqtalari hamda piket nuqtalarining o'rni chizma tarzida ko'rsatilib, tartib raqami yoziladi. Bundan tashqari, qiyaliklar yo'nalishi, relyefi murakkab joylarda uning taxminiy shakli chizib ko'rsatiladi. Qo'shni bekatlardan turib syomkani bajarishda ular orasida syomka qilinmagan joylar qolmasligi kerak.

Tekshirish uchun qo'shni bekatlardan turib syomka qilingan joyda ikki bekatdan bir-birini qoplab tushadigan nuqtalar olinadi va ularning planli o'rni hamda balandligi o'lchanadi. Ana shu o'rni va balandligi yaqin atrofda boshqa bekatdan turib olingan piket nuqtalarga mos kelishi kerak.

12.5. Elektron taxeometriya (syomka)ni bajarish texnologiyasi

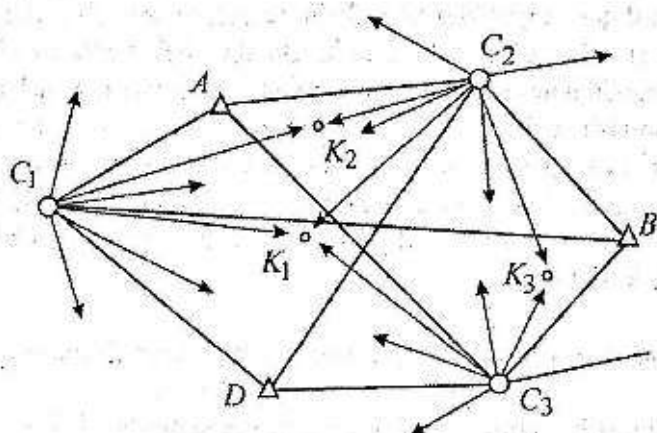
Topografik syomkalarni elektron taxeometrlar bilan elektron-blokli taxeometriya texnologiyasidan foydalanib amalga oshirish mumkin. Ushbu texnologiyaning mohiyati shundan iboratki, syomka uchun mo'ljallangan obyektning barcha hududi alohida uchastka-bloklarga bo'linadi. Bitta blokning hududida syomka elektron taxeometrni bir o'rnatishda bajariladi. Shunda oldindan syomka asosi barpo etilmaydi, balki syomka ishlari jarayonida shakllanadi.

Elektron-blokli taxeometriyani bir necha variantlarda amalga oshirish mumkin: *ketma-ket joylashgan bekatlar orqali (ketma-ket taxeometriya)*, *ozod bekatlar orqali (bo'lakli-blokli taxeometriya)* va ular *kombinatsiyasida (kombinatsiyalashgan taxeometriya)*. Barcha holatlarda bloklar orasidagi bog'lanish mavjud bog'lovchi nuqtalar orqali ta'minlanadi.

Ozod bekatlar taxeometriyasi fazoviy burchak, chiziq va kombinatsiyalashgan kestirmalarni qo'llagan holda bekat o'rni aniqlashga asoslangan. Bunday syomka texnologiyasini amalga oshirish uchun uncha zich bo'lmagan, ixtiyoriy zichlikda joylashgan geodezik asos nuqtalaridan foydalanishi yetarli. Ozod bekat boshlang'ich punktlarga bog'lanadi va uning koordinatalari teskari chiziq-burchak kestirmalar orqali aniqlanadi.

Elektron taxeometrlar bilan bekat nuqtalari balandligi trigonometrik nivelirlash orqali avtomatik aniqlanadi. Buning uchun bekatdan

balandligi ma'lum nuqtagacha qiyalik burchak va masofa o'lchanishi lozim. Ozod bekatlar taximetriyasining sxemasi 12.5-rasmda ko'rsatilgan.

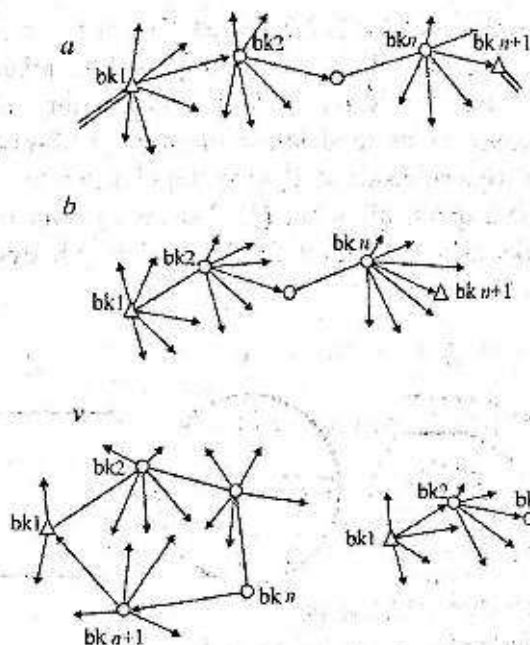


12.5-rasm

Bunda A, B va D geodezik asos punktlariga ko'rinish bo'lishidan tashqari, C_1 , C_2 , C_3 bekatlarning joylashish o'rni va syomkani bajarish ketma-ketligi belgilanadi. Syomka jarayonida K_1 , K_2 , K_3 nuqtalar o'rni nazorat uchun turli syomka bekatlar (blok)dan ikki marotaba aniqlanadi.

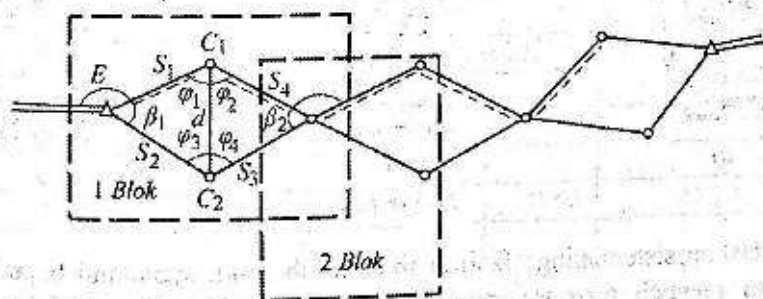
Bo'lakli-blokli taximetriya usulida bekatlarning koordinatalari va balandliklarini aniqlash uchun qo'llanadigan boshlang'ich geodezik asos punktlari sifatida mayoqli piketlardan foydalanish mumkin. Buning uchun koordinatalari va balandliklari ma'lum joydagi predmetlar (teleminoralar, tutun mo'rilar, shpilli binolar va boshq.) xizmat qilishi mumkin.

Yuqorida ta'kidlanganidek, elektron-blokli taximetriyani amalga oshirishda geodezik kestirmalar eng samarali geodezik qurilmalar bo'lib, ulardan eng maqbuli kombinatsiyalashgan kestirma hisoblanadi. Qator kombinatsiyalashgan kestirmalarni ketma-ket bajarishda ketma-ket elektronblokli taximetriya usuli shakllanadi. Bunda piket nuqtalari syomkasi bilan syomka asosini yaratish birga olib boriladi. Bu texnologiyani 12.6-rasmdagi chizmalar asosida amalga oshirish mumkin: to'liq (a) yoki koordinatalar orqali bog'langan (b) yo'llar, yopiq (v) yoki osma (g) yo'llar.



12.6-rasm

Elektron-blokli taximetriyaning yana bir xususiyati shundan iboratki, tayanch geodezik punktlar orasidagi yo'lining har bir tomoni uchun koordinatalar ortirmalari ma'lum bo'ladi, gorizontal burchaklari esa asbob turgan bekatlarda bo'ladi (12.7-rasm).



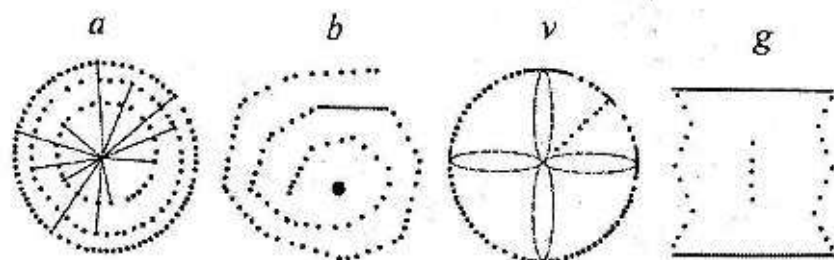
12.7-rasm

Ushbu usulning mohiyati shundaki, ET o'rnatadigan qo'shni syomka bekatlari orasida ko'rinish bo'lishi shart emas. Qo'shni bloklar orasidagi bog'lanish esa bloklarning har bir qo'shni tomondan

mavjud ikkita bog'lovchi nuqtalar (12.7-rasmda C_1 va C_2 nuqtalar) orqali amalga oshiriladi. Uzun chiziqlar esa asosiy yo'l hisoblanadi.

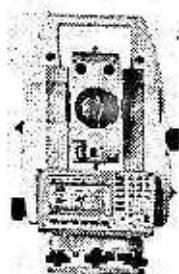
Elektron-blokli taxeometriyada piketli syomkani amalga oshirishda quyidagi sxemalardan foydalanish mumkin (12.8-rasm).

Elektron taxeometriya sohasida so'nggi yutuq elektron taxeometr (12.9-a rasm) va GNSS qabul qilgichni (12.9-b rasm) bitta tizimda birlashtirgan kompleks asbob – Smart Station Leica (Shveysariya) sistemasi hisoblanadi (12.9-v rasm).



12.8-rasm

*a – radius bo'yicha; b – spiral bo'yicha; v – nurli;
g – zigzagli (siniq chiziqli).*



a)



b)



v)

12.9-rasm

Ushbu sistemaning afzalligi shundan iboratki, syomkani bajarish uchun tayanch asosning mavjudligi, uzun yo'llarning o'tkazilishi, teskari kestirmalar bajarilishini talab etmaydi. Smart Station asbobi qulay joyga o'rnatiladi, GNSS qabul qilgichi orqali turgan nuqta koordinatalari aniqlanadi va taxeometr bilan syomka boshlanadi. Shunda asbobning GPS / ГЛОНАСС sistemalari bilan to'liq moslashuvi

syomkani bajarishda yangi imkoniyatlarni tug'diradi, syomka jarayoni oson va tez, bекatlar soni qisqartirilgan holda amalga oshiriladi.

Shunday qilib, elektron taxeometriya quyidagi masalalarni hal etishga imkon beradi:

- 1) poligonometriya usulida geodezik tarmoqni zichlash;
- 2) planli-balandlik syomka asosini qurish;
- 3) muhandislik qidiruvlaridagi geodezik ishlar;
- 4) aerosuratlarni bog'lash;
- 5) yirik masshtabli topografik syomkani bajarish;
- 6) bino va muhandislik inshootlarini qurishda montaj ishlari-ning geodezik ta'minoti;
- 7) kadastr syomkasi va yer uchastkalari chegaralarini o'rnatish va boshqalar⁷.

12.6. Taxeometrik syomka natijasini ishlab chiqish

Taxeometrik syomka jurnali (12.7-jadval) dan foydalanib kerakli hisoblash ishlari bajariladi. Taxeometrik syomka 2T30II teodoliti va PH-10 nivelir reykasida bajarilgan. Taxeometrik yo'l chizmasi 12.10-rasmda berilgan.

Boshlang'ich ma'lumotlar: $A - I, III - B$ tomonlarning direksion burchaklari – α_{A-I} va α_{I-III} , I va III nuqtalarning koordinatalari x_I , y_I va x_{III} , y_{III} hamda balandliklari H_I , H_{III} 12.6-jadvalda keltirilgan.

12.6-jadval

Nuqtalar	Direksion burchaklar, α	Koordinatalar, m		Balandliklar, m H
		x	y	
A				
	$255^{\circ}10'$			
I		300,00	300,00	27,24
III		702,90	406,08	31,78
	$54^{\circ}48'$			
B				

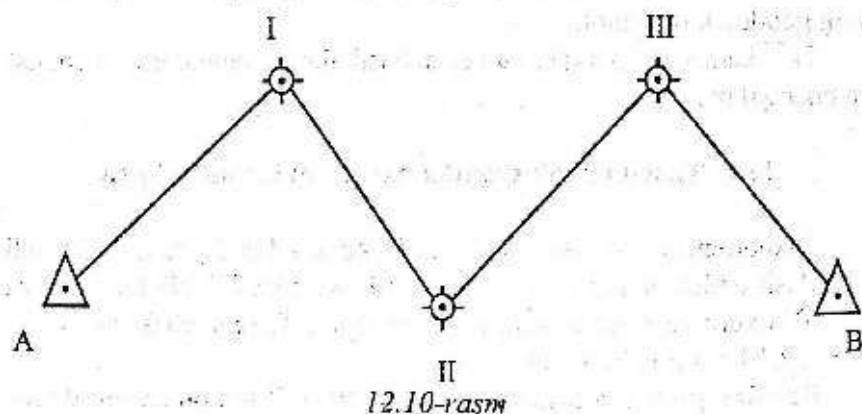
⁷ Charles D. Ghilani, Paul R. Wolf, Elementary surveying. New Jersey, «Pearson», 2012.

Taxeometrik syomka jurnali (12.7-jadval) quyidagi ketma-ketlikda hisoblanadi:

Vertikal doira nol o'zni (NO') har qaysi bekat uchun (5.14) formula bo'yicha hisoblanadi:

$$NO' = \frac{DO' + DCh}{2}$$

Bu yerda DO' va DCh – vertikal doiraning o'ng va chap holatlarida olingan sanoqlar.



Masalan, I bekat uchun vertikal doira nol o'zni quyidagicha:

$$NO' = \frac{-1^{\circ}13' + 1^{\circ}15'}{2} = +0^{\circ}01'$$

Vertikal burchaklar (5.15), (5.16) formulalardan hisoblanadi:

$$v = DCh - NO'$$

$$v = NO' - DO'$$

Masalan, I bekatdan II bekatga vizirlab olingan sanoqlar bo'yicha qiyalik burchagi formulaga ko'ra quyidagiga teng:

$$v_{I-II} = -1^{\circ}13' - 0^{\circ}01' = -1^{\circ}14'$$

$$v_{I-II} = +0^{\circ}01' - 1^{\circ}15' = -1^{\circ}14'$$

Jurnalndagi 1, 2, 3 va h.k. relyefning piket nuqtalari uchun esa (5.15) formuladan foydalaniladi:

$$\nu_{1-1} = -1^{\circ}20' - 0^{\circ}01' = -1^{\circ}19',$$

$$\nu_{1-2} = -0^{\circ}59' - 0^{\circ}01' = -1^{\circ}00',$$

$$\nu_{1-3} = -2^{\circ}36' - 0^{\circ}01' = -2^{\circ}37'.$$

Taxeometrik yo'l bekati bilan relyefning piket nuqtalari orasidagi nisbiy balandliklar quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$h = \frac{D}{2} \sin 2\nu + i - v \quad (12.1)$$

Bu yerda D – ipli dalnomerda o'lchangan qiya masofa; ν – qiyalik burchagi; i – asbob balandligi; v – reykada kuzatilgan balandlik.

(12.1) formulada hisoblashlarni yengillashtirish maqsadida ko'pincha syomka jarayonida kuzatish balandligi $-v$ asbob balandligi $+i$ ga teng qilib olinadi, u holda $i = v$ va (12.1) formula (7.38) formula ko'rinishiga keltiriladi:

$$h = \frac{D}{2} \sin 2\nu.$$

Bu yerda qiyalik burchagi $\nu \geq 3^{\circ}$ bo'lganda ipli dalnomerda o'lchangan qiya masofa D ning gorizonttal quyilishi (6.7) formula orqali topiladi:

$$d = D \cos \nu.$$

Qiyalik burchaklari $\nu < 3^{\circ}$ bo'lganligi uchun qiya masofa D_{1-3} , D_{1-4} larning gorizonttal quyilishi $-d$ (6.7) formulaga ko'ra quyidagicha bo'ladi:

$$d_{1-3} = 44,6 \cos^2(-2^{\circ}37') = 44,5 \text{ m},$$

$$d_{1-4} = 89,1 \cos^2(+2^{\circ}28') = 89,0 \text{ m}.$$

Topilgan qiymatlar jurnalning 6-ustuni 3 va 4 nuqtalar qatorida ko'rsatilgan.

(6.7), (7.38) formulalar bo'yicha hisoblashlar trigonometrik funksiyali mikrokalkulyatorida bajariladi. Masalan,

$$h_{I-1} = \frac{34,5}{2} \sin 2(1^{\circ}19') = 0,79 \text{ m},$$

$$h_{I-2} = \frac{85,2}{2} \sin 2(-1^{\circ}00') = -1,49 \text{ m},$$

$$h_{I-3} = \frac{44,5}{2} \sin 2(-2^{\circ}37') = -2,03 \text{ m}.$$

Bu qiymatlar jurnal (12.7-jadval)ning 7-ustunida tegishli nuqtalar qatorida keltirilgan.

Taxeometrik syomka jurnali

12.7-jadval

Nuqta soni	Sanoqlar			Qiyalik burchagi ν	Gorizontal quyilish d	Nisbiy balandlik, m h	Nuqta balandligi, m H
	Reykadan	Gorizontal doiradan	Vertikal doiradan				
1	2	3	4	5	6	7	8
I bekat				NO' = 0°01'		$i = 0$ $H_i = 27,24$	
			O'				
A		215°05'					
II		129°26'	-1°13'				
		$\beta_1 = 85^{\circ}40'$	Ch				
A		228°34'					
II	94,1	142°53'	+1°15'	+1°14'	94,1	+2,03	
II		0°00'					
I	34,5	28°33'	+1°20'	+1°19'	34,5	+0,79	28,03
2	85,2	47°16'	-0°59'	-1°00'	85,2	-1,49	25,75
3	44,6	73°48'	-2°36'	-2°37'	44,5	-2,03	25,21
4	89,1	87°35'	-2°37'	-2°38'	89,0	-4,08	23,16
5	33,4	156°24'	-2°39'	-2°40'	33,2	-1,54	25,70
6	57,4	230°40'	-3°58'	-3°59'	57,1	-3,96	23,28
7	50,2	279°57'	-1°19'	-1°20'	50,2	-1,17	26,07

II bekat			NO' = 0° 00'		i = v		H _{II} = 29,29	
			O'					
I		305°20'	-1°15'					
III		97°11'	-0°55'					
		$\beta_{II} = 208°09'$	Ch					
I	94,0	308°41'	+1°15'	+1°15'	94,0	+2,05		
III	117,5	100°32'	+0°56'	+0°56'	117,5	+1,91		
III		0°00'						
8	50,9	14°34'	-1°20'	-1°20'	50,9	-1,17	25,03	
9	65,2	85°34'	-3°46'	-3°46'	65,0	-4,27	25,02	
10	58,8	15°20'	-2°23'	-2°23'	58,6	-2,43	26,86	
11	35,7	173°25'	-4°09'	-4°09'	35,5	-2,54	26,75	
12	47,2	277°56'	-1°09'	-1°09'	47,2	-0,96	28,33	
13	52,5	297°16'	-3°28'	-3°28'	52,1	-3,16	22,97	
14	78,9	327°55'	-2°02'	-2°02'	78,8	-2,79	26,50	
III bekat			NO' = 0° 01'		i = v		H _{III} = 31,21	
			O'					
II		252°15'	+0°55'					
B		166°41'						
		$\beta_{III} = 85°3'$	Ch					
II	117,5	250°50'	-0°57'	-0°56'	117,5	-1,91		
V		165°24'						
II		0°00'						
15	57,8	60°10'	-3°40'	3°41'	57,5	-3,62	27,59	
16	52,5	97°27'	-2°07'	2°06'	52,4	-1,54	29,67	
17	43,3	143°25'	-3°20'	2°21'	43,0	-1,66	29,55	
18	43,3	267°15'	-3°37'	3°36'	42,5	-2,55	28,66	
19	78,1	302°08'	-2°24'	2°25'	77,8	-3,29	27,92	
20	42,8	338°09'	-1°24'	1°25'	42,8	-0,95	30,26	

Taxeometrik yo'l nuqtalari nisbiy balandliklari tenglashtiriladi. Buning uchun I, II, III, bekatlar orasidagi hisoblangan to'g'ri va teskari yo'nalishlar nisbiy balandliklari qiymatlari 12.7-jadvalda olinib, 12.8-jadvalga ko'chiriladi va ularning o'rtacha qiymatlari $h_{o'r}$ hamda yig'indisi $\Sigma h_{o'r}$ topiladi. Nisbiy balandliklar bog'lanmasligi fh quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$fh = \Sigma h_{o'r} - (H_{III} - H_I). \quad (12.2)$$

Bu yerda H_{III} , H_I — III va I bekatlarning berilgan balandligi.

Nisbiy balandliklar bog'lanmasligi yo'l qo'yarli qiymati quyidagi formula orqali topiladi:

$$fh_{chek} = 0,04 \frac{\Sigma S_{100}}{\sqrt{n}}. \quad (12.3)$$

Bu yerda ΣS_{100} — taxeometrik yo'l uzunligi 100 m hisobida; n — yo'l tomonlari soni.

Agar $fh \leq fh_{chek}$ bo'lsa, bog'lanmaslik fh qiymati teskari ishora bilan tuzatma sifatida nisbiy balandliklar tomonlari uzunligiga proporsional ravishda tarqatiladi va tuzatib chiqiladi. Bekatlar balandligi esa quyidagicha hisoblanadi:

$$H_{b+1} = H_b + h. \quad (12.4)$$

Bu yerda H_{b+1} , H_b — keyingi va orqadagi bekatlar balandligi; h — bekatlar orasidagi tenglashtirilgan nisbiy balandlik.

Misoldagi taxeometrik yo'l nisbiy balandliklar bog'lanmasligi (12.2) formulaga ko'ra (12.8-jadval):

$$fh = 3,94 - (31,21 - 27,24) = -0,03 \text{ m.}$$

Bog'lanmaslik cheki esa (12.3) formula asosida

$$fh_{chek} = 0,04 \frac{2,12}{\sqrt{2}} = 0,05 \text{ m.}$$

$0,03 < 0,05$ bo'lganligi uchun fh qiymati nisbiy balandliklarga teskari ishora bilan tarqatiladi va tuzatiladi.

II bekatning balandligi (12.4) formulaga ko'ra:

$$H_{II} = H_I + h_{I-II} = 27,24 + 2,05 = 29,29 \text{ m}$$

va u 12.8-jadvalning II bekat qatoriga yoziladi.

Taxeometrik yo'l nuqtalari balandliklarini hisoblash qaydnomasi

12.8-jadval

Nuqtalar	Masofa S_{100}, m	Nisbiy balandliklar h, m				H_b, m
		to'g'ri $h_{to'g'}$	teskari h_{tesk}	o'rtacha $h_{o'r}$	tuzatilgan h_{tuz}	
I				+0,02		27,24
	0,94	+2,02	-2,05	+2,03	+2,05	
II				+0,01		29,29
	1,18	+1,91	-1,91	+1,91	+1,92	
III						31,21

$$\Sigma S_{100} = 2,12 \text{ m}$$

$$\Sigma h_{o'r} = +3,94 \text{ m}$$

(12.1) formuladan hisoblangan piketli (xarakterli) nuqtalar nisbiy balandligi h dan foydalanib, piketli (xarakterli) nuqtalar balandliklari H_p hisoblanadi:

$$H_p = H_b + h.$$

Bu yerda H_b – tegishli bekat balandligi.

Yuqoridagi formuladan hisoblangan piket nuqtalar (xarakterli nuqtalar) balandligi 12.7-jadvalning 8-ustuniga 0,01 m gacha yaxlitlab yoziladi.

Taxeometrik yo'l nuqtalari koordinatalarini (9.5) da keltirilgan formulalar bo'yicha hisoblab chiqilib, quyidagi 12.9-jadvalda keltirilgan.

Taxeometrik syomka natijalarini ishlab chiqish CREDO_DAT va AutoCAD dasturiy ta'minotlarida ham amalga oshiriladi.

Taxeometrik yo'l nuqtalari koordinatalarini hisoblash

12.9-jadval

Nuqta- lar	Goizontal burchaklar		Direksion burchak α	Tomonlar gorizon. quyil, m	Koordinatalar orttirmalari, m				Koordinatalar, m	
	O'lan- gan	Tuzatil- gan			hisoblangan		tuzatilgan		x	y
					Δx_{his}	Δy_{his}	Δx_{tuz}	Δy_{tuz}		
A										
	-1'		255°10'							
I	85°40'	85°39'			+0,10	-0,12			300,00	300,00
			349°31'	94,1	+92,53	-17,12	+92,53	-17,24		
II	208°09'	208°09'			+0,11	-0,14			392,63	282,76
	-1'		339°22'	117,5	+109,96	-41,40	+110,07	-41,54		
III	85°35'	85°34'							502,70	241,22
			55°48'							
B										

$$\Sigma \beta_n = 379^{\circ}24'$$

$$\Sigma S = 221,4 \text{ m}$$

$$\Sigma \Delta x_n = 202,49 \text{ m} \quad \Sigma \Delta y_n = -58,52 \text{ m}$$

$$\Sigma \beta_n = \alpha_n + n \cdot 180^{\circ} - \alpha_{n+1} =$$

$$= 255^{\circ}10' - 3 \cdot 180^{\circ} - 55^{\circ}48' - 379^{\circ}22'$$

$$F_{\beta} = \Sigma \beta_n - \Sigma \beta_n = 2'$$

$$f_{\beta_{chek}} = 2' \sqrt{n} = 3'$$

$$f_{\beta} \leq f_{\beta_{chek}} \quad 2' < 3'$$

$$f_s = \sqrt{fx^2 + fy^2} = \sqrt{(-0,21)^2 + 0,26^2} = 0,33 \text{ m}$$

$$f_{s_{chek}} = \Sigma S / 400 \sqrt{n} = 212,4 / 400 \sqrt{2} = 0,36 \text{ m}$$

$$f_s \leq f_{s_{chek}} \quad 0,31 \text{ m} < 0,36 \text{ m}$$

12.7. Taxeometrik syomka planini tuzish

Planni tuzish quyidagi tartibda bajariladi.

1. Vatman qog'oziga koordinatalar to'ri chiziladi.

2. Taxeometrik yo'l nuqtalari tegishli koordinatalari bo'yicha planga tushiriladi.

3. Kroki (12.11-rasm) va jurnaldan foydalanib, planga tushirilgan taxeometrik yo'lning har bir nuqtasidan transportir yordamida piket nuqtalari tushiriladi. Planga tushirilgan piket nuqtasining yoniga uning tartib raqami va balandligi yoziladi.

4. Planga tushirilgan tafsilot hamda relyef nuqtalari bo'yicha krokidan foydalanib tafsilotlar chiziladi va nuqtalar balandligi bo'yicha gorizontallar o'tkaziladi.

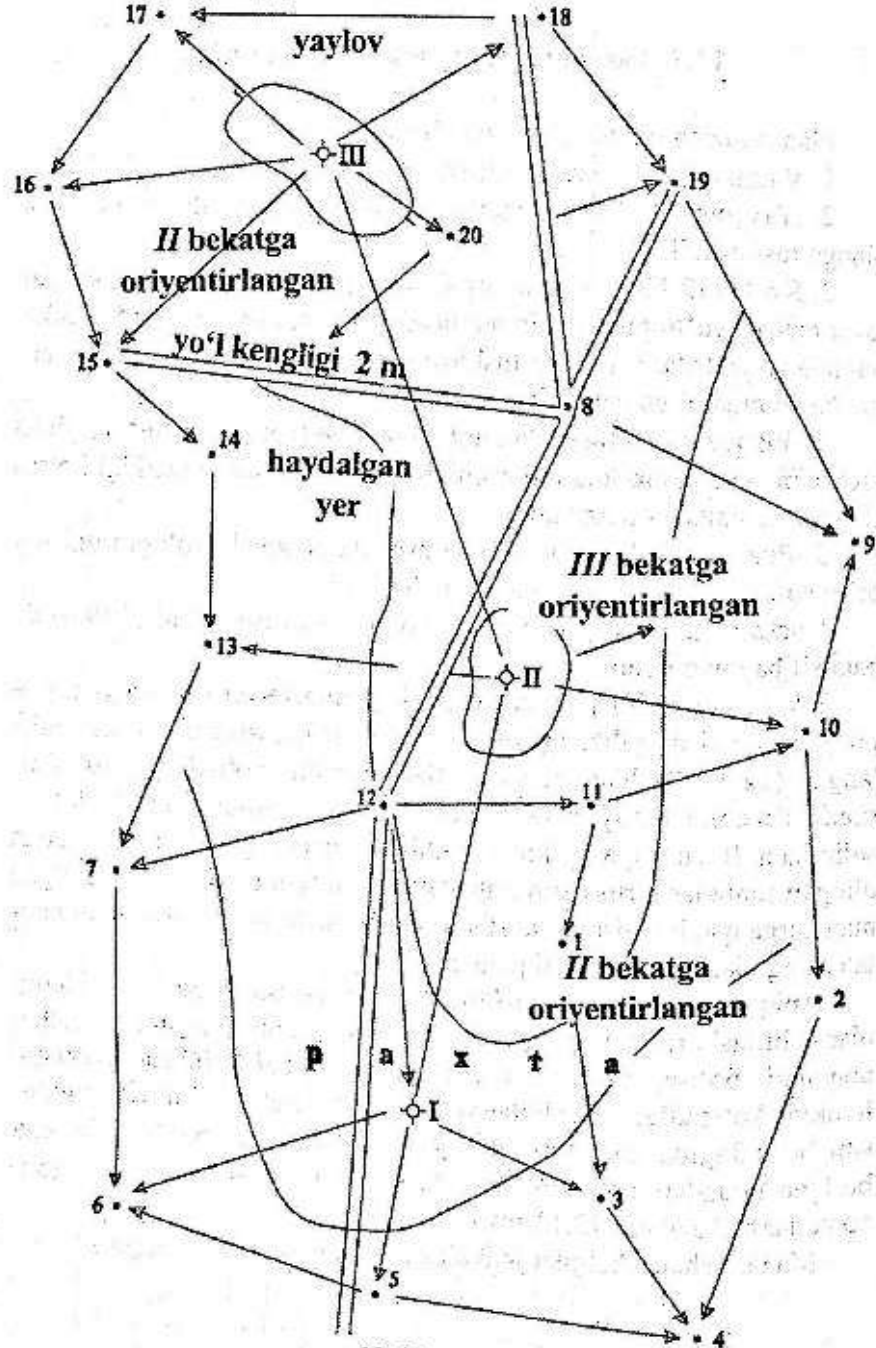
5. Plan shartli belgilar jadvali asosida chiziladi, so'ngra uni joy bilan solishtirib ko'riladi va tushda chiziladi.

Yuqoridagi 1- va 2-bandlarda ko'rsatilgan ishlar tartibi (9.6) da batafsil bayon etilgan.

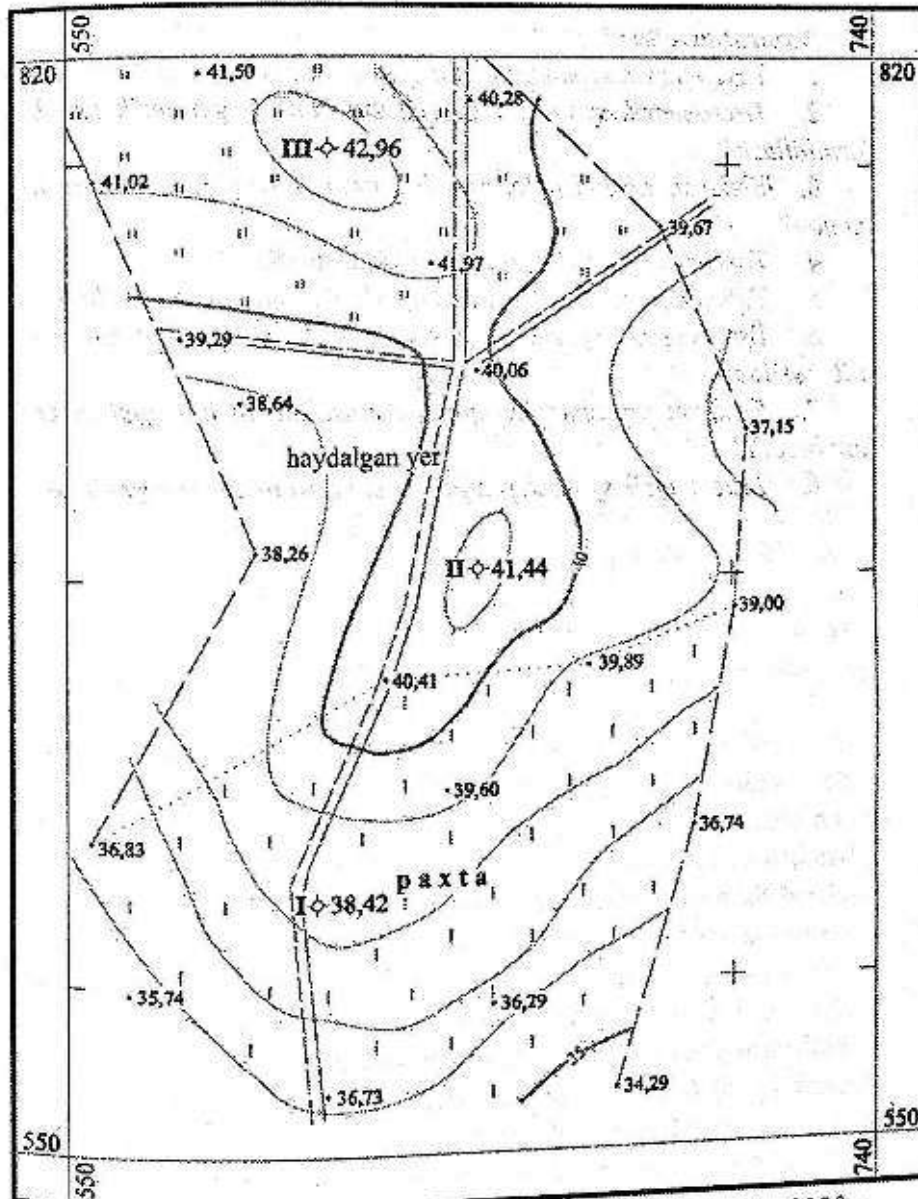
Piket nuqtalarini planga tushirish uchun bekat (nuqta)ga transportir markazi qo'yilib, uning shkalasi noli qarash trubasi oriyentirlangan (12.7-jadvaldagi misolda II-III tomon) yo'nalishga tutashtiriladi. Taxeometrik syomka jurnalida yozilgan ushbu stansiyada (misolimizda II stansiya) piket nuqtalariga qarab gorizontalar doiradan olingan sanoqlar birin-ketin transportirda qo'yib chiqiladi va topilgan nuqtalarga qarab tegishli masofa plan masshtabida qo'yilsa, piket nuqtalarning plandagi o'rni aniqlanadi.

Aniqlangan nuqtalar tafsilot nuqtalari bo'lsa (krokiga qaraladi), ularni birlashtirib tafsilotlar konturi hosil qilinadi, agar ular relyef nuqtalari bo'lsa, ular yoniga aniqlangan balandliklari yoziladi. Krokida ko'rsatilgan qiyaliklar yo'nalishi bo'yicha qabul qilingan kesim balandligida interpolyatsiya yordamida bir xil balandlikka ega bo'lgan nuqtalarning o'rni topiladi, so'ngra ularni birlashtirib gorizontallar o'tkaziladi (12.12-rasm).

Maxsus shartli belgilar jadvali asosida tafsilotlar chiziladi.



12.11-rasm



Qabul qildi:

1:1000

Taxeometrik syomka 2020 y.

1 santimetrda 10 metr

Relyef kesimi balandligi 1 metr

12.12-rasm.

Nazorat savollari:

1. *Taxeometrik syomkaning mohiyati nimadan iborat?*
2. *Taxeometrik syomkani bajarishda qanday geodezik asboblarni bilasiz?*
3. *Elektron taxeometrilar qanday rusumlarda ishlab chiqarilmoqda?*
4. *Taxeometrik yo'llar qanday loyihalanadi?*
5. *Tafsilotlar va relyef syomka qilish nimaga bog'liq bo'ladi?*
6. *Taxeometrik syomkani bekatda bajarish qanday tartibda olib boriladi?*
7. *Elektron taxeometriya qanday masalalarni hal etishga imkon beradi?*
8. *Taxeometrik syomka planini tuzish qasi tartibda bajariladi?*

MENZULA SYOMKASI

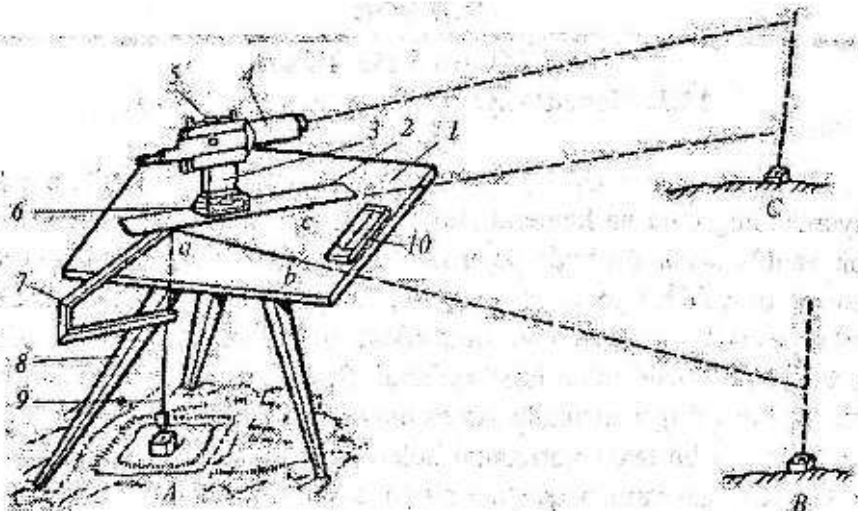
13.1. Menzula syomkasi va uning mohiyati

Menzula syomkasi topografik syomkaning bir turi bo'lib, bunda syomkaning dala va kameral ishlari menzula va kipregel yordamida bir vaqtda joyning o'zida bajariladi. Agar teodolit syomkasida gorizonta**l** burchaklar joyda o'lchanib jurnalga yozib borilsa, menzula syomkasida esa gorizonta**l** burchaklar o'lchanmay, aksincha, ular planda grafik usul bilan hosil qilinadi. Buning uchun vatman qog'ozining bir varag'i menzula taxtasining ustki tekisligiga mahkamlab qo'yiladi va bu taxta gorizonta**l** holatda o'rnatiladi. Ko'pincha menzula taxtasiga vatman qog'oz**i** sifatli qilib elim bilan yopishtirilgan faner yoki alyumin varag'i qirg'oqlaridan mixchalar bilan qoqib mahkamlanadi. Bunday vara**qqa planshet** deb ataladi. Ushbu planshetga joydagi burchak tomonlarining gorizonta**l** quyilishiga parallel bo'lgan chiziqlar chiziladi va ular orasida joydagi burchak hosil bo'ladi. Shuning uchun menzula syomkasi ko'pincha **burchak chizma syomkasi** ham deyiladi.

Menzula syomkasida joydagi tafsilotlar bilan bir vaqtda relyef nuqtalari ham planshetga tushirilib, ularning nisbiy balandligi o'lchab aniqlanadi va u orqali nuqtaning balandligi hisoblanib, planda nuqta yoniga yoziladi. Bu balandliklar bo'yicha interpolya**tsiya** o'tkazilib relyef shu joyning o'zida gorizonta**l**lar usuli bilan tasvirlab boriladi. Tafsilotlarni va joy relyefini planga olish, asosan, qutbiy koordinata**lar** usuli bilan bajariladi. Menzula syomkasida abris kroki chizib borilmaydi, o'lchangan masofaning gorizonta**l** quyilishi sirkulo'lchagich bilan syomka masshtabida planshetga biryo'la tushiriladi.

Syomka jarayonida menzula taxtasi (1) teodolit gorizonta**l** doirasi limbining vazifasini bajaradi va shuning uchun u qo'zg'atilmasdan syomka oxirigacha gorizonta**l** holatda turishi kerak. Alidada vazifasini esa **kipregel** deb ataluvchi geodezik asbob chizg'ichi (2) bajaradi (13.1-rasm).

Joyda olingan **BAC** gorizonta**l** burchagini menzula planshetida grafik yo'lda chizib hosil qilish 13.1-rasmda ko'rsatilgan.



13.1-rasm

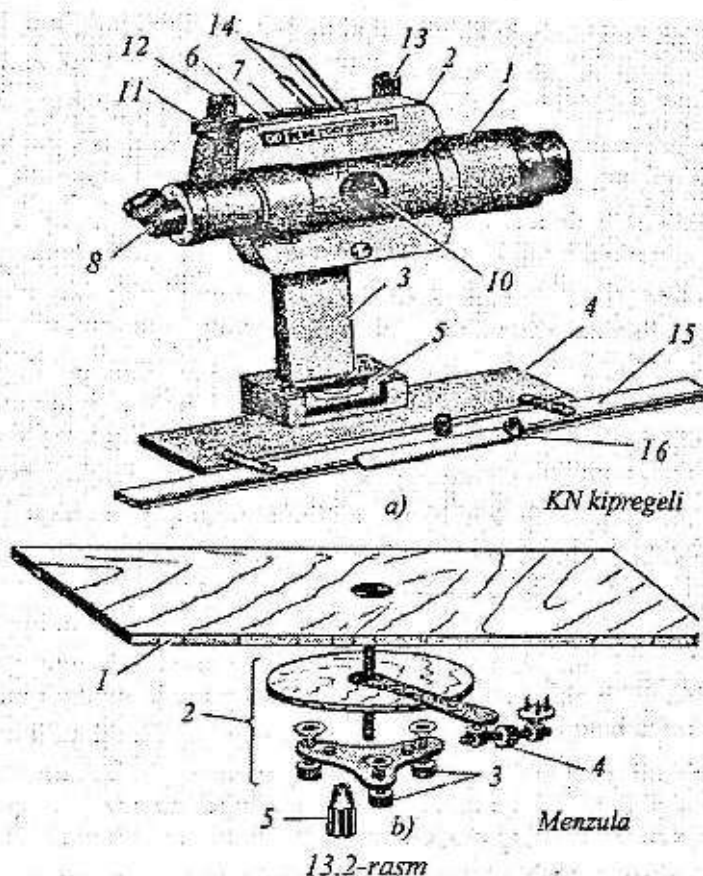
Menzula syomkasining boshqa syomkalardan afzalligi shundaki, bunda planga tushirilayotgan maydon (joy) syomka bajaruvchining ko'z oldida bo'ladi. Bu esa planni joy bilan taqqoslashga, joydagi tafsilotlar va relyefni planda aniq va mukammal tasvirlashga imkon beradi.

13.2. Menzula va uning jihozlari

Menzula va uning jihozlari yer uchastkasining topografik planini tuzish uchun ishlatiladi.

Menzula jihozlari (13.1-rasm) menzula, kipregel, oriyentirlash bussoli, markazlashtirish vilkasi, dalnomer reykasi va zont (soya-bon)dan iborat.

Menzula (13.2-b rasm) $60 \times 60 \times 3$ sm o'lchamli kvadrat taxta (1) va taglik (2) dan tashkil topgan. Taglikdagi ko'targich vintlar (3) yordamida planshet gorizontol holatga keltiriladi. Taglik va planshet o'rnatgich vinti (5) yordamida shtativga mahkamlanadi. Planshetni oriyentirlash paytida uni kichik burchakka burish uchun taglikda qarataish vinti (4) o'rnatilgan. Shovun osilgan vilka menzulani nuqta ustiga markazlashtirish uchun xizmat qiladi. Oriyentirlash bussolidan planshetni magnit azimuti bo'yicha oriyentirlashda foydalaniladi.



13.2-rasm

Kipregel — menzula syomkasini bajarish vaqtida planshet (chizma qog'oz yopishtirilgan menzula taxtasi) ustiga qo'yilib, nuqtalarga vizirlash yo'nalishlarni chizish, masofa, nisbiy balandliklarni o'lchab nuqtalarning plandagi o'rmini belgilash uchun moslashtirilgan geodezik asbob.

Oxirgi yillarda ishlab chiqarilgan nomogrammalik kipregel KH amalda ko'p qo'llaniladi. Bu kipregelga to'g'ri tasvir beruvchi ko'rish trubasi o'rnatilgan. Shu sababli dalnomer reykasidagi detsimetrli bo'laklar qiymati to'g'ri yozilgan. Dalnomer reykasini xuddi nivelir reykasiga o'xshash shashkasimon santimetrli bo'laklarga bo'lingan va uning nol yozilgan uchini asbob balandligiga moslab ko'tarib tushirish uchun surilma qilib yasalgan.

KH kipregeli, asosan, ko'rish trubasi (1), vertikal doira (2), kolonka (ustun) (3) va chizg'ich (4) dan tashkil topgan (13.2-a rasm). Ko'rish trubasidagi okulyar tirsagi (8) buklangan va kuzatish paytida uni burib ko'zga qaratiladi. Kuzatilayotgan nuqta yoki reyka tasvirini fokusga keltirish uchun trubaga kremalera vint (10) o'rnatilgan. Ko'rish trubasi nuqtaga qaratilganda qimirlamasligi va aniq qaratilishi uchun mahkamlash vinti (richagi) (11) va qaratish vinti (12) ga ega. Ko'rish maydonidagi nomogrammalar (egri chiziqlar) bo'yicha reyka-dan sanoq olishdan oldin kolonka ustiga o'rnatilgan silindrik adilak (7) pufakchasi elevatsion vint (13) yordamida o'rta qatga keltiriladi. Ko'rish trubasi bilan birga aylanadigan vertikal doira ustiga o'rnatilgan silindrik adilak 6 truba ko'rish o'qini gorizontol holatga keltirib, kipregeldan nivelir o'rni-da foydalanishga imkon beradi. Silindrik adilaklar tepasiga o'rnatilgan oynachalar (14) orqali pufakcha holatini okulyar yonida turib kuzatish mumkin.

Kolonkaning pastki qismiga asosiy (kaltaroq va kengroq) chizg'ich (4) mahkamlangan bo'lib, u kipregelga taglik sifatida xizmat qiladi. Asosiy chizg'ich yoniga unga parallel harakatlanadigan yordamchi chizg'ich (15) birlashtirilgan. Syomka paytida joydagi nuqta o'rni-ni planda belgilash uchun yordamchi chizg'ich ustida suriluvchi va uchiga nina o'rnatilgan masshtab chizg'ichi (16) dan foydalaniladi. Asosiy chizg'ich ustidagi silindrik adilak (5) yordamida planshet gorizontol holatga keltiriladi.

Dala ishlarini boshlashdan oldin kipregelni ko'rikdan o'tkaziladi, tekshiriladi va zarur hollarda tuzatiladi.

13.3. Menzula va kipregelning tekshirishlari va tuzatishi

Syomka ishlarini boshlashdan avval menzula va kipregelni tekshirish kerak. Tekshirib ko'rilganda menzula quyidagi talablarga javob berishi kerak:

1. Menzula taxtasining aylanishi ozod va taglikning qaratish vinti bilan ishlashda ravon bo'lish kerak. Tekshirish uchun menzula taxtasi aylantirilib, uning harakati kuzatiladi. Qaratish vintini sinashda uni burab, kipregelning ko'rish trubasi orqali predmetlar tasvirining ravon harakatlari trubaning ko'rish maydonida kuzatiladi.

2. O'rnatilgan menzula turg'un (mustahkam) bo'lishi kerak. Tekshirish uchun o'rnatilgan menzula taxtasiga kipregel qo'yilib, kipregelning ko'rish trubasi joydagi uzoq bir nuqtaga qaratiladi. Keyin menzula taxtasining okulyar tomonidagi cheti barmoq bilan biroz bosiladi. Bunda, albatta, nuqta tasviri ko'rish maydoniga siljiydi. Ammo barmoq taxta chetidan olingach, nuqta tasviri o'z o'rniga yana qaytib kelsa, shart bajarilgan hisoblanadi.

3. Menzula taxtasining ustki sirti tekis bo'lishi kerak. Bu shartni tekshirish uchun tekshirilgan oddiy chizg'ich yoki kipregel chizg'ichining qirrasini taxta ustida har xil yo'nalishda qo'yib chiqiladi. Shunda taxta sirti bilan chizg'ich qirrasini orasidagi tirqish kengligi 0,5 mm dan oshmasligi kerak.

4. Menzula taxtasining ustki sirti uning aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lishi kerak. Bunga ishonch hosil qilish uchun kipregel chizg'ichidagi tekshirilgan adilak yordamida menzula taxtasi gorizontal holatga keltiriladi. Keyin menzula taxtasi o'z o'qi atrofida aylantirilib, adilak pufakchasining holati kuzatiladi. Agar pufakcha nol punktga nisbatan ikki bo'lakdan ortiq siljimsa, shart bajarilgan hisoblanadi.

Menzulani tekshirishda aniqlangan nosozliklar ustaxonada bartaraf qilinadi.

Kipregel quyidagi talablarga javob berishi kerak:

1. Kipregel chizg'ichining yo'nilgan qirrasini to'g'ri, uning pastga qaragan tomoni esa tekis bo'lishi lozim. Buning uchun planshetda kipregel chizg'ichi qarama-qarshi yo'nalishlarda qo'yilib, yo'nilgan qirrasini bo'yicha to'g'ri chiziqlar chiziladi. Chiziqlar bir-birining ustiga to'g'ri tushsa, shart bajarilgan bo'ladi. Chizg'ich ostki sirtining tekisligi biron-bir tekis sirtga qo'yib tekshiriladi. Shartlar bajarilmagan taqdirda chizg'ich ishga yaroqsiz hisoblanadi va almashtirilishi yoki maxsus ustaxonada tuzatilishi kerak.

2. Kipregel chizg'ichidagi silindrik adilak o'qi chizg'ichning ostki sirtiga parallel bo'lishi kerak. Bu shartni tekshirish uchun kipregel planshetga taglikdagi ikki ko'targich vint yo'nalishi bo'yicha qo'yilib, o'sha vintlar yordamida silindrik adilak pufakchasi nol punktga keltiriladi. Chizg'ichning yo'nilgan qirrasini bo'yicha qalam bilan chiziq chiziladi. Keyin kipregelni 180° ga aylantirib,

chizg'ichning yo'nilgan qirrasini chiziqqa teskari yo'nalishda qo'yiladi. Shunda adilak pufakchasi o'rtada (nol punktda) qolsa yoki ikki bo'lakdan ortiq og'magan bo'lsa, shart bajarilgan hisoblanadi. Aks holda, pufakcha og'ish yoyining yarmiga adilakning tuzatgich vintlari yordamida, qolgan yarmiga esa ko'targich vintlar yordamida qaytarilib nol punktga keltiriladi. Shundan keyin tekshirish takrorlanishi zarur.

3. Trubaning vizir o'qi truba aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lishi kerak. Bu shartni tekshirish uchun uzoqda aniq ko'rinadigan birorta nuqta tanlab olinib, ko'rish trubasi shu nuqtaga to'g'rilanadi, ya'ni iplar to'rining vertikal ipi bilan bosh egri chiziq kesishgan nuqtasi kuzatilayotgan nuqta tasviriga tutashtiriladi va kipregel chizg'ichining yo'nilgan qirrasini bo'yicha planshetga chiziq chiziladi. Keyin ko'rish trubasi zenit orqali aylantirilib, kipregel 180° ga buriladi. Ko'rish trubasi yana o'sha nuqtaga to'g'rilanadi va chizg'ichning yo'nilgan qirrasini bo'yicha ikkinchi chiziq chiziladi. Agar ikkala chiziq ustma-ust tushsa yoki o'zaro parallel bo'lsa, shart bajarilgan bo'ladi. Aks holda, chizg'ich qirrasini ikkala chiziq hosil qilgan burchak bissektrisasi (burchakni ikkiga bo'luvchi chiziq) bo'yicha qo'yiladi. Shunda ko'rish maydonida kuzatilayotgan nuqta tasviri vertikal ip bilan bosh egri chiziq kesishgan nuqtadan siljigan bo'ladi. Bu siljish iplar to'ri prizmasini surish orqali bartaraf etilishi mumkin. Bunday kamchilik ustaxonada tuzatiladi.

4. Trubaning aylanish o'qi chizg'ichning ostki sirtiga parallel bo'lishi kerak. Bu shartni teodolitning uchinchi shartiga o'xshash (5.8 paragrafda keltirilgan) tekshirib ko'riladi. Menzula biron-bir bino devoridan 20–30 m masofada o'rnatilib, planshet gorizontal holatga keltiriladi. Devorning balandroq qismida aniq ko'rinadigan M nuqta tanlab olinib, ko'rish trubasi shu nuqtaga to'g'rilanadi. Keyin ko'rish trubasi taxminan gorizontal holatga kelguncha pasaytiriladi va devorda o'sha nuqtaning proyeksiyasi m_1 (5.17-rasm) qalam bilan belgilanadi. Truba zenit orqali aylantirilib, kipregel 180° ga buriladi va yana avvalgidek M nuqta ikkinchi marta proyeksiyalanib, devorda m_2 nuqta belgilanadi. M nuqtaning proyeksiyalari – m_1 va m_2 nuqtalar bir-birining ustiga tushsa, shart bajarilgan bo'ladi. Aslida, bu shartning bajarilishi asbob ishlab chiqarilgan zavodda ta'minlangan

bo'ladi. Agar shart bajarilmay qolsa, tekshirishni bir necha marta takrorlab, bunga ishonch hosil qilingach, asbob maxsus ustaxonaga yuboriladi.

5. Iplar to'rining vertikal ipi trubaning aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lishi kerak. Bu shartni tekshirish uchun uzoqdan yaxshi ko'rinadigan bitta nuqta tanlab olinib, ko'rish trubasi shu nuqtaga to'g'rilanadi. Bunda ko'rish maydonida iplar to'rining vertikal ipi bilan bosh egri chiziq kesishgan nuqta kuzatilayotgan nuqta tasviriga tutashtirilgan bo'ladi. Ko'rish trubasi qaratish vinti yordamida sekin pastga buriladi. Agar kuzatilayotgan nuqta tasviri ko'rish maydonining yuqori chetiga vertikal ip bo'yicha siljisa, shart bajarilgan bo'ladi. Aks holda, iplar to'ri prizmasini burish yo'li bilan kamchilik bartaraf qilinadi. Tuzatish ustaxonada bajariladi.

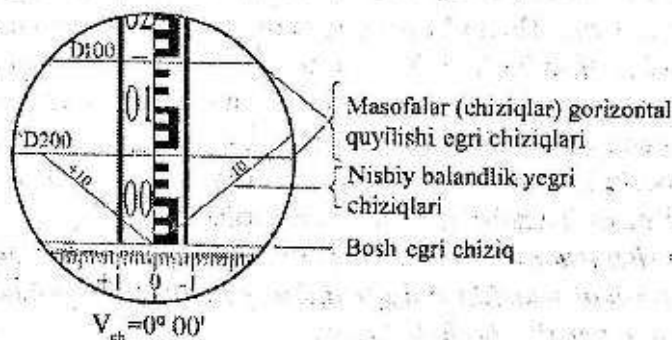
6. Ko'rish trubasining kollimatsion tekisligi (ko'rish o'qi orqali o'tuvchi vertikal tekislik) chizg'ichning yo'nalgan qirrasidan o'tishi yoki unga parallel bo'lishi kerak.

Ko'rish trubasi uzoqdagi yaxshi ko'rinadigan predmetga qaratiladi va chizg'ichning yo'nalgan qirradi uchlari yoniga tik qilib ikkita nina qadaladi. Keyin kuzatilayotgan nuqtaga shu ikki nina yo'nalishi bo'yicha qaraladi. Agar ninalar orqali o'tayotgan ko'rish nuri kuzatilayotgan nuqta orqali o'tsa, shart bajarilgan hisoblanadi. Aks holda, planshet burilib ninalar orqali o'tayotgan ko'rish nuri kuzatilayotgan nuqtaga to'g'rilanadi. Shunda trubadan qaralganda ko'rish maydonida kuzatilayotgan nuqta tasviri siljigan bo'ladi. Bu siljishni bartaraf qilish uchun kolonka bilan chizg'ichni birlashtiruvchi vintlar biroz bo'shatilib, kolonka burilib ko'rish trubasi nuqtaga to'g'rilanadi va bo'shatilgan vintlar mahkamlanadi. Biroq bu tuzatishni bajarmaslik ham mumkin, chunki syomka paytida o'lchash kipregelning faqat bir vaziyatida (masalan, DCh da) bajariladi va xatolik syomka aniqligiga ta'sir etmaydi.

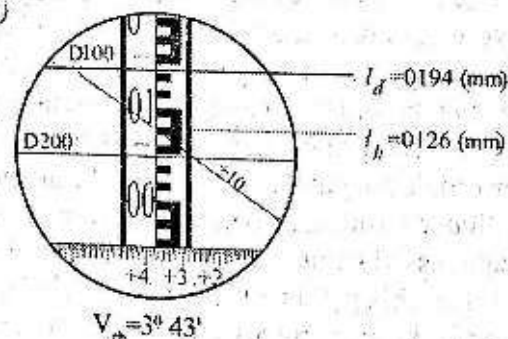
KH kipregelining vertikal doirasida limbdagi gradusli bo'laklar 0 dan chapga +45 gacha, o'ngga - 45 gacha yozib chiqilgan. Har bir gradusli bo'lak uzunchoq chiziqlar bilan oltita 10' li bo'lakka, ular esa, o'z navbatida, qisqaroq chiziqlar bilan ikkita 5' li bo'lakka bo'lingan. Demak, limbning kichik bir bo'lagi qiymati 5' ga teng. Limbdan sanoq vertikal chiziq (ip) bilan bosh egri chiziq kesishgan

nuqtaga nisbatan olinadi (13.3-rasm). 13.3-a rasmda vertikal doiradan olingan sanoq $DCh=0^{\circ}00'$, 13.3-b rasmda esa sanoq $DCh=+3^{\circ}43'$ ekanligi ko'rsatilgan. Vertikal doira ko'rish trubasiga nisbatan o'ngda joylashgan paytda, ya'ni kiprelning DO' vaziyatida limb shkalasi ko'rish maydonining yuqori qismida ko'rinadi.

a)



b)



13.3-rasm

Vertikal doiraning nol o'qi (NO') deb trubaning ko'rish o'qi gorizontol holatda bo'lib, kolonka ustiga o'rnatilgan silindrik adilak pufakchasi o'rtada turgan paytda limbdan olingan sanoqqa aytiladi.

Amalda NO' qiymatini aniqlash uchun uzoqda aniq ko'rinadigan ikki yoki uchta nuqta tanlab olinadi va bu nuqtalarga ko'rish trubasi qaratilib, kipregelning ikki vaziyatida (DCh va DO') vertikal doiradan DCh va DO' sanoqlari olinadi. Albatta, har sanoq olishdan oldin kolonka ustidagi adilak pufakchasi o'rtaga keltirilishi kerak.

Har bir nuqtaga qaratib olingan DCh va DO' sanoqlari bo'yicha NO' qiymati quyidagi ifodadan topiladi:

$$NO' = \frac{DCh + DO'}{2}$$

Har bir nuqtaga qaratib olingan sanoqlar bo'yicha aniqlangan NO' qiymatlari o'zaro teng yoki farqi 1,5' dan oshmasligi kerak. NO' ning o'rtacha qiymati nolga teng yoki 1' dan oshmasligi kerak.

Aks holda, NO' ning qiymati nolga keltiriladi. Buning uchun kolonka ustidagi silindrik adilak pufakchasi o'rtaga keltirilib, ko'rish trubasining qaratish vinti yordamida vertikal doirada NO' ning o'rtacha qiymatiga teng sanoq qo'yiladi. Keyin elevatsion vint yordamida vertikal doiradagi sanoq nolga keltiriladi. Shunda kolonka ustidagi silindrik adilak pufakchasi nol punktdan siljigan bo'ladi. Adilakning tuzatgich vintlari yordamida pufakcha nol punktga keltiriladi. NO' qiymati nolga keltirilganligiga ishonch hosil qilish uchun uning qiymatini yana ikki-uch marta aniqlab ko'rish kerak.

13.4. KH kipregelida nisbiy balandlik va masofalar gorizontallari quyilishini aniqlash

KH nomogramkali kipregelida kuzatilayotgan nuqtaning nisbiy balandligi, nuqtagacha bo'lgan masofaning (chiziqli uzunligining) gorizontallari quyilishi ko'rish trubasi maydonidagi reyka tasviri ustiga tushib turgan egri chiziqlar orqali avtomatik ravishda aniqlanadi (13.3-rasm).

Nomogrammada nol nuqtasi H belgisi bilan belgilangan, undan ikki tomonga qarab qiya egri chiziqlar chizilgan bo'lib, ularga *nisbiy balandlikning egri chiziqlari* deyiladi. Ular ustiga +10 va -10 koefitsiyent qiymatlari yozilgan. Kuzatilayotgan nuqta tepada joylashgan bo'lsa, +10 koefitsiyentli; pastda joylashgan bo'lsa, -10 koefitsiyentli egri chiziqlar ko'rinadi.

Trubaning ko'rish maydonida egri chiziqlarning tasviri joydagi qiyalik burchagiga qarab o'zgaradi. Joy qiyaligi, ya'ni kuzatilayotgan yo'nalish qiyaligi $\pm 6^\circ$ gacha bo'lganda ko'rish maydonida reyka tasviri ustiga ± 10 koefitsiyentli egri chiziqli; qiyalik $\pm 6^\circ$ dan $\pm 11^\circ$ gacha

bo'lganda ± 20 ko'effitsiyentli egri chiziq; qiyalik $\pm 11^\circ$ dan ortiq bo'lganda esa ± 100 ko'effitsiyentli egri chiziq tushadi.

O'lchash uchun surilma reyka qo'llanadi. Asosiy reykaning nol shtrixi qo'shimcha reyka yordamida asbob balandligiga moslab ma'lum balandlikka ko'tarib qo'yiladi. Kuzatishda vertikal chiziq reykaning bo'ylama o'qiga, bosh egri chiziq reykaning nol shtrixiga to'g'rilanadi. Nisbiy balandlikni aniqlash uchun qiya egri chiziqlarning vertikal chiziq bilan kesishgan nuqtasi bo'yicha reykadani sanoq l_n olinib, uni ko'effitsiyent K_h ga ko'paytiriladi, ya'ni: $h = K_h \cdot l_n$.

13.3-b rasmda $l_n = 126$ mm yoki $0,126$ m; $K_h = +10$. Demak, $h = (+10) \cdot 0,126 = +1,26$ m.

Masofaning gorizontal quyilishini topish uchun bosh egri chiziqdan yuqorida ikkita gorizontal chiziqlar chizilgan bo'lib, ular ustiga $D 200$, $D 100$ sonlari yozilgan. Bular *masofaning gorizontal quyilishi egri chiziqlari* deyiladi. Masofa 200 m gacha bo'lganda ikkala chiziq ham reyka tasviri ustiga tushib turadi. Biroq hisoblash qulay bo'lishi uchun $D 100$ ko'effitsiyentli egri chiziqdan sanoq olingani ma'qul. Masofa 200 m dan ortiq bo'lganda (bunday masofalar syomka paytida kam uchraydi) reyka tasviri ustida $D 200$ ko'effitsiyentli egri chiziq yotadi, unda shu chiziq bo'yicha sanoq olinadi. Masofaning gorizontal quyilishini aniqlash uchun reykadani egri chiziq bo'yicha olingan sanoqlar egri chiziq ko'effitsiyentiga ko'paytirilishi kerak, ya'ni:

$$d = K_d \cdot l_d$$

13.3-b rasmda $D 100$ egri chiziqdan olingan sanoq $l_d = 0,194$ m yoki $0,194$ m; $K_d = 100$. Demak, masofaning gorizontal quyilishi $d = 100 \cdot 0,194 = 19,4$ m.

13.5. Menzulani nuqtaga o'rnatish

Menzulani syomka asosi nuqtasiga avval taxminan, keyin aniq o'rnatiladi. Taxminiy o'rnatishda ko'zda chamalab planshet oriyentirlanadi, planshet sirti gorizontal holatga keltiriladi va syomka bajariладigan nuqtaning planshetdagi o'mi uning yerdagi o'miga to'g'ri keltirilib, shtativ oyoqlari yerga sanchib mahkam o'rnatiladi.

Menzulani syomka asosi nuqtasiga aniq o'rnatish uchun avval planshet markazlashtiriladi. Buning uchun planshet taxminiy oriyentirlanib, unda belgilangan nuqta joydagi nuqta ustiga vertikal chiziq (shovun chizig'i) bo'yicha to'g'ri keltiriladi. Syomka 1:500, 1:1000, 1:2000 masshtablarda bajarilayotganda planshet vilka (7) shovuni (9) yordamida aniq markazlashtiriladi (13.1-rasm). 1:5000 va undan mayda masshtabli syomkalarda planshet ko'zda chamalab markazlashtirilishi mumkin. Markazlashtirish aniqligi syomka masshtabi aniqligining yarmidan oshmasligi kerak.

Markazlashtirishdan keyin planshet aniq gorizontal holatga keltiriladi. Buning uchun kipregel chizg'ichini ikki ko'targich vint yo'nalishiga qo'yiladi va shu ikki ko'targich vint yordamida chizg'ichdagi silindrik adilak pufakchasi o'rta qismga keltiriladi. Keyin chizg'ich uchinchil ko'targich vint yo'nalishiga qo'yiladi va shu vint yordamida adilak pufakchasi yana o'rta qismga keltiriladi.

Tekshirish uchun kipregel chizg'ichi har xil yo'nalishlarda qo'yib ko'riladi, shunda adilak pufakchasi nol punkt dan 2-3 bo'lakdan ortiq og'masligi kerak.

Planshetni oriyentirlash joyda va planshetda belgilangan nuqtalar orasidagi chiziq yo'nalishlari bo'yicha yoki bussol yordamida bajarilishi mumkin.

Zaruriyat bo'lganda planshet to'g'riburchak to'rtburchak shakliga ega oriyentir-bussol (10) yordamida oriyentirlashi mumkin.

Planshetni joyda mahkamlangan va planshetga tushirilgan nuqtalar bo'yicha oriyentirlash uchun menzulani *A* nuqtaga (13.1-rasm) o'rnatiladi. Planshet gorizontal holatga keltirilgandan keyin kipregel chizg'ichining yo'nilgan qirrasi planshetdagi *ab* chizig'i bo'yicha qo'yiladi. Planshet o'z o'qi atrofida sekin aylantirilib ko'rish trubasi joydagi *B* nuqtaga qaratiladi.

Planshetning to'g'ri oriyentirlanganini tekshirib ko'rish uchun kipregel chizg'ichining yo'nilgan qirrasi planshetdagi *ac* chizig'i bo'yicha qo'yiladi. Shunda trubadan qaralganda joydagi *C* nuqtasining tasviri iplar to'ridagi vertikal chiziqda yotishi yoki unga juda yaqin bo'lishi kerak.

Planshetni bussol yordamida magnit meridiani bo'yicha oriyentirlash uchun oriyentir-bussol (10) ning magnit mili bo'shatilib, bus-

sol planshet biror-bir qirg'og'iga parallel qo'yiladi (13.1-rasm). Keyin menzula taxtasi o'z o'qi atrofida sekin aylantirilib, magnit milining uchi bussol shkalasining nol shtrixiga to'g'rilanadi.

Planshetni chiziq bo'yicha oriyentirlash bussol bo'yicha oriyentirlashga nisbatan aniq bo'ladi. Odatda, oriyentirlashni aniq bajarish uchun planshetdagi uzun o'zaro uzoq nuqtalar tanlab olinadi.

Planshetni tayyorlash. Planshetni tayyorlash uchun yuqori sifatli (zichligi yuqori) vatman qog'ozi olinib, uni faner yoki alyumin varag'iga yopishtiriladi. Tayyor bo'lgan planshetga Drobishev chizg'ichi yordamida kvadratlar to'ri (10×10 sm) chiziladi. Ular tayyorlangan syomka asosi nuqtalarining abssissa va ordinata qiymatlariga qarab masshtabda belgilab chiqiladi. Har bir syomka asosi nuqtasi hisoblangan koordinatalari bo'yicha masshtabda planshetga tushiriladi va nuqtaning yoniga suratida nuqtaning nomi (tartib raqami), maxrajda esa uning balandligi yozib qo'yiladi. Dala sharoitida planshetni kir bo'lishdan saqlash uchun uning usti shaffof qog'oz (kalka) bilan yopiladi. Shundan keyin planshet tayyor hisoblanadi va u menzula taxtasiga qirg'oqlari bo'yicha kalta mixchalar bilan qoqib mahkamlanadi.

13.6. Menzulada to'g'ri va teskari kesishtirish

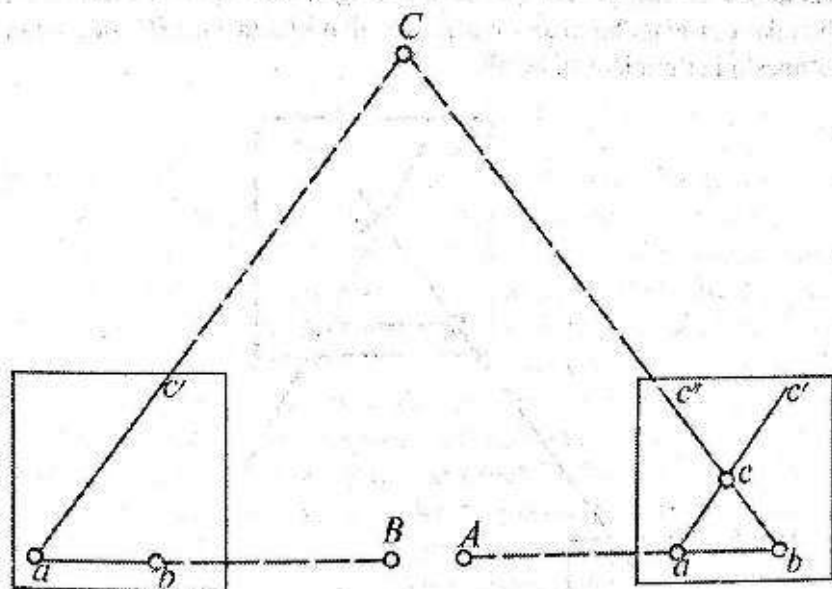
Joydagi ikkita nuqtalar o'rni planshetga tushirilgan bo'lsa, menzulada to'g'ri va teskari kesishtirish usulini qo'llab, joydagi boshqa bir qancha nuqtalarning planshetdagi o'rnini topish mumkin.

To'g'ri kesishtirish. Faraz qilaylik, joyda belgilangan A va B nuqtalarining planshetdagi o'rni a va b nuqtalari berilgan bo'lsin (13.4-rasm), joydagi C nuqtaning o'rnini planshetda aniqlash talab qilinsin.

Bunda A nuqtaga menzula, B va C nuqtalarga esa vexalar o'rnatiladi. So'ngra menzula ishchi holatiga keltiriladi va planshet ab chizig'i bo'yicha oriyentirlanadi.

Planshet (menzula taxtasi) mahkamlanadi, kipregel chizg'ichining yo'nilgan qirrasi planshetdagi a nuqtaga qo'yilib, qarash trubasi joydagi C nuqtaga qaratiladi va planshetga kipregel chizg'ichi bo'yicha ac chizig'i chiziladi. So'ngra menzula B nuqtaga olib o'tilib o'rnatiladi va planshetda ab chizig'i bo'yicha oriyentirlanadi. Plan-

shetni mahkamlab, kipregel chizg'ichining yo'nilgan qirrasini b nuqtaga qo'yiladi va truba joydagi C nuqtaga qaratilib chizg'ich bo'yicha bc'' chiziqli chiziladi. Planshetga chizilgan ac' va bc'' chiziqlarining kesishgan nuqtasi c joydagi C nuqtasining planshetdagi o'rni bo'ladi.

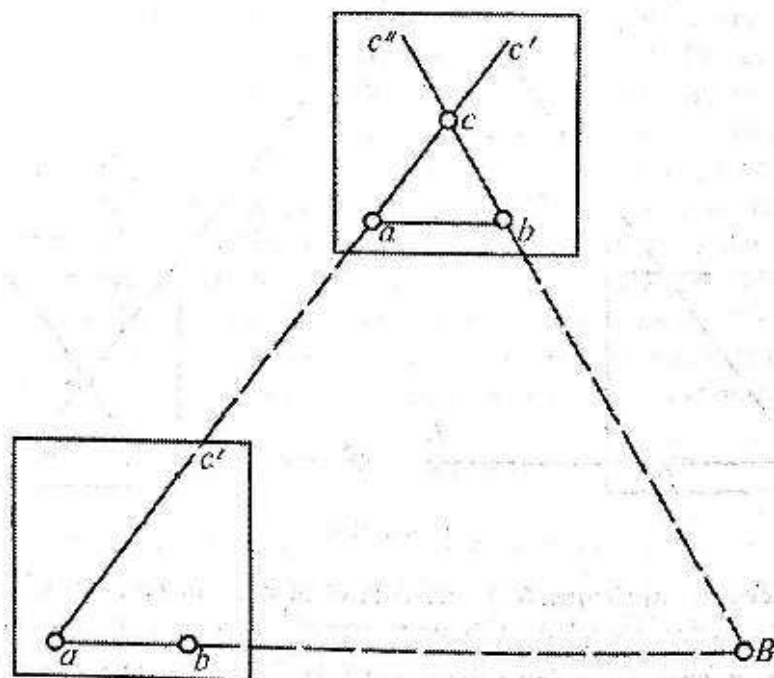


13.4-rasm

Teskari kesishtirish. Planshetda o'rni ma'lum bo'lgan ikki nuqtadan biriga, masalan, A nuqtaga menzula o'rnatilib, bunda to'g'ri kesishtirishda bajarilgan ishlarning aynan o'zi takrorlanadi va planshetda ac' chizig'i chiziladi (13.5-rasm), so'ngra menzula C nuqtaga o'rnatiladi va menzula taxminan markazlashtiriladi, chunki bu nuqtaning planshetdagi o'rni c hozircha aniqlanmagan. Menzulani ishchi holatga keltirib, taxtasi $c'a$ chizig'i bo'yicha oriyentirlanadi va mahkamlanadi. Shundan keyin kipregel chizg'ichining qirrasini planshetdagi b nuqta bilan tutashtirilib truba joydagi B nuqtaga qaratiladi va chizg'ichning yo'nilgan qirrasini bo'yicha $c''b$ chizig'i chiziladi (13.5-rasm).

Planshetda chizilgan ac' va $c''b$ chiziqlarining kesishgan nuqtasi c joydagi C nuqtaning planshetdagi o'rni bo'ladi. Shu holda planshetdagi c nuqtasi joydagi C nuqta ustiga to'g'ri kelsa yoki farqi

masshtab aniqligining yarmidan oshmasa, yechilgan masala to'g'ri hisoblanadi. Aks holda, planshetni C nuqta ustiga aniqroq markazlashtirib, B nuqtaga qayta qaratilib, c nuqtasining o'rniga aniqlik kiritiladi. Amalda bunday holat kam uchraydi. To'g'ri va teskari kesishtirishda o'zni planshetga tushiriladigan nuqtada kesishadigan chiziqlar orasidagi burchak qiymati 40° dan kichik va 140° dan katta bo'lmashligi ta'minlanishi kerak.



13.5-rasm

13.7. Menzula syomkasini bajarish

Menzula syomkasida tafsilotlar va joy relyefini planga tushirish syomka asosi bo'lib xizmat qiladigan nuqtalarda turib, qutbiy koordinatalar usulida bajariladi. Syomka masshtabi 1:5 000 va undan mayda bo'lsa, menzula asbobi joydagi syomka asosi nuqtasi ustiga ko'z bilan chamalab, undan yirik masshtablarda esa vilka bilan markazlashtiriladi. Kipregel chizg'ichidagi silindrik adilak yordamida menzula taxtasi gorizontol holatga keltiriladi. Ish vaqtida adilak pufakchasi

2–3 bo'lakkacha markazdan surilgan bo'lsa, ishni davom ettirish mumkin. Planshetni syomka asosi nuqtalari bo'yicha oriyentirlaganda asbobdan olingan nuqttagacha masofa 300 m dan kam bo'lmasligi kerak. Menzuladan syomka qilinadigan tafsilot va relyef nuqtalari-gacha masofa quyidagi formula bilan hisoblanadigan qiymatdan oshmasligi kerak:

$$d \leq (2,5\sqrt{M}), \text{ m.}$$

Bu yerda M – syomka masshtabining maxraji. Chegarasi aniq-mas tafsilotlar uchun bu masofa 1,5 barobar oshirilishi mumkin.

Tafsilotlari va relyefi murakkab joylarda o'tish nuqtalari o'zaro yaqinroq olinib, asbobdan piket nuqtalargacha masofa mumkin qadar qisqaroq bo'lishi kerak. Bunda syomka ishlari ham tezlashadi. Tik qiyaliklar, chuqurliklar, jarlarning tik qirg'oqlari qarama-qarshi tomondan, ya'ni yaxshi ko'rinadigan tomondan turib syomka qilinadi.

Tafsilot va relyef nuqtalari kipregelning faqat DCh holatida syomka qilinadi. Bunda chap qo'l kipregelni ushlasa, o'ng qo'l qalam va sirkulni ushlaydi. Piket nuqtalarining o'rni planshetda nina bilan sanchib belgilanadi. Tafsilot chegarasini syomka qilishda reyka birin-ketin tafsilot chegarasini burilgan nuqtalariga qo'yilib syomka qilinadi. Yopiq shakldagi chegarada syomka ishlari bir nuqtadan boshlanib, yana o'sha nuqtada tugatiladi. Tafsilot nuqtalari planshetga tushirilgandan keyin ularni birin-ketin o'zaro tutashtirib chegarasi hosil qilinib boriladi (orada adashib qoldirib ketmaslik uchun). Chegaraning to'g'ri chiziqli qismlari chizg'ich bilan tutashtiriladi. Har bir keyingi stansiyada syomka ishlari oldingi stansiyadan syomka qilingan joydan boshlanadi va shu bilan oldingi ishning to'g'riligi tekshiriladi.

Relyef nuqtalarining syomkasi tafsilotlar syomkasi bilan bir vaqtda olib boriladi. Tafsilotlar chegarasi bo'yicha olingan nuqtalarning balandligi relyefning faqat xarakterli nuqtalarida aniqlanadi.

Tafsilotlarni ushbu stansiyadan syomka qilib bo'lingandan keyin gorizontallar o'tkazish uchun relyefning yetmaydigan xarakterli nuqtalariga reyka qo'yilib, ularga qarab masofalarning gorizontaal quyilishi va nisbiy balandlik o'lchab topiladi. Tekis relyefli joyda

murakkab relyefli joyga qaraganda piketlar siyrakroq olinadi. Relyef xarakterli nuqtalari juda kam yoki o'zaro uzoq joylashgan joylarda piket nuqtalarning orasi quyidagi masofadan oshmasligi kerak:

$$d \leq (80\sqrt{h}), \text{ m.}$$

Bu yerda h – relyef kesimi balandligi.

Relyef kesimi 1 m va undan ortiq bo'lganda nuqta balandligi planshetda 0,1 m gacha yaxlitlab yoziladi, kesim 0,5 m bo'lganda 0,01 m gacha yoziladi. Har bir stansiyada syomka ishlari tamom bo'lgandan keyin shu stansiyada turib relyef gorizontallar bilan chiziladi.

Agar stansiyadan qaysi bir joy bo'lagining relyefi yaxshi ko'rinmasa, menzula bilan o'sha yerga yaqinroq joylashgan nuqtaga o'tiladi va gorizontallar chiziladi.

Relyefi tekis bo'lgan joy bo'lagida berilgan relyef kesimida gorizont tal tasvirlanmasa, u yerda yarim gorizont tal chizishga to'g'ri keladi (relyef kesimining yarmi olinadi).

Agar joy uchastkasi bir nechta planshetda joylashsa, ularni tutash chegaralari bo'yicha tafsilotlar va relyefni tasvirlovchi gorizontallar o'zaro to'g'ri tutashishini ta'minlash uchun trapetsiya chegarasidan tashqariga 4 sm gacha joy qo'shimcha syomka qilinadi.

Syomka paytida o'lgangan masofa, nisbiy balandlik va hisoblangan balandliklar jurnalga yozib boriladi.

Relyefi tekis joylarda bajarilsa, nuqtalar o'rni planga kipregel yordamida tushiriladi, nuqtalar balandligi esa nivelir bilan o'lchab topiladi.

Kundalik ish oxirida planshetga tushirilgan nuqtalarning aniqlangan balandliklari – balandliklar kalkasiga, tafsilotlar esa konturlar kalkasiga ko'chirib boriladi. Keyinchalik bu kalkalardan planshetni tush bilan chizishda uchraydigan ba'zi bir noaniqlikni tekshirishda foydalaniladi. Plan dastlab qalamda, so'ngra tekshirilib, xato joylari tuzatilgandan so'ng syomka qilingan barcha tafsilot, obyektlar va relyef shartli belgilar bilan tushda chiziladi. Planshet ramkasi va ramkadan tashqaridagi yozuvlar qo'yilgan talablarga muvofiq bajariladi.

Nazorat savollari:

1. *Menzula syomkasining boshqa syomkalardan afzalligi nimada?*
2. *Menzula jihozlari nimalardan iborat?*
3. *Syomka ishlarini boshlashdan avval menzula qanday talablarga javob berishi kerak?*
4. *Kipregel qanday talablarga javob berishi kerak?*
5. *NO' qiymati qanday aniqlanadi?*
6. *Menzulani nuqtaga o'rnatishni tushuntirib bering?*
7. *Menzulada to'g'ri va teskari kesishtirishlarning farqi nimada?*

III, IV SINIF VA TEXNIK NIVELIRLASH TARMOQLARI

14.1. Yirik masshtabli (1:5000 – 1:500) topografik syomkalar balandlik tarmoqlari

Yirik masshtabli topografik syomkalar balandlik tarmoqlari davlat I, II, III va IV sinf tarmoqlarini zichlashtirish yo'li bilan quriladi. Bunda nafaqat syomkalar, shuningdek, keyingi bosqichdagi qurilish ishlarining bu tarmoqlarga bo'lgan ehtiyojini hisobga olinishi kerak. Balandlik tarmoqlari nuqtalarining zichligi va aniqligi relyef kesim balandligi, syomka masshtabi hamda injenerlik-geodezik, marksheyderlik, meliorativ va boshqa ishlar, talabidan kelib chiqib belgilanadi. Tarmoqlarni zichlashtirish, odatda, umundan ayrimga o'tish: dastlab yuqori sinf nivelir yo'llarini, keyin esa ularga bog'lab texnik nivelir yo'llarini qurish bilan amalga oshiriladi. Nivelir tarmoqlari amaldagi «I, II, III va IV sinf nivelirlash bo'yicha yo'riqnoma» talablari asosida rivojlantiriladi.

I sinf nivelir yo'llari perimetri 2800–3000 km ga teng yopiq poligonlar, ular ichida II sinf yo'llari, perimetri 600 km, yopiq poligonlar shaklida quriladi. II sinf poligonlari ichida perimetri 150 km gacha III sinf yo'lari o'tqiziladi.

Yirik masshtabli topografik syomkalarining syomka balandlik asosini qurish, odatda, III va IV sinf va texnik nivelirlash orqali bajariladi.

III sinf nivelir yo'llari to'g'ri va teskari yo'nalishlarda nivelirlab chiqilib, yo'l yoki poligonlardagi nisbiy balandliklar xatosi quyidagidan oshmasligi kerak $\pm 10\sqrt{L}$, mm; bu yerda L – yo'l uzunligi yoki poligon perimetri km da olinadi.

III sinf nivelir tarmoqlari punktlarini zichlash va topografik syomkarni bevosita ta'minlash maqsadida yuqori sinf punktlari orasida IV sinf nivelir yo'llari o'tkaziladi. Bunda yo'llar uzunligi 50 km dan oshmasligi kerak. IV sinf nivelirlash faqat bitta yo'nalish (to'g'ri)da bajariladi va yo'l yoki poligondagi nisbiy balandliklar xatosi $\pm 20\sqrt{L}$, mm dan oshmasligi kerak. Syomka asosi nuqtalari hamda zichlash geodezik tarmoqlari punktlari balandligini aniqlash maqsadida texnik

nivelirlashdan foydalaniladi. Ushbu tarmoqlar yo'llariga imkoni boricha zichlash planli tarmoqlarining barcha punktlari qushilishi zarur. Agar zichlash tarmog'i poligonometriya usulida rivojlantirilishi kerak bo'lsa, texnik nivelirlash yo'llari poligonometriya yo'llari bilan qo'shib o'tqaziladi. Texnik nivelirlash yo'llari faqat bitta yo'nalish (to'g'ri) bo'yicha nivelirlanadi. Ilojsiz hollarda texnik nivelir yo'llari bitta punktga tayangan osma yo'l ko'rinishida o'tkazilishi mumkin. Bu holda nivelirlash to'g'ri va teskari yo'nalishlarda bajarilishi shart.

Texnik nivelirlash yo'llari yoki poligonlari bo'yicha nivelirlash xatosi $\pm 50\sqrt{L}$, mm dan oshmasligi kerak. Nivelir yo'llari tik qiyaliklar bo'yicha o'tib, 1 km yo'lda shtativlar soni $n > 25$ dan oshsa xatolik quyidagicha hisoblanadi $\pm 10\sqrt{n}$, mm. Bu yerda n – yo'l yoki poligonda shtativlar soni.

Topografik syomkalarining balandlik asosi uchun texnik nivelir yo'llarini o'tkazishda joydagi mustahkam konturlar nuqtalari, masalan, quduqlar qopqog'i, temir yo'llar relsi golovkasi, katta xarsang toshlardagi belgi va boshqalar nivelir yo'lga qo'shilib, ularning balandligi aniqlanishi kerak. Bunday qo'shimcha nuqtalar o'rni eng kamida uchta aniq mustahkam kontur nuqtalariga bog'lab, kroki tuzib borilishi kerak.

Syomka masshtabi, relyef kesimi balandligi va joy relyefining xarakteridan kelib chiqib texnik nivelirlash yo'llari uzunligi quyidagi 14.1-jadvalda keltirilgan qiymatlardan oshmasligi kerak.

I, II, III va IV sinf davlat nivelirlash yo'llari joyda har 5 km dan oshmaydigan oraliqda doymiy gurunt, qoya yoki devoriy mustahkam belgilar (reper va markalar) bilan mahkamlanadi. Topografik syomkalar maqsadida nivelir yo'llarida har 1-2 km da qo'shimcha doimiy va vaqtinchalik belgilar o'rnatiladi. Vaqtincha belgilar sifatida joydagi kesilgan daraxt to'nkasi, quduq qopqog'i va boshqalar olinadi.

1:5000 masshtabli syomkalarda nivelir yo'lidagi punktlar zichligi har $10-15 \text{ km}^2$ da 1 ta reper, 1:2000 va undan yirik masshtablar uchun har bir $5-7 \text{ km}^2$ da 1 ta reper to'g'ri kelishi kerak.

Agar davlat nivelir yo'li aholi yashash punktlarini kesib o'tsa, u yerda, albatta, nivelir belgilari o'rnatiladi. Uzunligi 0,5 km dan ortiq aholi punktlarida ikkitadan kam bo'lmagan nivelir belgilari o'rnatiladi.

t/r	Texnik nivelirlash yo'li quyidagilar orasida o'tkazilganda	Relyef kesimi balanligi, texnik nivelirlash yo'li uzunligi, km	
		0,5 m	1,0 m va undan ortiq
1	Yuqori sinf punktlari orasida	8,0	16,0
2	Yuqori sinf punkti va tugun nuqtalar orasida	6,0	12,0
3	Ikkita tugun nuqtalar orasida	4,0	8,0
4	Osma yo'l	2,0	4,0

Syomka bajariladigan har bir obyektida, uning maydoni va syomka masshtabidan qat'i nazar eng kamida ikkita doimiy nivelir belgisi o'rnatilgan bo'lishi kerak.

Yopiq drenaj loyihasi uchun 1:2000 masshtabli syomkada har 1 km² maydon to'rttadan kam bo'lmagan vaqtinchalik nivelir belgilari bilan ta'minlanishi kerak. Kanal va daryolarni nivelirlashda har 3 km da bitta nivelir belgisi o'rnatilishi kerak.

14.2. Shaharlar va aholi punktlari hududida nivelir tarmoqlarini rivojlantirish

Shaharlar va aholi punktlari hududida quriladigan nivelir tarmoqlari, aynan davlat nivelir tarmoqlariga o'xshash I, II, III va IV sinflarga bo'linib tarmoqni qurish dasturi, o'lchashlar va natijalarni ishlab chiqish uslubi ham bir xil bo'ladi. Bunda faqat nivelir yo'llarining chekli uzunligi va nivelir belgilarini o'rnatish zichligi bilan farqlanadi. Tarmoqlar chizmasi turlicha – poligonlar tizimi yoki shahar hududining konturiga bog'liq holda yo'llar tizimidan iborat bo'lishi mumkin.

Maydoni 50–500 km² gacha shaharlarda II sinf nivelir tarmoqlari yoki nivelir yo'llari tizimi quriladi, keyingi navbatda esa ularga bog'lab III va IV sinf yo'llari o'tkaziladi.

II sinf nivelir yo'llari shaharning butun hududini, qurilgan va qurilmagan hudud ekanidan qat'i nazar, qoplashi kerak. II sinf tarmog'ida tugun nuqtalar va yo'llar orasidagi masofalar qurilgan

hududda 15 km, qurilmaganda 20 km dan oshmasligi kerak. Poligonlar perimetri tegishli 50 km va 80 km ga teng. II sinf nivelir yo'llari belgilari qurilgan hududlarda har 2 km oraliqda, qurilmaganda esa har 3 km o'rnatiladi. Ushbu belgilar pishiq g'isht, beton va temir beton bino va inshootlarda o'rnatiladi.

Maydoni 10-50 km² ga teng shaharlarda III sinf, 10 km² dan kichik bo'lgan aholi punktlarida IV sinf nivelir tarmoqlari quriladi.

III sinf asosiy nivelir yo'llarini tugun nuqtalar orasidagi uzunligi 10 km dan, qurilmagan hududlarda esa 15 km dan oshmasligi kerak. III sinf poligonlari perimetri qurilgan hududlarda 15 km, qurilmagan hududlarda 25 km dan oshmasligi kerak. III sinf asosiy nivelir yo'llari to'g'ri va teskari yo'nalishlarda, IV sinf yo'llari esa faqat bitta yo'nalishda nivelirlanadi.

III sinf nivelir yo'llari bir-biriga parallel holda o'tkaziladi va ular qurilgan hududlarda har 5 km da va qurilmagan hududlarda 8 km da o'zaro bog'lanishi kerak.

III va IV sinf yo'llari shahar markaziy qismidagi ko'chalarda har 200-300 m da, shahar chet qismida va siyrak qurilgan joylarda esa har 800 m da belgi bilan mahkamlanishi kerak. Qurilmagan hududlarda belgilar har 0,5-2,0 km da o'rnatiladi. Belgilar sifatida, asosan, devoriy reperlar qo'llanadi.

Boshlang'ich punktlar orasidagi IV sinf yo'llari uzunligi shaharning qurilgan qismida 2 km va qurilmagan qismida 4 km dan, tugun nuqtalar orasida esa tegishli 1 va 2 km dan oshmasligi kerak. Bunday tarmoqlar poligonlarining perimetri tegishli 8 km va 12 km dan oshmasligi kerak.

Syomka tarmoqlari nuqtalarining balandligi texnik nivelirlashdan aniqlanib uning xatosi $\pm 50\sqrt{L}$ mm dan oshmasligi kerak, bu yerda L - nivelir yo'lining uzunligi (km). Shahar nivelir tarmoqlari, albatta, davlat nivelirlash tarmoqlariga bog'lanishi kerak. Buning uchun mahalliy tarmoqlarga eng kamida ikkita davlat tarmoqlarining punktlari kiritilishi kerak.

Agar ishlar hududi yaqinida bunday punktlar bo'lmasa, davlat tarmoqlari punkti bilan mahalliy tarmoq punktlari orasida maxsus nivelir yo'li o'tkaziladi. Tarmoqlarni qurishda boshlang'ich nivelir belgilari uzoq muddatga saqlanishi ta'minlanadigan kapital bino va

inshootlarda o'rnatiladi. Yuqori balli zilzila zonalarida joylashgan shahar va yirik inshootlar hududlarida syomka balandlik tarmog'ini qurish bilan bir vaqtda yuqori aniq maxsus nivelir tarmog'i masalan, yer po'stlog'ini zamonaviy vertikal harakatini o'rganish uchun balandlik asos sifatida quriladi.

Bu holatda shahar yoki yirik obyekt balandlik tarmog'ini perimetri 15 km gacha bo'lgan II sinf nivelir poligonlaridan tashkil topishi kerak. Poligonlardagi nivelirlash xatosi $\pm 3\sqrt{L}$, mm dan oshmasligi kerak. Bu yerda L – yo'l uzunligi yoki poligon perimetri (km).

14.3. Nivelir tarmoqlarini loyihalash va aniqligini baholash. Rekognossirovkani bajarish

Nivelir tarmoqlari loyihasini tuzish ishi quyidagi ketma-ketlikda olib boriladi:

1. Hududda ilgari bajarilgan nivelirlash ishlari haqidagi material va ma'lumotlarni yig'ish, o'rganish va tizimlashtirish;
2. Ishlar hududini joyga chiqib o'rganib chiqish;
3. Loyihani tuzish;
4. Loyihalangan nivelir yo'llarining rekognossirovkasini bajarish;
5. Loyihalangan tarmoqning kutiladigan aniqligini hisoblash.

Balandlik tarmoqlari loyihasini tuzishdan avval obyekt hududida balandlik asosini rivojlantirish bo'yicha oldin bajarilgan barcha ishlar bo'yicha tegishli ma'lumot va materiallarni yig'ish va tahlil etish amalga oshiriladi. Ushbu materiallar mahalliy arxitektura va qurilish bo'limlaridan olinadi. Bu materiallar tarkibiga nivelir yo'llarining nomi va sinfi, bajarilgan yili, ishlarni bajargan tashkilot nomi yo'llar chizmasi, reperlar o'rni tushirilgan yirik masshtabli karta, reperlarni joylashish o'rni ko'rsatilgan kroki, reperlar tipi va o'rnatish chuqurligi kiradi. Hududning fizik-geografik xususiyati o'rganiladi. III va IV sinf yo'llari 1:10 000 – 1:25 000 masshtablardagi topografik kartalarda loyihalanadi va ishlar kartaga ilgari o'tkazilgan planli va balandlik tarmoqlari puuktlarini tushirishdan boshlanadi.

Syomka uchastkasining chegaralaridan qat'i nazar, III sinf yo'llari II sinf poligoni chegarasida, IV sinf yo'llari esa III sinf poligoni chegarasida loyihalanadi.

Yangidan loyihalanayotgan III va IV sinf va texnik nivelir yo'llari amaldagi yo'llarga tutashishi hollarida quyidagilarni hisobga olish zarur.

1. Loyihalanayotgan har bir yo'l uchlari oldin qurilgan balandlik tarmog'ining shu yoki undan yuqori sinf punktlariga ulanishi kerak.

2. Loyihalanayotgan III va IV sinf nivelir yo'llarini oldin qurilgan I, II, III va IV sinf yo'llari bilan bog'lash amaldagi yo'llar punktlaridan birini qo'shib olish bilan amalga oshiriladi.

3. Loyihalanayotgan nivelir yo'li yoqalab joylashgan amaldagi nivelir yo'llari reperlari (gruntli va devoriy) loyiha yo'lga qo'shib olinadi yoki ular orasi 3 km dan uzoq bo'lmasa, bog'lab boriladi.

III va IV sinf va texnik nivelir yo'llarini loyihalashda ular trassasi quyidagilarni e'tiborga olib tanlanadi.

1. Trassa imkoni boricha nishabligi kichik bo'lgan yo'nalishlar bo'yicha o'tishi, eni 200 m dan katta jarlik, daryo va boshqa to'siqlarni imkon qadar kesib o'tmasligi kerak.

2. Trassalar qum, botqoqlik va shunga o'xshash grundi yumshoq joylardan o'tmasligi maqsadga muvofiq.

3. Maqsadga muvofiq trassa dala yo'li, shosse, temir yo'llar yoqalab o'tgan trassa hisoblanadi.

4. Shaharlar hududida trassani transport qatnovi kam ko'chalar yoqalab o'tqazish ma'qul.

Loyiha nivelir yo'llari va reperlar o'rni kartada belgilab chiqilgandan so'ng hududga chiqib rekognossirovka bajariladi. Rekognossirovkaning asosiy vazifasi loyihalangan nivelir tarmog'i yo'llari trassasini joy bilan taqqoslab ko'rish, quriladigan reperlar o'rmini tanlash va zarurat bo'lsa, loyihaga o'zgartirishlar kiritishdan iborat. Bunda birdaniga nivelir yo'llari bog'lanadigan boshlang'ich reperlar o'rni ham joyda topilib, ular holati aniqlanishi kerak. Oldingi yillarda o'rnatilgan reperlar o'rni mavjud yirik masshtabli kartalar, ruzilgan kroki va ta'rif yozuvidan hamda mahalliy aholi so'rovidan foydalanib topiladi.

Loyiha bo'yicha yangi o'rnatiladigan reperlar o'rni quyidagi talablarga rioya qilib tanlanadi: gruntlarning maysumiy muzlash zonalarida eng qulay joy kichik do'nglik, grundi qumloq va yer osti suvlari sathi eng kamida 3-4 metr chuqurda bo'lgan joy hisoblanadi. Yog'inlar suvi yig'iladigan joylar, karst hodisalari, ko'chkilar sodir bo'la-

digan joylarda reper o'rnatish mumkin emas. Yaqin vaqt ichida qurilish olib borilishi mumkin joylardan chetroqda, qishloq xo'jaligi faoliyati olib boriladigan yerlarda esa avtomobil yo'li chetida, elektr uzatish simlarining tayanch (stolb)lari yaqinida reper o'rnatish mumkin.

Shaharlar hududida II, III va IV sinf nivelir tarmoqlarini rivojlantirishda devoriy reperlar qurilganiga 6-7 yil o'tgan bino va inshootlar devorida o'rnatiladi. Devoriy reperlar yer sirtidan 0,4-0,6 metr balandlikda yo'llar chorrahasiga yaqin va kvartallar o'rta qismida o'rnatiladi. O'rnatilgan har bir reporning joylashish o'rni krokisi tuziladi.

Shaharlarda zichlash poligonometriyasini rivojlantirishda devoriy reperlar birdaniga poligonometriya punktlari bo'lib xizmat qilishi mumkin. Dala rekognossirovkasini bajarish natijasi bo'yicha quyidagilar taqdim etilishi kerak.

1. Balandlik tarmog'ining aniqlashtirilgan chizmasi.
2. O'rnatilgan reperlar krokisi va o'rnatish joyining ta'rifi.
3. Tarmoqni loyihalashda bajarilgan ishlarning tushuntirish matni.

Loyihalangan balandlik tarmoqning kutiladigan aniqligi, ya'ni tarmoqning boshlang'ich reperlardan eng uzoqda joylashgan aniqlanadigan reper balandligining o'rta kvadratik xatosi hisoblanib, u me'yoriy qiymati bilan solishtiriladi. Punktlar balandligini aniqlashning o'rta kvadratik xatosini turli usullarda hisoblash mumkin. Ulardan ikkitasini ko'rib chiqamiz. Birinchi usul ishlar hududida II, III va IV davlat nivelir tarmog'ining reperlari zich joylashganda va ikkinchi usul esa reperlar soni 1-2 tadan oshmaganda qo'llaniladi.

Birinchi usulda loyihalangan tarmoq tugun nuqtalari balandliklari o'rta kvadratik xatosini ketma-ket yaqinlashish usulini qo'llab aniqlash oson bajariladi. Bunda avval yuqori sinf nivelir yo'llari hosil qilgan tugun nuqtalar keyin esa quyi sinf yo'llari hosil qilgan tugun nuqtalar xatolari quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi:

$$m_i^2 = m_{boshl}^2 + m_{yo'l}^2, \quad (14.1)$$

$$M_i = \sqrt{\frac{1}{P_i}}, \quad (14.2)$$

$$P_i = P_i^{(1)} + P_i^{(2)} + P_i^{(3)} + \dots, \quad (14.3)$$

$$P_i = \frac{1}{m_i^2} \quad (14.4)$$

Bu formularda M_i , m_{boshl} – tugun nuqta va boshlang'ich reperlar balandligining o'rta kvadratik xatolari; P_i – tugun nuqta vazni; P_i' – tugun nuqtaning tarmoqdagi har bir nivelir yo'li bo'yicha vazni; m_i – tarmoq har bir yo'lining, boshlang'ich reper xatosini hisobga olib, o'rta kvadratik xatosi.

Hisoblashlarda boshlang'ich reperlar o'rta kvadratik xatosi $m_{boshl} = \pm 3$ mm, III va IV sinflar 1 km nivelir yo'li uchun o'rta kvadratik xato tegishlicha $m_{III} = \pm 5$ mm, $m_{IV} = \pm 10$ mm ga teng, deb olinishi mumkin.

Agar nivelir yo'li o'zidan yuqori sinf reperlari orasida o'tkazilishi rejalangan bo'lsa, undagi ixtiyoriy punkt balandligi o'rta kvadratik xatosi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$M_i^2 = \frac{m_{boshl}^2}{2} + \eta \sqrt{\frac{(L-K)K}{L}} \quad (14.5)$$

Bu yerda η – 1 km yo'l uchun tasodifiy o'rta kvadratik xato, u III va IV sinflar uchun tegishlicha 5 mm/km va 10 mm/km olinadi; K – aniqlanadigan reperdan boshlang'ich reperlarni birigacha eng qisqa masofa; L – nivelir yo'lining uzunligi, km.

Agar $K = \frac{L}{2}$, bo'lsa, (14.5) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$M_i^2 = \frac{m_{boshl}^2}{2} + \frac{\eta^2 L}{2} \quad (14.6)$$

Tugun nuqta balandligi xatosi M_i (14.6) formuladan hisoblanadi; relyef kesimi balandligi 0,25 va 0,5 m uchun u 62,5 mm; 1 va 2 m bo'lganda tegishlicha 125 mm va 250 mm dan oshmasligi kerak.

14.4. Nivelir yer osti belgilarining tiplari va ularni o'rnatish

Nivelir yo'llarini joyda mahkamlash uchun zarur belgilar (reperlar) quyidagi asosiy talablarga javob berishi kerak:

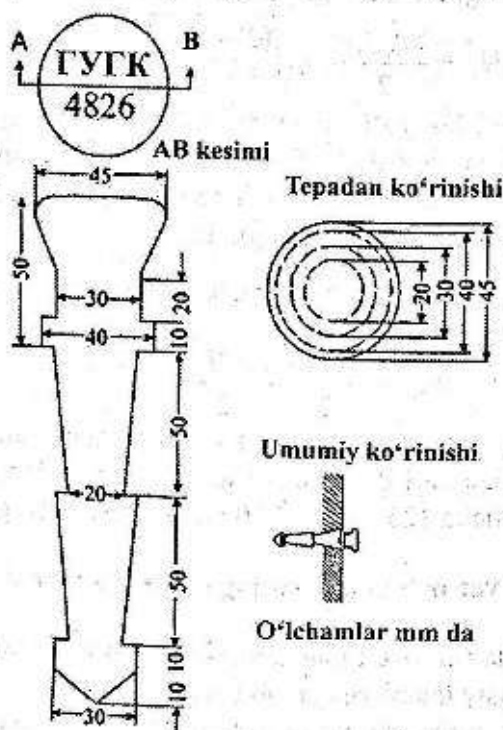
1. Yer osti muhitida uzoq muddat saqlanadigan materialdan yasalgan bo'lishi;

2. Uzoq vaqt davomida nivelirlash aniqligi chegarasida o'zgar-
maslikni ta'minlashi;

3. Belgilarni joyda o'rnatishda yer ishlarini mexanizatsiyalash
imkonini beruvchi konstruksiyaga ega bo'lishi.

Belgilarni tayyorlashni asosiy materiallari bo'lib beton, temir
beton va metall trubalar xizmat qiladi.

Reperlarning qo'zg'almas turishiga xavf tug'diruvchi omil grunt-
ning muzlagandan so'ng deformatsiyalanishi hisoblanadi. Bunga qar-
shi chora sifatida belgi pastki qismini grunt muzlash qatlamidan chu-
qurroq o'rnatish zarur bo'ladi. Yirik masshtabli syomkalar uchun
nivelir yo'llarida keng qo'llaniladigan belgilar sifatida kapital bino va
inshootlar poydevorlarida o'rnatiladigan devoriy reperlar xizmat qila-
di. Devoriy reper cho'yandan yasali buning ko'rinishi va o'lchamlari
14.1-rasmda keltirilgan. U devorda kavlangan chuqurda sement qo-
rismasi bilan, uchini devordan 5 sm chiqarib, mahkam o'rnatiladi.

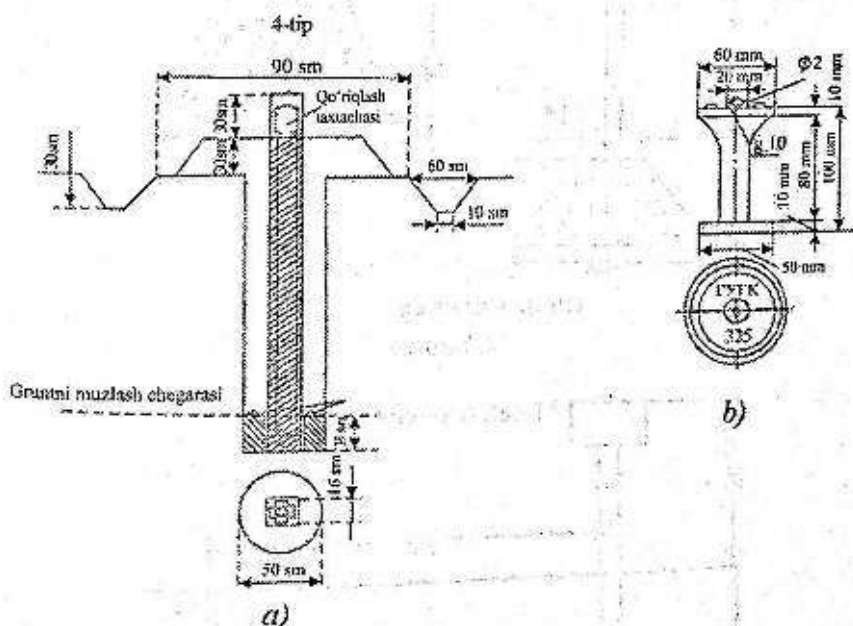


14.1-rasm

Agar nivelir tarmoqlari punkt (reper)lari poligonometriya punkt-lari bilan qo'shib olingan bo'lsa, reper belgisini devordan chiqib tur-gan sferik kallagida diametri 2 mm va chuqurligi 4-5 mm teshikcha yasalgan bo'ladi va u poligonometriya punktining markazi vazifasini bajaradi. Uni tashqi rasmiylashtirish belgisi bo'lib cho'yandan yasalgan va devorda o'rnatiladigan taxtacha xizmat qiladi. Bu taxtachada «Geode-zik punkt. Davlat tomonidan himoya qilinadi» yozuvi joylashtiriladi.

Shaharlar hududidan tashqarida yer qatlamini fasliy muzlaydigan zonalarida III va IV sinf yo'llarida 4-tipdagi reperlar o'rnatiladi.

4-tipdagi reper fasliy muzlash zonasi hisoblanadigan O'zbekiston hududida qo'llaniladi. Reper 16×16 sm temir betondan yasalgan pi-lon ko'rinishida (14.2-a rasm) bo'lib, uning tepa uchida cho'yandan yasalgan marka (14.2-b rasm), pastki uchida qalinligi 20 sm beton yakorga ega (14.2-a rasm).



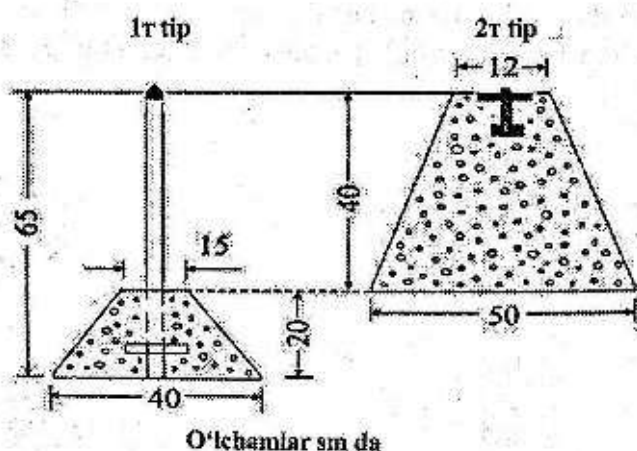
14.2-rasm

Nivelir yo'llarida 4-tip belgilarini o'rnatishda dastlab yer burg'i mexanizmidan foydalanib, kerakli chuqurlikkacha burg'ilanadi va uni tubiga sement qorishmasi 2 sm qalinlikda quyiladi keyin esa yakor

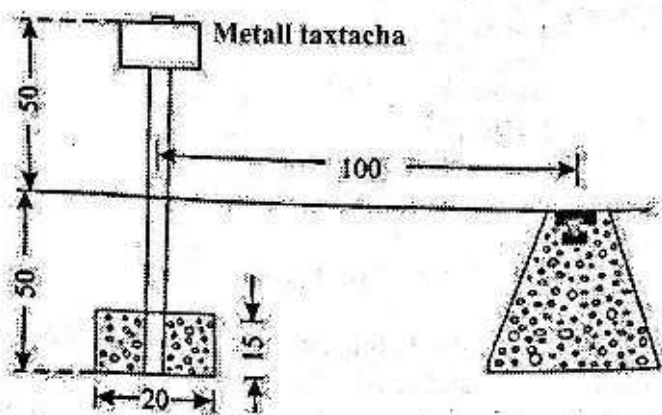
yerning muzlash qatlami chegarasidan pastda o'rnatilib, yakorning uyilgan joyiga sement qorishmasida tik holatda temir beton pilon o'rnatiladi. Shundan so'ng pilon atrofidagi burg'i chuqurlik grunt bilan shibbalab to'ldiriladi.

Temir beton pilonining uzunligi shunday olinadiki, uning yuqori uchi yer sathidan 50 sm chiqib tursin. Reperning yer usti qismi to'q rangli bo'yoq bilan bo'yab qo'yiladi va uni atrofi diametri 1,5 metrga teng doira shaklidagi ariqcha kovlanib belgilanadi.

Texnik nivelirlash yo'llari gruntlarni fasliy muzlash hududida 0,65 va 0,40 metr chuqurlikda o'rnatiladigan 1r va 2r tiplardagi (14.3-rasm) belgilar bilan mahkamlanadi.



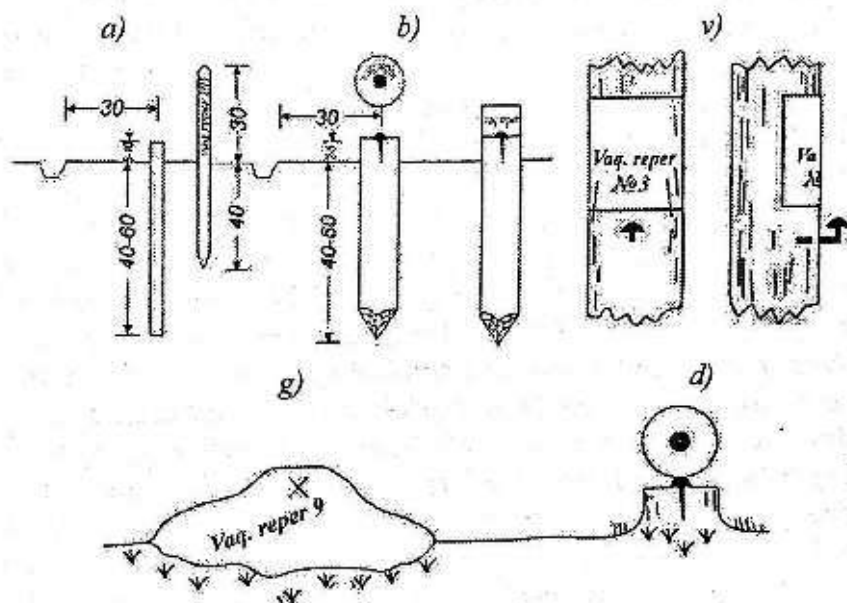
14.3-rasm



14.4-rasm

Shahardan tashqarida 2 τ tipdagi belgilar qo'llansa, ular yoniga aniqlab olish belgisi o'rnatiladi (14.4- rasm).

Inson faoliyat olib boradigan hududlarda vaqtinchalik reperlar sifatida elektr uzatish liniyalarining stolblari (tayanchlari), beton poydevorlar, ko'priklar, bino va inshootlar poydevorlari, qoya toshlar va boshqalar sirtida bo'yoq bilan belgilangan nuqtalar hamda yog'ochli aloqa liniyalari stolblari, daraxtlar to'nkasi va boshqalarga qoqilgan qalpoqli mixlar xizmat qiladi (14.5-rasm).



14.5-rasm

a) metall qoziq; b) mix qoqilgan yog'och qoziq; v) yog'och stolbga qoqilgan mix; g) xarsangtosh; d) mix qoqilgan daraxt to'nkasi.

Nazorat savollari:

1. I, II, III va IV sinf nivelirlash yo'llari qanday talablari asosida barpo etiladi va ularga bo'lgan talablar qanday?
2. Shaharlar va aholi punktlari hududida nivelir tarmoqlarini barpo etishga bo'lgan talablar qanday?
3. Nivelir tarmoqlari loyihasini tuzish ishi qanday ketma-ketlikda olib boriladi?

4. Yangidan loyihalanayotgan III va IV sinf va texnik nivelir yo'llari amaldagi yo'llarga tutashishi hollarida nimalarni hisobga olish zarur?

5. III va IV sinf va texnik nivelir yo'llarini loyihalashda nimalarni e'tiborga olib tanlanadi?

6. Nivelir yo'llarini joyda mahkamlash uchun zarur belgilar (reperlar) qanday asosiy talablarga javob berishi kerak?

III, IV SINF VA TEXNIK NIVELIRLASH

15.1. Nivelirlar tiplari, ularni tekshirish va sinashlari

Nivelirlar bo'yicha FOCT 10528-90 «Nivelirlar. Umumiy texnik shartlar»ga asosan nivelirlarni tasniflash asosiga ikkita ko'rsatkich qabul qilingan:

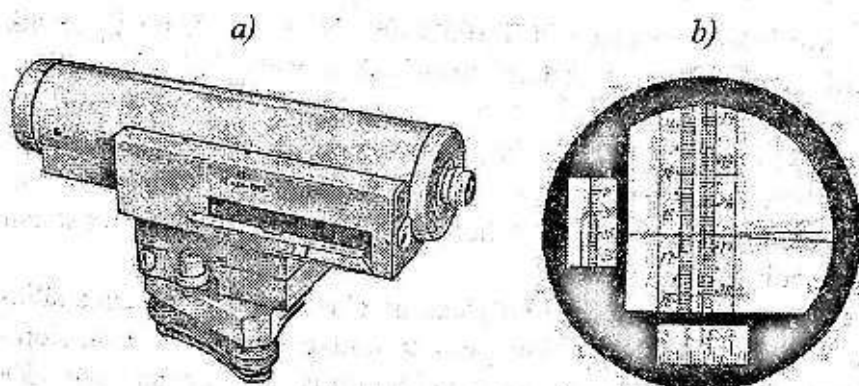
– aniqligi bo'yicha nivelirlar quyidagi uchta tipga: yuqori aniq – H-05, aniq – H-3 va texnik – H-10, ga bo'linadi. Keltirilgan raqamlar 1 km ikkilangan nivelir yo'lida yo'l qo'yarli o'rta kvadratik xatoni ko'rsatadi;

– konstruktiv tuzilishi bo'yicha nivelirlar qarash trubasida silindrik adilak o'rnatilgan va kompensatorli nivelirlarga bo'linadi. Kompensatorli nivelir belgisida aniqligini bildiruvchi raqamdan keyin «K» harfi keltiriladi. Masalan, H-3K. Nivelir rusumida «JL» harfi ko'rsatilgan bo'lsa, u limb doirasiga ega nivelir bo'ladi. Masalan, 2H-10JL; Bu yerda oldinda keltirilgan «2» raqam, model tartib raqami hisoblanadi. Yuqorida ko'rsatilgan H-05, H-3 va H-10 nivelirlar ham qarash trubasida silindrik adilakli va ham kompensatorli variantlarda ishlab chiqariladi. Geodezik asboblarni ishlab chiqarish jahon tajribasiga ko'ra, hozirgi paytda asosan kompensatorli nivelirlar ishlab chiqariladi. Aniqlanishicha, bunday nivelirlar ish unumdorligini 10-15%ga oshiradi. III va IV sinf nivelirlash ishlarida asosan aniq nivelirlar qo'llaniladi. Texnik nivelirlar topografik syomkalar asosini yaratishda, qurilish maydonchalarida qo'llaniladi.

H2 niveliri. Qarash trubasining yon tomonidan joylashgan kontaktli silindrik adilak va elevatsion vintiga ega aniq nivelir (15.1-a rasm). Yuqori aniq invar reyklar bo'yicha sanoq olish imkonini beruvchi yassi parallel plastinkali optik mikroskop bilan jihozlangan. Optik mikrometr invar reykaning eng kichik kesimi qiymatiga teng 5 mm gacha chegarada ishlaydi.

Reyka bo'yicha olinadigan yuqori aniq sanoqqa truba iplar to'ring o'rta ipi proyeksiyasi bilan reykaning yaqin kichik bo'lari orasidagi qismini o'lchash bilan erishiladi. Reykaning bo'lari baraban bo'laklarining tegishli soni bilan ifodalanadi. Barabanning to'la bir aylanishi vizir nurini vertikal bo'yicha 5 mm ga parallel surilishini

ta'minlaydi. Bu esa reyka ikkita qo'shni shtrixlari orasidagi qiymatga teng. Baraban 100 ta teng bo'laklarga bo'lingani sababli uning bitta bo'lagi qiymati 0,05 mm ni tashkil qiladi.



15.1-rasm

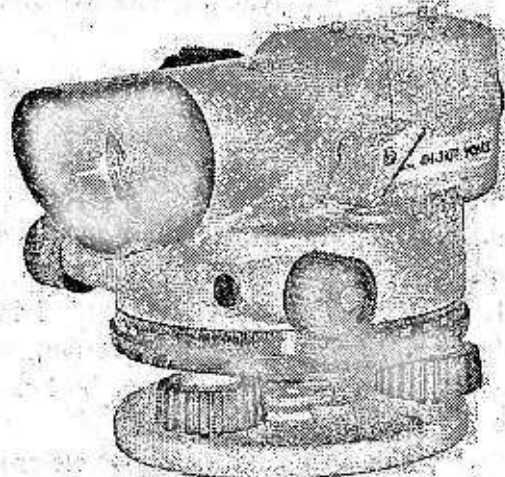
Optik mikrometr shkalasi tasviri (15.1-b rasm) trubaning ko'rish maydoniga uzatiladi, xuddi shu yerda birdaniga silindrik adilak pufakchasining yarim uchlari va ampula shkalasining tasviri ko'rinadi. Truba reykaqa qaratilganda pufakcha yarim uchlari tasviri elevatsiya vinti yordamida tutashtiriladi. Reykadan sanoq olish uchun optik mikrometr barabani aylantirilib iplar to'ringa ponaga o'xshash bissektori reykaning eng yaqin joylashgan shtrixiga kiritiladi. Keltirilgan 15.1-b rasmda reyka shkalasidan o'rta ip bo'yicha sanoq 16,5 va mikrometrdan 46 jami sanoq 16,546 ga teng.

Qarash trubasini quyoshdan qizib ketishidan himoyalash maqsadida truba, silindrik adilak va optik mikrometr mexanizmi termohimoyalovchi metall qobiqqa joylashtirilgan. Nivelir bilan bitta bekatda nivelirlashning o'rta kvadratik xatosi $m_b = \pm 0,2$ mm, optik mikrometr bitta bo'lagining qiymati 0,05 mm ni tashkil qiladi.

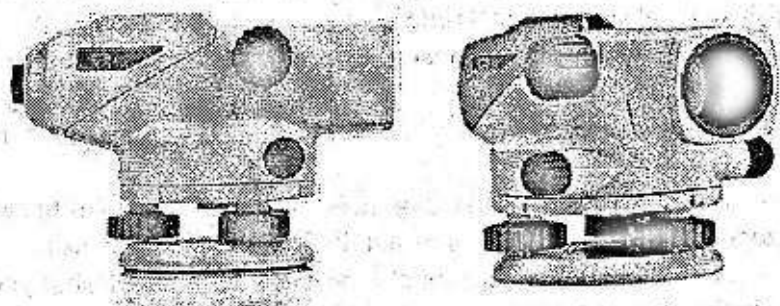
4H-3KJI kompensatorli niveliri. Vizir o'qi o'z-o'zidan gorizont holatga keluvchi III, IV sinf va texnik nivelirlash hamda qurilish maydonchlarida nivelirlash ishlarini bajarish uchun xizmat qiladi (15.2-rasm). U reykaqa aniq qaratish va birdaniga tasvirni fokusga keltirish imkonini beruvchi friksiyali mexanizm bilan jihozlangan.

Asbob magnitli kompensator bilan ta'minlangan bo'lib, kuchli shamol esishi va gruntni zichlanishidan qat'i nazar vizir chizig'i ho-

latining ustuvorligini ta'minlaydi; kompensatorni ishlash chegarasi 15'. Qarash turibasini kattalashtirishi $23\times$, trubani vizirlash eng kichik masofasi 1,2 m, dalnomer koeffitsiyenti 100, 1 km masofaga to'g'ri va teskri nivelirlashni o'rta kvadratik xatosi $\pm 2,5$ mm. Ushbu nivelir Rossiyaning Yekaterenburg shahrida ishlab chiqariladi.



15.2-rasm



15.3-rasm

C300 va C310 kompensatorli nivelirlari. «SOKKIA» firmasi (Yaponiya) ishlab chiqaradi (15.3-rasm). Geometrik nivelirlash usulida III, IV sinf va texnik nivelirlashda hamda qurilish ishlarida qo'llanadi. Mayatnikli optik mexanik kompensatorga ega bo'lib, uning ishlash chegarasi $\pm 15'$ ga teng. Qarash trubasining kattalashtirishi tegishlicha $28\times$ va $26\times$ ga teng, kuzatishning eng kichik masofasi

0,3 m, ipli dalnomer koeffitsiyenti 100, 1 km masofani to'g'ri va teskari yo'nalishlarda nivelirlashning o'rta kvadratik xatosi ± 2 mm. Nivelirni dastlabki o'rnatish doiraviy adilak yordamida amalga oshiriladi. Vizir o'qini aniq gorizontal holga o'rnatish esa avtomatik ravishda kompensator yordamida ta'minlanadi. Nivelir gorizontal limbga ega bo'lib, uning bo'lak qiymati 1° ni tashkil qiladi.

Yangi texnologiyalarga asoslangan elektron-raqamli nivelirlar

Keyingi yillarda yuqori aniq va aniq nivelirlarning yangi turi – elektron-raqamli nivelirlar ishlab chiqilmoqda va ular amaliyotda keng qo'llanilmoqda. Bularga misol qilib, Dini 11, Dini 21 Carl Zeiss (Germaniya); Dini 12, Dini12T, Dini22, Dini0.3 Trimble (AQSh); DNA03, DNA10, Sprinter 150M Leica (Shveysariya); Sokkia SDL50, DL-101C, DL-102C TOPCON (Yaponiya) va boshqa raqamli nivelirlarni keltirish mumkin.

An'anaviy nivelirlardan raqamli nivelirlar elektronika bilan ji-hozlanganligi va maxsus ish dasturlari yordamida ta'minlanganligi bilan farq qiladi. Bu esa dala o'lchash ishlari va natijalarining ishlab chiqish jarayonlarini avtomatlashtirish imkonini beradi, jumladan:

- shtrix-kodli nivelir reykasini bo'yicha sanoq olishini avtomatik ravishda bajarish;
- yer egriligi va refraksiya xatolari uchun tuzatmalarni avtomatik ravishda kiritish;
- nivelir bilan reyka orasidagi masofa 100 m gacha bo'lganda gorizontal quyilishni 25 mm gacha aniqlikda avtomatik o'lchash;
- o'lchash natijalarini avtomatik ravishda ichki yoki tashqi yodlash (xotira) moduliga yozish;
- nivelirlash yelkalarini (nivelirdan orqa va oldindagi reykalarga gacha masofalar) tengligi va nisbiy balandlik o'lchash natijasini avtomatik tekshirib borish;
- o'lchash natijalarini avtomatik ishlab chiqib, nuqtalar balandligini ekranga chiqarish;
- o'lchangan ma'lumotlarni yozib saqlash uchun PCMCIA kartasi va USB moslamalardan foydalanish;

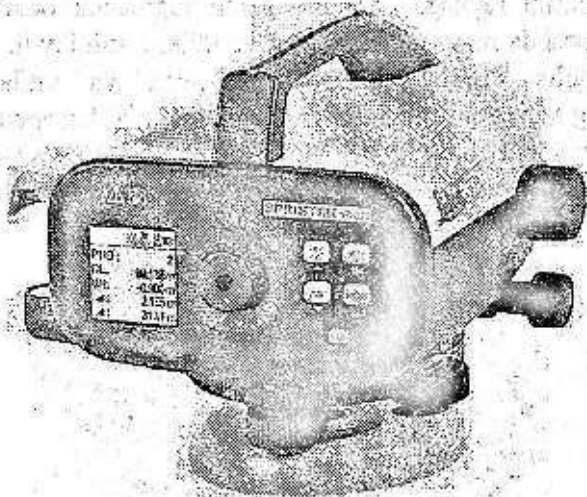
Asbobni boshqarish jarayoni qulay, shuningdek, undan foydalanishni o'zlashtirish oson.

Trimble Dini 12 raqamli niveliri bilan 1 km yo'lni to'g'ri va teskari yo'nalishlarda invar reyka orqali 0,3 mm aniqlikda, oddiy buk-lama reyka qo'llab esa 1 mm aniqlikda o'lchash mumkin. Bekatda turib 2,5 m dan 100 m gacha masofadagi nuqtalar nisbiy balandligi 4 soniya vaqtda o'lchanadi. Nivelir kompensatorining ishlash chega-rasi $\pm 15'$ ga teng.

Nivelirda o'rnatilgan dastur alohida o'lchash, qayta o'lchash, o'rta-dan va oldinga nivelirlash, rejalash ishlari va nivelir yo'lini tenglash kabi jarayonlarni bajarishni ta'minlaydi.

Reykadan olingan sanoqlarni nivelir xotirasiga yozib saqlash yoki asbob displeyi (ekrani)dan o'qib, jurnalga yozish mumkin.

Leica Sprinter 150 M raqamli niveliri (15.4-rasm). Qo'llash doirasi: poydevorlar opolubkalarini o'rnatish va tekshirish, kotlovan-larni qurish, III va IV. sinf nivelirlashni bajarish, injenerlik inshoot-larni qurish, syomka balandlik asosini qurish va boshqalar.



15.4-rasm

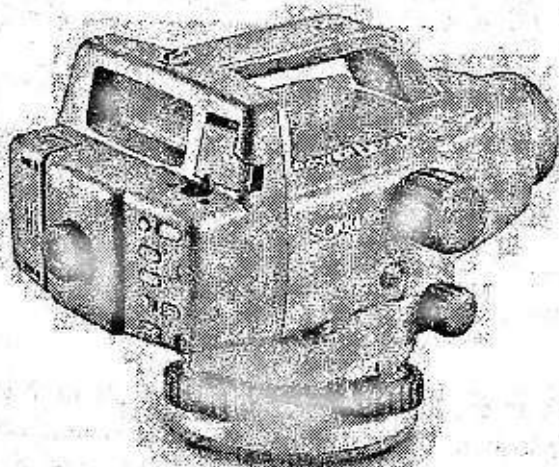
O'lchashlar aniqligi: shtrix kodli reyka bilan 1 km ikkilangan yo'lni nivelirlash o'rta kvadratik xatosi $\pm 1,5$ mm, oddiy shashkali reyka bilan esa $\pm 2,5$ mm; xotirasining sig'imi 1000 ta nuqta. Asbob

komplekti: nivelir, keys, sozlash vintlari to'plami, yo'riqnoma, 4 ta AA batareyasi va ma'lumotlarni uzatish kabeli.

Masofalarni o'lchash chegarasi 2-100 m, o'lchash aniqligi 10 mm, eng kichik fokus masofasi 0,5 m. Qarash trubasi to'g'ri tasvirli, kattalashtirishi $24\times$, kompensatorning ishlash diapazoni 10', kompensator tipi magnitli dempferli, nivelir vazni 2,55 kg.

O'lchashlarni standart dasturi: masofa va nisbiy balandliklarni o'lchash, nuqtalar balandliklari farqini aniqlash, nivelir yo'llarini o'tkazish, ma'lumotlarni saqlash va uzatish, uyma chuqurligi va ko'tarmalar balandligini aniqlash.

Sokkia SDL50 raqamli niveliri (15.5-rasm). Maxsus elektron qurilma bilan ta'minlangan bo'lib, shtrix-kodli reyka bo'yicha avtomatik sanoq olib xotirada saqlaydi. Shunda «insonga xos bo'lgan» reykadan sanoq olish xatosini sodir bo'lishiga barham beriladi. Shu bilan birga, ushbu nivelirlar bilan standart nivelir reykasidan foydalanib an'anaviy tarzda ko'z bilan sanoq olib ham nivelirlashni bajarish mumkin. Ishlashda o'ta sodda, o'lchovchi kishi tomonidan asbob trubasini reykaga qaratib tegishli tugmacha bosilganda avtomatik ravishda masofa va nisbiy balandlikni aniqlaydi. Asbob suyuq kristallic displey bilan ta'minlangan va unda o'lchash natijasining tasviri ko'rinadi. U mayatnik tipidagi kompensator bilan ta'minlangan va 1° li bo'laklarga bo'lingan limb doirasiga ega.



15.5-rasm

O'lchashlar rejimi:

- yakka o'lchash;
- qayta o'lchash;
- o'rta qiymatni o'lchash;
- reykani kuzatib borish (treking).

Asbob xotirasi 200 ta nuqtani saqlash imkoniga ega. O'rnatilgan dasturiy ta'minot funksiyasi:

- oldingi nuqtalar nisbiy balandligi va (mutlaq) balandligini hisoblash;

- bekatdan va bekatsiz nivelirlash;

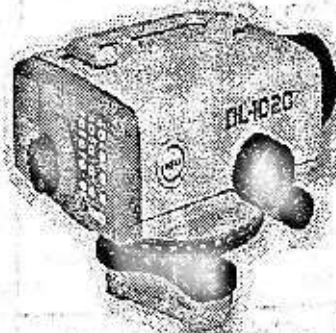
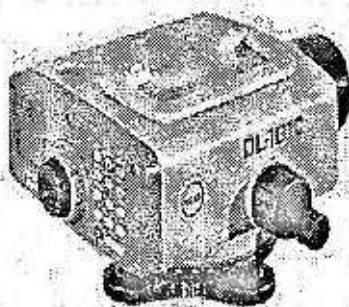
- balandlikni aniqlash;

- balandlikni joyga ko'chirish.

Topcon DL-101C, DL-102C raqamli nivelirlari (15.6-rasm) yuqori aniq va aniq nivelirlash ishlarini amalga oshirish uchun mo'ljallangan.⁸

Topcon DL-101C/102C raqamli nivelirlarni qo'llash sohalari quyidagilardir:

- nivelir tarmoqlarini qurish;
- inshootlar deformatsiyasini kuzatish;
- chiziqli inshootlarni trassalash;
- yuzani nivelirlash;
- topografik syomka;
- yo'l qurilishlari (bo'ylama va ko'ndalang kesimlar, balandliklarni joyga ko'chirish).



15.6-rasm

⁸ Charles D Gillani, Paul R Wolf. Elementary surveying. An introduction to geomatics. New Jersey, «Pearson», 2012.

Ko'rib o'tilgan raqamli nivelirlarning texnik tavsiflari 15.1-jadvalda keltirilgan.

Raqamli nivelirlarning texnik tavsiflari

15.1-jadval

Texnik tavsiflari	Leica Sprinter 150m	Sokkia SDL50	DL 101C /102C
O'lchash aniqligi (elektron)			
1. Nivelirlash:			
1 km nivelir yo'lida O'KX			
– shtrix-kodli invar reyka	1,5 mm	0,6 mm	0,4/1,0mm
– shtrix-kod standart reyka	2,5 mm	1,5 mm	1,0 /1,5mm
2. Masofa:			
Nivelir rejimida (reykani 30 sm segmenti bilan)			
– shtrix-kodli invar reyka	20 mm	20 mm	10/20 mm
– shtrix-kod standart reyka	20 mm	25 mm	20/30 mm
3. Burchaklar			
– doirani graduirlash turi	400 grad va 360°		
– graduirlash oralig'i	1°		
O'lchash diapazoni	2 m-100 m	1,6 m-100 m	2,0 m-110 m
O'lchash vaqti	2,5 sek	3 sek	3 sek
Truba kattalashtirishi	24×	28×	32×/30×
Kompensator ishlash diapaz.	±15'	±10'	±12'/±15'
Display	Grafik, 240×160 piksellar, monoxromli, yoritkichi bilan		
Klaviatura	19 klavishli harfli-raqamli 4-pozitsiyali klavishlar navigatsiyasi bilan		
Standart dasturlar	Alohida o'lchashlar, bir necha o'lchashlar, oralik vizirlash bilan yo'llarni o'tkazish, yuza nivelirlash. Balandliklarni joyga ko'chirish		
Ichki xotira	1000 nuqta	200 nuqta	8000 nuqta
Zaryadlash qurilmasi	Litiy-ionli batareya komplekti 7,4V/2,4As	Alkalaynli batareya 6×LR6/AA /AM3 1,5V	Alkalaynli batareya 6×LR6/A A/AM3 V
Batareyaning ishlash vaqti	3 kun	3 kun	10 soat
Ishlash harorati	-20°S dan +50°S gacha		
Vazni (faqat asbobning)	2,55 kg	2,8 kg	2,8 kg

III, IV sinf va texnik nivelirash uchun dalaga chiqishdan avval har bir nivelir komplekti sinchiklab ko'rikdan o'tkaziladi. Bunda nivelir barcha qismlarini yaroqliligiga e'tibor qaratiladi – ko'targich vintlarini tekis va yumshoq aylanishi, mahkamlagich va qaratgich vintlarning butunligi va ishlashi tekshiriladi. Qarash trubasi optik qismlarini tozaligi, silindrik adilak pufakchasi uchlari va iplar to'rining ko'rish maydonidagi tasvirini tiniq va yaqqolligi, okulyar halqasi va fokuslovchi linzani surish golovkasi erkin va tekis aylanishi tekshirib ko'riladi.

Nivelirlarning sinashlari

Silindrik adilak bo'lak qiymatini reyka bo'yicha aniqlash. Bu sinash yangi olingan yoki ishlatilayotgan nivelir ishonchli natijani olish imkoniyatini bermaganda amalga oshiriladi. Tekis va ochiq joyda nivelirdan 40–60 m masofada ikkita qoziq yerga qoqiladi. Nivelir sinashdan 0,5–1,0 soat oldin ochiq joyda quyosh tushishidan zont bilan himoyalab o'rnatilib qo'yiladi. Nivelirdan qoziqlargacha masofa ± 20 sm aniqlikda o'lchanadi. Nivelir trubasi reykaga qaratilib elevatsiya vinti bilan adilak pufakchasi adilak shkalasini bir uchiga suriladi. Adilak oynachasidan pufakchani har ikkala uchlaridan shkala bo'yicha sanoqlar olinadi. Reykadan o'rta ip bo'yicha sanoq olinadi. Pufakcha elevatsiya vinti yordamida shkalani ikkinchi uchiga suriladi va yana pufakcha uchlari bo'yicha adilak shkalasidan va reykadan sanoqlar olinadi. Xuddi shu amallar reykani ikkinchi qoziqqa o'rnatib takrorlanadi.

Adilak bo'lak qiymati quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\tau = \frac{206hk}{nD} \quad (15.1)$$

Bu yerda τ – 2 mm uchun adilak bo'lak qiymati, sekund; h – reykadan olingan sanoqlar ayirmasi, mm; n – adilak pufakchasini surilgan bo'laklari soni; k – adilak shkalasi bitta bo'laging uzunligi, mm; D – nivelirdan reykagacha masofa, m.

O'lchangan natijalar va ularni ishlab chiqish 15.2-jadvalda berilgan.

Qabul	Reykadan sanoqlar	Adilak pufakchasi uchlari bo'yicha sanoqlar		Pufakcha uzunligi	Chap va o'ng sanoqlar farqi
		chap	o'ng		
		$D_1 = 50,0 \text{ m}$			
I	1750	12,2	1,0	13,2	+11,2
	1793	0,4	12,8	13,2	-12,4
farqlar	43	+11,8	-11,8		23,6
		$D_2 = 48,3 \text{ m}$			
II	1822	11,9	1,3	13,2	+10,6
	1862	0,8	12,4	13,2	-11,6
farqlar	40	+11,1	-11,1		22,2

$$\tau_I'' = \frac{206 \times 2 \times 43}{23,6 \times 50,0} = 15,0''$$

$$\tau_{II}'' = \frac{206 \times 2 \times 40}{22,2 \times 48,3} = 15,4''$$

$$\tau_{o,r}'' = 15,2''$$

Olingan natijaga ko'ra, H3 niveliri adilagi bo'lak qiymati me'yordan oshmaydi.

Dalnomer koeffitsiyentini aniqlash. Dalnomer koeffitsiyentini aniqlash uchun tekis joyda qoziq bilan nuqta mahkamlanib, unda nivelir o'rnatiladi. Nivelirdan 75–100 m masofada bir-biridan 1 metr oraliqda ikkita qoziq qoqib, nuqtalar mahkamlanadi va uchala qoziqlar orasidagi masofalar o'lchash lentasida $\pm 0,2 \text{ m}$ aniqlik bilan o'lchanadi. Birinchi nuqtada o'rnatilgan nivelir trubasi ikkinchi nuqtadagi reykaga qaratilib, uni qora tomonidan dalnomer iplari va o'rta ip bo'yicha sanoqlar olinadi. Nazorat uchun har uchala iplar bo'yicha uch martadan sanoqlar olinadi, bunda sanoqlar orasida nivelir balandligini 3–4 sm ga o'zgartirib olinadi. Xuddi shunday, amallar reykani 3-nuqtaga o'rnatib takrorlanadi. Dalnomer koeffitsiyenti quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$K = \frac{D - C}{(P - Y_u)_{o'r}}, \quad (15.2)$$

bu yerda D – nivelir bilan reyka orasidagi masofa; C – nivelir pasportidan olinadigan dalnomer doimiy qiymati; $(P - Y_u)_{o'r}$ – pastki va yuqoridagi dalnomer iplari bo'yicha olingan sanoqlar ayirmalari o'rtachasi.

Yuqoridagi (15.2) formulada $C = 0$ bo'lganda u quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$K = \frac{D}{(P - Y_u)_{o'r}}. \quad (15.3)$$

Dalnomer koeffitsiyentini aniqlash bo'yicha misol 15.3-jadvalda beriladi.

Nivelir H3 №1520

$D_1 = 100,00 \text{ m}$ $D_2 = 101,20 \text{ m}$ (teskari tasvirli reyka)

15.3-jadval

O'lchash-lar t/r	2-nuqtada o'rnatilgan reyka			3-nuqtada o'rnatilgan reyka		
	Iplardan sanoqlar	$O'r - Y_u$	$P - O'r$	Iplardan sanoq	$O'r - Y_u$	$P - O'r$
1	874	500	498	749	506	505
	1374			1255		
	1872			1760		
2	971	499	499	994	506	505
	1470			1400		
	1969			1905		
3	1078	499	500	1009	504	505
	1477			1513		
	2077			2018		
O'rtacha		499,3	499,0		505,3	505,0
		998,3			1010,3	

Dalnomer doimiyliigi $C = 0$.

Yuqoridagi (15.3) formuladan topamiz:

$$K_1 = \frac{100,00}{0,9983} = 100,2$$

$$K_2 = \frac{101,20}{1,0103} = 100,2$$

$$K_{o,r} = 100,2$$

Sinash natijasiga ko'ra, H3 nivelirining dalnomer koeffitsiyenti me'yor doirasida.

Kompensatorli nivelirni sinash. Kompensatorli nivelirni tekshirishlari bajarilgandan so'ng kompensatorni sinashga o'tiladi. Bunda kompensatorning ishlash sifati aniqlanadi. Bu ish laboratoriya sharoitida ekzaminatorda bajariladi. Kompensatorning ish sifatini dala sharoitida ham sinash mumkin. Bunda ishlar quyidagicha bajariladi. Nivelir ikkita reyklar stvorida o'rtada o'rnatiladi va nisbiy balandlik doiraviy adilakni 15.7-rasmda keltirilgan holatlarida o'lchanadi. Bunday qiyalashtirishda kompensator ishonchli va qotib qolmasdan ishlashi kerak.



15.7-rasm

Kuzatishlar 5 tadan iborat seriyalarda bajariladi. Har bir seriyadagi nivelirni barcha qiyalashtirishda nisbiy balandlik reykaning bitta tomoni bo'yicha o'lchanadi. Seriyalar orasida asbob balandligi o'zgartirib olinadi. III sinf nivelirlashda bu sinash dalaga chiqishdan oldin bajariladi. Bunda reyklar 50 metr va 100 metr masofalarda o'rnatiladi. Dalaga chiqqandan so'ng ikki uch oy o'tganda sinash dala sharoitida 100 metr masofada qaytariladi. IV sinf va texnik nivelirlashda masofa 100 metr olinadi.

Nivelirni bo'yiga va ko'ndalangiga qiyalashtirib o'lchangan nisbiy balandliklar adilak pufakchasi nol punktda turganda o'lchangan nisbiy balandlikdan III sinf nivelirlashda 3 mm, IV sinf va texnik nivelirlashda esa 5 mm dan oshmasligi kerak.

Kompensatorni sinash bo'yicha misol 50 metr masofa uchun quyidagi 15.4-jadvalda keltirilgan.

Nivelir 4H-3KJ №079

15.4-jadval

O'lash seriyalari	Adilak pufakchasi 0 punktida nis- biy bog'lash	Nisbiy balandlik, m			
		Bo'yiga qiyalashtirish		Ko'ndalangiga qiyalashtirish	
		+5'	-5'	+5'	-5'
D=50 m					
1	+1,576	+1,578	+1,575	+1,576	+1,577
2	+1,577	+1,577	+1,574	+1,575	+1,575
3	+1,575	+1,576	+1,576	+1,577	+1,575
4	+1,575	+1,578	+1,575	+1,576	+1,576
5	+1,576	+1,576	+1,576	+1,577	+1,577
O'rtacha	+1,576	+1,577	+1,575	+1,576	+1,576

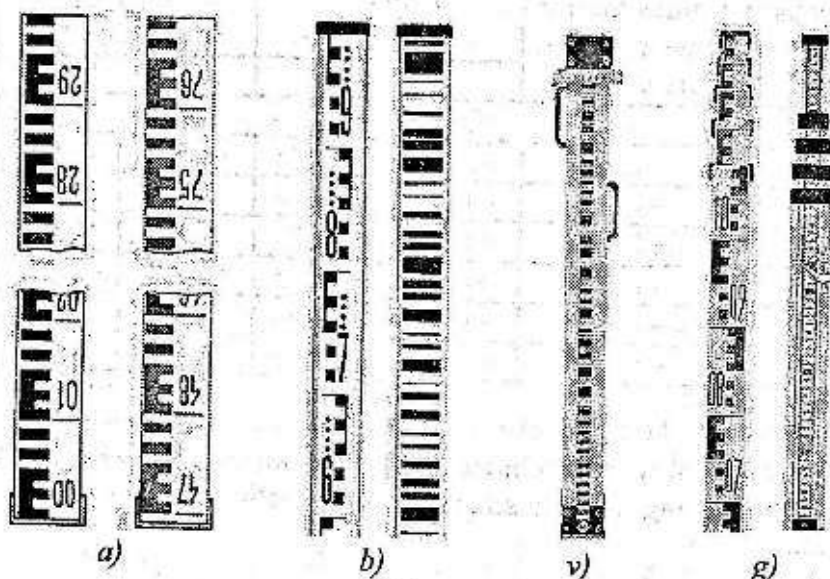
Jadvaldan ko'rinishicha adilak pufakchasini turli holatlarida o'lchangan nisbiy balandliklar farqi juda kichik. Demak, nivelir kompensatorining ishlash sifati III sinf nivelirlash talabiga javob beradi.

15.2. Nivelir reykalari va ularning sinashlari

III sinf nivelirlashda sm li bo'laklarga bo'lingan, ikki tomonli uch metrli yaxlit yog'och reykalari PH3 qo'llaniladi. Nivelirlashda H2 niveliri ishlatilsa, 3 m li yaxlit bir tomonli invar reykalari ishlatiladi (15.8-v rasm).

PH3 reykasi (15.8-a rasm) pishiq yog'ochdan uzunligi 3000 mm, eni 60-70 mm va qalinligi 30-40 mm qilib yasaladi va unga maxsus ishlov beriladi. Reyka bo'laklari santimetrli shashkalar bilan belgilangan. Reykaning bir tomoniga shashkalar qora rangda, ikkinchi tomoniga qizil rangda tushiriladi. Reyka qora tomonining no'li uning to'voni (pyatka) bilan to'g'ri keladi. Bir juft reykalar qizil tomonining no'li bitta reykada 4683, ikkinchisida esa 4783 ga surib belgilangan bo'lib, u reykadan sanoq olish to'g'riligini nazorat qilishni ta'minlaydi. Reykaning det-simetrl bo'laklari arab raqamlari bilan yoziladi. Ular ayrim reykalarda

to'g'ri va ayrimlarida teskari yozilgan bo'ladi. Qarash trubasi to'g'ri tasvir hosil qiluvchi nivelirlar uchun to'g'ri raqamlangan reykalar, teskari tasvir hosil qiluvchi nivelirlar uchun esa teskari raqamlangan reykalar olinadi. PH3 reykasini ikki yonida o'rnatilgan tutqichlar va bo'lak qiymati 2 mm ga 20' li doiraviy adilakka ega. Bu adilak yordamida reyka-dan sanoq olishda uni tik tutilishi ta'minlanadi.



15.8-rasm

IV sinf nivelirlashda PH3 reykasidan tashqari PH4 ikki tomonli buklama reykalar ham qo'llaniladi. Bunday reykalar doiraviy adilakka ega bo'lmazligi ham mumkin. Hozirgi kunda IV sinf va texnik nivelirlash uchun korpusi alyumindan yasalgan uzunligi 5 m gacha uzaytiriladigan periskopik reykalar ishlab chiqiladi. Periskopik reyaning bir tomoniga santimetrli shashka bo'laklar, orqa tomoniga esa 1 mm li bo'laklar tushirilgan (15.8-g rasm).

Raqamli nivelirlar bilan nivelirlashda shtrix-kodli (15.8-b rasm) va invar (15.8-v rasm) reykalar qo'llaniladi.

Raqamli nivelirlarda nivelir o'lchash matritsasi bo'yicha ma'lumot olish uchun maxsus shtrix-kodli reykalar kerak. Kod – nivelir reykasining butun uzunligi bo'yicha tushirilgan qora va oq polosalar (chiziqlar) turkumidir. Bunday kodli reykalar nivelir yo'llarini o'tkazishda asosiy xatoliklarga chek qo'yadi va asbob bilan

ishlashda qulaylik tug'diradi. BAR – kodli reykalarda raqamli nivelirda ishlash uchun eng zarur element hisoblanadi. Bunday reykaga misol qilib Trimble shtrix-kodli reykani ko'rsatish mumkin. Reyka uzunligi 4 m periskop tipida bo'lib, uning bir tomoniga kod – qora va oq polosalar (chiziqlar) tushirilgan, ikkinchi tomoni esa shashkali «E» bo'laklarga bo'lingan.

Sokkia BGS50 shtrix-kodli reyka 5 m uzunlikka ega bo'lib, ikki yoqli shtrix-kodli va shashkali bo'ladi. Sokkia BIS20 shtrix-kodli invar reykasi bir tomonli hisoblanib, uzunligi 2 m ni tashkil etadi.

Dala o'lchash ishlariga chiqishdan oldin reykalar sinchiklab ko'rib chiqilishi va sinashlardan o'tkazilishi kerak. Reykalarning quyidagi sinashlari bajarilishi talab qilinadi.

Reykalar komplekti metrli bo'lagining o'rtacha uzunligini aniqlash. III sinf nivelirlashda bir juft reykalar metrli bo'laki o'rtacha uzunligini dala o'lchash ishlaridan oldin va ishlar tugagandan so'ng hamda bir martotaba har bir-ikki oyda aniqlanadi. IV sinf nivelirlashda dala ishlaridan oldin va tugatilgandan keyin, texnik nivelirlashda dala ishlaridan oldin bajariladi.

Reykalar komplektining metrli bo'laklari uzunligi kameral sharoitda nazorat chizg'ichi yordamida aniqlanadi. Sinashdan avval o'tkir uchli qalam yordamida reykalarni qora tomoni shashkali bo'laklari 01; 10; 20 va 29 va qizil tomoni 48; 57; 67 va 76 bo'laklari ingichka shtrixlar chizib belgilab chiqiladi.

Reykani tekis sirtli polga yotqizib qo'yib, uning har bir metrli oralig'i (1 – 10, 10 – 20, 20 – 29, 48 – 57, 57 – 67 va 67 – 76) nazorat chizg'ichi yordamida avval to'g'ri yo'nalishda, keyin teskari yo'nalishda o'lchab chiqiladi. Teskari o'lchashlarda nazorat chizg'ichi 180 ga burab olinadi. O'lchash nazorat chizg'ichi shkalasidan reyka metrli bo'lagini shtrix bilan belgilangan uchidan ikki martadan sanoq olishdan iborat bo'ladi. Sanoqlar nazorat chizg'ichi lupasi yordamida 0,02 mm aniqlikda olinadi. Ikkinchi marta sanoq olishda nazorat chizg'ichi ozroq surilib olinadi.

Nazorat chizg'ichining chap va o'ng uchlari bo'yicha sanoqlar ayirmasi har bir bo'lak uchun 0,1 mm dan oshmasligi kerak. Aks holda, o'lchash yana takrorlanadi. Reykaning har bir tomonini o'lchash boshida va oxirida nazorat chizg'ichi harorati o'lchanib boriladi. Keltirilgan 15.5-jadvalda PH3 (2842-son) shashkali reyka

qora tomoni metri o'rtacha uzunligini aniqlash natijasi berilgan. O'lchangan uzunliklarga nazorat chizg'ichini reykaning komporlash vaqtidagi haroratga keltirish uchun tuzatma kiritiladi. Tuzatma quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\Delta L = \Delta_{komp} + \alpha(t - t_{komp}). \quad (15.4)$$

Bu yerda Δ_{komp} – nazorat chizg'ichi pasportidan olinadigan chizg'ichni etalonlashdagi haroratda chizg'ich metrli bo'lagi uzunligini 1000 mm dan farqi; α – nazorat chizg'ichi kengayishining chiziqli koeffitsiyenti (agar chizg'ich bronzadan yasalgan bo'lsa, 1°C ga $\alpha = 0,018 \text{ mm}$); t – reykani sinash vaqtidagi nazorat chizg'ichining harorati; t_{komp} – nazorat chizg'ichining komporatorda etalonlashdagi harorati.

Nazorat chizg'ichi №0721

Chizg'ich tenglamasi $\Delta L = 0,01 + 0,018(t - 16,8^\circ) \text{ mm}$

15.5-jadval

15.5-jadval

Reyka bo'lak- lari	Nazorat chizg'ichidan sanoqlar, mm			O'rtacha o'ng- chap, mm	Nazorat chizg'ichi uzunligiga harorat uchun tuzatma, mm	Reyka bo'laklari uzunligi, mm
	chap	o'ng	o'ng- chap			
$t = +8,6^\circ$						
1-10	0,00	900,14	900,14	900,12	-0,11	900,01
	0,44	900,54	900,10			
10-20	0,10	1000,24	1000,14	1000,16	-0,12	1000,04
	0,36	1000,55	1000,19			
20-29	0,08	900,06	899,98	899,96	-0,11	899,85
	0,30	900,24	899,94			
$t = +8,7^\circ$						
29-20	0,14	900,10	899,96	899,93	-0,11	899,82
	0,28	900,18	899,90			
20-10	0,00	1000,10	1000,10	1000,12	-0,12	1000,00
	0,50	1000,64	1000,14			
10-1	0,12	900,22	900,10	900,11	-0,11	900,00
	1,36	901,48	900,12			
	3,68	11204,48	11200,81	5600,40	-0,68	5599,72

Reyka metrining o'rtacha uzunligi, uni qora tomoni bo'yicha quyidagiga teng $\Delta L = 5599,72:5,6 = 999,95$ mm.

Reykaning detsimetrli bo'laklari xatosini aniqlash. Reykaning detsimetrli bo'laklari xatolari uning qora va qizil tomonlari uchun 1 – 29 va 47 – 76 shtrixlari orasida nazorat chizg'ichi yordamida aniqlanadi. Detsimetrli bo'laklar xatosi III sinf nivelir reykalari uchun $\pm 0,4$ mm, IV sinf uchun $\pm 0,6$ mm va texnik nivelirlash reykalari uchun $\pm 1,0$ mm dan oshmasligi kerak. Ushbu xatoni aniqlash III sinf reykalari uchun dala ishlariga chiqishdan avval IV sinf va texnik nivelirlash reykalari uchun yangi reykalar olinganda bajariladi.

Dastlab reyka detsimetrli bo'laklari uchlari o'tkir qalam va metall chizg'ich bilan ingichka shtrixlar chizib belgilab chiqiladi. Reykani tekis polga yotqizib nazorat chizg'ichini metrli bo'laklarga qo'yilib, har bir detsimetrli bo'lak shtrixi bo'yicha chizg'ichdan sanoq olinadi. Keyin chizg'ichni ozroq surib o'matilib, ikkinchi marotaba sanoqlar olinadi. Xuddi shunday tarzda reykani qizil tomoni bo'yicha ham detsimetrli bo'laklar shtrixlari bo'yicha ikki marotabadan sanoqlar olinadi.

O'lchashlar jarayonida nazorat chizig'ining birinchi lupasidan chizg'ichning qo'zg'almas turishi nazorat qilinsa, ikkinchi lupani surib, har bir detsimetrli bo'lak shtrixi bo'yicha chizg'ichdan sanoq olinadi. Har bir metrli bo'lakda o'lchash ishlarini olib borish boshida chizg'ich harorati o'lchab olinadi.

Bir vaqtning o'zida reyka qora tomoni nol bo'lagini reyka to'voni tekisligi bilan to'g'ri kelishi ham tekshiriladi. To'g'ri kelmaslik xatosi III va IV sinf nivelirlash reykalari uchun $\pm 0,5$ mm dan, texnik nivelirlash uchun qo'llaniladigan reykalari uchun – $\pm 1,0$ mm dan oshmasligi kerak. Bu ham o'lchash nazorat chizg'ichida bajariladi.

Detsimetrli bo'laklar xatosini aniqlashdagi o'lchashlar natijasi va uni ishlab chiqish 15.6-jadvalda keltirilgan. Unda reyka qora tomonining 9 ta detsimetrli bo'laklarini o'lchash natijalari va ularni ishlab chiqish tartibi berilgan. Reykaning qolgan detsimetrli bo'laklari ham xuddi shunday tarzda o'lchanib ishlab chiqiladi.

Jadvaldan reyka qora tomoni birinchi metrdagi detsimetrli bo'laklarni sistematik xatosi o'rtacha qiymati quyidagiga teng:

$$\sigma = \frac{+0,36}{9} = +0,04 \text{ mm.}$$

Detsimetrli bo'lakning eng katta tasodifiy xatosi $+0,16$ mm va $-0,16$ mm ga teng (15.6-jadvaldan).

Nazorat chizg'ichi № 0721

Reykaning qora tomoni

15.6-jadval

Detsimetr №	Nazorat chizg'ichidan sanoqlar, mm		Farqi II-I, mm	Sanoqlar o'rtachasi, mm	Detsimetrli bo'lak xatosi Δ , mm	Detsimetrli bo'lak tasodifiy xatosi δ , mm
	I	II				
1	2	3	4	5	6	7
1	0,00	0,28	0,28	0,14	-	-
2	100,12	100,45	0,33	100,28	+0,14	+0,10
3	200,03	200,28	0,25	200,16	-0,12	-0,16
4	300,15	300,50	0,35	300,32	+0,16	+0,12
5	400,08	400,33	0,25	400,20	-0,12	-0,16
6	500,20	500,50	0,30	500,35	+0,15	+0,11
7	600,22	600,50	0,28	600,36	+0,01	-0,03
8	700,100	700,44	0,34	700,27	-0,09	-0,13
9	800,14	800,46	0,32	800,30	+0,03	-0,01
10	900,35	900,65	0,30	900,50	+0,20	+0,16
10	0,00					
					$\Sigma=+0,36$	

Jadvalning 6-ustunida topilgan reykaning har bir detsimetrli bo'lagi haqiqiy xatosidan hisoblab olingan sistematik xato σ qiymatini ayirib reyka detsimetrli bo'laklarining tasodifiy xatosi (7-ustun) topiladi.

Reykalar jufti nol uchlarining balandliklari farqini aniqlash. Dala o'lchash ishlariga chiqishdan oldin bir juft reykalar qora va qizil tomonlari nol uchlarining farqini aniqlab olinadi. Buning uchun o'rnatilgan nivelirdan 15-20 m masofada bir-biriga yaqin qilib, to'rtta qoziq yerga qoqilib mahkamlanadi. Har bir qoziqqa navbatma-navbat ikkala reykalar tik o'rnatilib, ularning qora va qizil tomonlaridan sanoqlar olinadi. Bu amallar bitta qabulni tashkil qiladi. Xuddi shu tarzda ikkinchi qabul bajariladi. Qabullar orasida nivelir balandligi 30 mm dan kam bo'lmagan qiymatga o'zgartirib olinadi. Olingan natijalar jadvalga yozilib unda ishlab chiqiladi (15.7-jadvalga qaralsin).

Qabullar №	Qoziq №	Reykalardan sanoq				Sanoqlar ayirmasi			
		№1		№2		№1 qizil- qora	№2 qizil- qora	№1 – №2	
		qora	qizil	qora	qizil			qora	qizil
I	1	1363	6150	1362	6051	4787	4689	+1	+99
	2	1412	6200	1411	6099	4788	4688	+1	+101
	3	1491	6276	1491	6178	4786	4687	0	+98
	4	1592	6379	1591	6279	4787	4688	+1	+100
II	1	1409	6197	1410	6099	4787	4689	-1	+98
	2	1457	6245	1458	6147	4788	4689	-1	+98
	3	1538	6325	1539	6227	4787	4688	-1	+98
	4	1638	6426	1636	6325	4788	4689	+2	+101
Σ		11900	50198	11898	49405	38298	37507	+2	+793
O'rtacha		1487,5	6274,8	1487,2	6175,6	4787,2	4688,4	+0,2	+99,1

III va IV sinf nivelirlashda agar bir juft reykalalar qora va qizil tomonlari nol uchlari balandligi farqi ± 1 mm dan va texnik nivelirlashda ± 2 mm dan oshmasa, ular e'tiborga olinmaydi. Agar bu farqlar katta bo'lib, yo'lda bekatlar toq sonni tashkil qilsa, nisbiy balandliklarga tuzatma kiritilishi kerak.

Yuqoridagi jadvalda №1 va №2 reykalalar nol uchlari balandliklari farqi qora tomonlar uchun $+0,2$ mm, qizil tomonlar uchun esa $+99,1$ mm ga teng. Shunda reykalalar juftining nol uchlari balandligi farqi $+0,2 - 99,1 = -98,9 \approx -99$ mm ga teng.

Nivelirlash bekatida reykalarni qora va qizil tomonlari bo'yicha olingan nisbiy balandliklar farqi va reykalalar nol uchlari balandligi farqi 99 ± 3 mm qiymat bilan solishtiriladi. Agar nisbiy balandliklar farqi 99 ± 3 mm (96 – 102) qiymatdan, katta farq qilsa bekatda nivelirlash qayta takrorlanadi.

Reykada o'rnatilgan doiraviy adilak holati to'g'riligini tekshirish. III sinf nivelirlashda reykadagi doiraviy adilak to'g'riligi kundalik ishni boshlashdan avval shovun yoki nivelir qarash trubasining iplar to'ri vertikal ipi yordamida tekshirib olinadi. Iplar to'rini vertikal ipi yordamida tekshirish ko'proq qo'llanadi. Buning uchun

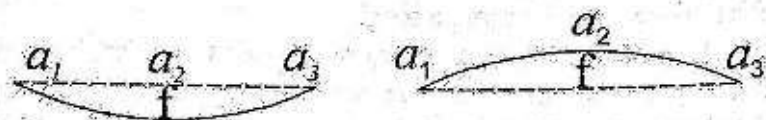
ishchi holatga keltirib o'rnatilgan nivelirdan 50 m masofada reykaning qo'yib nivelir trubasi unga qaratiladi. Kuzatuvchining ko'rsatmasi bo'yicha reykaning yon qirrasini truba iplar to'ri vertikal ipi bilan tutashdirib o'rnatiladi. Shunda reykada o'rnatilgan doiraviy adilak pufakchasi markazda joylashsa, u to'g'ri o'rnatilgan hisoblanadi. Aks holda, adilakni tuzatgich vintlari yordamida pufakcha markazga suriladi. Keyin reyka qirrasini 90° ga aylantirib qo'yilib, adilakni sozlash takrorlanadi.

Reyka bukilishi strelkasini aniqlash. Reykalarga tashqi ob-havo ta'siri va ular bilan beparvolik bilan ishlash oqibatida reykalar bukilishi sodir bo'ladi. Bu holat esa nivelirlashda xatoga yo'l qo'yishga sabab bo'ladi. Shu sababli oyiga bir marotaba reykaning bukilish strelkasini aniqlab borish talab qilinadi.

Buning uchun reyka tekis polga yon biqini bilan yotqizib qo'yilib, ingichka sim yoki ip olinib, reykaning har ikkala uchlarini orasida tarang tortiladi va metall chizg'ich yordamida shashkali reykani 1; 15 va 29 yoki 48; 63 va 77 bo'laklarida ipdan reykaning cirtigacha masofalar o'lchanadi. O'lchab topilgan a_1 , a_2 va a_3 qiymatlari (15.9-rasm) orqali reykaning bukilish strelkasi qiymati quyidagicha hisoblanadi:

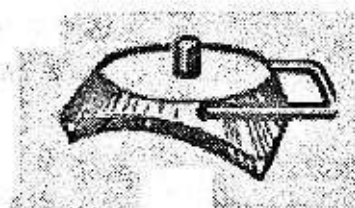
$$f = a_2 - \frac{a_1 + a_3}{2}. \quad (15.5)$$

Shashkali reykalarda f qiymati 10 mm dan oshmasligi kerak.



15.9-rasm.

Nivelir reykalari III va IV sinf hamda texnik nivelirlashda metall boshmoq (15.10-a rasm), metall qoziq (15.10-b rasm) yoki yog'och qoziqlarda o'rnatib bajariladi. Talabga ko'ra ular o'lchash va nivelirni bekatdan bekatga olib o'tish vaqtida qo'zg'almay turishi kerak. Metall boshmoq og'irligi 3-5 kg, kostil esa 0,5-3,0 kg ni tashkil qiladi.



a)

b)

15.10-rasm

Nivelir yo'li trassasida uning gruntlari holatidan kelib chiqib turli tipdagi o'tish nuqtalari qo'llaniladi:

– zich va toshloq gruntlar sharoitida uzunligi 20 sm va yo'g'onligi 2 sm kostillar hamda metall boshmoqlar;

– nam va yumshoq gruntlarda grunt sharoitidan kelib chiqib uzunligi 30–40 sm, yo'g'onligi 5–10 sm yog'och qoziqlar.

Asfalt bo'yicha nivelirlashda uzunligi 7–10 sm va yo'g'onligi 1 sm po'lat kostillar ishlatiladi. Asfaltida metall boshmoqlardan foydalanish tavsiya etilmaydi.

15.3. III va IV sinf nivelirlash xatolari manbalari

Nivelirlash natijasiga asbob xatolari, kuzatuvchi va tashqi muhit ta'siri xatolari salbiy ta'sir etadi. Bu xatolar bir-biriga bog'liq bo'lmay, ulardan asosiylari qarash xatosi m_{qar} va vizir o'qi i burchagini havo haroratidan o'zgarishi xatosi hisoblanadi.

Qarash xatosi qarash trubasini kattalashtirishi, adilak bo'lagi qiy-mati τ va uning nay shishasining ichki sirtini yasash sifati, kompensatorning vizir o'qni gorizontol holatga keltirish sifati va qarash nurining uzunligiga bog'liq.

Qarash xatosi m_{qar} quyidagi xatolardan tashkil topadi:

a) shashkali reyka bo'yicha sanoq olish xatosi, u quyidagi formuladan aniqlanishi mumkin:

$$m_{san} = \frac{30L}{V\rho} \quad (15.6)$$

Bu yerda L – nivelirdan reykgagacha masofa; V – nivelir truba-sining kattalashtirishi.

Tutashtirish usulida nivelirlashda bu xatolik reykaning shtrixiga bissektorni kiritish xatosidan iborat va u quyidagi formuladan aniqla-nadi:

$$m_{qarat} = \frac{10L}{V\rho''}. \quad (15.7)$$

b) kontaktli adilak pufakchasi uchlarining tutashtirish xatosi, u quyidagicha hisoblanadi:

$$m_{fut} = \frac{0,03\tau L}{\rho''}. \quad (15.8)$$

Bu yerda τ – adilak bo'lagini 2 mm yoy kesimiga to'g'ri keluvchi qiymati.

v) reykanı shashkali santimetrli bo'lagidan olingan sanoqni yax-litlash xatosi, u $m_{yax} = \pm 0,5 \text{ mm}$ ga teng. Umuman olganda, o'rta ip bo'yicha nivelirlashda qarash xatosini quyidagicha hisoblash mum-kin:

$$m_{qar} = \sqrt{\left(\frac{30L}{V\rho''}\right)^2 + \left(\frac{0,03\tau L}{\rho''}\right)^2 + m_{yax}^2}. \quad (15.9)$$

Bekatda reykalarning bitta tomoni bo'yicha o'lchangan nisbiy balandlik xatosi quyidagiga teng:

$$m'_{bek} = m_{qar}\sqrt{2}. \quad (15.10)$$

Reykalarning har ikkala tomonlari bo'yicha o'lchangan nisbiy balandlikning o'rtacha qiymati xatosi quyidagiga teng:

$$m_b = \frac{m_{bek}}{\sqrt{2}} = \frac{m_{qar}\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = m_{qar}. \quad (15.11)$$

Formuladan ko'rinishicha, nisbiy balandlikning bekatdagi xatosi qarash xatosi m_{qar} ga teng.

Masalan, III sinf nivelirlashda vizir nurining uzunligi 75 m, qarash trubasini kattalashtirishi $V = 30^\circ$ va adilak bo'lak qiymati $\tau = 20''$ bo'lganda (15.9) formuladan hisoblaymiz:

$$m_{\text{qar}} = \pm 0,8 \text{ mm.}$$

Havo harorati ta'sirida i burchakning o'zgarishidan sodir bo'ladigan xatolik (truba vizir o'qini silindrik adilak o'qiga parallel emaslik xatosi). Bu xatolik o'lgangan har bir nisbiy balandlikka ta'sir etadi. O'lgangan nisbiy balandlikka i burchagining o'zgarishidan sodir bo'ladigan xatolik quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\Delta h = \Delta_{\text{or}} - \Delta_{\text{ol}} = tgi(L_{\text{or}} - L_{\text{ol}}). \quad (15.12)$$

Bu yerda L_{or} va L_{ol} – nivelirdan orqadagi va oldindagi reykalargacha masofalar. Agar burchak $i = 10''$ va bekatda reykalargacha masofalarning farqi 5, 10 va 25 m bo'lganda, o'lgangan nisbiy balandliklarga ushbu xatolik tegishli 0,25, 0,50 va 1,25 mm qiymat bilan ta'sir etadi. Yuqoridagi masofalar farqi nivelir yo'li bo'yicha yig'ilib borib 500 m ni tashkil qilsa, nisbiy balandliklar yig'indisiga 25 mm xatolik ta'sir etadi. Shu sababli har bir bekatda L_{or} va L_{ol} masofalarni teng olish talab qilinadi.

Nivelir asbobiga issiq haroratning ta'siridan vizirlash nurining i burchagi o'zgarib boradi (masalan, nivelirning quyosh nuri ta'siridan qizib ketishi). Buni bekatda o'lgashlar uslubini tegishli tanlab kamaytirish mumkin. O'lgashlar jarayonida nivelir quyosh nuri ta'siridan zont bilan himoyalaniishi zarur. III va IV sinf nivelirlash uchun ishlab chiqarilayotgan nivelirlarda havo haroratining 1°C ga oshishidan i burchagining o'zgarishi $\pm 0,8''$ dan, texnik nivelirlash uchun – $\pm 1,5''$ dan oshmaydi. Kompensatorli nivelirlarda esa u $0,5''$ ga teng.

Kostil va shtativlarning vertikal surilishi nivelirlashni bekatda bajarish davomida hamda nivelir bilan bekatdan bekatga o'tish davrida sodir bo'ladi. Bu siljishlar qiymati nam va yumshoq hamda toshloq gruntlarda oshadi. Shtativ va kostillarning siljishi ta'sirida nisbiy balandlik bekatda ma'lum xatolik bilan o'lganadi. Bunday xatolik bir tomonga nivelirlash natijasiga to'la ta'sir etadi. To'g'ri va teskari yo'nalishlarda nivelirlash natijalariga bu xatolikni qarama-qarshi ishoralarda ta'siri sababli nisbiy balandliklar o'rtacha qiymati olinsa, xatolik ta'siri kamayadi.

Nivelirlashga vertikal refraksiyaning ta'siri tasodifiy xarakterga ega. Nivelirlashda yelkalar tengligini ta'minlash, vaqtni to'g'ri tanlash va vizir nurini yer sirtidan balandroq o'tishini ta'minlash bilan ushbu xatolik ta'sirini kamaytirishi mumkin.

15.4. III va IV sinf nivelirlash uslubi

III va IV sinf nivelirlash yo'llari doimiy nivelir belgilari (reper yoki marka)dan boshlanib, ularda tugatilishi kerak. Ish jarayoni 5 kundan kam muddatga to'xtatilsa, o'lchashlar yo'lni uchta o'tish nuqtalaridan birida (kostil, boshmoq, yog'och qoziq) tugatilishi mumkin. Bunda kostil va yog'och qoziqlar yerga chuqur qoqilishi, boshmoq esa 0,3 m chuqurlikka o'rnatilishi kerak. Tanaffus (5 kunlik) dan keyin nivelirlash to'xtatilgan oxirgi bekatda qaytariladi. Zarur bo'lsa oxirgidan bitta oldingi bekatda ham qaytarilishi mumkin. Tanaffusdan oldin va keyin o'lchagan nisbiy balandliklar solishtirib ko'rib, kostillarning holati o'zgaragan aniqlanadi. III sinf nivelirlashda kostillar holati o'zgaragan deb hisoblanadi, agar nisbiy balandliklar farqi 3 mm dan oshmasa, IV sinf va texnik nivelirlash uchun – 5 mm dan oshmasa. Nivelirlash o'rtadan geometrik nivelirlash usulida amalga oshiriladi.

Vizir nurining me'yoriy uzunligi, nurning yer fizik sirtidan minimal balandligi, nivelirdan reykalargacha masofalarni yo'l qo'yarli farqi qo'yidagi 15.9-jadvalda beriladi.

15.9-jadval

Nivelirlash sinfi	Vizir nurining me'yoriy uzunligi, m	Vizir nurining yer sirtidan eng kichik balandligi, m	Nivelirdan reykalargacha masofalar farqi, m	
			Bekatta	Seksiya bo'yicha
III	75	0,3	2	5
IV	100	0,2	5	10

Agar ko'zatish sharoiti yaxshi bo'lib, kattalashtirish $35^{\times}$ ga teng trubaga ega nivelir qo'llansa, vizir nurining uzunligini III sinf uchun 100 m, IV sinf uchun 150 m gacha uzaytirish mumkin.

III sinf nivelirlashda nivelirdan reykalargacha masofalarni tros yoki ingichka arqon bilan, IV sinf uchun esa qadamlab o'lchash mumkin.

Nivelirlashda asbob bekatda zont yordamida quyosh nuridan himoya qilinadi.

Nivelirlash ko'rishning yaxshi sharoitida va tasvirning qo'zg'almas holatida bajarilishi lozim.

III sinf nivelirlash. Bitta trassadan bir xil o'tish nuqtalari orqali to'g'ri va teskari yo'nalishlarda bajarilishi kerak.

To'g'ri yo'lda bekatdagi reykarlar va nivelir o'rni joyda belgilab boriladi va qaytishda ulardan foydalaniladi. To'g'ri va teskari nivelirlash yo'llarida shtativlar (bekatlar) soni teng va juft sonda bo'lishi kerak. III sinf nivelirlash usuli qo'llanadigan nivelir va reykarlar tipiga bog'liq. Agar mikrometrli nivelir va invar reykarlar qo'llansa, nivelirlash tutashtirish usulida bajariladi. Aniq nivelirlar va shashkali reykarlar qo'llanganda o'rta ip usulida nivelirlanadi.

O'rta ip bo'yicha nivelirlash usulida III sinf nivelirlashda bekatdagi ishlar qo'yidagi ketma-ketlikda bajariladi.

1. Doiraviy adilak yordamida nivelir vertikal aylanish o'qi vertikal holga keltiriladi shu paytda kontaktli adilakli nivelirlar trubasining ko'rish maydonida adilak pufakchasini ikkala uchlari tasviri ko'rinishi kerak. Kompensatorli nivelirlarda kompensator ishchi holatdami yoki yo'qmi barmoq bilan trubani bir necha marta chertib ko'rib aniqlanadi. Trubani chertib ko'rib reykadani olingan sanoqlar o'zaro 1-2 mm dan ortiqqa farq qilmasligi kerak.

2. Qarash trubasini orqadagi reykaning qora tomoniga qaratiladi. Elevatsiya vinti yordamida adilak pufakchasi uchlari tasviri o'zaro tutashtirilib, o'rta ip bo'yicha va dalnomer iplari bo'yicha sanoqlar olinadi. Kompensatorli nivelir bilan ishlashda qarash trubasi reykaga qaratilgan zahoti sanoqlar olinadi va shu bilan ko'zatish uchun sarflanadigan vaqt 1-2 minutga qisqaradi.

3. Oldindagi reykaning qora tomoniga trubani qaratib 2-bandda ko'rsatilgan amallar qaytariladi. Reykaning qizil tomoni aylantirib qo'yilib, undan o'rta ip bo'yicha sanoq olinadi.

4. Nivelir trubasini qayta orqadagi reykaning qizil tomoniga qaratib, o'rta ip bo'yicha sanoq olindi (bunda sanoq olishdan oldin adilak pufakchasi kontakt holatga keltirib olinadi).

Nivelirlash natijalarini belgilangan shakldagi jurnalga yozib boriladi (15.10-jadval).

Dala jurnali qa'tiy hisobga olinadigan hujjat hisoblanadi va jurnallar hamda varaqlari raqamlanib chiqilishi kerak. Jurnal qalamda yoziladi va yozuvlar aniq, ishonchli qilib to'ldirilib boriladi. Jurnalda yozilgan sanoqlar bo'yicha hisoblangan nisbiy balandliklar nazorati to'g'ri chiqmasa, yozuvlar krest qo'yib o'chiriladi va davomidan qayta olingan sanoqlar yoziladi. Bunda nivelir balandligi o'zgartirib olinishi kerak. Qayta o'lchashda olingan sanoqlar yozuvi tepasida «qayta» yoki «bis» deb yozib qo'yiladi.

6540 sonli grunt reperdan 112 sonli devoriy markagacha yo'l

Sana: 24.05.2021-y. Boshlanishi: 7:00. Tugashi: 10:00.

Ob-havo: ochiq, kuchsiz shamol. Tasvir: turg'un.

15.10-jadval

Shtativ va reyka №	Bog'lash chizmasi	Dalnomer iplaridan sanoqlar		Nazorat nisbiy balandlik		O'rta ip bo'yicha sanoqlar			O'rta nisbiy balandlik
		Orqadagi reyka	Oldindagi reyka			Orqadagi reyka	Oldindagi reyka	Nisbiy balandlik	
1	2	3	4	5		6	7	8	9
1	 Rep. 6540	1572 (2)	1812 (5)	-240 (11)	Qor	1739 (1)	1971 (4)	-232 (14)	-231,5 (19)
1-2		1904 (3)	2130 (6)	-226 (12)	Qiz	6430 (8)	6761 (7)	-331 (15)	
		332 (9)	318 (10)	+14/+14 (13)		4691 (16)	4790 (17)	+99 (18)	
2		1170	0631	+539	Qor	1478	0937	+541	+541,5
2-1		1786	1241	+545	Qiz	6269	5627	+642	
		616	610	+6/+20		4791	4690	-101	
3		0601	1710	-1109	Qor	0981	2090	-1109	-1110,0
1-2		1360	2470	-1110	Qiz	5670	6881	-1211	
		759	760	-1/+19		4689	4791	+102	
4		1883	0800	+1083	Qor	2217	1131	+1086	+1086
2-1		2550	1465	+1085	Qiz	7007	5821	+1186	
		667	665	+2/+21		4790	4690	-100	
Nazorat hisob- lash		2374 (20)	2353 (21)	+567 (22) +283,5 (27)		31791 (23) 31219 (24) +572 (29) +286 (30)	31219 (24)	+572 (25) +286 (28)	+286 (26)

Jurnalning birinchi ustuniga shtativ va reykalari raqami yoziladi. Birinchi bo'lib orqadagi reyka raqami yoziladi. Ikkinchi ustunda reyka nivelirlash belgisiga qanday qo'yilgani (bog'lash) chizmasi beriladi.

Orqadagi reyka qora tomonidan o'rta ip bo'yicha olingan sanoq 6-ustunga (1) yoziladi, dalnomer bo'yicha sanoqlar esa 3-ustunga yoziladi (2) va (3). Oldindagi reykani qora tomonidan o'rta ip bo'yicha

sanoq olinib 7-ustunga (4) yoziladi, dalmomer iplaridan olingan sanoqlar 4-ustunga (5) va (6) yoziladi. Orqadagi va oldindagi reyklar qora tomonidan o'rta ip bo'yicha olingan sanoqlar (1) va (4) 300 dan kichik bo'lmasligi kerak. Aks holda, nivelir balandligi oshirib o'rnatiladi. Oldindagi reykaning qizil tomonidan o'rta ip bo'yicha sanoq olinib, 7-ustunga (7) yoziladi. Truba orqadagi reykaning qizil tomoniga qaratilib, o'rta ip bo'yicha sanoq olinib, 6-ustunga (8) yoziladi.

Jurnaldagi hisoblash nivelirdan orqadagi va oldindagi reyklargacha masofalarni (3)-(2)=(9) va (6)-(5)=(10) hisoblashdan boshlanadi. Jurnalni 5-ustuniga nazorat nisbiy balandliklar (2)-(5)=(11) va (3)-(6)=(12) hisoblab yoziladi. Hisoblangan farqlar (9)-(10) va (12)-(11) qiymatlari 30 mm dan oshmasligi va o'zaro teng bo'lishi kerak. Aks holda, bekatda o'lchashlar qaytariladi. Farqlar qiymati 5-ustunga (13) yoziladi. Yo'l bo'yicha bu farqlar yig'indisi (summasi) ushbu grafa ostida hisoblab chiqiladi, $\Sigma(13)$ va uning qiymati seksiya bo'yicha 50 mm dan oshmasligi kerak.

Ikkita nazorat nisbiy balandliklarini o'rta qiymati $(11)+(12)/2$ o'rta ip bo'yicha topilgan nisbiy balandlikdan 3 mm dan ortiqqa farq qilmasligi kerak. Aks holda, bekatda o'lchashlar qaytariladi.

Reyklarining qora va qizil tomonlaridan o'rta ip bo'yicha sanoqlar orqali nisbiy balandliklar hisoblanadi (1)-(4)=(14) va (8)-(7)=(15). Ushbu nisbiy balandliklar farqi reyklar qizil tomoni nollari balandligining farqidan ± 3 mm dan oshmasligi kerak, 8-ustun (18). Birinchi va ikkinchi reyklar nollari balandliklari farqi (8)-(1)=(16) va (7)-(4)=(17) hisoblanadi. Ayirmalar (14)-(15) va (17)-(16) qiymatlari o'zaro teng bo'lishi kerak. Bu esa bekatda hisoblashlar to'g'riligini ko'rsatadi.

Seksiya bo'yicha nivelirlash ishlari yakunlangandan so'ng jurnalning har bir betida va yo'l oxirida quyidagi nazorat hisoblashlar bajariladi:

1. Nivelirdan orqadagi va oldindagi reyklargacha masofalar yig'indisi hisoblanadi $\Sigma(9)=(20)$ va $\Sigma(10)=(21)$. $(20)+(21)$ ni metrغا keltirish uchun ushbu yig'indi 10 ga bo'linadi. Yo'l bo'yicha nivelir bilan reyklar orasidagi masofalar farqining yig'ilib borgan qiymati (13)ga (20) va (21) qiymatlar farqi aniq teng bo'lishi kerak.

2. Nazorat nisbiy balandliklar $\Sigma(11)+\Sigma(12)=(22)$ summasi olinadi. Yig'indi (22)ni ikkiga bo'lib nazorat nisbiy balandliklar o'rta qiymati (27) topiladi.

3. Orqadagi va oldindagi reykalardan o'rta ip bo'yicha olingan barcha sanoqlar yig'indisi olinadi $\Sigma(1)+\Sigma(8)=(23)$ va $\Sigma(4)+\Sigma(7)=(24)$. Reykalarning qora va qizil tomonlari bo'yicha olingan nisbiy balandliklar (14) va (15) summasi topiladi $\Sigma(14)+\Sigma(15)=(25)$ va uning yarmi $(25)/2=(28)$ olinadi. Summalar farqi $(23)-(24)=(29)$ aniq (25)ga teng bo'lishi kerak. Bekatlardagi o'rtacha nisbiy balandliklar summasi $\Sigma(19)=(26)$ olinadi, u $(25)/2=(28)$ ga teng bo'lishi kerak.

Agar jurnalning bir betida yoki yo'lda bekatlar soni toq bo'lsa (25) va $(23)-(24)=(29)$ qiymatlarga reykalari to'voni farqi qiymati oxirgi bekatda qaysi ishoraga ega bo'lsa, o'sha ishora bilan qo'shiladi.

Jurnal ishlab chiqilib nivelir yo'li yoki poligondagi nivelirlashning tegishli formulalar bo'yicha hisoblangan xatosi $\pm 10\sqrt{L}$, mm chekdan oshmasligi kerak.

IV sinf nivelirlash. Faqat to'g'ri yo'l bo'yicha bajariladi va bekatda nivelirlash ishlari ketma-ketligi III sinf nivelirlashga o'xshash bo'ladi. Faqat bunda reykalarning qora tomonidan o'rta ip va dalnomer yuqori ipi bo'yicha sanoqlar olinadi. IV sinf nivelirlash o'rta ip usulida bajarilsa, natijalar jurnalga (15.11-jadval) yozib boriladi.

Ushbu jurnalni birinchi ustunida shtativ va reykalari nomlari hamda boshlang'ich va oxirgi nivelir belgilari nomlari yoziladi.

Bekatlarda nivelirlashda o'rta ip bo'yicha orqadagi reyka qora tomonidan olingan sanoq (2) va yuqoridagi dalnomer ipi sanog'i (1) jurnalning 3-ustuniga yoziladi. Tegishlixa oldindagi reykaning qora tomonidan olingan, xuddi shunday sanoqlar (4) va (3) 4-ustunga yoziladi. Oldindagi reykaning qizil tomonidan o'rta ip bo'yicha olingan sanoq (5) va keyin orqadagi reyka qizil tomonidan olingan sanoq (6) jurnalning 4- va 3-ustunlariga yoziladi. Reykalari qora tomonidan olingan (2) va (4) sanoqlar 200 dan kam bo'lmasligi kerak. Aks holda, nivelir qaytadan balandroq qilib o'rnatiladi. Sanoqlar olib bo'lingandan keyin nisbiy balandliklarni hisoblash va nazorat hisoblashlarga o'tiladi.

Ikkinchi ustunga o'rta ipdan olingan sanoqdan dalnomer yuqori ipdan olingan sanoqni ayirib $(2)-(1)$ va $(4)-(3)$ nivelirdan reykalargacha masofalar topilib yoziladi. Reykalari nollari balandligining farqi $(6)-(2)=(9)$ va $(5)-(4)=(10)$ hamda reykalarning qora tomoni bo'yicha $(2)-(4)=(11)$ nisbiy balandlik va qizil tomoni bo'yicha

nisbiy balandlik $(6)-(5)=(12)$ topiladi. Quyidagi ayirmalar $(10)-(9)$ va $(11)-(12)$ topiladi, ular o'zaro teng bo'lishi (14) kerak. Agar ular bir-biridan farq qilsa, hisoblashda xatolikka yo'l qo'yilgan bo'ladi. Bu farq ± 5 mm dan ortiq bo'lsa, nivelirlash bekatda takrorlanadi.

4-grunt reperdan 8-devoriy repergacha yo'l

Sana: 25.06.2021-y.

Ob-havo: ochiq, kuchsiz shamol.

Boshlanishi: 7:00.

15.11-jadval

Sitativ № Reykalar №	Reykalar- gacha dalnomer masofalar	Reykalaridan sanoqlar		Nisbiy balandlik, mm	O'rtacha nisbiy baland- lik, mm
		Orqadagi	Oldindagi		
1	2	3	4	5	6
1 Grunt Rep.4 1-2	375 (7)	1185 (1) 1560 (2)	1058 (3) 1430 (4)	+130 (11)	+130 (13)
	372 (8)	6247 (6) 4687 (9)	6217 (5) 4787 (10)	+30 (12) +100 (14)	
	460	805 1265	1008 1472	-207	-207
2 2-1	464	6052 4787	6159 4687	-107 -100	
	324	596 920	777 1103	-183	-183
3 1-2	326	5607 4687	5890 4787	-283 +100	
	275	719 994	1019 1293	-299	-300
4 2-1	274	5781 4787	5982 4689	-201 -98	
Nazorat hisoblash	2870 (21) 2870/5=574 m	28426(15) 29543(16) -1120 (19)	29543 (16)	-1120 (17) -560 (20)	-560 (18)

Jurnalning har bir beti ostida va yo'l oxirida nazorat hisoblashlar bajariladi. Nivelir yo'li uzunligi kilometrda hisoblanadi (21). Buning uchun (7) va (8) ayirmalar summolari $\Sigma(7)+\Sigma(8)$ olinib, uni 5 ga bo'lib yo'l uzunligi metrda topiladi va km ga keltiriladi. Orqadagi reykadan o'rta ip bo'yicha barcha sanoqlar yig'indisi $\Sigma(2)+\Sigma(6)=(15)$ va oldindagi reykadan o'rta ip bo'yicha sanoqlar yig'indisi

$\Sigma(4)+\Sigma(5)=(16)$ hamda barcha nisbiy balandliklar $\Sigma(11)+\Sigma(12)=(17)$ va o'rtacha nisbiy balandliklar $\Sigma(13)=(18)$ yig'indisi topiladi. Agar hisoblash to'g'ri bajarilgan bo'lsa, $(15)-(16)=(19)$ farq (17)ga teng bo'lishi kerak. Yo'l bo'yicha o'rtacha nisbiy balandlik (18) shtativlar soni juft son bo'lganda $(17)/2=(20)$ qiymatga aniq teng bo'lishi kerak. Agar nivelir yo'lida shtativlar soni toq bo'lsa, (17) qiymatiga reykarlar nollari balandligi farqi (14) oxirgi bekatdagi ishorasi bilan qo'shiladi.

Yo'l bo'yicha nivelirlash yakunlangandan keyin boshlang'ich punktlar orasida va yopiq poligonlarda nivelirlash xatosi hisoblanadi va u quyidagidan oshmasligi kerak $\pm 20\sqrt{L}$, mm. Aks holda, yo'l teskari tomonga nivelirlab chiqilgandan so'ng $h_{to'g'}$ va h_{tes} farqi $d = h_{to'g'} - h_{tes}$ belgilangan chek $\pm 20\sqrt{L}$ (mm) qiymatidan oshmasa, natija qoniqli hisoblanadi.

15.5. Texnik nivelirlash

Planli geodezik tarmoqlar punktlari, 1:5000-1:500 masshtablar-dagi topografik syomkalarining syomka asosi nuqtalari balandligini aniqlash hamda injenerlik-geodezik qidiruvlardagi III va IV sinf nive-lirlashlari qatorida texnik nivelirlash ham qo'llanadi. Alohida nuqta-lar balandligini aniqlashda, masalan, syomka asosini qurishda, aero-suratlarni bog'lashda kerak bo'ladigan texnik nivelirlash, yakka nivelir yo'llari bo'yicha o'tkaziladi. Bunda texnik nivelir yo'llari va poligonlarida chekli xatolar quyidagi formulalar bo'yicha hisobla-nadi:

$$fh_{chek} = \pm 50\sqrt{L}, \text{ mm} \quad (15.13)$$

$$fh_{chek} = \pm 10\sqrt{n}, \text{ mm} \quad (15.14)$$

Bu yerda n — yo'l yoki poligondagi bekatlar (shtativlar) soni; L — nive-lir yo'li yoki poligon perimetri, kilometrda.

1 km nivelir yo'lida bekatlar soni 25 ta dan oshgan holatda (15.14) formula qo'llanadi.

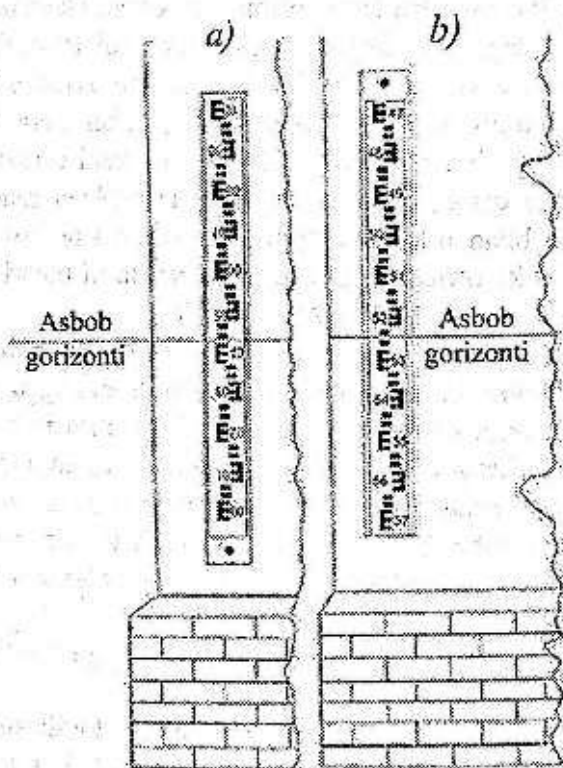
Texnik nivelirlash yo'llari yuqori sinf belgilari yoki tugun nuqtalar belgilariga bog'lanadi. Bu yo'llar doimiy va vaqtinchalik belgilar bilan mahkamlanadi. Texnik nivelirlash ham o'rtadan nivelirlash usulida faqat to'g'ri yo'l bo'yicha bajariladi. Nivelirdan reykalargacha me'yoriy masofa 120 metrga teng. Tasvir aniq va ustuvor bo'lgan yaxshi sharoitlarda vizir nuri uzunligi 200 m gacha olinishi mumkin. Vizir nurini yer sirtidan balandligi 0,2 m dan kam bo'lmashligi, ya'ni reykani qora tomoni bo'yicha sanoq 200 mm dan kam bo'lmashligi kerak. Bekatda nivelirdan orqadagi va oldindagi reykalargacha masofalar farqi 10 m dan oshmasligi kerak, seksiyada yig'ilib borishi esa 50 m dan. Kuzatuvchi o'z qadami uzunligini bilib, orqada o'rnatilgan reykanan kerakli masofani o'lchab qo'yib, nivelirni o'rnatadi. Oldindagi reykanan o'rnatuvchi kishi nivelirdan oldinga qarab, orqadagi reyka gacha bo'lgan masofaga teng qiymatni qadam bilan o'lchab qo'yib o'tish nuqtasini boshmoq bilan belgilab, unga reyka o'rnatadi. Bekatda o'lchashlarni bajarishda nivelir quyosh nuridan zont bilan himoyalinishi kerak.

Syomka tarmoqlarini qurishda bajariladigan texnik nivelirlashda reykalardan sanoqlar IV sinf nivelirlashda qo'llanadigan tartibda va ketma-ketlikda (Or_{qor} , Ol_{qor} , Ol_{qiz} va Or_{qiz}) faqat o'rta ip bo'yicha olinadi. Nivelirlash jurnalining shakli aynan IV sinfga (15.11-jadval) o'xshash bo'lib, faqat uni 2-ustunida qadamlab o'lchangan masofalar yoziladi. Jurnalda nisbiy balandliklarni hisoblash va nazorat hisoblashlar aynan yuqorida ko'rib o'tilgan IV sinf jurnaliga o'xshash bajariladi.

15.6. Nivelir yo'llarini reper va markalarga bog'lash

Yuqorida aytib o'tilganday, nivelir tarmog'i loyihasini tuzishda yangi loyihalanyotgan yo'l bilan joyda mavjud nivelir yo'llarini bog'lash tartibi batafsil ishlab chiqilishi kerak. Loyihalanyotgan nivelir yo'lga yaqinda joylashgan mavjud nivelir belgilari (reper va markalar) qo'shilishi kerak. III va IV sinf va texnik nivelirlash yo'llarini o'zaro hamda yuqori sinf yo'llari bilan bog'lash loyihalanyotgan yo'lga hech bo'lmaganda joyda mavjud va ishonchli aniqlangan bitta gruntli yoki devoriy belgini qo'shish bilan amalga oshiriladi. III va IV sinf nivelir yo'llarini nivelirlashda yaqin, 3 km gacha oraliqda, joylashgan triangulyatsiya va poligonometriya punktlari yo'lga qo'shib olinishi kerak. Yo'lga qo'shilgan triangulyatsiya va poligo-

nometriya barcha punktlari ishonchli aniqlashtirilishi, ularning raqamlari yoki nomlari aniqlanishi kerak. Nivelirlash jurnalida belgilarning joylashgan o'ri chizmasi tuzilib, joydagi aniq kontur nuqtalaridan o'lgagan masofalar yozib ko'rsatiladi. O'tqazilayotgan yo'llarga qo'sbiladigan belgilar ularning sinfiga teng aniqlikdagi yo'llar bilan nivelirlanadi. Belgi osma yo'l bilan bog'lansa, ular to'g'ri va teskari yo'nalishlarda nivelirlanadi.



15.11-rasm

Yo'lni grunt repenga bog'lashda avval uning kallagi tuproq ostidan kavlab ochiladi va reyka reper kallakiga o'rnatiladi. Bog'lash amalga oshirilgandan so'ng reper ustida uni qopqog'i kiydirilib, ustidan tuproq tashlab, qayta ko'miladi.

Nivelir yo'lini devoriy repenga bog'lashda nivelir reykasini repersining eng baland nuqtasiga yoki repersining polkasiga (eski reperslarda) qo'yiladi, sanoqlar odatdagi uslubda olinadi (15.11-a rasm).

Devoriy markalarga yo'lni bog'lashda osma reyka markaning teshikchasiga kiritib qo'yiladigan shtiftga osib o'rnatiladi (15.11-b rasm).

Bunda markani teshikchasi bilan shtift diametri aniq teng bo'lishi kerak. Diametrlar farqi 0,4 mm ga teng bo'lsa, olingan sanoq xatosi 1 mm gacha bo'lishi mumkin. III va IV sinf nivelirlashda osma reyka yordamida devoriy markaga bog'lash usulidan tashqari boshqa (uncha aniq bo'lmagan) usullar ham qo'llanishi mumkin. Masalan, agar kuzatuvchi qo'l ostida osma reyka bo'lmagan taqdirda yoki reykaning tik osib qo'yish imkonini bo'lmaganda devorga, bog'lanadigan markadan teparoq yoki pastroqqa, o'tkir qalam bilan qarash trubasining uchta gorizontallari proyeksiyasi chizib tushiriladi. Marka teshikchasi markazidan bu chiziqlargacha vertikal masofalar ruletka yoki metall chizg'ich bilan o'lchab aniqlanadi va jurnalga reykaning olinadigan sanoqlar o'rniga yozib qo'yiladi. Bu usulda bog'lashda reykaning qizil tomoni bo'yicha olinadigan sanoqqa o'xshash sanoq olish imkonini yo'qligi sababli nazorat uchun bog'lash ikki marotaba, nivelir balandligini o'zgartirib olib bajariladi. Markaga po'lat ruletka yordamida ham bog'lash mumkin. Bunda ruletka noli markani markazi bilan tutashtirib tik osib qo'yiladi va u bo'yicha nivelirdan 1 mm aniqlikda sanoqlar olinib, jurnalga yozib qo'yiladi. Bog'lash bunda ham nivelimi ikkita gorizontida bajariladi.

Markalarga bog'lashda odatdagi nivelir reykasini bilan osma reykalar nollari balandligining teng bo'lmashligi e'tiborga olinishi kerak. Teng emashlik qiymati nazorat chizg'ichi yordamida aniqlanib olinishi kerak. Reper va markalarga bog'lashda nivelirdan reyka gacha masofa 5 metr gacha qisqarishi mumkin. Shunday bo'lsa ham nivelirdan orqadagi va oldindagi reykalar gacha masofalar teng bo'lishini ta'minlash kerak. Imkon boricha bu masofalar 5 metrdan kam bo'lmashligi kerak, chunki qisqa masofalar gacha trubani qaratish qiyinlashib, sanoqlar xatolik bilan olinishi mumkin. Devoriy markalarga bog'lashda o'rta ipning devorga tushirilgan proyeksiyasi belgi markazidan pastda joylashgan bo'lsa, ular orasida o'lchangan masofa (sanoq) qiymati oldiga minus ishora, yuqorida joylashgan bo'lsa, plus ishora qo'yiladi.

Nivelir yo'llarini belgilarga (reper va markalarga) bog'lashda o'lchashlar sinchiklab va ishonchli qilib tajribali kuzatuvchilar tomonidan bajarilishi kerak.

15.7. Keng daryo va jarlar orqali balandliklarni uzatish

III va IV sinf nivelirlashni bajarishda keng daryo va jarlar orqali balandliklarni uzatishga to'g'ri keladi. Bunda nivelirlash aniqligiga uch turdagi xatolar ta'sir etadi.

1. **Qarash xatosi.** Bu xatolikning qiymati asosan nivelirlash usuli, qo'llanadigan nivelir va daryoning eniga bog'liq. Ushbu xatolik qiymati 15.3 da berilgan (15.9) formuladan hisoblanishi mumkin. Agar III sinf nivelir yo'lida balandlikni o'zatish uchun N3 niveliridan foydalanadigan bo'lsa, qarash trubasini kattalashtirish $V = 30^{\times}$, adilak bo'lagining qiymati 2 mm ga $\tau = 20''$ va daryo eni 200 m bo'lganda (15.9) formuladan topamiz: $m_{kar} = \pm 1,6 \text{ mm}$. Daryo eni 400 m uchun esa $m_{kar} = \pm 3,2 \text{ mm}$. Shuni e'tiborga olib nivelirlash yo'riqnomasi III va IV sinf nivelirlash yo'llarida daryo kengligi 400 va undan ortiq bo'lganda II sinf nivelirlashda qo'llanadigan nivelir va reykalar hamda nivelirlash uslubini qo'llashni tavsiya etadi. O'zbekistonda bunday keng daryolar juda kam uchraydi. Shuni hisobga olib, balandliklarni eni 400 metrdan kam to'siqlar orqali uzatish uslubi ko'rib chiqiladi.

2. **Nivelir i burchagini daryoning har ikkala sohillarida turib o'lchash vaqti davomida o'zgarishidan nisbiy balandlikka ta'sir etadigan xato.** Ushbu xato nivelirdan reykalargacha masofalar teng bo'lganda avtomatik ravishda qisqarib ketadi. Agar i burchagi bir sohilda o'lchashlarni tugatib, ikkinchi sohilda o'lchashlarni boshlash orasidagi vaqtda o'zgarsa hamda nivelir bilan reykalar orasidagi masofalar farqi katta bo'lsa, o'lchangan nisbiy balandlikka quyidagi formuladan topiladigan xatolik ta'sir etadi:

$$\delta_i = \frac{\Delta i \Delta d}{2\rho''} \quad (15.15)$$

Bu yerda Δi – ikkala sohillarda o'lchashlar orasidagi vaqtda i burchagini o'zgarish qiymati; Δd – nivelirdan reykalargacha masofalar farqi.

Nivelirlarda i burchagi harorat 1°C ga o'zgarishi bilan o'rtacha $0,5\text{--}1,5''$ ga o'zgaradi. Yoz paytida 1 soat davomida havo harorati o'rtacha $2\text{--}4^{\circ}\text{S}$ ga o'zgarishi mumkin.

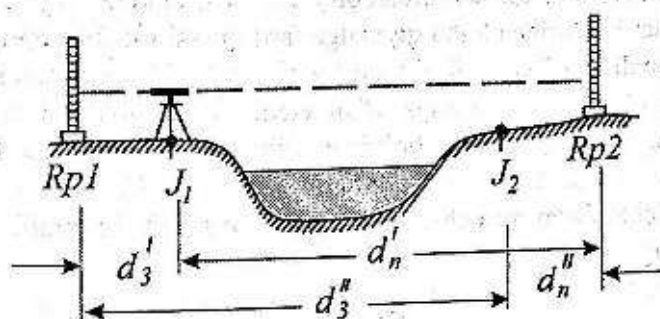
Agar har ikkala sohilda kuzatishlar orasida 30 minut vaqt o'tgan bo'lsa i burchagi 1–1,5" qiymatga o'zgarishi mumkin. Daryo enini 400 m deb olib, yuqoridagi (15.15) formuladan topamiz:

$$\delta_i = \frac{1,5'' \cdot 400000}{2 \cdot 206265''} = 1,5 \text{ mm.}$$

Kuzatishlarni havo harorati o'zgarishi kichik bo'ladigan bulutli kunlarda bajarish tavsiya etiladi.

3. *Vertikal refraksiya ta'siri.* Eni 200 m dan ortiq daryolar orqali balandlikni uzatishni bulutli havo paytida, quyoshli kunlarda esa kuzatishlarni quyosh chiqishidan 3 soat keyin boshlab, uning botishiga 3 soat qolguncha davom ettirish tavsiya etiladi.

Tayyorgarlik ishlari jarayonida joyga chiqib, uning sharoiti bilan tanishiladi va nivelir hamda reykalarni o'rnatish joylari tanlanadi. Daryo eni 200 m dan ortiq bo'lsa, ikkala sohilda bittadan belgilar (reperlar) o'rnatilishi kerak (15.12-rasmda $Rp1$ va $Rp2$). Ular orasidagi nisbiy balandlik 0,5 m dan oshmasligi maqsadga muvofiq.



15.12-rasm

Balandliklar taqribiy qiymatini aniqlash uchun daryo suvi gori-zontidan foydalanish mumkin. Vaqtinchalik reperlar sifatida uzunligi 1 m va yo'g'onligi 10–15 sm ga teng yerga ko'milgan yog'och qoziqlar xizmat qilishi mumkin.

Kuzatishlardan bir kun oldin olingan nivelirda i burchagi aniqlanib, zarurat bo'lsa, uni tuzatish kerak bo'ladi. Burchak i qiymati 2–3" dan, ya'ni 75 m masofa uchun 1–2 mm dan oshmasligi kerak.

O'rnatilgan $Rp1$ va $Rp2$ reperlardan 10–30 m masofada nivelirlash bekatlari J_1 va J_2 o'rni balandroq nuqtalarda tanlanib mahkamlanadi (15.12-rasm). Bunda masofalarni quyidagi tengligi ta'minlanishi kerak:

$$J_1Rp1 = J_2Rp2,$$

$$J_1Rp2 = J_2Rp1.$$

J_1 nuqtada nivelir o'rnatilib, orqadagi yaqin reperdagi ($Rp1$) reykanan O_r^1 sanoq, keyin esa truba ikkinchi sohildagi reperda ($Rp2$) o'rnatilgan reykaqa qaratib O_l^1 sanoq olinadi. Trubaning fokus masofasini o'zgartirmay nivelir ikkinchi sohilga o'tkazilib, J_2 nuqtada o'rnatiladi. Truba qarshi sohildagi $Rp1$ reperdagi reykaqa qaratilib, trubaning fokus masofasini o'zgartirmay undan O_r^2 sanoq, keyin esa $Rp2$ dagi yaqin reykanan O_l^2 sanoq olinadi. Shu bilan o'lchashlarning bitta qabuli yakunlanadi. Bunday qabullardan bir nechitasi bajariladi. Bunday nivelirlashda nivelirdan orqadagi va oldindagi reykalgacha masofalar bir-biridan katta qiymatga farq qilishi sababli topilgan nisbiy balandlikka Yer egriligi va refraksiya ta'siri hamda nivelir i burchagini o'zgarishdan xatolik ta'sir etadi. Bu manbalarni ta'siridan, ayniqsa, uzoqdagi reyka bo'yicha olingan sanoq xatosi kattaroq bo'ladi.

O'lchashlarni birinchi yarim qabulidan nisbiy balandlik quyidagigacha teng:

$$h_1 = O_r^1 - O_l^1 \quad (15.16)$$

Xatolar ta'sirini e'tiborga olib, O_r^1 va O_l^1 sanoqlarni quyidagicha yozish mumkin:

$$O_r^1 = a_1 + d_{or}^1 \operatorname{tg} i_1, \quad (15.17)$$

$$O_l^1 = b_1 + d_{ol}^1 \operatorname{tg} i_1 + f_1. \quad (15.18)$$

Bu yerda a_1 va b_1 – reykalar bo'yicha xatosiz sanoqlar; d_{or} , d_{ol} – nivelirdan orqa va oldindagi reykalgacha masofalar; i – truba vizir o'qi bilan silindrik adilak o'qi o'zaro parallel emasligi burchagi;

f_1 – uzoqdagi reyka bo'yicha olingan sanoqqa yer egriligi va refraksiyaning ta'siri xatosi.

(15.17) va (15.18) larni (15.16)ga qo'yib quyidagini yozamiz:

$$h_1 = a_1 - b_1 + (d'_{or} - d'_{ol})tg i_1 + f_1. \quad (15.19)$$

Yuqoridagi xatoliklar ta'sirini e'tiborga olib, ikkinchi yarim qabuldan nisbiy balandlikni hisoblash uchun yozamiz:

$$h_2 = a_2 - b_2 + (d''_{or} - d''_{ol})ig i_2 + f_2. \quad (15.20)$$

Ikkala yarim qabullarda Rp_1 va Rp_2 reperlarning topilgan nisbiy balandligining o'rtacha qiymati quyidagiga teng:

$$h_{o'r} = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

Agar yarim qabullar orasida nivelir i burchagi atigi $2''$ ga o'zgargan taqdirda va daryo eni 300 m bo'lsa, nisbiy balandlik xatosi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta h = \frac{1}{2} d \frac{i_2 - i_1}{\rho''} = \frac{1}{2} 300 \frac{2''}{206265''} = 1,5 \text{ mm.}$$

Shu sababli o'lchashlar davomida nivelir i burchagining o'zgarishiga yo'l qo'ymaslik kerak.

15.8. Raqamli nivelirlar bilan o'lchashlarni bajarish

Leica Sprinter 150 M raqamli niveliri bilan o'lchashlarni bajarish tartibi:

1. O'lchashlarni bajarish uchun tayyorlangan nivelir bekatga o'rnatiladi. Ko'targich vintlari yordamida doiraviy adilak pufakchasi o'rtaga keltiriladi va iplar to'ring tasviri okulyar vinti orqali fokuslanadi.

2. Ko'rish trubasining vizirlash nishoni orqali reykaqa qaratiladi va qaratish vinti yordamida iplar to'ring markazi shtrix-kodli reyaning o'qiga tutashtiriladi.

Aytish joizki, raqamli nivelirlar orqali to'siqlar bilan qisman yopilgan reykaqa qarab (masalan, reyka daraxt shoxlari bilan 30% gacha to'silgan bo'lsa) o'lchashlarni bajarish mumkin (15.13-rasm).



15.13-rasm

3. Nivelir ON/OF (yoqish/o'chirish) tugmachani bosib ishga tushiriladi. Nivelirni yoqish bilan yuklangan dasturiga binoan quyidagi o'lchash rejimlarini ishga tushirish mumkin:

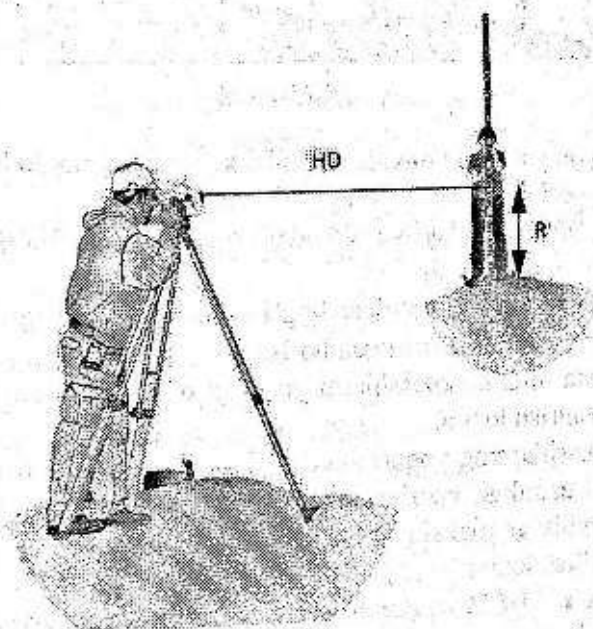
- alohida nuqtalarga qarab o'lchashlar rejimi (tayanch reperlarga bog'lanmasdan);
- nivelir yo'li rejimi (o'rnatilgan bo'lsa, boshlangan yo'l davom ettiriladi);
- sozlash rejimi (tekshirishlar va sozlash ishlari amalga oshiriladi);
- DIST rejimi (yelkalar uzunligi tekshiriladi);
- oraliq o'lchashlar rejimi;
- uyma va ko'tarmani aniqlash.

4. Nivelirning parametrlari o'rnatiladi. Asbobning parametrlari bu uning apparat qismi ishlashining asosiy shartlari bo'lib, ularning o'lchash birligi, yechim qiymati, tili va ma'lumotlarni yozish formatlari hisoblanadi. Ushbu parametrlar ro'yxati bosh menyu – MENU tugmachasi bosilishi bilan displeyga chiqadi. Shunda bosh menyuning Set Instr. Param bandi qayd etilgan parametrlarni o'rnatish uchun, Input bandi esa asbobning doimiy qiymatlari (yelkalarining maksimal uzunligi, vizirlashning maksimal balandligi, refraksiya koeffitsiyenti, reykaning doimiy qiymati va boshqalar)ni kiritish uchun mo'ljallangan.

5. Leica Sprinter raqamli nivelirlarda o'rnatilgan dasturiy ta'minotga qarab turli o'lchashlarni bajarish mumkin, jumladan:

- masofa va nisbiy balandlikni o'lchash;
- alohida o'lchashlar (tayanch repera bog'lanmasdan);
- nivelir yo'lini o'tkazish;
- uyma va ko'tarmalarni aniqlash va h.k.

Alohida o'lchashlar rejimiga kirish uchun bosh menyudan dastlab o'lchash menyusi, keyin alohida o'lchashlar menyusi tanlanadi. O'lchash natijalarini tabloga chiqarish uchun boshqarish panelidagi MEAS tugmachasi bosiladi va displeyda quyidagi qiymatlar paydo bo'ladi: R – reyka bo'yicha olingan sanoq; ND – gorizontal quyilish (15.14-rasm).

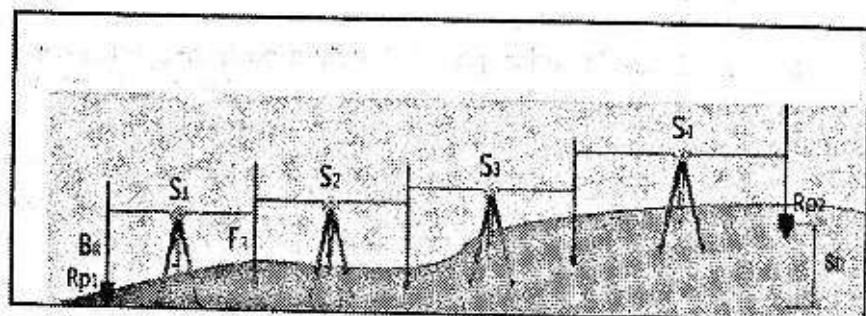


15.14-rasm

Bu usulda o'lchashlarni bajarishda reyka bo'yicha sanoqlar qiymatlari bir-biriga bog'lanmagan holda ifodalanishi mumkin. Agar xotiraga yozish va nuqtalarni avtomatik raqamlash yoqilgan bo'lsa, o'lchashlar tegishlicha saqlanadi.

Nivelir yo'lini reperlarga bog'lab o'tkazish. Bunda kerakli operatsiyalar alohida o'lchashlar usulida IntM klavish yordamida ishga tushiriladi. Dastlab reperring balandligi kiritiladi. Agar reper balandligi

nivelirning xotirasiga yozilgan bo'lsa, unda uni nivelirning xotirasidan chiqarish mumkin. Bog'lash jarayoni bajarilgandan keyin bir-biriga bog'liq bo'lmagan turli o'lchashlar, masalan, nivelir yo'lini o'tkazish (o'rtadan nivelirlash)ni bajarish mumkin (15.15-rasm).



15.15-rasm

Jarayon yakunida quyidagi dastlabki natijalar paydo bo'ladi:

Sh – yo'l bo'yicha umumiy nisbiy balandliklar;

DB , DF – orqadagi va oldindagi reykalargacha bo'lgan yelkalar uzunligining yig'indisi;

Dz – nivelir yo'li bo'yicha bog'lanmaslik (boshlang'ich va oxirgi reperlar balandliklari kiritilgan bo'lsa).

Barcha muhim sozlashlarni yo'ldagi o'lchashlar boshlanmasdan amalga oshirish lozim.

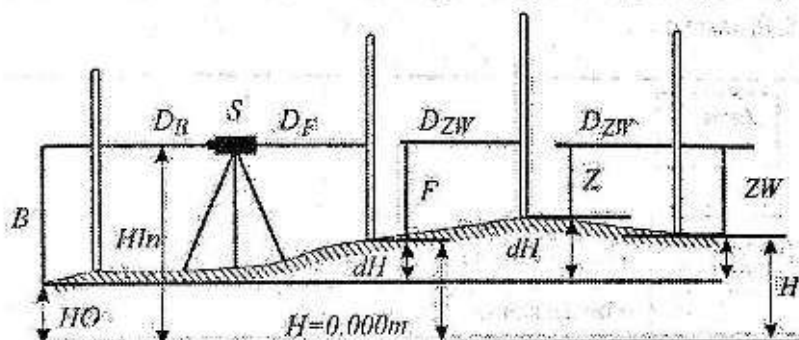
O'lchashlarning yuqori aniqligini ta'minlash uchun yelkalarining maksimal uzunligi, vizirlashning minimal balandligi va bekatda nisbiy balandliklar maksimal farqlarining yo'l qo'yilgan qiymatlarini nazorat qilish lozim.

Sokkia SDL50 raqamli nivelirining ishlash prinsipi. Ushbu raqamli nivelirni bekatga o'rnatish tartibi deyarli boshqa raqamli nivelir bilan bir xil. Quyida raqamli nivelir bilan o'lchashlarni bajarish ko'rib chiqiladi.

Sokkia SDL50 raqamli nivelirda o'rnatilgan dasturga binoan quyidagilarni bajarish mumkin:

- yakka o'lchash;
- nivelir yo'llarni o'tkazish;
- qayta o'lchash;
- nuqta balandligini joyga ko'chirish.

Ushbu raqamli nivelir bilan nivelirlashni bajarishga misol 15.16-rasmda keltirilgan.



15.16-rasm

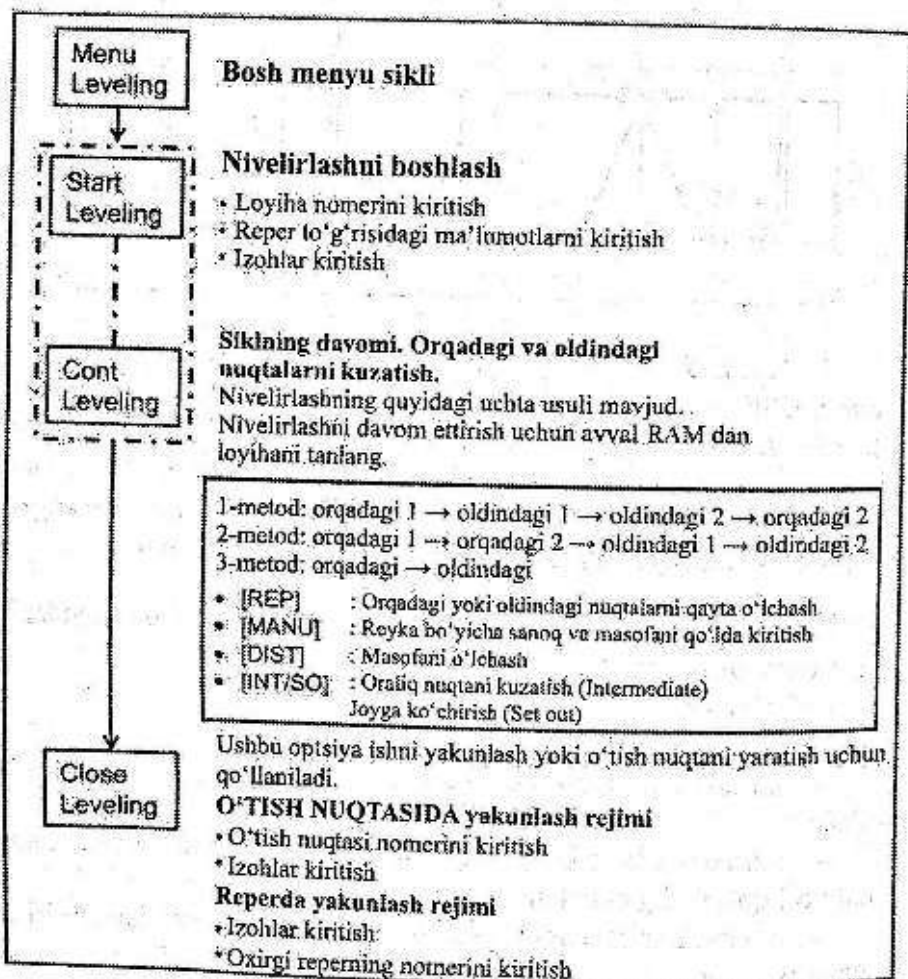
S – bekat; *B* – orqadagi reykanan sanoq; *F* – oldindagi reykanan sanoq; *ZW* – oraliq reykanan sanoq; *D_B* – orqadagi reyka-gacha masofa; *D_F* – oldindagi reyka-gacha masofa; *D_{ZW}* – oraliq reyka-gacha masofa; *H₀* – boshlang'ich nuqtaning balandligi; *H* – oldindagi yoki oraliq nuqta balandligi; *dH* – orqadagi va aniqlanadigan nuqtalar orasidagi nisbiy balandlik; *H_n* – asbob gorizonti.

Nivelir yo'llarni aniqlik talablariga qarab o'tkazishda quyidagilarga rioya qilish kerak:

- yelkalar bir xilligini saqlash;
- yo'llarni bog'lashni nazorat qilish;
- reykalargacha bo'lgan yo'l qo'yiladigan masofalarga rioya qilish;
- refraksiya ta'sirini kamaytirish uchun nivelirni yerdan minimal yo'l qo'yiladigan balandlikda o'rnatish;
- o'lchashlar ishonchligini oshirish va xatolarni kamaytirish uchun ikkilangan o'lchashlarni bajarish (BFFB, aBFFB);
- gorizont og'ish (avtomatik kompensatorning qoldiqli xatosi)ni bartaraf etish uchun quyidagi kuzatish jarayonini qo'llash (aBFFB = BFFB FBBF), bu yerda *B* – orqadagi reykanan sanoq; *F* – oldindagi reykanan sanoq.

DL-102C TOPCON raqamli nivelirining ishlash prinsipi. DL-102C TOPCON raqamli nivelirini bekatda o'rnatish tartibi ham yuqorida qayd etilgan raqamli nivelirlarni o'rnatishga o'xshash.

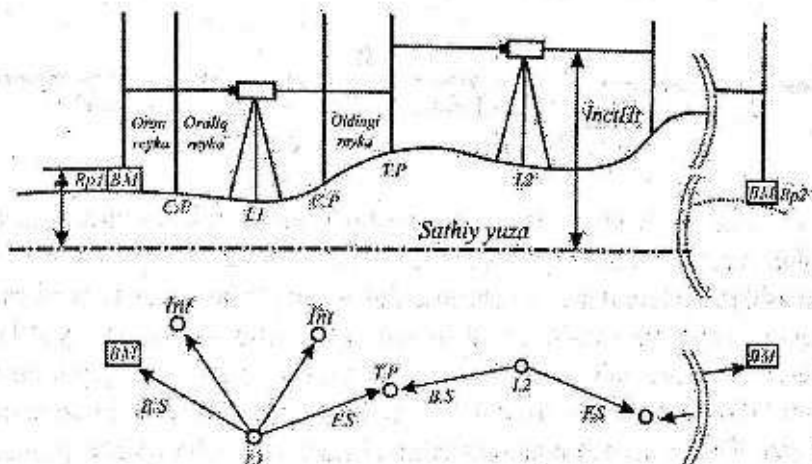
Nivelir yo'lini o'tkazish jarayonida DL-102C TOPCON raqamli nivelirining Menu ekranida quyidagi opsiyalar amalga oshiriladi (15.18-rasm):



15.18-rasm.

DL-102C TOPCON raqamli niveliri bilan nivelir yo'llarini o'tkazishda yozish rejimi (Out Module) RAM yoki OFF holatida, ma'lumotlarni xotira kartasiga yozish kerak bo'lganda esa faqat RAM holatida o'rnatilgan bo'lishi lozim.

DL-102C TOPCON raqamli niveliri yordamida nivelir yo'lini o'tkazish 15.17-rasmda keltirilgan.



15.17-rasm

BM – reperlar; L – bekat; C.P – oraliq nuqtalar; T.P – bog'lovchi nuqtalar; Inct Ht – asbob gorizonti; B.S va F.S – orqadagi va oldindagi reykanadan sanoq; Int – oraliq nuqtada reykanadan sanoq.

Nazorat savollari:

1. III, IV sinf va texnik nivelirlashda qanday tipdagi nivelirlar ishlatiladi?
2. Raqamli nivelirlarning asosiy afzalliklari nimalardan iborat?
3. Nivelirlarning sinashlariga nimalar kiradi?
4. Dalnomer koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
5. Qanday tipdagi nivelir reyklarini bilasiz?
6. III va IV sinf nivelirlash xatolari manbaalariga qanday xatolar salbiy ta'sir ko'rsatadi?
7. O'rta ip bo'yicha nivelirlash usulida III sinf nivelirlashda bekatda ishlar qanday ketma-ketlikda bajariladi?
8. Texnik nivelirlashlar qachon qo'llaniladi?
9. Qarash xatosi to'g'risida tushuncha bering.
10. Raqamli nivelirlarni qo'llash sohalari to'g'risida tushunchalar bering.
11. Raqamli nivelirlarda o'rnatilgan dasturiy ta'minot bo'yicha nimalarni amalga oshirish mumkin?
12. Nivelir yo'llarni aniqlik talablariga qarab o'tkazishda nimalarga rioya qilish kerak?

NIVELIR BELGILARI BALANDLIGINI HISOBLASH

16.1. Nivelirlash jurnalini tekshirish

Alohida nivelir yo'llarini tenglashtirishdan oldin quyidagi dastlabki hisoblashlarni bajarish kerak: nivelir va reykalarni bajarilgan sinashlari materiallarini tekshirib chiqish, nivelirlash jumallarini rasmiylashtirish va to'g'ri to'ldirilganligini tekshirish, nivelir yo'llari belgilari nisbiy balandligi va ular balandligini hisoblash qaydnomasini tuzish, nivelirlash sifatini baholash va nivelir yo'llari chizmasini tuzish. Dala o'lchash materiallari nivelirlash bo'yicha «Yo'riqnoma» talablariga to'g'ri kelishi kerak.

III, IV sinf va texnik nivelirlash jumallari kameral sharoitda bitta qo'lda tekshirib chiqiladi. Jumallarni kameral tekshirish natijasida aniqlangan xatolar tuzatilishi kerak. Noto'g'ri raqamlar ustidan chizib o'chirilib, ularning tepasidan to'g'ri raqamlar qizil rangda yozib chiqiladi.

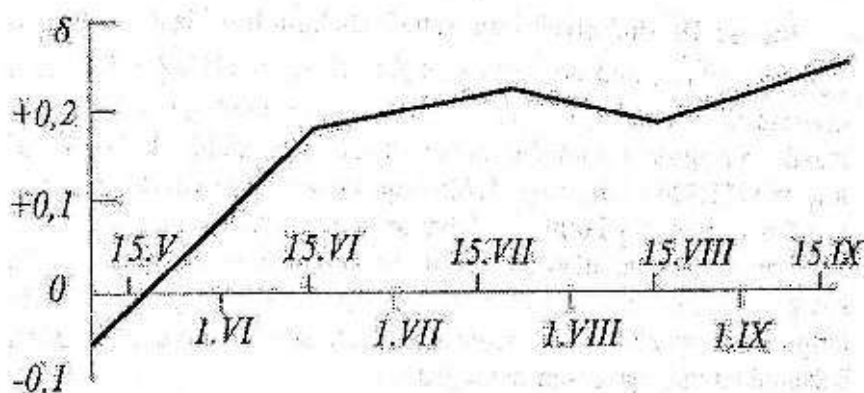
Nivelir tarmoqlari, odatda, alohida-alohida tenglashtiriladi, dastlab III sinf nivelir tarmog'i, keyin IV sinf tarmog'i. Bunda III sinf belgilaridan «boshlang'ich» deb olinganlari balandligi «xatosiz» deb qabul qilinadi. Keyin esa texnik nivelirlash tarmog'i tenglashtiriladi. Hozirgi kunda nivelir tarmoqlarini tenglashtirish dasturiy ta'minot yordamida kompyuterlarda amalga oshiriladi.

Jumallarni kameral tekshirishda qo'shni nivelir belgilari orasida (seksiyada) nisbiy balandliklar hisoblab topilgandan keyin ularga reykarlar juftini metrli bo'laklari o'rtacha qiymati uchun quyidagi tuzatma kiritiladi:

$$\delta_h = \delta h. \quad (16.1)$$

Bu yerda δ – tuzatma koeffitsiyenti; h – seksiya bo'yicha nisbiy balandlik.

Koeffitsiyent δ qiymatini aniqlash uchun millimetrovka qog'o-zida reykarlar juftini kameral va dala sinashlari natijalari bo'yicha interpolatsiyalash grafigi (16.1-rasm) chiziladi. Ushbu grafik bo'yicha nivelirlash sanasiga to'g'ri keluvchi δ qiymati olinadi.



16.1-rasm

Masalan, III sinf nivelir yo'li 10 may kuni, teskari yo'l esa 8 iyunda o'tkazilgan bo'lsin. Nivelirlashda ishlatilgan reyklar juftini sinashlarida olingan qiymatlardan 16.1-rasmdagi grafik tuzilgan. Nivelirlash to'g'ri yo'lida olingan umumiy nisbiy balandlik $h_{to'g'} = +111,733$ m va teskari yo'lda esa $h_{tes} = -111,709$ m. Yo'l uzunligi $L = 2,0$ km. Grafikdan nivelirlashning sanalari 10 may va 8 iyun kunlari uchun interpolatsiya qilib topamiz $\delta_1 = -0,06$ mm, $\delta_2 = +0,14$ mm. Shunda 10 mayda olingan nisbiy balandlik tuzatmasi (16.1 formuladan) quyidagiga teng:

$$\delta_{to'g'} = (-0,06) \cdot 111,7 = -6,7 \text{ mm},$$

8 iyun uchun esa

$$\delta_{tes} = (+0,14) \cdot (-111,7) = -15,6 \text{ mm}.$$

Yuqoridagi tuzatmalarni yo'l bo'yicha nisbiy balandliklarga kiritib topamiz:

$$h_{to'g'} = +111,733 - 0,007 = +111,726 \text{ mm},$$

$$h_{tes} = +111,709 - 0,016 = -111,725 \text{ mm}.$$

Reyklar juftini o'rtacha metri uchun nisbiy balandlikka tuzatma kiritmasdan nivelirlash xatosini hisoblasak:

$$f_h = h_{to'g'} - h_{tes} = 111,733 - 111,709 = +24 \text{ mm}.$$

Bu esa III sinf nivelirlash xatosi chekini hisoblash formulasi $f_{\text{chek}} = \pm 10\sqrt{L}$, mm bo'yicha topilgan $f_{\text{chek}} = \pm 10\sqrt{2} = \pm 14$ mm qiymatdan ancha katta bo'lib, «Yo'riqnomas» talabiga to'g'ri kelmaydi. Yuqorida tuzatmalar kiritib, tuzatilgan nisbiy balandliklar $h_{\text{to'g'}}$ = +111,726 va h_{tes} = -111,725 orqali hisoblangan nivelirlash xatosi $f_h = +1$ mm teng bo'lib, u talabni to'la qanoatlantiradi.

Barcha dala jurnallari tekshirilib, zarur bo'lsa tuzatishlar kiritilib hamda tuzatmalarni nisbiy balandliklarga kirib bo'lgandan keyin tarmoqdagi nivelir yo'llari nisbiy balandliklari va nivelir belgilari balandliklarining qaydnomasi tuziladi.

16.2. III, IV sinf va texnik nivelirlash sifatini baholash

Nivelirlash sifatini baholashning III sinf nivelir yo'llarida $d = h_{\text{to'g'}}$ - h_{tes} farqi bo'yicha, IV sinfda poligonlar va har ikkala uchlari reperlarga bog'langan yo'ldagi bog'lanmaslik (xatolik) f_h qiymatlari bo'yicha amalga oshiriladi. III sinf nivelirlash sifati alohida seksiyalardagi farqlar $h_{\text{to'g'}}$ - h_{tes} bir nechta seksiyalardagi farqlar yig'indisi, bitta kuzatuvchi tomonidan nivelirlab chiqilgan uchastkalardagi farqlar yig'indisi; 1 km ikkilangan yo'l uchun hisoblab topilgan tasodifiy o'rta kvadratik xatolar η va sistematik o'rta kvadratik xatolar δ hamda poligonlar bog'lanmasligi qiymatlari bo'yicha tavsiflanadi. Bunda sistematik va tasodifiy o'rta kvadratik xatolarni hisoblash uchun d farqlar va f_h xatolar (poligonlarda) soni yetarli darajada katta bo'lishi zarur.

III sinf nivelirlashda to'g'ri va teskari yo'llar nisbiy balandligi farqi d tarkibida yig'ilgan tasodifiy o'rta kvadratik xatolarning qiymatini quyidagicha hisoblash mumkin: $\pm 3,3\sqrt{L}$, mm.

1 km ikkilangan nivelir yo'li uchun tasodifiy o'rta kvadratik xato quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\eta^2 = \frac{1}{4n} \left[\frac{d^2}{l_i} \right] \quad (16.2)$$

Bu yerda n - nivelir yo'lidagi seksiyalar soni; l_i - seksiya uzunligi, km; $d_i = h_{\text{to'g'}}$ - h_{tes} , mm.

III sinf nivelirlash yo'llarining uzunligi, odatda, uncha katta bo'lmaydi (100 km dan oshmaydi) shu sababli bunday yo'llarda sistematik xatolarning ta'siri juda kichik bo'lishi sababli uni hisobga olmaslik mumkin.

Bitta sinfdagi yo'llardan tashkil topgan poligonlardagi xatolik ushbu sinf uchun yo'l qo'yarli xato qiymatidan oshmasligi kerak. Poligonlardagi xatolar quyidagidan: III sinf $\pm 10\sqrt{L}$, mm; IV sinf $\pm 20\sqrt{L}$, mm; texnik nivelirlash $\pm 50\sqrt{L}$, mm dan oshmasligi kerak.

Agar poligonlar har xil sinf yo'llaridan tashkil topgan bo'lsa, chekli xato quyidagicha hisoblanadi:

$$fh_{chek} = \sqrt{K_i L_i + K_j L_j}, \text{ mm.} \quad (16.3)$$

Bu yerda L_i, L_j – tegishli sinf nivelir yo'llarining uzunligi yig'indisi; K_i, K_j – nivelirlash sinfiga tegishli koeffitsiyentlar.

III sinf nivelirlash uchun $K = 100$, IV sinf uchun $K = 400$ va texnik nivelirlash uchun $K = 2500$. Masalan, nivelirlash poligoni III va IV sinf yo'llaridan tashkil topgan bo'lsin. III sinf nivelir yo'llarining umumiy uzunligi $L = 75$ km, IV sinf esa $L = 36$ km. Shunda poligondagi nivelirlashning chekli xatosi:

$$fh_{chek} = \sqrt{100 \cdot 75 + 400 \cdot 36} = \pm 148 \text{ mm.}$$

III va IV sinf va texnik nivelirlash poligonlari uchun hisoblangan xatolar va ularning chekli qiymatlari nivelir tarmog'ining chizmasiga ko'chirib yoziladi.

Bitta sinfdagi nivelirlash yo'llaridan tashkil topgan poligonlardagi xato (bog'lanmaslik)lar bo'yicha 1 km ikkilangan nivelir yo'lidagi tasodifiy o'rta kvadratik xato quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\eta^2 = \frac{\left[\frac{f_h^2}{P} \right]}{N} \quad (16.4)$$

Bu yerda f_h – poligonda hisoblangan bog'lanmaslik, mm;
 P – poligon perimetri, km; N – tarmoqdagi poligonlar soni.

IV sinf va texnik nivelirlashda 1 km yo'l uchun tasodifiy o'rta kvadratik xato, poligondagi va uchlari bog'langan yo'ldagi xatoliklar bo'yicha quyidagicha hisoblanadi:

$$\eta^2 = \frac{1}{6n} \left[\frac{d^2}{l} \right] \quad (16.5)$$

Bu yerda $d = \sum h_{amaliy} - (H_{ox} - H_{bosh})$, H_{bosh} , H_{ox} – boshlang'ich va oxirgi reperlar balandligi; l – nivelir yo'lining uzunligi, km; n – tarmoqdagi nivelir yo'llari soni.

Bitta sinf nivelirlash yo'llarini tenglashtirishda ularning vazni quyidagicha hisoblanadi:

$$P = \frac{c}{L}, \quad (16.6)$$

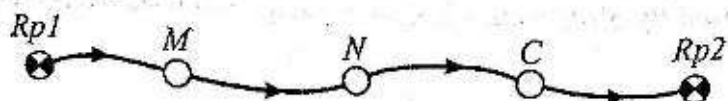
$$P = \frac{c}{n}. \quad (16.7)$$

Bu yerda L – nivelir yo'li uzunligi, km; n – yo'ldagi shtativlar soni; c – doimiy koeffitsiyent (qabul qilib olinadi).

Agar tarmoqda ayrim nivelir yo'llari faqat bitta yo'nalishda nivelirlangan bo'lsa, ular vazni ikki marotaba kichik olinadi.

16.3. Yakka nivelir yo'lini tenglashtirish

Balandligi H_b , H_{ox} ma'lum bo'lgan $Rp1$ va $Rp2$ reperlari orasida uzunligi L ga teng nivelir yo'li o'tkazilgan bo'lib, unda M , N va C nivelir belgilari mahkamlangan bo'lsin, 16.2-rasm.



16.2-rasm

$Rp1$ va $Rp2$ orasidagi yo'lni nivelirlashdan topilgan nisbiy balandlik $\sum h_a$, H_b va H_{ox} bo'yicha hisoblangan nazariy nisbiy balandlik esa $\sum h_n = (H_{ox} - H_b)$ bo'lsin. Ushbu yo'lni tenglashtirib undagi M , N va C belgilari balandligi topilishi talab etilsin. M belgisi bosh-

lang'ich reper $Rp1$ dan I masofada joylashgan bo'lib, uning balandligini ikki marotaba hisoblash mumkin:

$$H'_M = H_b + \Sigma h, \quad (16.8)$$

$$H''_M = H_{ox} - \Sigma h_2. \quad (16.9)$$

M belgini ikki marotaba (16.8) va (16.9) formulalaridan topilgan balandligi bir-biridan farq qiladi. H'_M va H''_M balandliklar teng aniq emas qiymatlardir, chunki: H'_M quyidagi $\eta\sqrt{l}$ xatolik, H''_M esa $\eta\sqrt{L-l}$ xatolik bilan aniqlangan. Ularning vazni tegishlixa quyidagilarga teng:

$$p' = \frac{c}{l}$$

va

$$p'' = \frac{c}{L-l}$$

Vaznli arifmetik o'rtaning umumiy formulasiga asosan quyidagini yozamiz:

$$H_M = \frac{H'_M p' + H''_M p''}{p' + p''} \quad (16.10)$$

yoki yo'ldagi oraliq nivelir belgisining tenglangan balandligi quyidagicha topilishi mumkin:

$$H_i = H_b + \Sigma h_i + v_i \quad (16.11)$$

Bu yerda H_b – boshlg'ich reper balandligi; Σh_i – oraliq nivelir belgisigacha seksiyalar nisbiy balandligi yig'indisi; v_i – kiritiladigan tuzatma bo'lib, u quyidagiga teng:

$$v_i = -\frac{f_h}{L} l_i \quad (16.12)$$

Bu yerda $f_h = \Sigma h - (H_{ox} - h_b)$; l_i – seksiya uzunligi, km;
 L – yo'l uzunligi, km.

Tuzatmalarni hisoblash to'g'riligining nazorati quyidagi tenglik bilan ifodalanadi:

$$[v_i] = -f_h$$

Yakka yo'lda nisbiy balandlikning vazn birligi o'rta kvadratik xatosi quyidagiga teng:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-k}}. \quad (16.13)$$

Bu yerda n – yo'ldagi seksiyalar soni; k – aniqlanayotgan oraliq belgining raqami.

Yakka nivelir yo'lini tenglashtirish bo'yicha misol 16.1-jadvalda keltirilgan.

16.1-jadval

Yo'ldagi oraliq belgi	L, km	h, m	v, mm	Tenglashtirilgan nisbiy balandlik	H, m	p	pv^2
$Rp1$					680,005		
	0,9	+14,130	+2	+14,132		1,1	4
M					694,137		
	1,5	+20,370	+4	+20,374		0,7	11
N					714,511		
	0,8	+17,800	+2	+17,802		1,2	5
C					732,313		
	2,4	17,730	+7	+17,737		0,4	20
$Rp2$					750,050		
Σ	5,6	70,030	15,0				40

Yo'ldagi nisbiy balandliklar xatosi:

$$f_h = 70,030 - (750,050 - 680,005) = -15 \text{ mm}.$$

(16.12) formulaga asosan 1 km nivelir yo'li uchun tuzatma qiymati quyidagiga teng:

$$\frac{f_h}{L} = \frac{-15}{5,6} = -2,7 \text{ mm}.$$

Shunda seksiyalar uchun tuzatmalar quyidagicha bo'ladi:

$$v_1 = +2,7 \cdot 0,9 = +2,0 \text{ mm};$$

$$v_2 = +2,7 \cdot 1,5 = 4,0 \text{ mm va h.k.}$$

Yuqoridagi (16.13) formuladan topamiz:

$$\mu = \sqrt{\frac{40}{4-1}} = 3,6 \text{ mm.}$$

Nivelir yo'li bo'yicha nisbiy balandlikni 1 km ikkilangan yo'l uchun o'rta kvadratik xatosi quyidagicha topiladi:

$$m_{km} = \frac{\mu}{\sqrt{c}} \quad (16.14)$$

Misolda olingan yo'l uchun topamiz: $m_{km} = \frac{3,6}{1} = 3,6 \text{ mm.}$

Oraliq belgi (reper) tenglangan balandligining o'rta kvadratik xatosi quyidagiga teng:

$$M_{Hi} = \frac{\mu}{\sqrt{p_{Hi}}} \quad (16.15)$$

Bu yerda p_{Hi} — o'rta kvadratik xatosi hisoblanadigan reper balandligining vazni. U quyidagi formuladan topilishi mumkin:

$$p_{Hi} = \frac{1}{[L]_i^n} + \frac{1}{[L]_{i+1}^n} = \frac{[L]_i^n}{[L]_i^n [L]_{i+1}^n} \quad (16.16)$$

Bu yerda $[L]_i^n$ — umumiy yo'l uzunligi; $[L]_i^i$ — boshlang'ich reperdan i oraliq belgigacha yo'l uzunligi; $[L]_{i+1}^n$ — oxirgi reperdan i oraliq belgigacha yo'l uzunligi.

Olingan misolda $[L]_i^n = 5,6 \text{ km}$; $[L]_1^1 = 0,9 \text{ km}$ va $[L]_{i+1}^n = 4,7 \text{ km}$. Shunda (16.16) va (16.15) formulalardan topamiz: $p_{Hi} = 1,3$ va $M_{Hi} = \pm 3,2 \text{ mm.}$

16.4. Bitta tugun nuqtali nivelir tarmog'ini tenglashtirish

Ushbu usul tenglashtirishning bitta nuqtada tutashadigan nivelir yo'llarini tenglashtirishning eng oddiy usuli hisoblanadi. Bunda faqatgina bitta noma'lum qiymatni – tugun nuqta balandligini, aniqlash kifoya. Umumiy arifmetik o'rta formulasini qo'llab bir-daniga tugun nuqta K ni (16.3-rasm) tenglashtirilgan balandligi quyidagicha topiladi:

$$H_K = \frac{H'_K p_1 + H''_K p_2 + H'''_K p_3}{p_1 + p_2 + p_3} \quad (16.17)$$

Bu yerda H'_K , H''_K , H'''_K – balandliklari ma'lum boshlang'ich reperlardan topilgan K tugun nuqtasining balandlik qiymatlari; $p_1 = \frac{c}{L_1}$; $p_2 = \frac{c}{L_2}$; $p_3 = \frac{c}{L_3}$; L_1 , L_2 , L_3 – tegishli nivelir yo'llari uzunligi, km da.

Tarmoqdagi barcha nivelir yo'llarining nisbiy balandliklariga tuzatmalarni quyidagi ayirmalardan topamiz:

$$v_1 = H_K - H'_K; v_2 = H_K - H''_K; v_3 = H_K - H'''_K$$

Vazn birligini o'rta kvadratik xatosi quyidagi formuladan topiladi:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{pv^2}{z-1}} \quad (16.18)$$

Bu yerda z – tarmoqdagi nivelir yo'llari soni.

1 km ikkilangan nivelir yo'lidagi tasodifiy o'rta kvadratik xato quyidagicha topiladi:

$$m_{km} = \frac{\mu}{\sqrt{c}}, \text{ agar } p = \frac{c}{L} \text{ bo'lsa,} \quad (16.19)$$

$$m_{km} = \frac{\mu}{\sqrt{c}} \sqrt{\frac{[n]}{[L]}}, \text{ agar } p = \frac{c}{n} \text{ bo'lsa,} \quad (16.20)$$

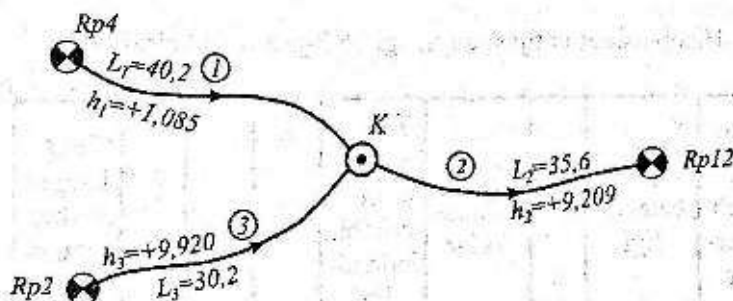
bu yerda $[n]$ – tarmoqdagi barcha yo'llar bo'yicha shtativlar soni; $[L]$ – tarmoqdagi barcha yo'llar uzunligi yig'indisi (km).

Misol, quyidagi 16.3-rasmda berilgan bitta K tugun nuqtali III sinf tarmog'ini tenglashtirishni ko'rib chiqamiz.

Har bir yo'l vazni $p = \frac{c}{L}$ formuladan, tugun nuqta K ning tenglashtirilgan balandligi esa quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$H_K = H_K^0 + \frac{[p\varepsilon]}{[p]}. \quad (16.21)$$

Bu yerda H_K^0 – tugun nuqtaning dastlabki hisoblangan balandligi qiymatlaridan eng kichigi bo'lib, detsimetrgacha yaxlitlab olinadi; ε – yaxlitlab olingan balandlik H_K^0 bilan tugun nuqta K ning har bir yo'l bo'yicha hisoblangan balandligi farqi.



16.3-rasm

Tugun nuqta K balandligini hisoblaymiz:

$$H'_K = H_{Rp4} + h_1 = 120,157 + 1,085 = 121,242,$$

$$H''_K = H_{Rp12} + h_2 = 130,412 - 9,209 = 121,203,$$

$$H'''_K = H_{Rp2} + h_3 = 111,310 + 9,920 = 121,230.$$

Ushbu qiymatlardan eng kichigini yaxlitlab, $H_K^0 = 121,200$ deb qabul qilamiz va ε_i qiymatlarini quyidagicha hisoblaymiz:

$$\varepsilon_1 = H_K^0 - H'_K = 121,200 - 121,242 = -42,$$

$$\varepsilon_2 = H_K^0 - H''_K = 121,200 - 121,203 = -3,$$

$$\varepsilon_3 = H_K^0 - H_K''' = 121,200 - 121,230 = -30.$$

Yuqoridagi (16.21) formula bo'yicha tugun nuqta K tenglashtirilgan balandligini hisoblaymiz:

$$H_K = 121,200 + \frac{(-42) \cdot 0,25 + (-3) \cdot 0,28 + (-30) \cdot 0,33}{0,25 + 0,28 + 0,33} = 121,225.$$

Yo'llar vazni quyidagilarga teng:

$$p_1 = \frac{c}{L_1} = \frac{10}{40,2} = 0,25; \quad p_2 = \frac{c}{L_2} = \frac{10}{35,6} = 0,28;$$

$$p_3 = \frac{c}{L_3} = \frac{10}{30,2} = 0,33.$$

Hisoblashlar natijasi quyidagi 16.2-jadvalda keltiriladi.

16.2-jadval

Boshlan-g'ich reper-lar	Reperlar baland-ligi	Yo'l №	Nisbiy baland-liklar	Tugun nuqta-larning daslabki baland-ligi	ε , mm	p	v , mm	Teng-langan nisbiy baland-liklar	pv^2
Rp4	120,157	1	+1,085	121,242	-42	0,25	-17	+1,068	72
Rp12	130,412	2	+9,209	121,203	-3	0,28	+22	+9,187	2
Rp2	111,310	3	+9,920	121,230	-30	0,33	-5	+9,915	8
									$\Sigma=82$

O'lchashlar aniqligini baholash uchun vazn birligi o'rta kvadratik xatosini (16.18) formuladan va 1 km ikkilangan nivelir yo'l uchun o'rta kvadratik xatosini (16.19) formuladan topamiz:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[pv^2]}{z-1}} = \sqrt{\frac{82}{3-1}} = 6,4 \text{ mm},$$

$$m_{km} = \frac{\mu}{\sqrt{c}} = \frac{6,4}{\sqrt{10}} = 2,0 \text{ mm}.$$

16.5. Ketma-ket yaqinlashish usulida uchta tugun nuqtali nivelir tarmog'ini tenglashtirish

Mashqni yechish nivelir tarmog'i sinfini e'tiborga olgan holda tarmoq yullari hamda poligonlarda hisoblangan bog'lanmasliklar, ularni yo'l qo'yarli cheki bilan solishtirib ko'rishdan boshlanadi.

Ushbu usulda tarmoq tugun nuqtalarining tenglashtirilgan balandligi birdaniga emas, balki ketma-ket yaqinlashish yo'li bilan topiladi.

Har qanday yaqinlashishda har bir tugun nuqta balandligini ushbu nuqtaga tutashgan yo'llardan topiladigan balandlik qiymatlaridan vaznli arifmetik qiymat sifatida hisoblanadi. Bunda barcha qo'shni nuqtalarning hisoblangan balandligi, ular boshlang'ich yoki tugun nuqta ekanidan qat'i nazar, xatosiz deb qabul qilinadi.

16.4-rasmda keltirilgan tarmoqda uchta tugun nuqtalar mavjud. Birinchi tugun nuqta $Rp1$ va unga tutashgan 1-, 2- va 3-yo'llar, ikkinchi tugun nuqta $Rp2$ va unga tutashgan 3-, 4- va 6-yo'llar va uchinchi tugun nuqta $Rp3$ va unga tutashgan 6-, 7- va 5-yo'llar.

Eng kichik kvadratlar usuli asosida noma'lum balandliklar H_1 , H_2 va H_3 ga ega tenglamalar sistemasini tuzib, quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

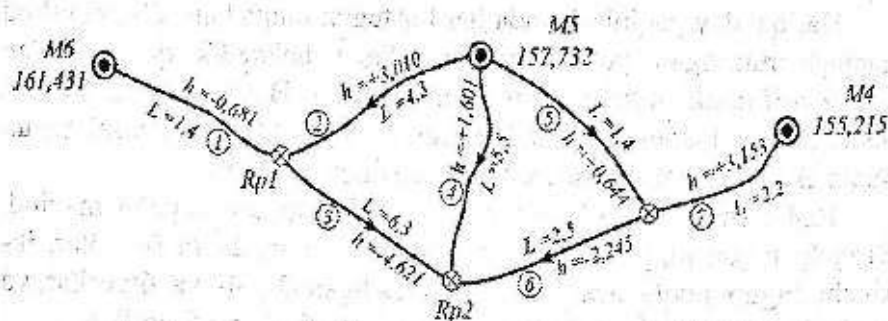
$$\left. \begin{aligned} H_{Rp1} &= \frac{(H_6 + h_1)p_1 + (H_5 + h_2)p_2 + (H_{Rp2} - h_3)p_3}{p_1 + p_2 + p_3} \\ H_{Rp2} &= \frac{(H_5 + h_4)p_4 + (H_{Rp1} + h_3)p_3 + (H_{Rp3} + h_6)p_6}{p_3 + p_4 + p_6} \\ H_{Rp3} &= \frac{(H_4 + h_7)p_7 + (H_5 + h_5)p_5 + (H_{Rp2} - h_6)p_6}{p_7 + p_5 + p_6} \end{aligned} \right\} \quad (16.22)$$

Bu yerda $p_i = \frac{c}{L_i}$ - o'lchangan nisbiy balandlik vazni.

Yuqoridagi (16.22) formulalar vaznli o'rta ko'rinishiga ega. Shu sababli ularni isbotsiz oson yozish mumkin. Ular noma'lumlarni topish uchun boshlang'ich hisoblanadi, bundan no'linchi yaqinlashish

mustasno. Nolinchi yaqinlashishda eng yaqin boshlang'ich punktdan o'lgan nisbiy balandlik orqali tugun nuqta balandligi topiladi. Masalan,

$$\left. \begin{aligned} H_{Rp1} &= H_6 + h_1 \\ H_{Rp2} &= H_5 + h_4 \\ H_{Rp3} &= H_5 + h_5 \end{aligned} \right\} \quad (16.23)$$



16.4-rasm

Ketma-ket yaqinlashishlarni hisoblashda (16.23) formula bir necha marotaba foydalanishini hisobga olib, ishlarni qisqartirish uchun ularni quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\left. \begin{aligned} H_{Rp1} &= (H_6 + h_1) p'_1 + (H_5 + h_2) p'_2 + (H_{Rp2} - h_3) p'_3 \\ H_{Rp2} &= (H_5 + h_4) p''_4 + (H_{Rp1} + h_3) p''_3 + (H_{Rp3} + h_6) p''_6 \\ H_{Rp3} &= (H_4 + h_7) p'''_7 + (H_5 + h_5) p'''_5 + (H_{Rp2} - h_6) p'''_6 \end{aligned} \right\} \quad (16.24)$$

Bu yerda $p'_i = \frac{p_i}{[p]_I}$; $p''_i = \frac{p_i}{[p]_{II}}$; $p'''_i = \frac{p_i}{[p]_{III}}$.

Formulalardagi p'_i ; p''_i ; p'''_i – *keltirilgan vaznlar* deyiladi.

Birinchi yaqinlashishda (16.24) formulaning birinchi tenglamasidan quyidagini yozamiz:

$$H'_{Rp1} = (H_6 + h_1) p'_1 + (H_5 + h_2) p'_2 + (H^0_{Rp2} - h_3) p'_3. \quad (16.25)$$

Bu yerda R_{p2} reperining balandligi noma'lum bo'lganligi uchun u H_{Rp2}^0 ko'rinishida ifodalangan.

(16.24) formulaning ikkinchi tenglamasidagi H_{Rp1} o'rniga (16.25)dan topilgan H'_{Rp1} ni qo'yib yozamiz:

$$H'_{Rp2} = (H_5 + h_4) p_4'' + (H_{Rp1} + h_3) p_3'' + (H_{Rp3} + h_6) p_6'' \quad (16.26)$$

Shundan keyin uchinchi tugun nuqta H_{Rp3} ning birinchi yaqinlashishdagi balandligini topishda o'sha (16.24) formulani uchinchi tenglamasidagi H_{Rp2} ning o'rniga H'_{Rp2} ni qo'yib, uchinchi tugun nuqta uchun yozamiz:

$$H'_{Rp3} = (H_4 + h_7) p_7''' + (H_5 + h_5) p_5''' + (H_{Rp2} - h_6) p_6''' \quad (16.27)$$

Yuqoridagiga o'xshash tugun nuqtalar balandligini ikkinchi yaqinlashishda H''_{Rp1} , H''_{Rp2} , H''_{Rp3} , keyin uchinchi yaqinlashishda va h.k. topiladi. Yaqinlashishlardagi hisoblash jarayoni barcha noma'lum reperlar balandligining oxirgi ikkita yaqinlashishdagi qiymatlari bir xil chiqqunga qadar davom ettiriladi.

Tenglashtirish ishlari 16.3-jadvalning 1-6-ustunlariga tarmoq chizmasidan (16.4-rasm) har bir tugun nuqta uchun zarur ma'lumotlar ko'chirib yozishdan boshlanadi. Chizmada berilgan nisbiy balandliklar ishorasi va strelka bilan ko'rsatilgan yo'nalishiga e'tibor berish kerak. Har bir tugun nuqtaga tutashadigan har bir yo'l uchun uning vazni $p_i = \frac{c}{L_i}$ va keltirilgan vazni $p_i' = \frac{p_i}{[L]}$ formulalardan topilib, jadvalning 7 va 8-ustunlariga yoziladi. Misolda vazn birligiga, ya'ni c qiymatiga, 5 km yo'l uzunligi qabul qilingan. Keltirilgan vaznlar qiymatini hisobga olib, (16.21) formulani quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$H = H_0 + [cp'] \quad (16.28)$$

Keltirilgan vaznlarni hisoblash nazorati bo'lib, har bir tugun nuqta bo'yicha $[p'] = 1$ shartning bajarilishi xizmat qiladi. Jadvalning 9-ustunida tugun nuqtalar balandligining birinchi yaqinlashishdagi

qiymati (16.28) formula bo'yicha uning 1-ustunida yozilgan ketma-ketlikda hisoblab yoziladi. Bizning misolda $Rp1$ balandligi 1- va 2-yo'llar bo'yicha hisoblangan balandliklar vaznli arifmetik o'rtachasi sifatida olinadi:

$$H_{Rp1} = 160,742 \text{ m} + \frac{5,2}{0,86} \text{ mm} = 160,748 \text{ m}.$$

Bu yerda 0,86 keltirilgan vaznlar (1 va 2-yo'llar uchun) yig'indisi. Hisoblangan balandlik qiymati 9-ustunda chiziqli ostida yoziladi.

$Rp2$ balandligini 3- va 4-yo'llar bo'yicha hisoblangan balandlik qiymatlari vaznli arifmetik o'rta qiymati sifatida hisoblanadi. Bunda $Rp1$ ni boshlang'ich balandlik sifatida uning birinchi yaqinlashishdan topilgan balandligi 160,748 m olinadi.

$Rp3$ balandligini 5-, 6- va 7-yo'llar bo'yicha hisoblangan qiymatlar vaznli arifmetik qiymati sifatida hisoblanadi. Bunda $Rp2$ ni boshlang'ich balandlik sifatida uning birinchi yaqinlashishdan topilgan qiymati 156,129 m olinadi. Shu bilan birinchi yaqinlashish tugatilib, ikkinchi yaqinlashishga o'tiladi.

Ikkinchi yaqinlashishda hisoblashlar birinchi yaqinlashishga o'xshash ketma-ketlikda: avval $Rp1$, keyin $Rp2$ va $Rp3$ ning balandligi hisoblanadi. Keyin uchinchi, to'rtinchi va hokazo yaqinlashishlarda ham reperlar balandliklari hisoblanadi. Hisoblashlar oxirgi ikkita yaqinlashishlarda topilgan balandliklar teng chiqmaguncha davom ettiriladi.

Navbatda tenglashtirilgan balandlikdan uni har bir yo'l bo'yicha topilgan dastlabki balandlik qiymatlarini ayirib, tuzatmalar v_i hisoblanadi. Tuzatmalarning to'g'ri hisoblanganligining nazorati bo'lib, ularning yopiq poligonlardagi yig'indisi nolga teng bo'lishi xizmat qiladi.

Tenglashtirilgan tugun reperlar balandligi aniqligini baholash uchun ularning vaznlari, masalan, $Rp2$ uchun quyidagicha taqribiy hisoblanadi:

$$p_{H_{Rp2}} = [p]_2 - \frac{p_3^2}{[p]_1} = \frac{p_6^2}{[p]_3} = 3,70 - \frac{(0,79)^2}{5,52} - \frac{(2,0)^2}{7,84} = 3,07.$$

Tugun nuqtalar	Yo'l №	Boshlang'ich markalar	O'tchangan nisbiy balandlik	Yo'l uzunligi	Vazn		Yaqinlashishlar								Tuzatmalar, Δ	pv^2
					$p = \frac{c}{L}$	$p' = \frac{p}{[L]}$	I		II		III					
							H	ep'	H	ep'	H	ep'				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	1	M6	161,431	-0,681	1,4	3,57	0,65	160,750	5,2	160,750	5,2	160,750	5,2	-2	14	
Rp1	2	M5	157,732	+3,010	4,3	1,16	0,21	160,742	0	160,742	0	160,742	0	+6	41	
	3	Rp2	-	+4,621	6,3	0,79	0,14	-	-	160,750	1,1	160,749	-1	-1	1	
	4	M5	157,732	-1,601	5,5	5,52	1,00	160,748	5,2	160,748	6,3	160,748	6,2			
Rp2	3	Rp1	-	-4,612	6,3	0,91	0,25	156,131	1,0	156,131	1,0	156,131	0,8	-3	8	
	6	Rp3	-	-2,245	2,5	2,00	0,54	156,127	0	156,127	0	156,127	0	+1	1	
	7	M4	155,215	+3,153	2,2	3,7	1,00	156,129	1,0	156,128	1,5	156,128	1,3	0	0	
Rp3	5	M5	157,732	+0,644	1,4	3,57	0,46	158,376	3,7	158,376	3,7			+5	57	
	6	Rp2	-	+2,245	2,5	2,0	0,25	158,374	1,5	158,373	1,2			-3	32	
						7,84	1,00	158,273	5,2	158,373	4,9			0	0	
															154	

Tugun reperlar balandliklari vazmini hisoblash

$$P_{H_{02}} = 5,52 - \frac{(0,79)^2}{3,70} = 5,35, \quad P_{H_{03}} = 3,70 - \frac{(0,79)^2}{5,52} = 3,07,$$

$$P_{H_{01}} = 7,84 - \frac{(2,0)^2}{3,70} = 6,76.$$

Tugun reperlarning tenglashtirilgan balandligi o'ra kvadratik xatosi quyidagilarga teng:

$$M_{H_{01}} = \frac{6,2}{\sqrt{5,35}} = \pm 2,7 \text{ mm}, \quad M_{H_{02}} = \frac{6,2}{\sqrt{3,07}} = \pm 3,5 \text{ mm}, \quad M_{H_{03}} = \frac{6,2}{\sqrt{6,67}} = \pm 2,4 \text{ mm}.$$

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-k}} = \sqrt{\frac{154}{7-2}} = \pm 6,2 \text{ mm}$$

$$m_{\text{m}} = \frac{\mu}{\sqrt{c}} = \frac{6,2}{\sqrt{5}} = \pm 2,8 \text{ mm}$$

Tugun reperlar tenglashtirilgan balandliklari o'rta kvadratik xatosi (6.15) formuladan topiladi:

$$M_{H_i} = \frac{\mu}{\sqrt{p_{H_i}}}.$$

Bu yerda p_{H_i} — o'rta kvadratik xatosi hisoblanadigan tugun reperi balandligining vazni.

Nazorat savollari:

1. Nivelir yo'llarini tenglashtirishdan oldin qanday dastlabki hisoblashlarni bajarish kerak?
2. Nivelir tarmoqlari qanday tenglashtiriladi?
3. III, IV sinf nivelirlashda 1 km ikkilangan yo'l uchun tasodifiy o'rta kvadratik xato qanday topiladi?
4. Yakka yo'lda nisbiy balandlikni vazn birligi o'rta kvadratik xatosi qanday formulada hisoblanadi?
5. Nivelir yo'li bo'yicha nisbiy balandlikni 1 km yo'l uchun o'rta kvadratik qanday formulada hisoblanadi?
6. Oraliq belgining tenglangan balandligi o'rta kvadratik xatosi qanday formuladan hisoblanadi?

ZICHLASH PLANLI TARMOQLARNI POLIGONOMETRIYA USULIDA QURISH

17.1. Zichlash poligonometriya tarmoqlari haqida ma'lumot

Zichlash poligonometriya tarmoqlari yirik masshtabli 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 va 1:500 topografik syomkalarni geodezik asos bilan ta'minlash maqsadida quriladi.

Zichlash tarmoqlarini rivojlantirish bilan geodezik tarmoqlar punktlarining zichligi quyidagilarga yetkaziladi: 1 km² qurilgan hududlarda 4 tagacha punktlar, qurilmagan hududlarda – 1 ta punkt.

Zichlash poligonometriyasi aniqligi bo'yicha 1- va 2-razryadlarga bo'linadi va ular davlat geodezik tarmoqlari punktlariga tayanib yakka poligonometrik yo'l yoki tugun nuqtalarni hosil qiluvchi yo'llar tizimi ko'rinishida rivojlantiriladi.

Bitta punktga tayanuvchi yopiq poligonometrik yo'llar yoki osma poligonometrik yo'llarni qurishga ruxsat etilmaydi. Zichlash 1- va 2-razryad poligonometriyasini texnik tavsiflari 17.1-jadvalda beriladi.

17.1-jadval

t/b №	Ko'rsatkichlar	Qiymatlar	
		1-razryad	2-razryad
1	Boshlang'ich punkt va tugun nuqta orasidagi yo'l uzunligi	3 km	2 km
2	Tugun nuqtalar orasidagi yo'l uzunligi	2 km	1,5 km
3	Poligon perimetri	15 km gacha	10 km gacha
4	Yo'l tomoni uzunligi	120-800 m	80-350 m
5	Yo'l tomon soni	15 gacha	15 gacha
6	Yo'l bog'lanmasligi nisbiy xatosi	1:10 000	1:5 000
7	Yo'l burchaklarini o'lchash o'rta kvadratik xatosi	±5"	±10"
8	Yo'l yoki poligonda burchaklar bog'lanmasligi	±10"√ <i>n</i> +1	±20"√ <i>n</i> +1

Jadvaldagi $n + 1$ – poligonometrik yo'ldagi burchaklar soni.

Qurilgan hududlarda texnik va iqtisodiy jihatlardan kelib chiqib, zichlash poligonometriyasi uchun tayanch asos sifatida 4-sinf davlat triangulyatsiyasi yoki poligonometriyasini rivojlantirish maqsadga muvofiq, bunda quyidagi texnik ko'rsatkichlar ta'minlanishi kerak.

1. Triangulyatsiya punktlari orasida rivojlantiriladigan yakka yo'l uzunligi 10 km dan oshmasligi kerak.
2. Yo'l tomonlari soni 15 dan oshmasligi kerak.
3. Yo'l tomoni o'rtacha uzunligi 500 m, eng kalta tomon 250 m dan kam bo'lmasligi kerak.
4. Burchakni o'lchash o'rta kvadratik xatosi $m \leq \pm 2,0''$.
5. Yo'l chekli nisbiy xatosi 1:25 000.

Agar poligonometrik yo'l tomonlarining soni 15 dan oshsa, yo'l o'rtasida joylashgan tomonga triangulyatsiya tomonidan direksion burchak uzatilishi zarur yoki bo'lmasa, astronomik kuzatishlar orqali direksion burchak aniqlanishi kerak. Zichlash 1 va 2-razryad poligonometriyasida tomonlar uzunligi zamonaviy svetodalnomer yoki elektron dalnomer (elektron taxeometrlar) bilan o'lchanadi. Agar qo'l ostida bunday asboblardan bo'lmasa parallaktik yoki qisqa bazisli poligonometriya usullaridan foydalanib, tomonlar uzunligi 1:15 000 xatolik bilan aniqlanishi mumkin.

Poligonometriya tomonlari uzunligini zamonaviy elektron dalnomerlar bilan tez va yuqori aniqlikda o'lchash uchun imkoniyat yaratilgani sababli bu usul bilan tayanch geodezik tarmoqlarini qurish afzalligi oshdi. Ishlab chiqarish tajribalariga tayanib aytish mumkinki, geodezik tarmoqlarni elektron dalnomerlardan foydalanib, poligonometriya usulida qurish triangulyatsiya usuliga qaraganda 20-25% arzonroq tushadi.

17.2. Poligonometriya tarmog'ini loyihalash va aniqligini baholash

Loyihalashning asosiy maqsadi o'zining aniqligi va punktlarning zichligi bo'yicha qo'yilgan talablarga javob beruvchi va amalga oshirish uchun minimal vaqt va mehnat talab qiladigan geodezik tarmoq variantini ishlab chiqishdan iborat.

Loyihalash uchta ketma-ket bosqichlarni o'z ichiga oladi:

- 1) loyihani tuzish uchun zarur material va ma'lumotlarni yig'ish;
- 2) plan yoki kartada geodezik tarmoqlar grafik chizmasini ishlab chiqish;
- 3) loyihani texnik va iqtisodiy asoslash.

Poligonometriya IV sinf tarmoqlari 1:25 000-1:10 000 va I va 2-razryad zichlashtirish poligonometriyasi tarmoqlari 1:5 000-1:10 000 masshtablardagi plan yoki kartalarda loyihalanadi. Tarmoqni rivojlantirish aniqligini ta'minlash uchun geometrik nuqtayi nazardan tarmoq chizmasi qo'yilgan talablarga javob bera olishini ta'minlash kerak. Masalan, poligonometrik yo'llar cho'ziq bo'lishi, tomonlar uzunligi mumkin qadar o'zaro yaqin bo'lishini ta'minlashga intilish kerak. Loyiha grafik qismini ishlab chiqishda tarmoq punktlarini joydagi o'rni uzoq muddatga saqlanib planli va balandlik holatlari o'zgarmay qolishini ta'minlash hisobga olinishi kerak.

Geodeziya kursining I qismidan ma'lumki, teodolit yo'lida koordinatlar orttirmalarining xatolari f_x va f_y orqali yo'l perimetridagi mutlaq xato f_s hisoblanadi. Cho'ziq poligonometrik yo'lda f_s xatolikni ikkita tarkibiy qismlarga ajratish mumkin: bo'ylama surilish t (yo'l yoqalab) va ko'ndalang surilish u (yo'lga nisbatan ko'ndalang).

Bo'ylama t va ko'ndalang u surilish xatolari yo'l oxirgi nuqtasini umumiy surilishiga olib keladi.

Cho'ziq poligonometrik yo'lda bo'ylama surilish xatosi t asosan yo'l tomonlari uzunligini o'lchash xatolarining yig'ilishi oqibatida, ko'ndalang siljish xatosi u esa yo'l burchaklarini o'lchash xatolari qo'shma ta'siridan kelib chiqishini oson anglash mumkin.

Poligonometrik yo'ldagi o'lchangan burchaklar xatosini burchaklar soniga teng bo'lib berib, dastlabki tuzatishdan so'ng ko'ndalang surilish xatosini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$m_u = L \frac{m_\beta}{p''} \sqrt{\frac{n+3}{12}} \quad (17.1)$$

Bu yerda L — poligonometrik yo'lni tashkil qiluvchi tomoni (diagonal) uzunligi; n — yo'l tomonlari soni; m_β — burchak o'lchashning o'rta kvadratik xatosi.

Agar yo'l tomonlari elektron dalnomerlarda o'lchansa, yo'l oxirgi nuqtasining bo'ylama surilish xatosi t quyidagiga teng:

$$m_t^2 = nm_s^2. \quad (17.2)$$

Bu yerda m_s – tomon uzunligini o'lchash o'rta kvadratik xatosi; n – yo'ldagi tomonlar soni.

Yo'l oxirgi nuqtasining planli o'rmini aniqlashni o'rta kvadratik xatosi yo'lning bo'ylama va ko'ndalang surilish qiymatlari orqali topilishi mumkin, ya'ni:

$$M^2 = m_t^2 + m_u^2, \quad (17.3)$$

yoki (17.1) va (17.2) formulalarni hisobga olib yozish mumkin:

$$M^2 = nm_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \left(\frac{n+3}{12} \right). \quad (17.4)$$

Agarda poligonometrik yo'l siniq shaklda bo'lsa, (17.4) formula quyidagi ko'rinishda olinadi:

$$M^2 = nm_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [D_{s,i}^2]. \quad (17.5)$$

Bu yerda $[D_{s,i}^2]$ – yo'l og'irlik markazidan har bir burilish nuqtasigacha, boshlag'ich nuqtalarini ham qo'shib, masofalar yig'indisi.

Yuqorida keltirilgan formulalar va bayon etilgan fikrlardan kelib chiqib poligonometrik yo'llarni loyihalashda imkon boricha ularning cho'ziq, teng tomonli va har bir burchakni bir tomoni uzun ikkinchi tomoni esa o'ta kalta bo'lishiga yo'l qo'yilmasligini hisobga olish kerak. Amalda poligonometrik yo'l cho'ziq hisoblanishi mumkin agar:

a) yo'l burilish nuqtalari tashkil qiluvchi (diagonal) tomondan o'ngda yoki chapda joylashib, undan uzoqligi eng ko'pi bilan tashkil qiluvchi tomon uzunligi L ni $1/24$ hissasidan oshmasa;

b) yo'l tomonlari tashkil qiluvchi tomon yo'nalishidan 8° dan ortiqqa oq'masa.

Poligonometrik tarmoqlarni rivojlantirish loyihasini tuzishda dala rekognossirovkasi ishlarini boshlashdan avval har bir loyihalangan yo'lining kutiladigan aniqligini dastlabki baholash kerak bo'ladi. Buning uchun keltirilgan (17.4) va (17.5) formulalardan foydalanish mumkin.

Poligonometrik yo'lining aniqligini hisoblash uchun asos qilib quyidagilar qabul qilinadi:

- 1) burchaklar va tomonlar uzunligini o'lchash aniqliklari m_β va m_s ;
- 2) poligonometrik yo'l geometrik chizmasi, ya'ni uning egilganligi;
- 3) poligonometrik yo'l uzunligi, yo'l tomonlarining o'rtacha uzunligi va burilish burchaklari soni.

Poligonometrik yo'lni kutiladigan aniqligini hisoblash uchun «Yo'riqnoma»da yo'lni loyihalalayotgan sinf uchun belgilangan burchak o'lchashning o'rta kvadratik xatosi m_β , chiziqli o'lchashning o'rta kvadratik xatosi m_s , yo'lni tashkil qiluvchi tomonning uzunligi L , tomon o'rtacha uzunligi S , yo'l tomonlarining soni n va yo'l burilish nuqtalarining soni, bog'lash burchaklari bilan birga $n + 1$ belgilab qo'yilgan.

Poligonometrik yo'lining geometrik chizmasi va uning egilganlik darajasi haqida kartada o'tkazilgan yo'lining grafik tasviri bo'yicha xulosa qilish mumkin.

Agar tomonlar uzunligi elektron dalnomer bilan o'lchanadigan bo'lsa, uning o'rta kvadratik xatosi m_s quyidagi formuladan hisoblanishi mumkin:

$$m_s = (a_{sm} + b_{sm}S). \quad (17.6)$$

Bu yerda a va b — koeffitsiyentlar bo'lib, o'lchash asbobining pasportida ko'rsatilgan bo'ladi; S — o'lchanadigan tomon uzunligi.

Misol, topografik kartada 1 razryad poligonometrik cho'ziqli yo'l loyihalangan bo'lib, unda $L = 3,0$ km, $n = 7$, tomonlar o'rtacha uzunligi $S = L:n = 3,0:7 = 0,4$ km, $m_\beta = \pm 5,0''$ va $m_s = 5$ sm (5 sm svetodalnomerda masofa o'lchash aniqligi) qabul qilinsa, yo'l oxirgi nuqtasining planli o'rni o'rta kvadratik xatosini (17.4) formuladan aniqlaymiz:

$$M_L^2 = nm_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \left(\frac{n+3}{12} \right) = 7 \cdot 5^2 + \frac{5^2}{206265^2} \cdot \frac{7+3}{12} = 0,024 \text{ m.}$$

Bundan

$$M_L = 0,15 \text{ m,}$$

yoki nisbiy xatosi

$$\frac{M_L}{L} = \frac{0,15}{3000} \approx \frac{1}{20000}$$

Bu esa 1-razryad poligonometriya uchun «Yo'riqnoma»da belgilangan aniqlikdan ancha yuqori. Demak, loyiha talabga javob bera oladi.

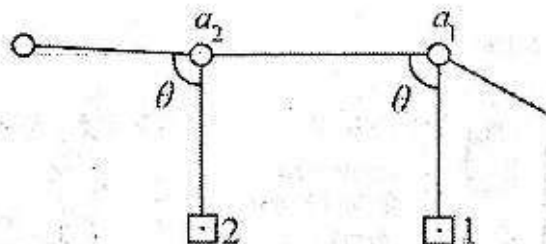
Poligonometriyaning barcha sinflari yo'llarini loyihalashda maxsus «Yo'riqnoma» talablarini qondirishga e'tibor qaratiladi.

Poligonometrik tarmoq chizmasini aniqlovchi asosiy shartlar bo'lib, mo'ljallangan topografik syomkalar masshtabi yoki injenerlik-texnik talablarni qondiruvchi punktlar zichligi va ularni joyda o'rnatish sharoiti hisoblanadi.

Loyihalangan poligonometriya tarmog'ini joyga chiqib rekognossirovkasini bajarishning asosiy maqsadi loyihadagi punktlar o'rnini joyda yakuniy tanlash va yer usti belgisi balandligini aniqlash, orientirlash punktlari o'rnini tanlash, yer osti belgilari markazi tipini va ularni o'rnatish chuqurligini belgilashdan iborat.

Punktlar o'rnini mustahkam gruntlarda tanlanishi va joyda o'tgan avtomobil va temir yo'llardan yer usti belgi balandligining ikkilangan qiymatidan uzoqroqda joylashishi kerak.

Rekognossirovkani bajarishda kalta tomonlar burchaklarini o'lchashda markazlash va reduksiya xatolarini oshirishga sabab bo'lishini yodda saqlash kerak. Shaharlar hududida mahkamlash belgisi tipini tanlashda devoriy belgilarga ko'proq o'rin berilishi kerak. Poligonometriya IV sinfi va 1- va 2-razryad punktlari gruntlar mavsumiy muzlaydigan hududlarning qurilmagan joylarida 2 tip g.r. markazi (17.1-a rasm) shaharlar va aholi yashash punktlari hududida esa mustahkam bino va inshootlar devorida maxsus devoriy belgilar bilan (17.1-b rasm) mahkamlanadi. Bu devoriy belgilar o'rnini bino yoki inshoot devorida yerdan 0,3-1,2 m balandlikda joylashtirilishi kerak.



17.2-rasm

Poligonometrik yo'lining devoriy belgilarida burchaklarni o'lchash asbobi o'rnatish uchun yordamchi nuqtalar (a_1 va a_2) o'rni devoriy belgidan 2-12 m masofada shunday tanlanadiki, ular bilan devoriy belgi orasidagi θ burchak 90° atrofida bo'lsin (17.2-rasm).

17.3. Zichlash poligonometriyasida burchaklarni o'lchash

Poligonometrik yo'lda yo'l bo'yicha faqat bir tomon (chap yoki o'ng tomon)dagi burchaklar alohida burchakni o'lchash usulida, yo'llar kesishib tugun nuqtalar hosil bo'lgan nuqtalarda esa doiraviy qabullar usulida o'lchanadi.

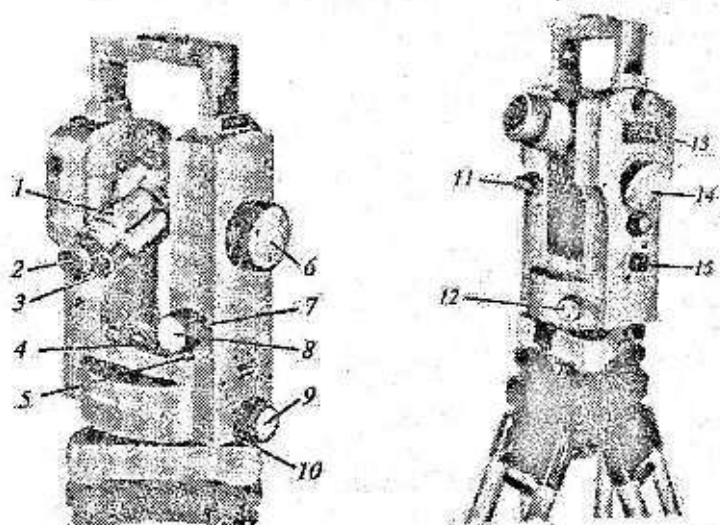
O'lchashda T2, T5 optik teodolitlar hamda zamonaviy elektron teodolitlar 2T5ЭH (Rossiya), ET-02 (Xitoy) va aniqligi shularga teng boshqa teodolitlardan foydalanish mumkin.

Bu teodolitlarning texnik tavsiflari 17.2-jadvalda keltirilgan.

17.2-jadval

№	Teodolitlar asosiy texnik ko'rsatkichlari	Optik teodolit		Elektron	
		T2	T5	2T5ЭH	ET-02
1	Qarash trubasini katta-lashtirishi	25 $^\times$	27 $^\times$	31 $^\times$	30 $^\times$
2	Vizirlashning qisqa masofasi	1,5 m	2 m	1 m	1,4 m
3	Gorizontal doira diametri	90 mm	95 mm	-	-
4	Gorizontal doira silindrik adilagi bo'lak qiymati	15"	30"	30"	-
5	Burchak o'lchash o'rta kvadratik xatosi	2"	5"	5"	2"

Quyida ayrim teodolitlarning tuzilishi ko'rib o'tiladi.
T2 (2T2A) teodoliti. Teodolitning umumiy ko'rinishi 17.3-rasm-
 da berilgan.



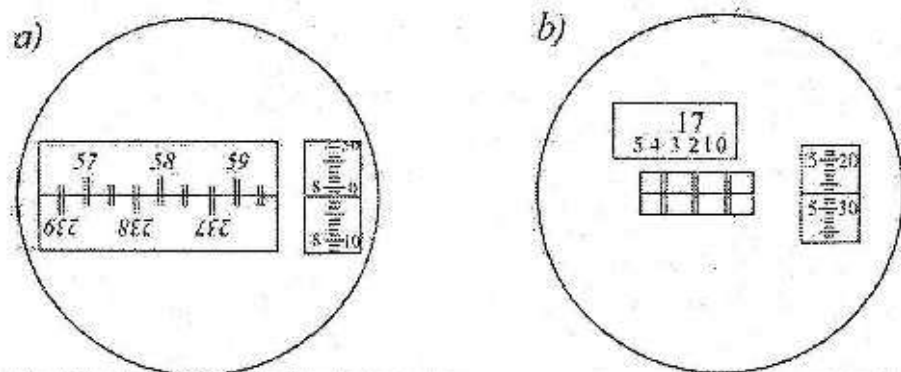
17.3-rasm

Teodolitning asosiy qismlari trubaning fokuslovchi vinti (1), trubaning okulyari (2), mikroskop okulyari (3), gorizontall doiraning adilagi (4), adilakning tuzatgich vinti (5), mikrometr barabani (6), trubaning mahkamlagich (7) va qaratgich vinti (8), alidada doirasining qaratgich (9) va mahkamlash vinti (10), gorizontall va vertikal doiralar tasvirini o'zgartirish vinti (11), limb doirasining aylantirish vinti (12), vertikal doira adilagining oynachasi (13), yoritish oynachasining qopqog'i (14), optik shovunning okulyari (15).

Gorizontall va vertikal doiralari shishadan yasalgan bo'lib, ular diametri tegishlicha 90 va 65 mmga teng. Limb doirasining eng kichik bo'lagi 20' ga teng, sanok optik mikrometr bo'yicha olinib, uning aniq-
 ligi 1" ga teng. Asbobni punktda markazlashtirish optik shovun yor-
 damida bajariladi.

Vertikal doira yordamida vertikal burchaklarni o'lchash chega-
 rasi $\pm 65^\circ$ gacha. Keltirilgan 17.4-a, b rasmlarda T2 va 2T2A teodolit-
 lari sanoq olish mikroskopining ko'rish maydoni berilgan. Sanoq
 olishdan avval optik mikrometr barabani bilan limbning qarama-

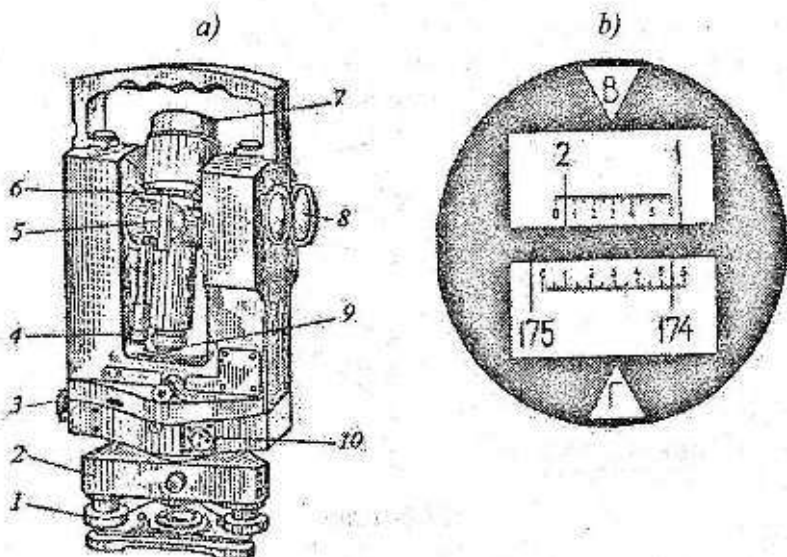
qarshi shtrixlari aniq tutashtiriladi (17.4-a rasmi). Gradus va to'la 10 minutlik sanoq asosiy, undan kichik minut va sekundlar esa qo'shimcha (o'ng tomondagi) shkaladan olinadi. Shunday qilib, 17.4-a rasmda sanoq: $57^{\circ}58'02''$; 17.4-b rasmda (2T2A teodolit shkalasi) $17^{\circ}25'27''$ ga teng.



17.4-rasm

2T5K teodoliti. Teodolitning umumiy ko'rinishi 17.5-a rasmda berilgan. Uning asosiy qismlari – ko'targich vintlar (1), taglik (2), gorizontal doiraning mahkamlagich va qaratgich vintlari (3) shkalali mikroskop okulyari (4), vizirlash nishoni (5), trubaning okulyari (9), gorizontal doira limbning aylantirish vinti (10), optik shovun (11)dan iborat.

Gorizontal va vertikal doiralari shishadan yasalgan, doiralar shkalalarining kichik kesimi 1° ga teng. Sanoq olish moslamasi shkalali mikroskop bo'lib, okulyar yonidagi trubkada ko'rinadi. Unda 60 ta bo'laklar bo'lib, bitta eng kichik bo'laki $1'$ ga teng, shkala bo'yicha sanoq olish aniqligi $0,1'$ yoki $6''$ ga teng. Gradus qiymati shkala chegarasida joylashgan bo'lakdan olinadi. To'la minutlar soni shkalaning nol bo'lagidan boshlab limbning gradus shtrixigacha sanaladi; bir minutdan kichik kesim ko'z bilan chamlalanadi. Keltirilgan 17.5-b rasmda 2T5K teodolitining sanoq olish moslamasining ko'rish maydoni berilgan. Unda yuqoridagi shkala (B) vertikal va pastdagi shkala (I) gorizontal doiralari sanoq olish shkalalari berilgan. Ulardan olingan sanoqlar: $174^{\circ}54,9'$ gorizontal doiradan, $+2^{\circ}04,8'$ vertikal doiradan.



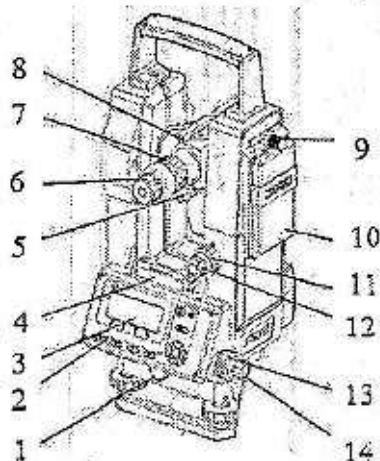
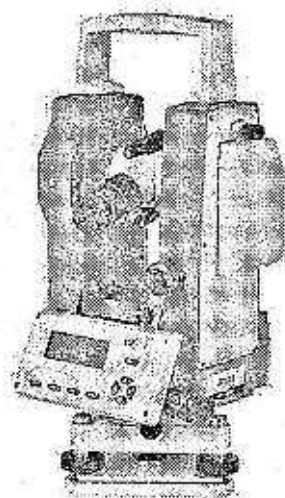
17.5-rasm

Teodolit shifridagi *K* harfi vertikal doira kompensatorga ega ekanligini bildiradi va uning ishlash chegarasi $\pm 3'$ ga teng.

Ko'rib o'tilgan teodolitlar bilan burchak o'lchashdan avval ularning tekshirishlari, tuzatishi va sinashlari «1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 masshtablardagi topografik syomkalarni bajarish bo'yicha «Yo'riqnomada belgilangan tartibda bajarilishi shart.

Elektron teodolit 2T53H1. Teodolitning umumiy ko'rinishi va uning qismlari 17.6-rasmda berilgan. Boshqarish paneli (2)da uch satrli displey (3) va (11) ta tugmachalar joylashgan. Qarash trubasi kremalera vinti (7), iplar to'ri dioptrik halqasi (6)ni burab fokusga keltiriladi. Vizirlash kollimatori (8) trubani dastlabki qaratish uchun kerak. Qarash trubasini vertikal va gorizontal tekisliklar bo'yicha qaratish uchun tegishlicha (11) va (13) vintlar xizmat qiladi. Bunda mahkamlash vintlari (12) va (14) mahkamlangan bo'lishi kerak. Teodolitni gorizontal holatga keltirish doiraviy adilak (5) va silindrik adilak (4) bilan bajariladi.

Gorizontal va vertikal burchaklarni o'lchash o'rta kvadratik xatosi $\pm 5''$, qarash trubasining kattalashtirishi $31\times$, u to'g'ri tasvir hosil qiladi, vizirlashning eng kichik masofasi 1 m, gorizontal doira adilaging bo'lak qiymati $30''$.



17.6-rasm

Teodolitning qo'llanish sohasi – planli syomka tarmoqlari, zichlash geodezik tarmoqlari hamda qurilish maydonchalaridagi geodezik o'lchashlar.

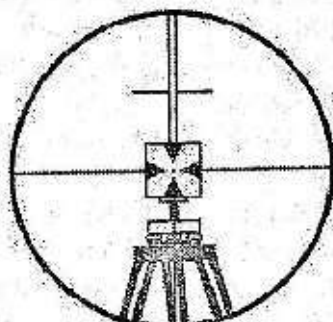
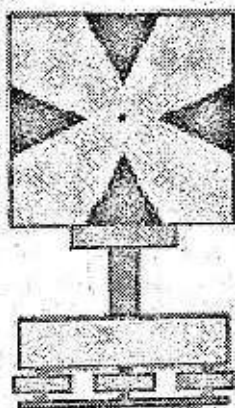
Zichlash poligonometriya tarmog'ida burchaklarni o'lchash, odatda alohida burchakni o'lchash usuli yoki doiraviy qabullar usulida, agar kuzatish punktida yo'nalishlar soni ikkitadan ortiq bo'lsa, bajariladi. O'lchash qabullari soni qo'llaniladigan burchak o'lchash asbobi aniqligi va poligonometriya sinfi (razryadi)ga qarab 17.3-jadvalda berilganday qabul qilinadi.

17.3-jadval

t/b №	Teodolit turlari	Poligonometriya sinfi, razyadi		
		4-sinf	1-razyad	2-razyad
1	T1, taxeometr Trimble 3600	4	-	-
2	T2, 3T2KA, taxeometr Trimble 3600	6	2	2
3	T5, elektron teodolit 2T5ЭН1	-	3	2

Bitta qabuldan ikkinchisiga o'tishda limb quyidagi qiymatga o'zgartirib olinadi $\delta = \frac{180^\circ}{n}$, n – qabullar soni.

Burchaklarni o'lchash asosan uch shtativ tizimida amalga oshiriladi. Bu esa markazlash va reduksiya xatolarini o'lchangan burchak qiymatiga ta'sirini kamaytirish imkonini beradi.



17.7-rasm

Uch shtativli tizimda optik teodolit ishlatilsa, uni qarash trubasi kuzatiladigan punkt markazi ustida markazlashtirilgan maxsus vizirlash markasiga qaratiladi (17.7-rasm).

Alohida burchakni o'lchash usulida bajarilgan o'lchashlar natijasi 17.4-jadvalda berilgan dala jurnaliga yozib ishlab chiqiladi.

Kuzatish sanasi: 15.04.2021

Kuzatish vaqti 8⁰⁰

Ko'rinishi: yaxshi

Ob-havo: quyoshli

Tasvir: aniq

17.4-jadval

Yo'nalishlar chizmasi	qahul	Bekal №	Kuzatilgan punktlar	DCh	DO	DCh - DO	$\frac{DCh + DO}{2}$	Yo'nalish
	I	PP16	PP15	0°02'17"	180°02'11"	+6"	0°02'14"	0°00'00"
			PP17	170°46'28"	350°46'18"	+10"	170°46'26"	170°44'12"
			PP15	90°04'19"	270°04'07"	+12"	90°04'13"	0°00'00"
	II	PP16	PP17	260°48'30"	80°48'22"	+8"	260°48'26"	170°44'13"

Teodolit va vizir markalari optik shovun yordamida punktlar markazlari ustiga 1 mm aniqlikda o'rnatiladi. Poligonometriya tomonlari uzunligi 0,5 km dan ortiq bo'lganda burchaklar ertalab va kechqurun, ko'rinish sifati yaxshi bo'lgan vaqtda o'lchanishi kerak. Alohida burchakni o'lchash usuli qo'llanganda alidada faqat soat yo'li yoki unga qarshi yo'nalishda aylantirilishi kerak. Bunda boshlang'ich punktga qayta qaratib sanoq olish amalga oshirilmaydi. Doiraviy qabullar usulida burchak o'lchashda 19.2. da ko'rib o'tilgan talablarga rioya qilish kerak.

Bekatda (punktta) burchak o'lchash ishlari bitta qabulda yakunlangandan so'ng jurnal ishlab chiqilib ikkilangan kollimatsiya xatosi va nolga keltirilgan yo'nalishlar topiladi. Alohida qabullarda nolga keltirilgan yo'nalishlar farqi T1 teodoliti uchun $\pm 5''$ va T2 uchun $\pm 8''$ dan oshmasligi kerak.

17.4. Tomonlar uzunligini o'lchash

O'tgan ko'p yillar davomida bazis tomonlar va poligonometriya tomonlari uzunligini aniq va yuqori aniqlikda o'lchashda chiziqli uzunligini bevosita o'lchash usuli asosiy bo'lib kelgan. O'lchash asbobi bo'lib invar sinli bazis asbobi xizmat qilgan. Sveto va radio dalnomerlar yordamida 1:400 000 gacha aniqlikda chiziqlar uzunligini o'lchashning yangi texnologiyasi paydo bo'lishi bilan chiziqlarni o'lchash jarayoni yengillashdi va invar simlar bilan chiziqli o'lchash ishiga chek qo'yildi.

Sveto va elektron dalnomerlarda chiziqli uzunligini o'lchash prinsipi, asboblarning tuzilishi va o'lchash aniqligi haqida mazkur darslikning 6.7 da batafsil ma'lumotlar berilgan.

Zichlash poligonometriyasida tomonlar uzunligini o'lchash uchun svetodalnomerlardan tashqari chet el turli firmalari tomonidan ishlab chiqilgan elektron taxeometrilar Trimble 3M, TS 02, TCR 802 POWER va boshqalardan foydalanish mumkin. Bunda chiziqlarni o'lchash va hisoblash elektron taxeometrlarda o'rnatilgan dasturlar asosida amalga oshiriladi.

Svetodalnomerlarda o'lchangan tomonlar uzunligini hisoblash yirik masshtabli topografik syomkalar (1:5000-1:500) ni bajarish

Yo'riqnomasiga asosan amalga oshiriladi. O'lchangan tomonlar uzunligiga qo'shimcha bir qator tuzatmalar kiritilishi kerak bo'ladi, ya'ni:

$$D = D' + K_1 + K_2 + \delta_1 + \delta_2 + \Delta D_h. \quad (17.7)$$

Bu yerda K_1 va K_2 – svetodalmomer va qaytargich doimiy qiymatlari; δ_1 va δ_2 – svetodalmomer va qaytargichni punkt markaziga o'rnatish xatosi uchun tuzatmalar; ΔD_h – qiya chiziqlarning gorizontallari quyilishiga o'tish uchun tuzatma.

Svetodalmomer va qaytargich doimiy qiymatlari K_1 va K_2 uzunligi yuqori aniqlikda ma'lum bo'lgan dala komparatorida aniqlanadi. K_1 va K_2 qiymatlari dala ishlari mavsumida 2-3 marotaba – ishlarni boshlashdan avval, ishlarni jarayonida va dala ishlari yakunlangandan so'ng aniqlanadi.

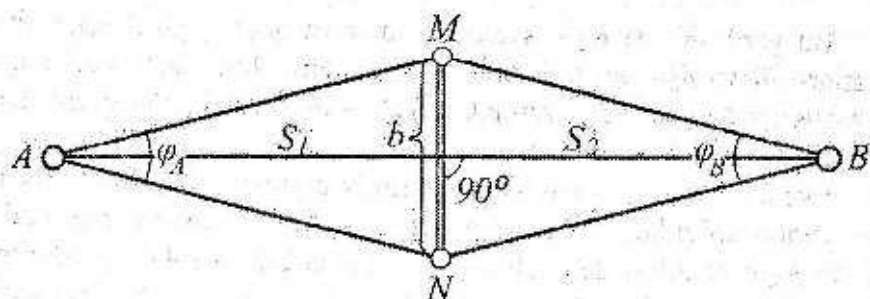
Svetodalmomer va qaytargichni markazlashtirish xatolari uchun tuzatmalar δ_1 va δ_2 aniqlash markazlashtirish varag'ida punkt markazi, o'rnatilgan svetodalmomer va qaytargich markazlari o'rtasini belgilanib, undan chiziq l va burchak θ elementlari o'lchanib, tegishli formulalar bo'yicha δ_1 va δ_2 qiymatlari hisoblanadi. Qiya chiziqlarning gorizontallari quyilishiga o'tish uchun tuzatma ΔD_h ushbu chiziq uchlari punktlari balandliklari farqi, ya'ni nisbiy balandlik h yoki o'lchangan chiziqlarning qiyalik burchagi ν orqali hisoblab topiladi.

17.5. Qisqa bazisli parallaktik poligonometriya haqida ma'lumot

Elektron dalmomerlarni ishlab chiqishdan oldin poligonometriya yada chiziq o'lchashdagi og'ir mehnat parallaktik poligonometriya usulini qo'llashni taqozo etgan. Parallaktik usulda AB tomon uzunligini aniqlash uchun kalta MN bazis uzunligi va uni uchlari bilan hosil bo'lgan φ_A va φ_B parallaktik (kichik) burchaklar bevosita joyda aniq o'lchanib, hosil bo'lgan AMN va BNM uchburchaklarni (17.9-rasm) yechishdan S_1 va S_2 kesimlar hisoblab topiladi. Shunda AB tomon uzunligi $S = S_1 + S_2$ bo'ladi.

Bazis tomoni $MN = b$ kalta (ko'pincha 3 yoki 24 m) va poligonometriya tomoni AB uzun bo'lishi sababli o'tkir parallaktik burchaklar φ_A va φ_B hosil bo'ladi. Bazis sifatida uzunligi 3 m reyka yoki 24

metrli invar sim olinadi. Bazis chizig'i uzunligi aniqlanadigan yo'l tomoni o'rtasida (simmetrik) va 90° burchak ostida joylashtirilishi kerak. Chiziq uzunligini topish aniqligi bu usulda asosan parallaktik burchaklar va bazis uzunligini o'lchash aniqligiga bog'liq.



17.9-rasm

Keltirilgan 17.9-rasmdagi simmetrik parallaktik zvenoda yo'l tomoni uzunligi quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$S = S_1 + S_2 = \frac{b}{2} \left(\operatorname{ctg} \frac{\varphi_A}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\varphi_B}{2} \right). \quad (17.8)$$

Zveno simmetrik romb shaklini tashkil qilsa, parallaktik usulda aniqlangan chiziq uzunligini nisbiy o'rta kvadratik xatosi quyidagicha topiladi:

$$\frac{m_s}{S} = \frac{Sm_\varphi}{2\sqrt{2}bp''} \quad (17.9)$$

Bu yerda m_φ – parallaktik burchakni o'lchash o'rta kvadratik xatosi.

Misol: Aniqlanadigan tomon uzunligi $S = 450$ m, $m_\varphi = \pm 2''$, bazis $b = 24$ m chiziq o'rtasida joylashiganda uning nisbiy o'rta kvadrat xatosi (17.9) formuladan quyidagiga teng:

$$\frac{m_s}{S} = \frac{Sm_\varphi}{2\sqrt{2}bp''} = \frac{450 \cdot 2''}{2\sqrt{2} \cdot 24 \cdot 206265} = \frac{1}{15500}$$

Shahar 1 va 2-razryad poligonometriyasida qisqa bazisli parallaktik usul ko'proq qo'llanadi. Bunda parallaktik burchaklar T2

teodoliti yoki aniqligi unga teng bo'lgan boshqa teodolitlarda o'lchaniadi va bazis sifatida uzunligi 2 yoki 3 m bazis jezlari qo'llanadi.

Joy sharoitiga qarab uzunligi aniqlanadigan poligonometriya tomonida bazis uni o'rta qismida emas, balki bir uchida joylashtirilsa, xatolik bir muncha oshib ketadi. Xuddi o'sha yuqorida olingan misol uchun aniqlikni quyidagicha baholaymiz:

$$\frac{m_s}{S} = \frac{Sm_\varphi}{bp''} = \frac{450 \cdot 2''}{24 \cdot 206265} = \frac{1}{5500}$$

Demak, bunda aniqlik uch barobarga yaqin pasayib ketdi.

Shuni hisobga olib, bazisni zvenoda simmetrik va o'rtada joylashtirish imkonini qidirish kerak. Shunday qilib, parallaktik poligonometriya zvenosini qurishda quyidagilarga rioya qilish kerak:

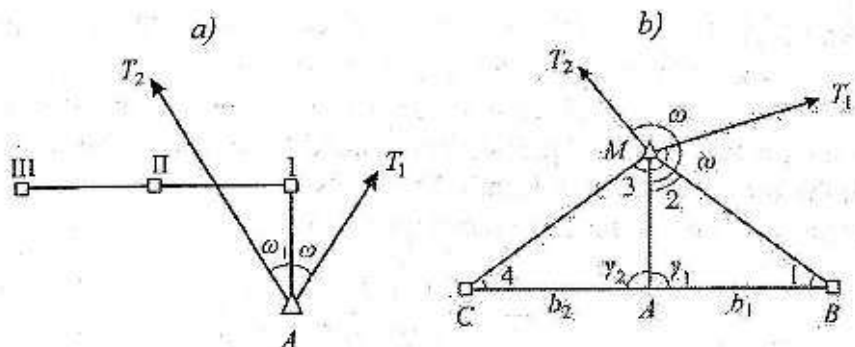
- 1) bazis chizig'i o'lchanishi kerak bo'lgan chiziqqa perpendikulyar ($2'$ aniqlikda) va simmetrik joylashtirilishi kerak;
- 2) bazis sifatida aniq komporlangan ($0,2$ mm aniqlikda) 24 metrli invar sim yoki 3 metrli reyka qo'llanilishi kerak;
- 3) parallaktik burchaklar qiymatlari 1 -razryadli poligonometriyada 8° va 2 -razryadda 4° dan kichik bo'lmasligi kerak.

17.6. Poligonometrik yo'llarni tayanch punktlarga bog'lash

Zichlash poligonometrik yo'llarni tayanch geodezik punktlarga bog'lashdan maqsad yo'l tomonlariga direksion burchak va punktlarga esa koordinatalarni uzatish hamda o'lchash natijalarini nazorat qilishdan iborat. Poligonometrik yo'llarni hech bo'lmaganda o'zining sinfiga teng triangulyatsiya tarmog'i punktlariga yoki o'zining sinfidan bitta sinf yuqori poligonometrik tarmoq punktlariga bog'lashga ruxsat etiladi.

Poligonometrik yo'l ochiq hududlarda qurilsa va uning yaqin atrofida markazi yerda mahkamlangan triangulyatsiya punkti bo'lsa, bog'lash hech qanday qiyinchilik tug'dirmaydi. Bunday holatda poligonometrik yo'lning oxirgi nuqtasi qilib ushbu punkt qabul qilinadi (17.9-a rasm).

Bunda teodolit yerda punkt markazi A ustida markazlashtirilib poligonometrik yo'l oxirgi tomoni IA (17.9-a rasm) va joydagi T_1 triangulyatsiya punktiga qarab yo'nalish orasidagi ω burchagi o'lchanadi. Nazorat uchun ω_1 burchagi ham o'lchanadi.



7.10-rasm

Shaharning zich qurilgan hududida triangulyatsiya punkti M tomda o'rnatilgan bo'lsa, ushbu punktga poligonometrik yo'lni yaqinlashib kelgan punkti A ni bog'lash uchun triangulyatsiya punkti ushbu mahkamlangan A punkti ustiga ko'chiriladi. Buning uchun joyda AMB uchburchakni qurish kerak va unda AB tomon uzunligi b_1 va uchala burchak 1, 2 va γ_1 o'lchanadi (7.10. b-rasm). M punkt markazini joyga ko'chirish natijasini nazorat qilish uchun ikkinchi ACM uchburchakdagi AC tomon uzunligi b_2 va 3, 4 va γ_2 burchaklari o'lchanadi. M punkti koordinatlarini A punkt ustiga ko'chirish aniqligi AMB va ACM uchburchaklarni shakliga bog'liq. Yo'riqnomalarda ushbu uchburchaklar har bir burchagining qiymati 40° dan kichik bo'lmasligi zarurligi ko'rsatilgan.

Nazorat savollari:

1. Zichlash poligonometrik tarmoqlar nima maqsadda quriladi?
2. Hududlarda quriladigan zichlash poligonometriyasi uchun qanday texnik ko'rsatkichlar ta'minlanishi kerak?
3. Poligonometriya tarmog'ini loyihalash qanday ketma-ket bosqichlarda amalga oshiriladi?
4. Poligonometrik yo'lning aniqligini hisoblash uchun nimalar asos qilib qabul qilinadi?
5. Zichlash poligonometriyasida burchaklarni qanday aniqlikdagi teodolitlar amalga oshiriladi?
6. Zichlash poligonometriyasida tomonlar uzunligi qanday geodezik asboblarda o'lchanadi?
7. Parallaktik poligonometriya zvenosini qurishda nimalarga rioya qilish kerak?

POLIGONOMETRIYADA TENGLASHTIRISH ISHLARI

18.1. Dastlabki hisoblashlar

Dastlabki hisoblashlar dala o'lchash jurnallaridagi barcha yozuvlar va hisoblashlarni tekshirish hamda poligonometrik tarmoq (yo'l) ishchi chizmasini tuzishdan boshlanadi.

Chiziqlar uzunligini o'lchash jurnallarini ishlab chiqish, o'lchash usulidan kelib chiqib tegishli formulalar bo'yicha bajariladi. Chiziq gorizontaal quyilishi qiymati o'lchangan chiziq qiyaligi uchun tuzatmani kiritib topiladi. Tuzatma quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\Delta S_h = \frac{h^2}{2l} + \frac{h^4}{8l^3} \quad (18.1)$$

Bu yerda h – o'lchangan chiziq uchlari nuqtalari nisbiy balandligi; l – o'lchangan chiziq uzunligi.

Chiziq gorizontaal quyilishi qiymatini Gaussni tekislikdagi proyeksiyasida hisoblash uchun chiziq gorizontaal quyilishiga quyidagi formula bo'yicha hisoblanadigan tuzatma kiritiladi:

$$\Delta S_h = \frac{Y_m}{2R_m^2} S^2 \quad (18.2)$$

Bu yerda S – chiziqning gorizontaal quyilishi; Y_m – chiziq o'rta nuqtasining ordinata qiymati, u kartadan o'lchab olinishi mumkin; R_m – yer sharining radiusi, $R = 6371$ km.

Tuzatma ΔS_c faqat musbat ishoraga ega, chunki Gauss proyeksiyasida chiziqning gorizontaal tekislikdagi uzunligi ellipsoid sirtidagi qiymatidan katta.

Chiziq uzunligini dengiz sathiga keltirish uchun quyidagi formuladan hisoblanadigan tuzatma kiritiladi:

$$\Delta S_H = \frac{H_m}{R_m} S \quad (18.3)$$

Bu yerda H_m – o'lchangan chiziqni dengiz sathiga nisbatan o'rta cha balandligi (ishlash hududi uchun topografik kartadan olinadi).

O'zbekiston hududi uchun bu tuzatma manfiy ishoraga ega bo'ladi.

Burchak o'lchash jurnallarini ishlab chiqishda qabullardan olingan burchaklar yoki gorizontal yo'nalishlar o'rtacha qiymatlari hisoblanadi va o'lchashlar aniqligi baholanadi.

Burchaklarni o'lchash poligonometrik tarmoq yoki yakka yo'lda bir xil sharoitda, bitta kuzatuvchi tomonidan va qabullar soni teng bajarilgan bo'lsa, bir qancha punktlarda bajarilgan o'lchashlar uchun o'lchashni o'rta kvadratik xatosi quyidagicha hisoblanishi mumkin:

$$m^2 = \sqrt{\frac{[vv]_i}{K(n-1)}} \quad (18.4)$$

Bu yerda $[vv]_i$ — i nomerli punktda olingan o'rtacha qiymatdan har bir qabuldagi qiymatning og'ishi kvadratlari summasi; K — punktlar soni; n — qabullar soni.

Qabullarda o'lchangan burchaklar yakuniy qiymatining o'rta kvadratik xatosi quyidagi formuladan topiladi:

$$m_\beta = \frac{m}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{[vv]_i}{nK(n-1)}} \quad (18.5)$$

Tenglashtirishni boshlashdan avval dala o'lchash natijalari sifatli ekaniga ishonch hosil qilish kerak. Buning uchun hisoblangan bog'lanmasliklar (xatolar) ularning chekli qiymati bilan solishtiriladi. Yakka poligonometirik yo'lda o'lchangan burchaklar bog'lanmasligi qiymati quyidagi formula bo'yicha topiladi (chap burchaklar uchun):

$$f_\beta = \alpha_b + \sum_{i=1}^{n+1} \beta_i - (n+1) \cdot 180^\circ - \alpha_{ox} \quad (18.6)$$

Burchaklar chekli xatosi

$$f_{\beta_{chek}} = 2m_\beta \sqrt{n+1}, \quad (18.7)$$

o'lchangan tomonlar uzunligi (chiziqlar) bog'lanmasligi

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (18.8)$$

formulalardan topiladi.

Bu yerda $f_x = \sum_1^n \Delta x - (x_{ax} - x_b)$, $f_y = \sum_1^n \Delta y - (y_{ax} - y_b)$.

Chekli xato bilan o'rta kvadratik xatoning nisbati

$$f_{s_{chek}} = \pm 2M. \quad (18.9)$$

Bu yerda M – yo'l oxirgi nuqtasining planli o'rni o'rta kvadratik xatosi.

Bunda $\frac{f_s}{[S]}$ nisbiy xato hisoblanib, u quriladigan yo'l uchun o'rnatilgan me'yoriy nisbiy xato bilan solishtirilganda quyidagi shart ta'minlanishi kerak:

$$\frac{f_s}{[S]} \leq \frac{1}{T}. \quad (18.10)$$

Bu yerda T – yo'l uchun belgilangan me'yoriy nisbiy xato maxraji.

Yuqoridagi (18.8) formuladagi f_x va f_y qiymatlar yo'l punktlarining dastlabki hisoblangan koordinatlari orqali topiladi.

18.2. Bitta tugun nuqtali poligonometrik tarmoqni tenglashtirish

Boshlang'ich punktlar A, B, C va EA, FB, HC boshlang'ich tomonlarga tayangan bitta tugun nuqta M ga ega 2-razryad poligonometrik tarmoq (18.1-rasm)ni tenglashtirish kerak bo'lsin. Bunda A, B, C boshlang'ich punktlar va tomonlar yuqori sinfdagi tarmoqqa tegishli bo'lib, ularning koordinatalari va direksion burchaklari ma'lum.

Bu tarmoqdagi yo'llarning burilish burchaklari va tomonlarining uzunligi joyda o'lchab topilgan. 2-razryad poligonometriya yo'llari sodda usulda tenglashtiriladi. Bunda dastlab burchaklar tenglashtiriladi, keyin esa koordinatalar ortirmalari hisoblanadi va tenglashtiriladi, unga *alohida tenglashtirish usuli* deyiladi.

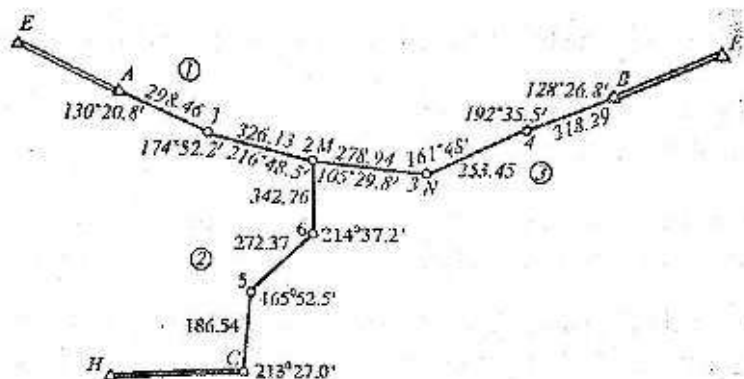
Burchaklarni tenglashtirish tugun chiziqni tanlashdan boshlanadi. Bunda tugun chiziq sifatida M tugun nuqtaga tutashgan yo'llardan ixtiyoriy bittasining tomoni qabul qilinishi mumkin. Bizning misolda MN yo'l tomoni qabul qilinadi (18.1-rasm).

Olingan misolda tugun chiziqqa qarab har bir yo'l boshlang'ich tomoni direksion burchagidan boshlab keyingi tomonlar direksion

burchaklari (o'ng burchaklar o'lchangan bo'lsa) quyidagi formuladan topiladi:

$$\alpha_i = \alpha_{ibosh} + 180^\circ n_i - [\beta_i]. \quad (18.11)$$

Bunda $\alpha_{ibosh} = \alpha_{EA}, \alpha_{FB}, \alpha_{HC}$; n_i – yo'ldagi $[\beta_i]$ ni tashkil qiluvchi burchaklar soni ($i = 1, 2, 3$).



18.1-rasm

Agar yo'l bo'yicha chap burchaklar o'lchangan bo'lsa, (18.11) formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\alpha_i = \alpha_{ibosh} + [\beta_i] - 180^\circ n_i. \quad (18.12)$$

Bunda $[\beta_i]$ – o'lchangan chap burchaklar yig'indisi.

(18.12) formulalar bo'yicha hisoblangan MN tugun chiziqli direksion burchagi qiymatlari 18.1-jadvalda berilgan. Har uchala yo'llar bo'yicha hisoblangan tugun tomon direksion burchagi qiymatlari α_1, α_2 va α_3 uchun ularning vaznlari quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$p_i = \frac{K}{n_i}. \quad (18.13)$$

Bunda n_i – yo'llardagi burchaklar soni.

Navbatda tugun chiziqli MN ning tenglangan yakuniy direksion burchagi quyidagi vaznli arifmetik o'rta formulasi orqali topiladi:

$$\alpha = \frac{[p\alpha]}{[p]} = \alpha_0 + \frac{[p\varepsilon]}{[p]}. \quad (18.14)$$

Bunda α_0 – topilgan direksion burchak qiymatlaridan eng kichigi; ε_i – qoldiq, eng kichik qiymat bilan qolgan qiymatlar farqi, u quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\varepsilon_i = \alpha_i - \alpha_0. \quad (18.15)$$

Keltirilgan (18.13), (18.15) formulalar bo'yicha hisoblangan natijalar 18.1-jadvalning tegishli grafalarida berilgan. Xuddi shu jadvalda tarmoqni 1, 2, 3-yo'llari bo'yicha burchaklar yig'indisidagi xatolar quyidagi formula bo'yicha hisoblanib keltirilgan:

$$f_{\beta_i} = \alpha - \alpha_i. \quad (18.16)$$

Bu yerda α – tugun yo'nalish MN tenglashtirilgan direksion burchagi.

Ushbu formula yo'lning o'ng tomondagi burchaklari uchun. Agar chap burchaklar o'lchangan bo'lsa:

$$f_{\beta_i} = \alpha_i - \alpha. \quad (18.17)$$

(18.14) formuladan direksion burchak α ning va (18.16), (18.17)dan burchaklar yig'indisidagi xatolarni hisoblash nazorati bo'lib quyidagi shart xizmat qiladi:

$$[pf_{\beta}] = 0. \quad (18.18)$$

Har bir yo'l uchun hisoblangan f_{β} qiymatlarining cheki ma'lum formula, $f_{\beta_{chek}} = 1'\sqrt{n}$ bo'yicha tekshirilib, xatoliklar tegishli yo'llardagi har bir burchakka teskari ishorasi bilan teng bo'lib boriladi va burchaklar tuzatiladi. Keyin har bir yo'l tomonlarining direksion burchaklari tegishli formulalar (9.5 ga qaralsin) orqali hisoblanadi. Hisoblangan direksion burchaklar va tomonlar uzunligi bo'yicha tegishli formulalar (9.5 da berilgan) orqali koordinatalar orttirmalari hisoblanadi.

Yuqoridagi (18.14) formuladan tugun yo'nalish tenglangan direksion burchagi quyidagicha bo'ladi:

$$\alpha = 102^{\circ}41,7' + \frac{8,1'}{9,1} = 102^{\circ}42,6'.$$

18.1-jadval

Yo'l №	α_{MN}	ε	n	$p = \frac{K}{n}$, $K = 10$	$p\varepsilon$	f_β	pf_β
1	102°43,8'	+2,1'	3	3,3	+6,9	-1,2'	-4
2	42,2'	+0,5'	4	2,5	+1,2	+0,4'	+1
3	41,7'	0	3	3,3	0	+0,9'	+3
$\alpha_0 = 102°41,7'$				9,1	+8,1		$[pf_\beta] = 0$

Koordinatalar orttirmalarini tenglashtirish xuddi burchaklarni tenglashtirishga o'xshash tartibda bajariladi. Har bir yo'lda boshlang'ich punktdan boshlab tugun nuqta M ning (18.1-rasm) koordinatalari quyidagi formulalardan hisoblanadi.

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x_{ibosh} + [\Delta x]_i \\ y_i &= y_{ibosh} + [\Delta y]_i \end{aligned} \right\} \quad (18.19)$$

Olingan misolda (18.19) formulalar bo'yicha har bir yo'ldan hisoblangan M nuqtasining koordinatalari 18.2-jadvalda berilgan.

18.2-jadval

Yo'l №	x , m	ε_x , sm	$p\varepsilon_x$, sm	f_x , sm	L , km	$p = \frac{K}{n}$, $K = 1$	f_y , sm	$p\varepsilon_y$, sm	ε_y , sm	y , m
1	25,43	+19	30,4	+2	0,62	1,6	+13	+36,8	+23	770,57
2	25,55	+31	37,2	+14	0,78	1,2	-10	0	0	770,34
3	25,24	0	0	-17	0,83	1,2	-9	+1,2	+1	770,35
$x_0 = 25,24$			67,6			4,0		38,0	$y_0 = 770,34$	

Ikkita kalta yo'llar bo'yicha orttirmalar xatosi yo'l qo'yarli cheki tekshiriladi:

$$f_{x_{1+2}} = x_1 - x_2 = 25,43 - 25,55 = -0,12 \text{ m};$$

$$f_{y_{1+2}} = y_1 - y_2 = 770,57 - 770,34 = +0,23 \text{ m};$$

$$f_{L_{1+2}} = \sqrt{0,12^2 + 0,23^2} = 0,25 \text{ m}; \quad \frac{f_{L_{1+2}}}{L_{1+2}} = \frac{0,25}{1403} = \frac{1}{5700}$$

$$f_{x_{2+3}} = x_2 - x_3 = 25,55 - 25,24 = +0,31 \text{ m};$$

$$f_{y_{2+3}} = y_2 - y_3 = 770,34 - 770,35 = -0,01 \text{ m};$$

$$f_{L_{2+3}} = \sqrt{0,31^2 + 0,01^2} = 0,31 \text{ m}; \quad \frac{f_{L_{2+3}}}{L_{2+3}} = \frac{0,31}{1650} = \frac{1}{5200}$$

Demak, har ikkala yo'llardagi nisbiy xatolar 2-razryad talabi doirasida.

Navbatda tugun nuqtaning yakuniy tenglangan koordinatalari vaznli arifmetik o'rta formulasi bo'yicha hisoblanadi:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{[px]}{[p]} = x_0 + \frac{[p\varepsilon_x]}{[p]} \\ y &= \frac{[py]}{[p]} = y_0 + \frac{[p\varepsilon_y]}{[p]} \end{aligned} \right\} \quad (18.20)$$

Olingan misolda (18.20) formulalardan topamiz:

$$x = 25,24 + \frac{0,676}{4} = 25,41 \text{ m},$$

$$y = 770,34 + \frac{0,380}{4} = 770,44 \text{ m}.$$

Bu yerda $[p\varepsilon_x]$ va $[p\varepsilon_y]$ qiymatlari yuqoridagi 18.2-jadvaldan metrda olingan.

Hisoblangan koordinatalar orqali har bir yo'l bo'yicha koordinatalar ortirmalarining xatosi topiladi:

$$\left. \begin{aligned} f_{x_i} &= x_i - x \\ f_{y_i} &= y_i - y \end{aligned} \right\} \quad (18.21)$$

Bu yerda x_i, y_i va x, y – tugun nuqtaning tegishli dastlabki va tenglashtirilgan koordinatalari.

Hisoblash natijalari 18.2-jadvalda yozilgan.

Tugun nuqtaning tenglanshtirilgan koordinatalarini hisoblash nazorati bo'lib quyidagi shartlarning bajarilishi xizmat qiladi:

$$[pf_x] = 0, [pf_y] = 0. \quad (18.22)$$

Yuqoridagi 18.2-jadvalda keltirilgan yo'llar orttirmalari xatosi teskari ishorasi bilan har bir tomon orttirmasiga, uning uzunligiga proporsional ravishda bo'lib beriladi va tuzatilgan orttirmalar bo'yicha yo'llar burilish nuqtalarining koordinatalari oldingi mavzularda ko'rib chiqilgan yo'lda hisoblab topiladi.

Bu hisoblashlar 18.1-rasmdagi tarmoqning faqat 1-yo'li uchun yechilib, natijalar 18.3-jadvalda keltirilgan.

18.3-jadval

Nuqtalar №	Burchaklar	Direksion burchaklar	Masofalar gorizontal quyilishi	Koordinatalar orttirmasi		Koordinatalar	
				Δx	Δy	x	y
1-yo'l							
E		84°48,3'					
A	+0,4' 130°23,8'					482,35	345,62
		134°24,1'	298,48	-0,01 -208,84	-0,06 +213,25		
I	+0,4' 174°52,2'					273,50	558,81
		139°31,5'	326,13	-0,01 -248,08	-0,07 +211,70		
2	+0,4' 216°48,5'					25,41	770,44
3		102°42,5'					

$$\Sigma \beta_n = 522^\circ 04,5'$$

$$\Sigma \beta_n = 522^\circ 05,7'$$

$$f_\beta = -01,2$$

$$f_{\beta_n} = -01,7'$$

$$[S] = 624,61 \quad -456,92 \quad +424,95$$

$$+456,94 \quad -424,82$$

$$f_s = +0,02 \quad f_y = +0,13$$

$$f_s = \sqrt{(0,02)^2 + (0,13)^2} = 0,13 \quad \frac{f_s}{[S]} = \frac{0,13}{624,61} = \frac{1}{5000}$$

Tarmoqdagi qolgan 2- va 3-yo'llar ham xuddi shunday ishlab chiqiladi va yo'l nuqtalari koordinatalari hisoblanadi.

18.3. Poligonometrik tarmoqni V.V. Popovning poligonlar usulida tenglashtirish

Prof. V.V. Popov poligonlar usulida poligonometriya tarmog'i alohida-alohida, ya'ni dastlab burchaklar tenglashtiriladi, keyin esa burchaklarga bog'liq bo'lmagan holda koordinatalar orttirmalari tenglashtiriladi. Erkin bo'lmagan poligonometriya tarmog'i ushbu usulda erkin tarmoqday tenglanadi, faqat bunda soxta yo'llar kiritiladi (ular chizmada uzoq chiziqlar bilan ko'rsatiladi). Quyida 2-razryad erkin poligonometriya yo'llari tarmog'ini tenglashtirishni ko'rib chiqamiz.

Dastlab tarmoq chizmasini chizib, unda poligonlar va nuqtalar raqami, o'lchangan gorizont burchaklar qiymati ($0,1'$ gacha yaxlitlab), tomonlar uzunligi, o'lchangan burchaklar xatosi va ularning chekli qiymati yozib ko'rsatiladi (18.2-rasm).

Bunda yopiq poligon o'lchangan burchaklarining xatosi va uning chekli qiymati oldingi mavzulardan ma'lum formulalar bo'yicha hisoblab topiladi, ya'ni:

$$f_{\beta} = \sum \beta_a - \sum \beta_n$$

$$f_{\beta_{chek}} = \pm 1' \sqrt{n}$$

Bu yerda n – poligonda o'lchangan burchaklari soni; $\sum \beta_a$ – o'lchangan burchaklar yig'indisi; $\sum \beta_n$ – burchaklar yig'indisining nazariy qiymati, u yopiq paligonda quyidagiga teng:

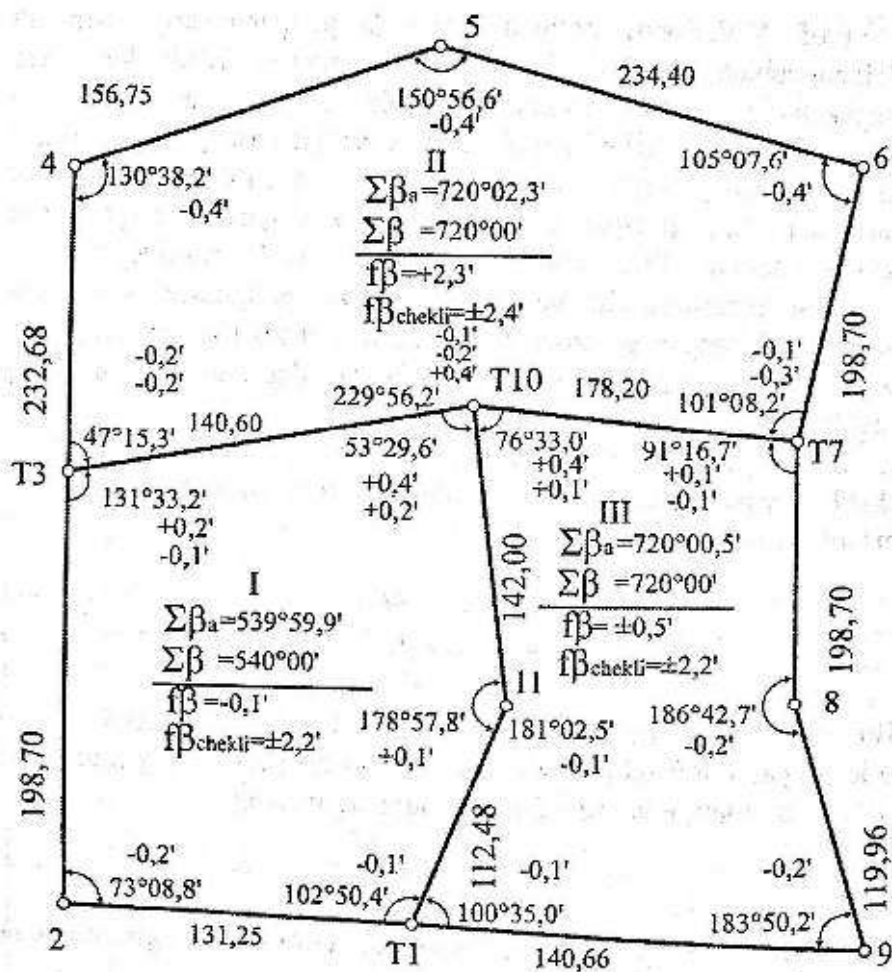
$$f_{\beta_n} = 180^\circ (n - 2).$$

Agar $f_{\beta} \leq f_{\beta_{chek}}$ sharti bajarilsa, tarmoqni tenglashtirishga o'tiladi.

Gorizont burchaklarni tenglash. Bu ish quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi.

1. Bevosita chizmaning o'zida (18.2-rasm) gorizont shartini ta'minlash maqsadida (burchaklar yig'indisi 360° ga teng bo'lishi kerak) T10 ichki tugun nuqtasidagi burchaklar yig'indisi tuzatiladi. Bunda har uchala burchaklar yig'indisi 360° dan $-1,2'$ ga farq qilgani tufayli u

uchga teng bo'linib, teskari ishorasi bilan har bir burchak yoniga $+0,4'$ dan (rasmda osti chizib keltirilgan) yozib qo'yiladi (18.2-rasm).



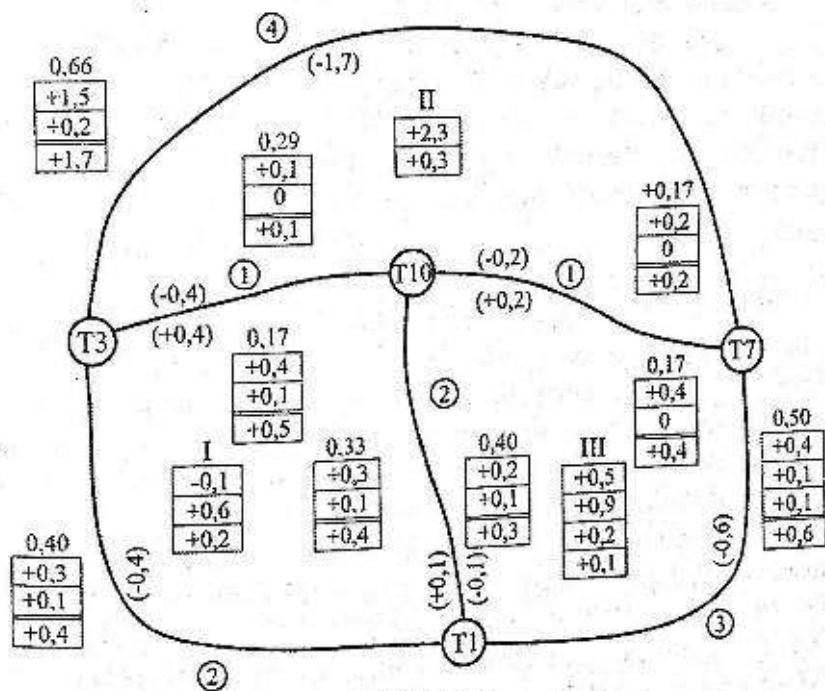
18.2-rasm

2. Burchaklarni tenglash uchun tarmoq chizmasi tayyorlanib, (18.3-rasm) unda tugun nuqtalar orasida poligonlar chegaralari, tugun nuqtalar va poligonlar raqami va har bir yo'l uchun tomonlar soni yozib ko'rsatiladi.

3. Har bir poligon ichida poligondagi burchaklar xatosini yozish uchun uning o'rta qismida jadvalchalar chiziladi. Jadvalchalar ustida poligon raqami yoziladi. Poligonlarning har bir tomoni uchun

jadvalchalar chiziladi: tashqi tomon uchun – bitta (tashqarida), ichki (ikki qo'shni poligonlar umumiy tomoni) tomon uchun ikkita. Ular yo'lining har ikkala tomonida joylashtiriladi (18.3-rasm).

4. Quyidagi qoidaga asoslanib «qizil raqamlar» hisoblanadi: «qizil raqamlar» har bir yo'ldagi tomonlar sonining poligondagi tomonlar umumiy soniga bo'linadi. «Qizil raqamlar»ni hisoblab, natijani 0,01 gacha yaxlitlab qizil rangda ushbu poligon tashqi jadvalchalari ustiga yozib qo'yiladi.



18.3-rasm

Hisoblashning nazorati bo'lib har bir poligon bo'yicha «qizil raqamlar» yig'indisi bir butunga (1,0) teng bo'lishi xizmat qiladi.

5. Chizma bo'yicha (18.3-rasm) burchaklarni tenglashtirish xatolikning mutlaq qiymati eng katta bo'lgan poligondan boshlanadi. Buning uchun xatolik ushbu poligonning tashqi jadvalchalari ustida yozilgan «qizil raqamlar»ga ketma-ket ko'paytirilib, natijalar xatolik ishorasi bilan tegishli tuzatmalar jadvalchalari ichiga yoziladi.

Masalan, 18.3-rasmda keltirilgan misolda tenglash II poligondan boshlanadi (xatoligi $+2,3'$ ga teng). Buning uchun quyidagi hisoblashlar bajariladi:

$$+2,3' \times 0,66 = +1,5',$$

$$+2,3' \times 0,17 = +0,4',$$

$$+2,3' \times 0,17 = +0,4'.$$

$$\text{Nazorat: } +1,5' + 0,4' + 0,4' = 2,3'.$$

6. Navbatda III poligonga o'tiladi. Unda xatoning yangi qiymati hisoblanadi. Buning uchun III poligon xatosi ($+0,5'$) bilan II poligondan tugun nuqtalar T10-T7 orasidagi tomon uchun hisoblangan tuzatma ($+0,4'$) yig'indisi topiladi. Shunda III poligondagi xatoning yangi qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$f_B = +0,5' + 0,4' = +0,9'.$$

Xatoning yangi qiymati uning oldingi qiymati ostiga yoziladi. (18.3-rasmda III poligon o'rtasidagi jadvalchaning ikkinchi qatoriga qaralsin). Shundan keyin bu xato ketma-ket III poligon tomonlari tashqarisidagi jadvalchalar ustida yozilgan «qizil raqamlar»ga ko'paytirilib, topilgan tuzatmalar xatolik ishorasi bilan o'sha jadvalchalar ichida yoziladi.

7. Keyin I poligonga o'tiladi va undagi xatoning yangi qiymati hisoblanadi. I poligondagi xatoning yangi qiymati quyidagiga teng bo'ladi: $f_B = -0,1' + 0,3' + 0,4' = +0,6'$. Bu yerda $0,3'$ III poligondan, $0,4'$ esa II poligondan hisoblangan tuzatmalar (tegishli jadvalchalar ichida yozilgan). Xatolik, o'z navbatida, I poligon tomonlari tashqarisidagi jadvalchalar ustidagi «qizil raqamlar»ga ko'paytirilib, tuzatmalar topiladi va shu jadvalchalar ichiga yoziladi.

8. Poligonlarda hisoblangan xatolarni tarqatib bo'lib, qayta yana II poligonga o'tiladi va hisoblashlar yuqorida yozib o'tilgan tartibda poligonlardagi xatolarning yangi qiymatlari nolga teng bo'lguncha davom ettiriladi.

9. Har bir tuzatmalar jadvalchalaridagi tuzatmalar algebraik yig'indisi topilib, jadvalcha ostida chizilgan qo'sh chiziqlar tagiga yoziladi.

10. Poligonlar har bir yo'lidagi burchaklar yig'indisiga tuzatmalar quyidagicha hisoblanadi: ikkita qo'shni poligonlarga tegishli yo'l burchaklari yig'indisiga tuzatma ichki va tashqi jadvalchalar raqamlarini algebraik yig'indisiga teng, bunda tashqi jadvalcha raqamlari yig'indisi teskari ishora bilan olinadi. Masalan, II poligonnin T3-T10 tomoni uchun $+0,1' + (-0,5') = -0,4'$, T7-T10 tomon uchun $+0,2' + (-0,4') = -0,2'$ (18.2-rasm). Faqat bitta poligonga tegishli yo'l burchaklari yig'indisiga tuzatma esa tashqi jadvalcha yig'indisining teskari ishorasi bilan olinadi. Masalan, T3-T7 yo'l uchun bu $-1,7'$.

18.4-jadval

Nuqtalar №	Burchaklar		Masofalar gorizontal quyilishi	Koordinata orttirmalari		Koordinatalar		Tugun nuqtalar
	O'Ichangan	Direksion		Δx	Δy	x	y	
T1-T3 nuqtalar orasidagi yo'l								
T1	(O'ng burchak)					+1000,00	+1000,00	1-tugun nuqta
		267°30,0'	131,25	-2 -5,72	+2 -13,12			
2	-0,2' 73°08,8'					+994,26	+986,90	
		14°21,4'	198,70	-3 +192,48	+2 +49,24			
T3	131°33,2'					+1186,71	+1036,16	3-tugun nuqta
		62°48,1'						
T10								
$\Sigma \beta_n = 204^\circ 42,0'$ $f_\beta = +0,2'$ $f_{\beta_{ch}} = \pm 1,4'$		[S] = 329,95	$\Sigma \Delta x = +186,76$ $\Sigma \Delta y = +36,12$ $f_x = +0,05$ $f_y = -0,04$		$f_s = 0,06$ $f_s = \frac{0,06}{329,95} = \frac{1}{5500}$ $[S] = \frac{1}{5500}$			
T3-T10 nuqtalar orasidagi yo'l								
T3	(O'ng burchak)					+1186,71	1036,16	3-tugun nuqta
		62°48,1'	140,60	-01 +64,27	-03 +125,06			
T10	+0,2' 53°30,0'					1250,97	1161,19	10-tugun nuqta
		189°17,9'						
$\Sigma \beta_n = 53^\circ 30,0'$ $f_\beta = -0,2'$ $f_{\beta_{ch}} = \pm 1,0'$		[S] = 140,60	$\Sigma \Delta x = +64,27$ $\Sigma \Delta y = +125,06$ $f_x = +0,01$ $f_y = +0,03$		$f_s = 0,03$ $f_s = \frac{0,03}{140,6} = \frac{1}{5000}$ $[S] = \frac{1}{5000}$			

Qolgan poligonlar tomonlari uchun ham tuzatmalar aynan yuqorida ko'rib o'tilgandek hisoblanadi. Tomonlar uchun hisoblangan tuzatmalar ularning o'rta qismida qavs ichida yozib qo'yiladi. Tuzatmalarni hisoblash nazorati bo'lib, ularning har bir poligon bo'yicha yig'indisi poligon boshlang'ich xatosiga teskari ishora bilan teng bo'lishidan iborat. Masalan, I poligonda tomonlar uchun hisoblangan tuzatmalar yig'indisi quyidagiga teng: $(-0,4') + (+0,4') + (+0,1') = +0,1'$, poligondagi boshlang'ich xato esa $-0,1'$ ga teng edi.

11. Poligonni tashkil qiluvchi yo'llar uchun topilgan tuzatmalar har bir yo'ldagi burchaklarga teng bo'lib beriladi. Bu qoidadan tugun nuqtalardagi burchaklar mustasno. Tugun nuqtalardagi har ikkitali burchaklarga tuzatmaning yarmidan, uchali burchaklarga esa uchdan bir hissadan beriladi. Tuzatmalar chizmada (18.2-rasm) berilgan har bir burchak qiymati ostida yoki ustida $0,1'$ gacha yaxlitlab yoziladi.

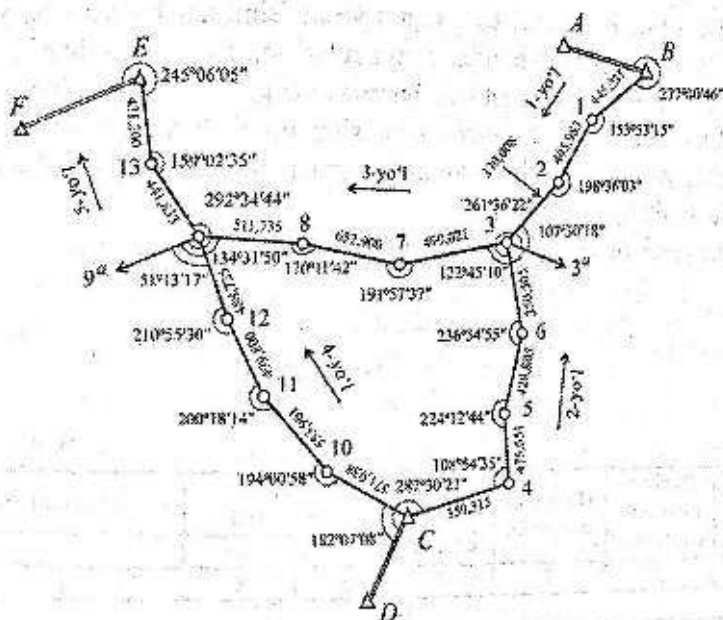
12. Poligonometrik yo'llar barcha tomonlarining direksion burchaklari boshlang'ich tomonning berilgan direksion burchagi va keyingi tomonlar orasidagi tenglangan burchaklar orqali tegishli formulalarda hisoblab chiqiladi. Bu natijalar nuqtalar koordinatalarini hisoblash jadvaliga yoziladi (18.4-jadval).

13. Koordinatalar orttirmalari va yo'llar punktlarining tenglashtirilgan koordinatalari hisoblanadi. Olingan misoldagi T1-T3 va T3-T10 yo'llari uchun (18.2-rasm) hisoblash natijalari 18.4-jadvalda berilgan. Tarmoqning qolgan T3-T7, T7-T10, T1-T10 va T1-T7 yo'llari xuddi yuqoridagi jadvalda keltirilgan tartibda ishlab chiqiladi.

18.4. Poligonometrik tarmoqni ekvivalent almashtirish usulida tenglashtirish

Ekvivalent almashtirish usuli bilan faqat tugun yo'nalishlar direksion burchaklari va tugun nuqtalar koordinatalari hisoblab olinadi. Tarmoqdagi boshlang'ich punktlar va tugun nuqtalar orasidagi yo'llarni tenglashtirish soddalashtirilgan usulda bajariladi, ya'ni burchaklar bog'lanmasligi f_β barcha burchaklarga teng tarqatiladi. Koordinatalar orttirmalarining bog'lanmasliklari f_x va f_y esa tomonlar uzunligiga proporsional taqsimlanadi.

Ushbu usulda barcha hisoblashlarni quyidagi 18.4-rasmda keltirilgan 1-razryad poligonometriya tarmog'ini misolida ko'rib chiqamiz.



18.4-rasm

Hisoblash ishlarida dastlab dala jurnalidan o'lingan burchaklar qiymatini hisoblash vedemostiga (18.5-jadval) har bir yo'l bo'yicha yozib olinadi. Navbatda ekvivalent almashtirish usulida 18.4-rasmda ko'rsatilgan tugun yo'nalishlar 3-3^a va 9-9^a direksion burchaklari tenglashtiriladi (18.6-jadval). Bunda direksion burchakning vazni quyidagi formuladan topiladi:

$$P(\beta) = P_{\alpha} = \frac{c}{n+1} \quad (18.23)$$

Olingan misol uchun formuladagi c qiymatiga $c = 10$ olinishi (yo'ldagi burchaklar sonidan kelib chiqib) ma'qul.

Tugun yo'nalish 3-3^a direksion burchagi qiymatini ikki marotaba, 1- va 2-yo'llar bo'yicha (18.12) formuladan topish mumkin. Topilgan direksion burchak qiymatlaridan quyidagi formula bo'yicha uning vazni o'rtacha qiymatiga o'tiladi:

$$\alpha = \frac{\alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 + \dots + \alpha_n P_K}{P_1 + P_2 + \dots + P_K} \quad (18.24)$$

Bu yerda $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – tugun yo'nalishni har bir yo'l bo'yicha hisoblangan direksion burchagi qiymatlari; $p_1, p_2, \dots, p_K$ – har bir yo'l bo'yicha hisoblangan direksion burchak vazni (18.23 formuladan).

Ekvivalent yo'l bo'yicha direksion burchak vazni, uni tashkil qiluvchi yo'llar bo'yicha vaznlar summasiga teng bo'ladi, ya'ni olingan misolda $p_{1,2} = p_1 + p_2$.

Ekvivalent yo'l 1.2 da burchaklar soni quyidagiga teng:

$$(n+1)_{1,2} = \frac{c}{p_{1,2}} \quad (18.25)$$

18.5-jadval

Punk. №	Buri- lish burchak- lari (chap)	Direksion burchakl.	Tomon- lar uzungi	Koordinata orttirmalari		Koordinatalar	
				Δx	Δy	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8
1-yo'l							
A							
		122°29'45"	-				
V	227°00'46"					10652,489	10271,685
		219°30'31"	445,231	+1 -343,509	+2 -283,253		
1	-1 153°53'15"					10308,981	9988,435
		193°23'45"	405,983	-394,937	+2 -94,057		
2	-1 198°36'03"					9914,044	9894,380
		211°59'47"	370,008	-313,797	+2 -196,054		
3	-1 107°30'18"					9600,247	9698,328
		139°30'04"					
3°							
$\Sigma \beta_o = 739^\circ 00' 42''$ $[S] = 1221,222$ $\Sigma \Delta x = +1058,243$ $f_s = 0,006$ $f_\beta = -3''$ $\Sigma \Delta y = -573,364$ $f_y = \frac{1}{203000}$ $f_{\beta_s} = \pm 20''$ $f_x = -0,001$ $f_y = -0,006$ $[S] = 203000$							

2-yoʻl							
D							
		280°21'03"	-				
C	287°30'21"					8320,000	9552,000
		27°15'24"	359,315	317,677	-2 167,894		
4	+1" 108°54'35"					8637,677	9719,892
		316°46'00"	475,651	-2 346,545	-2 -325,807		
5	+1" 224°12'44"					8984,220	9394,083
		0°58'45"	429,805	-2 429,742	-2 7,345		
6	+1" 236°54'55"					9413,960	9401,426
		57°53'41"	350,505	186,285	-1 296,903		
3	+1" 261°36'22"					9600,245	9698,328
		139°30'04"					
3 ^a							
$\Sigma\beta_o = 1119^{\circ}08'57''$ $[S] = 1615,276$ $\Sigma\Delta x = +1280,249$ $f_x = 0,008$ $f_{\beta} = +4''$ $\Sigma\Delta y = +146,335$ $f_y = -1$ $f_{\beta_s} = \pm 22''$ $f_x = +0,004$ $f_y = +0,007$ $[S] = \frac{1}{202000}$							
3-yoʻl							
3 ^a							
		319°30'04"	-				
3	-3" 122°45'10"					9600,245	9698,328
		262°15'11"	490,021	-39 -66,054	-6 -485,549		
7	-3" 191°57'37"					9534,152	9212,773
		274°12'45"	652,900	-52 +47,959	-9 -651,136		
8	-3" 170°11'42"					9582,059	8561,628
		264°24'24"	511,735	-40 -49,877	-8 -509,298		
9	-4" 134°31'50"					9532,142	8052,322
		218°56'10"					
9 ^a							
$\Sigma\beta_o = 619^{\circ}26'19''$ $[S] = 1654,656$ $\Sigma\Delta x = -67,972$ $f_x = 0,133$ $f_{\beta} = -13''$ $\Sigma\Delta y = -1645,983$ $f_y = -1$ $f_{\beta_s} = \pm 20''$ $f_x = +0,023$ $f_y = +0,131$ $[S] = \frac{1}{12400}$							

4-yo'l							
D		280°21'03"	-				
C	182°07'08"					8320,000	9552,000
		282°28'11"	571,038	-6 123,301	-27 -537,567		
10	194°00'58"					8443,295	8994,406
		296°29'09"	553,961	-6 247,054	-26 -495,820		
11	200°18'14"					8690,343	8498,560
		316°47'23"	499,800	-6 364,277	-23 342,202		
12	210°55'30"					9054,614	8156,335
		347°42'53"	488,725	-5 477,533	-23 -103,990		
9	51°13'17"					9532,142	8052,322
		218°56'10"					
9°							
$\Sigma\beta_n = 838^\circ35'07''$ $[S] = 2113,524$ $\Sigma\Delta x = +1212,165$ $f_s = 0,102$ $f_\beta = 0$ $f_y = +0,099$ $\Sigma\Delta y = -1499,579$ $f_x = 1$ $f_{\beta_n} = \pm 22''$ $f_x = +0,023$ $[S] = 20700$							
5-yo'l							
F		62°22'38"	-				
E	+2" 245°06'05"					9920,114	7286,496
		127°28'45"	431,200	+30 -262,373	+25 342,189		
13	+3" 159°02'35"					9657,771	7628,710
		106°31'23"	441,833	+29 -125,658	+24 423,588		
9	+3" 292°24'44"					9532,142	8052,322
		218°56'10"					
9°							
$\Sigma\beta_n = 696^\circ33'24''$ $[S] = 873,033$ $\Sigma\Delta x = -388,031$ $f_s = 0,077$ $f_\beta = +8''$ $f_y = -0,049$ $\Sigma\Delta y = +765,777$ $f_x = 1$ $f_{\beta_n} = \pm 17''$ $f_x = -0,059$ $[S] = 11300$							

Tugun yo'nalish 9-9° direksion burchagi ishonchli qiymatini uchta yo'llar bo'yicha, murakkab yo'l (1, 2+3) va oddiy 4- va 5-yo'llardan, topilgan direksion burchaklar vaznli o'rtachasi sifatida (18.24) formuladan topiladi.

9-9^a tugun yo'li uchun topilgan direksion burchak yakuniy qiymati bilan (1, 2+3) va 4, 5-yo'llar har biri bo'yicha topilgan direksion burchak qiymatlarining farqini olib topiladi.

Murakkab yo'l (1, 2+3) ga to'g'ri keluvchi tuzatmalar undagi 1-, 2- va 3-yo'llardagi burchaklar soniga proporsional ravishda bo'lib beriladi. Tugun yo'nalish 3-3^a direksion burchagining yakuniy qiymati v_{12} tuzatmalarni 1- va 2-yo'llar bo'yicha hisoblangan direksion burchak qiymatlari orqali topilgan dastlabki vaznli o'rtacha qiymatga kiritib topiladi. 1- va 2-yo'llarga tuzatmalar 3-3^a yo'nalish direksion burchagining yakuniy qiymatidan shu direksion burchakni 1- va 2-yo'llar bo'yicha topilgan qiymatlarini ayirib (18.16) formuladan topiladi (18.6-jadvalga qarasin).

Dala o'lchashlari va tenglashtirilgan qiymatlar aniqligini baholash geodezik o'lchashlarni matematik ishlab chiqishning tanish formulalari bo'yicha amalga oshiriladi. Buning uchun quyidagi 18.6 va 18.7-jadvallardagi hisoblashlar bajarilishi kerak.

18.6-jadval

Yo'llar №	Burchaklar soni $n+1$	Direksion burchaklar vazni p	Hisoblangan direksion burchaklar	ϵ	$p\epsilon$	Tuzatmalar v	Direksion burchaklar yakuniy qiymati	pv^2
3-3 ^a								
1	4	2,5	139°30'07"	7"	17,5"	-3"	139°30'04"	22
2	5	2,0	00"	0	0	+4"		32
1, 2	2, 2	4,5	139°30'04"		17,5"			54
3	4	2,5						
9-9 ^a								
1, 2+3	6, 2	1,61	218°56'23"	21"	33,8"	-13"	218°56'10"	272
4	5	2,0	10"	8"	18"	0		0
5	3	3,33	02"	0	0	+8"		213
		6,94	218°56'10"		51,8"			485

Dastlabki har bir yo'l uchun ko'paytma pv^2 qiymati, keyin esa vazn birligining o'rta kvadratik xatosi quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{pv^2}{r}} \quad (18.26)$$

Bu yerda $r = n - k$; n – tarmoqdagi barcha yo‘llar soni; k – tugun nuqtalar soni.

Vazn birligini o‘rta kvadratik xatosi μ orqali o‘lchangan burchaklar o‘rta kvadratik xatosi m_β va tugun yo‘nalishlar 3-3^a, 9-9^a tenglangan direksion burchaklari o‘rta kvadratik xatosi M quyidagicha hisoblanadi:

$$m_\beta = \frac{\mu}{\sqrt{c}}, \quad (18.27)$$

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{p}}. \quad (18.28)$$

Bu yerda p – tugun yo‘nalish 9-9^a ni vazni bo‘lib, u 18.6-jadvaldan olinadi, tugun yo‘nalish 3-3^a vazni esa alohida 18.7-jadvalda ekvivalent almashtirish usulida hisoblanadi. Xuddi shu yerda tenglashtirilgan yo‘nalishlar 3-3^a va 9-9^a aniqligi topilgan.

18.7-jadval

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[pv^2]}{r}} = \sqrt{\frac{485}{3}} = \pm 12,7''$$

$$m_\beta = \frac{\mu}{\sqrt{c}} = \frac{12,7''}{\sqrt{10}} = \pm 4''$$

$$M_{\alpha_{3-3^a}} = \frac{\mu}{\sqrt{p}} = \frac{12,7''}{\sqrt{6,2}} = \pm 5,1''$$

$$m_{M_{\alpha_{3-3^a}}} = \frac{m_\mu}{\sqrt{p_i}} = \frac{5,1''}{\sqrt{6,2}} = \pm 2''$$

$$M_{\alpha_{9-9^a}} = \frac{\mu}{\sqrt{p}} = \frac{12,7''}{\sqrt{6,94}} = \pm 4,9''$$

$$m_{M_{\alpha_{9-9^a}}} = \frac{m_\mu}{\sqrt{p_i}} = \frac{4,9''}{\sqrt{6,94}} = \pm 1,86''$$

Yo‘l №	Burchak- lar soni, $n + 1$	3-3 ^a tugun yo‘nalish direksion burchaklari vazni, p
4	5	2,0
5	3	3,3
4, 5 3	1, 9 4	5,3
4, 5+3 1 2	5, 9 4 5	1,7 2,5 2,0
		6,2

Hisoblangan μ va M qiymatlarini ishonchliligi quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$m_{\mu} = \frac{\mu}{\sqrt{2r}}, \quad (18.29)$$

$$m_{M_i} = \frac{m_{\mu}}{\sqrt{p_i}}. \quad (18.30)$$

18.6-jadvalda har bir yo'l bo'yicha hisoblangan tuzatma v_i qiymati yo'ldagi o'lchangan burchaklarga teng bo'lib beriladi (18.5-jadval).

Shundan keyin 18.5-jadvalda yo'llar har bir tomoni direksion burchaklar va uchun koordinatalar orttirmalari hisoblanib, ular xatosi topiladi va tenglashtiriladi. Yakuniy har bir yo'l nuqtalarining koordinatalari aniqlandi.

Tugun nuqtalar 3 va 9 ning koordinatlarini xuddi tugun yo'nalishlar direksion burchaklarini tenglashtirishga o'xshash tenglashtirib topiladi. Bu hisoblashlar 18.8-jadvalda keltiriladi.

Tugun nuqtalar koordinatlari yoki yo'l bo'yicha koordinatalar orttirmalari vazni quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$p_x = p_y = \frac{c}{[S]}. \quad (18.31)$$

Bu yerda $[S]$ qiymatlari km hisobida olinadi. Hisoblab topilgan natijalar aniqligini baholash (18.26) va (18.28) formulalar bo'yicha bajariladi. Bu formulalardagi v , μ , p va M belgilari olingan misolda tegishli v_x , μ_x , p_x va M_x hamda v_y , μ_y , p_y va M_y bo'ladi.

Tugun nuqta 3 ning koordinatalarini vazni quyidagi 18.9-jadvalda ekvivalent almashtirish usulida topiladi. Shu yerda 18.8-jadvaldan foydalanib, hisoblab topilgan tugun nuqtalar koordinatalarining aniqligi keltirilgan.

Yo'l №	Yo'l uzun- ligi [S], km	Vazn $p_x = p_y$ $I = \frac{1}{[S]}$	Hisob- langan x'	ε	$p\varepsilon$	v_x	Yakuniy qiymat x	pv_x^2	Hisoblan- gan y'	ε	$p\varepsilon$	v_y	Yakuniy qiymat y	pv_y^2
Tugun nuqta														
			№3				9600,247		№3				9698,328	
1	1,221	0,82	9600,246	0	0	+1		1	9698,322	0	0	+6		30
2	1,616	0,62	,249	3	2	-2		2	,335	13	8	-7		30
1, 2	0,697	1,44	9600,247						9698,328					
3	1,655	0,60				-131		10296				-23		317
Tugun nuqta														
			№9				9532,142		№9				8052,322	
1, 2+3	2,349	0,42	9532,273	190	82	-131			8052,345	72	30	-23		
4	2,114	0,47	,165	82	38	-23		249	,421	148	70	-99		4606
5	0,873	1,14	,083	0	0	+59		3968	,273	0	0	+49		2737
		2,03	9532,142			120		14516	8052,322			100		7942

$$\mu_x = \pm \sqrt{\frac{pv_x^2}{r}} = \pm \sqrt{\frac{14516}{3}} = 0,069 \text{ m};$$

$$\mu_y = \pm \sqrt{\frac{pv_y^2}{r}} = \pm \sqrt{\frac{7942}{3}} = 0,051 \text{ m};$$

$$M_{x_3} = \frac{\mu_x}{\sqrt{p_{x_3}}} = \frac{0,069}{\sqrt{1,90}} = 0,050 \text{ m};$$

$$M_{y_3} = \frac{\mu_y}{\sqrt{p_{y_3}}} = \frac{0,051}{\sqrt{1,90}} = 0,037 \text{ m};$$

$$M_{x_9} = \frac{\mu_x}{\sqrt{p_{x_9}}} = \frac{0,069}{\sqrt{2,03}} = 0,048 \text{ m};$$

$$M_{y_9} = \frac{\mu_y}{\sqrt{p_{y_9}}} = \frac{0,051}{\sqrt{2,03}} = 0,036 \text{ m}.$$

Yo'l №	[S], km	Tugun nuqta 3 koordinat- lari vazni p_x va p_y
4	2,114	0,47
5	0,873	1,45
4,5	0,521	1,92
3	1,665	
4,5+3	2,186	0,46
1	1,221	0,82
2	1,615	0,62
		1,90

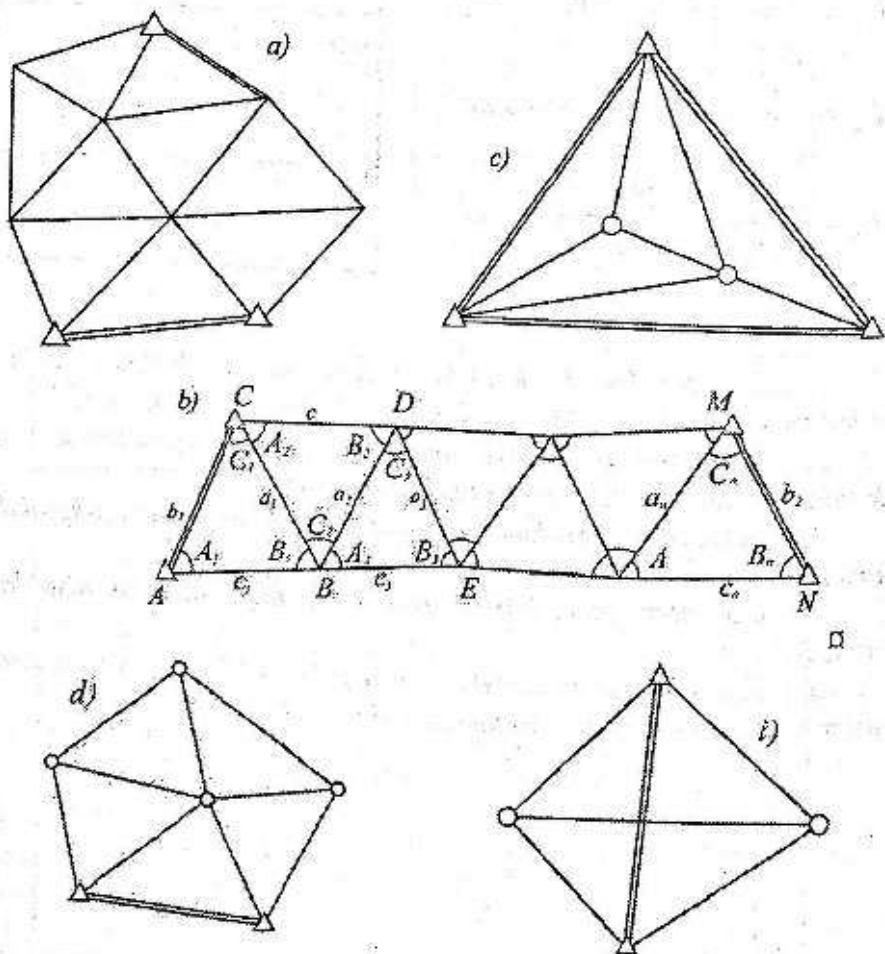
Nazorat savollari:

1. Bir qancha punktlarda bajarilgan o'lchashlar uchun o'lchashni o'rtta kvadratik xatosi qanday hisoblanishi mumkin?
2. Qabullarda o'lchangan burchaklar yakuniy qiymatining o'rtta kvadratik xatosi qanday formulada aniqlanadi?
3. Gorizontal burchaklarni tenglash qanday ketma-ketlikda amalga oshiriladi?
4. Ekvivalent almashtirish usuli bilan faqat nimalar hisoblab olinadi?
5. Tugun nuqtalar koordinatalari yoki yo'l bo'yicha koordinatalar orttirmalari vazni qanday formula bo'yicha hisoblanadi?

PLANLI ZICHLASH TARMOQLARINI TRIANGULYATSIYA USULIDA QURISH

19.1. Zichlash triangulyatsiyasi va uni qurish aniqligi

Zichlash 1- va 2-razryad triangulyatsiyasi yoppasiga uchburchaklar (19.1-a rasm), uchburchaklar zanjiri (19.1-b rasm), uchburchaklar ichiga qo'yilgan alohida punkt yoki punktlar guruhi (19.1-c rasm), markaziy sistema (19.1-d rasm), geodezik to'rtburchak (19.1-e rasm) rivojlantiriladi.



Yoppasiga uchburchaklar tarmog'i o'zidan yuqori aniqlikdagi 3 ta (kamida) boshlang'ich punktga bog'lanib, unda eng kamida 2 ta bazis tomonlar o'lchanishi kerak. Uchburchaklar zanjiri ikkita boshlang'ich geodezik punktlar va boshlang'ich va oxirgi o'lchangan bazis tomonlariga tayanishi kerak (19.1-b rasm).

Zichlash 1- va 2-razryad triangulyatsiyasining texnik ko'rsatkichlari quyidagi 19.1-jadvalda beriladi.

19.1-jadval

Razryad	Tomon uzunligi (km)	Burchak o'lchashning o'rta kvadratik xatosi	Bazis tomoni nisbiy xatosi	Uchburchakdagi burchaklarning chekli xatosi	Uchburchaklar burchagini eng kichik qiymati
1	2-5	5"	1:50000	20"	20°
2	0,5-3	10"	1:20000	40"	20°

Uchburchaklar zanjiri chizmasida joyda bir-biriga yondashgan uchburchaklar qurilib, ularning ichki burchaklari va bazis tomonlari uzunligi o'lchab chiqiladi. Boshlang'ich tomon (bazis) AC uzunligi (19.1-b rasm) va $A_1, B_1, C_1, A_2, B_2, C_2, \dots, A_n, B_n, C_n$ o'lchangan ichki burchaklar orqali sinuslar teoremasidan foydalanib, uchburchaklar tomonlari hisoblab topiladi. Tomonlar $a_1, a_2, \dots, a_n$ bog'lovchi tomonlar va ular qarshisidagi $A_1, A_2, \dots, A_n$ hamda $B_1, B_2, \dots, B_n$ burchaklar **bog'lovchi burchaklar** deyiladi. Tomonlar $c_1, c_2, \dots, c_n$ va ular qarshisidagi burchaklar $C_1, C_2, \dots, C_n$ ga tegishli **oralik tomonlar** va **oralik burchaklar** deyiladi.

Agar boshlang'ich tomon (AC) ning direksion burchagi va boshlang'ich punkt (A) ning koordinatalari ma'lum bo'lsa, o'lchangan burchaklar orqali qolgan tomonlar direksion burchagi, keyin har bir tomon direksion burchagi va uzunligi bo'yicha ular orttirmalari va nihoyat, orttirmalar va boshlang'ich punkt koordinatalari bo'yicha qolgan punktlar $C, B, D, E, \dots, M$ koordinatalari topiladi, ya'ni yakuniy maqsadga erishiladi.

Triangulyatsiya uchburchaklari tomonlarining uzunligini hisoblash aniqligi asosan o'lchangan burchaklar aniqligiga bog'liq. Bazislar uzunligini yuqori aniqlikda o'lchanishini hisobga olib, ularning

xatosini e'tiborga olmasak bo'ladi. Sinuslar teoremasiga asosan uchburchaklar qatoridagi oxirgi uchburchakning bog'lovchi tomoni uzunligi a_n uchun yozish mumkin:

$$a_n = b \frac{\sin A_1 + \sin A_2 + \dots \sin A_n}{\sin B_1 + \sin B_2 + \dots \sin B_n} \quad (19.1)$$

Logarifina orqali bu formula yechilganda quyidagicha yozish mumkin:

$$\lg a_n = \lg b + \sum \lg \sin A - \sum \lg \sin B. \quad (19.2)$$

Formuladagi bog'lovchi burchaklar A va B uchun ular sinuslari logarifmasini $1''$ ga o'zgarishini tegishlicha α va β bilan ifodalab, xatolar nazariyasi qoidalariga asoslanib yozamiz:

$$m_{\lg a_n} = m_u \sqrt{\frac{2}{3} \sum (\alpha^2 + \alpha\beta + \beta^2)}. \quad (19.3)$$

Bunda m_u — burchak o'lchashning o'rta kvadratik xatosi.

Formuladagi $\alpha^2 + \alpha\beta + \beta^2 = R$ bilan ifodalab (*geometrik bog'lanish xatosi* deyiladi) (19.3) formulani quyidagicha yozamiz:

$$m_{\lg a_n} = m_u \sqrt{\frac{2}{3} \sum R}. \quad (19.4)$$

Bu formuladan topilgan qiymat bo'yicha hisoblangan tomon uzunligining nisbiy xatosi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{m_a}{a} = \frac{m_{\lg a_n}}{M}, \quad (19.5)$$

Bunda M — logarifmaning doimiy moduli, $M = 0,4343$.

R qiymati logarifmaning 6-hadi birligida olinadi. Burchaklar A va B qiymati qancha katta bo'lsa, sinus logarifmasini $1''$ ga o'zgarishi shuncha kichik bo'ladi. Demak, (19.3) formuladan ko'rinishicha, tomonlar uzunligi aniqroq topiladi. Shunga ko'ra, bog'lovchi burchaklari 90° ga yaqin bo'lgan uchburchaklarning eng qulay shakli deyiladi. Umuman olganda, eng qulay uchburchak bu teng yoqli uchbur-

chak hisoblanadi. 1- va 2-razryad triangulyatsiya uchburchaklarida bog'lovchi burchaklar 20° dan kam bo'lmashligi kerak.

Tarmoq loyihasini qurishda punktlarning loyiha o'rni kartada shunday tanlanishi kerakki, unda uchburchaklar tomonlarining uzunligi o'zaro yaqin bo'lsin. Loyihalangan uchburchaklar burchaklari transportir bilan kartadan o'lchab olinib, ular orqali ΣR qiymati hisoblanadi. So'ngra (19.4) va (19.5) formulalar orqali oxirgi tomon uzunligini hisoblash aniqligi topiladi. Masalan, loyihalangan 2-razryad tarmoqda $\Sigma R = 8$ va burchak o'lchash o'rta kvadratik xatosi $10''$ bo'lsa, (19.4) dan topamiz:

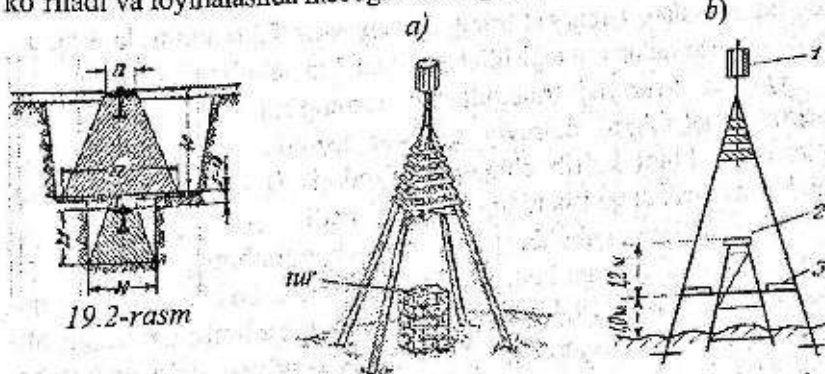
$$m_{lg a_n} = 10'' \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 8} = 22,$$

yoki tomon uzunligining nisbiy o'rta kvadratik xatosi (19.5) formuladan

$$\frac{m_a}{a} = \frac{22}{0,4343 \cdot 10^6} = \frac{1}{20000}.$$

Bu esa 2-razryad triangulyatsiya aniqligini qanoatlantiradi (19.1-jadval).

Topilgan qiymat meyoriy ko'rsatkich talabiga javob bermasa, loyihaga o'zgarish kiritiladi. Tarmoq loyihasi dala sharoitida tekshirib ko'riladi va loyihalashda hisobga olinmagan kamchiliklar to'g'rilanadi.



1 – vizilash silindri; 2 – teodolitni o'rnatish stolchasi; 3 – kuzatuvchining turar o'rni.
19.3-rasm

Punktlar o'zini joyda belgilashda ular baland va ochiq, iloji bo'lsa, yerdan turib kuzatilishi imkonini bor joylarda o'rnatilishiga e'tibor beriladi. Joy sharoiti talab qilsa, punkt markazi ustiga tashqi geodezik belgi – vexa, piramida yoki signal o'rnatish aniqlab olinadi.

Joyda 1 va 2-razryad tarmoq punktlari 19.2-rasmdagi yer osti markazi bilan mahkamlanadi. Punktlarda yer usti tashqi belgi sifatida uzun vexa yoki piramida (19.3-rasm) xizmat qiladi. 19.3-b rasmda teodolit o'rnatish uchun stolchaga ega piramida keltirilgan.

19.2. Gorizontall yo'nalish (burchak)larni o'lchash

Zichlash triangulyatsiyasida gorizontall yo'nalish (burchak) larni o'lchash zichlash poligonometriyasiga o'xshash aniq teodolitlar T2, T5 va aniqligi shularga teng elektron teodolitlarda o'lchanadi.

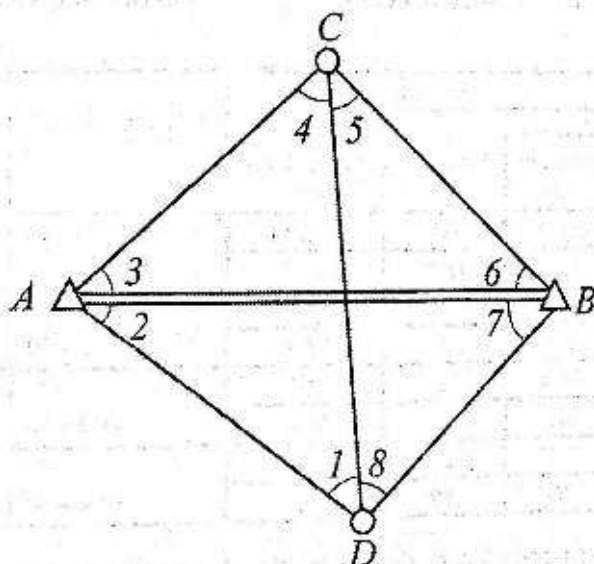
Gorizontall yo'nalish (burchak)larni o'lchashning alohida burchakni o'lchash, doiraviy qabullar usulida o'lchash va turli kombinatsiyalarda o'lchash usullari mavjud. Alohida burchak o'lchash usuli 5.9 da ko'rib o'tilgan. Turli kombinatsiyalarda o'lchash usuli 1- va 2-sinf davlat triangulyatsiyasida qo'llaniladi. 3- va 4-sinf davlat triangulyatsiyasi va 1-, 2-razryad triangulyatsiyasida asosan doiraviy qabullar usuli qo'llaniladi.

Yo'nalishlarni doiraviy qabullar usulida o'lchashda punktda qabullar soni tarmoq razryadi va ishlatiladigan teodolit aniqligiga bog'liq. Masalan, 1-razryad triangulyatsiyasida T2 teodolitida 3 ta, T5 da 4 ta, 2-razryadda esa tegishli 2 ta va 3 ta qabullarda o'lchanadi.

Quyida 2-razryad triangulyatsiya tarmog'ini D punktda (19.4-rasm) yo'nalishlarni doiraviy qabullar usulida T5 teodoliti bilan o'lchash tartibini ko'rib chiqamiz. Teodolit D punktda o'rnatilib, markazlashtiriladi va ishchi holatga keltiriladi.

Birinci yarim qabulda (DCh) o'lchashda limbning sanog'i 0° ga yaqin, masalan, $2-3'$ ga keltirib olinadi va truba boshlang'ich yo'nalish A ga qaratiladi (19.4-rasm). Gorizontall doira limbidan sanoq olinib, burchak o'lchash jurnaliga yoziladi (19.2-jadval). Alidada bo'shatilib, soat yo'li bo'yicha aylantirilib qarash trubasi ketma-ket C, B va yana A punktlariga qaratilib sanoqlar olinadi va jurnalga yoziladi. A punktidan ikkinchi marta sanoq olish bilan ufq yopiladi. Bunda ik-

kala sanoqlar teng bo'lishi kerak. Agar bu sanoqlar o'zaro farq qilsa, unga *ufq yopilmasligi xatosi* deyiladi. Har bir yarim qabulda ufq yopilmaslik xatosi T2 uchun 8", T5 uchun esa 12" dan oshmasligi kerak.



19.4-rasm

19.2-jadvalda DCh yarim qabulida ufq yopilmasligi xatosi $\Delta_{ch} = 0,2'$ ni tashkil qildi va u me'yoriy qiymatdan oshmaydi. Ikkinchi yarim qabulda qarash trubasi yana o'sha boshlang'ich yo'nalish punkti A ga DO' holatda qaratilib, gorizontaal doiradan sanoq olinadi. Limbni qo'zg'almas holatida alidada bo'shatiladi va trubani soat yo'liga qarshi tomonga burab B, C va yana A punktlarga qaratilib, sanoqlar olinadi va shu bilan ikkinchi yarim qabul yakunlanadi. Har ikkala yarim qabullar to'la qabulni tashkil qiladi. Keyingi qabullarga o'tishda limb o'rni $\delta = 180^\circ/n$ qiymatga o'zgartirilib olinadi. n – qabullar soni.

Hisoblangan ufq yopilmasligining o'rtacha ($\Delta_{o,r}$) qiymati teskari ishora bilan yo'nalishlar soni (uch)ga teng bo'lib beriladi (jurnalga qaralsin). Tuzatmalar ishorasi hisobga olinib, yo'nalishlar o'rtachasi tuzatiladi va yo'nalishlar umumiy nolga keltiriladi.

Qabullarda nolga keltirilgan bir xil yo'nalish qiymatlari o'zaro teng bo'lishi yoki farqi T5 teodoliti uchun 0,2' (12") dan oshmasligi kerak.

Punkt: D; Teodolit: 2T5K;
Vaqt: 7 s. 00; Ob-havo: ochiq;

Sana: 25.06.2020-y.
Tasvir: aniq va tinch

19.2-jadval

Yo'nalishlar	Sanoqlar			$\frac{DCh + DO' + \pm 180^\circ}{2}$	Nolga keltirilgan qiymati
	Vertikal doira holati	Limbdan	Shkalali mikroskopdan		
A	DCh	0°	02,0'	0°01,95'	0°00,00'
	DO'	180°	01,9'		
S	DCh	28°	33,1'	+05	28°31,3'
	DO'	208°	33,3'	28°33,20'	
V	DCh	61°	14,0'	+10	61°12,2'
	DO'	241°	14,2'	61°14,10'	
A	DCh	0°	01,8'	+15	0°00,00'
	DO'	180°	01,8'	0°01,80'	

I qabul uchun yuqoridagi jurnalda ufq yopilmasligi xatosi quyidagilarga teng:

$$\Delta_{DCh} = 01,8' - 02,0' = -0,2';$$

$$\Delta_{DO'} = 01,8' - 01,9' = -0,1';$$

$$\Delta_{o'r} = \frac{0,2' - 0,1'}{2} = -0,15';$$

$$\text{Tuzatma } \sigma = -\frac{\Delta_{o'r}}{n} = -\frac{-0,15'}{3} = +0,05'.$$

O'lchangan yo'nalishlar aniqligini baholash alohida qabullardagi yo'nalishlar qiymatining ularning arifmetik o'rta qiymatidan farqi (ν) bo'yicha bajariladi. Alohida qabulda o'lchangan har bir yo'nalishning o'rta kvadratik xatosi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\mu = K \frac{\sum |\nu|}{n} \quad (19.6)$$

Qabullarda o'lcangan yo'nalishning o'rta kvadratik xatosi esa ushbu formuladan topiladi:

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{n}}. \quad (19.7)$$

(19.6) formulada ν – ayrim qabullardagi yo'nalishlarning ularning arifmetik o'rta qiymatidan farqi. n – qabullar soni;

(19.6) formuladagi K quyidagicha topiladi:

$$K = \frac{1,25}{\sqrt{n(n-1)}}. \quad (19.8)$$

D punktida bajarilgan 3 ta qabullardan yo'nalishlar o'rtachasini topish va natijalar aniqligini baholash quyidagi 19.3-jadvalda beriladi.

19.3-jadval

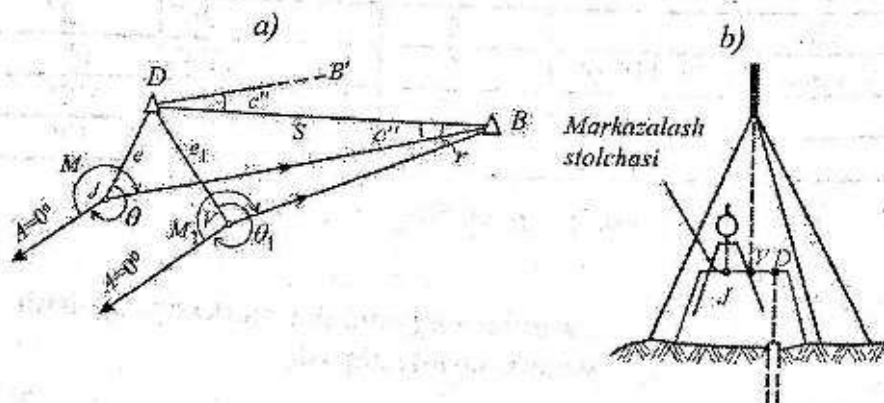
Qabullar	Punktlar nomi			
	C	ν	B	ν
I	28°31'18"	+2"	161°12'12"	+12"
II	36"	-16"	24"	0"
III	06"	+14"	36"	-12"
O'rtacha	28°31'20"	0"	61°12'24"	0"
	$\nu(+)$	+16"		+12"
	$\nu(-)$	-16"		-12"

$$\sum |\nu| = 56'' K = 0,5; \quad \mu = 0,50 \frac{56}{3} = 10''; \quad M = \frac{10}{\sqrt{3}} = 6''.$$

19.3. O'lcangan yo'nalishlarning punktlar markaziga keltirish elementlarini aniqlash

1- va 2-razryad tarmoq punktlarini kuzatishda agar vizir nuri yer sirtidan 1,5 m dan ortiq balandlikdan o'tishi ta'minlansa, teodolitni shtativda o'rnatishga (yerdan turib kuzatish) ruxsat etiladi. Bunda teodolit punkt yer osti belgisi markaziga optik shovun yordamida markazlashtiriladi. Ba'zida buning imkonini bo'lmaydi (masalan, pirami-

dani oyog'i ko'rinishni to'sadi). Teodolitning punkt markazidan chet-
 roqda o'rnatganda yoki teodolit piramidaning stolchasida (19.3-b rasm)
 o'rnatilganda o'lchangan yo'nalishlarni markazlash uchun tuzatmalar
 kiritib, punkt markaziga keltirishga to'g'ri keladi. Bundan tashqari,
 yer usti belgilarini vizirlash mo'ljallari ko'pincha punkt yer osti belgi
 markazi bilan bitta shovun chizig'ida yotmaydi (19.5-b rasm). Bu
 holda yo'nalishlarni punkt markaziga keltirish uchun reduksiya
 tuzatmasini kiritishga to'g'ri keladi. Yuqorida aytib o'tilgan tuzatma-
 larni hisoblash uchun punkt markazi D (19.5-a rasm), teodolit o'rna-
 tilgan nuqta J va vizirlash silindrining o'qi V lar proyeksiyasini gori-
 zontal tekislikka (qog'oz varag'iga) tushirish hamda DJ va DV
 chiziqlarni punktda o'lchangan yo'nalishlarga nisbatan oriyentirlash
 talab qilinadi. Bu esa θ va θ_1 burchaklar orqali bajariladi. Ushbu bur-
 chaklar qiymati punkt markazi D ga, yo'nalishlar DJ va DV dan
 boshlab soat yo'li bo'yicha boshlang'ich yo'nalishgacha transportirda
 o'lchanadi. DJ va DV chiziqlar uzunligi esa chizg'ich bilan o'lchanib
 tegishli e va e_1 bilan ifodalanadi. Shunda θ va e markazlash, θ_1 va
 e_1 esa «reduksiya elementlari» deb ataladi. Umumiy qilib, ularga
keltirish elementlari deyiladi.



19.5-rasm

Keltirish elementlarini aniqlashning bir nechta usullari – grafik, analitik va bevosita aniqlash usullari mavjud.

Bu yerda grafik usulini ko'rib chiqamiz. Punkt markazi D ustiga qalin oq qog'oz yozib, uning sirti ko'z bilan chamalanib, gorizont

holda o'rnatiladi. Punktning yer usti belgisi balandligidan kam bo'lmagan masofada uning atrofida uchta nuqta shunday tanlanadiki, ularning punkt markazi bilan tutashtiruvchi chiziqlar orasidagi burchaklar har birining qiymati 120° atrofida bo'lsin. Ushbu nuqtalarda teodolitni kema-ket o'rnatib, trubani DO' va DCh holatlarida punktning markazi D , vizir silindrining o'qi V va yo'nalishlarni kuzatishda teodolit o'rnatilgan nuqta J qog'oz varag'iga (stolcha sirtiga) proyeksiyalanadi. Shunda aniqlanayotgan nuqtalarning o'rni qog'oz varag'ida hosil bo'ladi.

Punkt markazi yer sirtidan chuqurda joylashgan bo'lsa, o'rni qog'ozga shovun yordamida tushiriladi. Markazlash qog'ozida hosil qilingan V va J nuqtalardan uch qirrali chizg'ich yordamida, masalan, V punktiga qarab yo'nalishlar chizib olinadi (19.5-rasm).

Chiziqli elementlar e va e_1 qiymatlari markazlash varag'ida chizg'ich yordamida mm aniqlikda, burchak elementlari θ va θ_1 esa transportir yordamida $15'$ aniqlikda o'lchanadi. J va V nuqtalaridan B punktga qarab chizilgan burchakni transportir bilan aniqlangan qiymati D punktdan teodolit bilan o'lchangan qiymatga teng bo'lishi yoki farqi 2° dan oshmasligi kerak. Markazlash va reduksiya elementlarini aniqlash ikki marotaba bajariladi – punktda kuzatishlarni boshlashdan avval va punktda kuzatishlarni tugatib bo'lgandan so'ng. Markazlash uchun tuzatmani c'' bilan, reduksiya uchun tuzatmani r'' bilan belgilab, ularning sekund birligidagi qiymatlari tegishli formulalardan hisoblanadi (20.1 da keltiriladi).

19.4. Tarmoq punktlarida vertikal burchaklarni o'lchash

Zichlash 1- va 2-razryad triangulyatsiyasi punktlari balandliklarini aniqlash IV sinf yoki texnik nivelirlash bilan amalga oshiriladi. Tog'li hududlarda trigonometrik nivelirlash orqali bajarishga ruxsat etiladi. Bunda uchburchaklarning har bir tomoni to'g'ri va teskari yo'nalishda nivelirlanishi kerak.

Nivelirlashni bajarish uchun tayanch asos bo'lib balandliklari geometrik nivelirlashdan aniqlangan punktlar (reperlar) xizmat qiladi. Tog'li hududlarda balandligi trigonometrik nivelirlashdan aniqlangan punktlar ham tayanch asos qilib olinishi mumkin. 1- va 2-razryad triangulyatsiya tomonlari bo'yicha trigonometrik nivelirlashda verti-

kal burchaklar (zenit masofalar) gorizontal burchaklarni o'lash bi-
 lan birdaniga bitta teodolitda bajariladi. O'lashlar o'rta ip bo'yicha
 vertikal doirani DCh va DO' holatlarida har bir punktda uchtdan
 qabulda bajariladi. Vertikal burchaklar vizirlash mo'ljallari tasviri
 aniq va tinch holatda bo'lganda bajarilishi maqsadga muvofiq. Har
 bir tomonni to'g'ri va teskari yo'nalishlarda trigonometrik nivelirlash
 imkoni boricha bir xil sharoitda (bitta kuzatuvchi va asbob, bir xil ob-
 havo va bir xil o'lash vaqti) bajarilishi kerak. Har bir punktda ver-
 tikal burchaklarni doiraning bitta holatida (DCh) trubani ketma-ket
 barcha yo'nalishlar punktlariga qaratib chiqib, keyin esa (DO') ho-
 latida xuddi shunday ketma-ketlikda o'lchab chiqiladi. Bu o'lashlar
 to'la bitta qabulni tashkil qiladi. Bitta yo'nalishni to'la qabulda (DCh
 va DO') o'lchab olib keyin boshqa yo'nalishlarni o'lchashga
 o'tishiga ruxsat etilmaydi.

Trubaning o'rta gorizontal ipi kuzatish punktida qurilgan tashqi
 belgi piramida (signal)ni vizirlash silindri yoki punkt markazi ustida
 o'rnatilgan vexaning uchi kesikiga aniq tutashtirib vertikal doriradan
 sanoq olinadi. Bunda sanoq olishdan oldin kompensatori bo'lmagan
 teodolitlarda vertikal doirada o'rnatilgan silindrik adilak pufakchasi
 o'rta keltirib olinishi kerak.

Vizirlash nuqtasining balandligi bilan o'rnatilgan teodolit asbobi
 balandligi ruletk yordamida ikki marotaba o'lchanadi.

Agar trigonometrik nivelirlashda T2 teodoliti ishlatilsa, vertikal
 burchaklar o'rniga zenit masofalar o'lchanadi. Zenit masofa bu
 og'ish burchagini 90° ga to'ldiruvchi burchakdir, ya'ni:

$$z = 90^\circ - \nu, \quad (19.9)$$

bu yerda z – zenit masofa.

T2 teodolitida o'lchangan zenit masofalar quyidagi formulalar
 bo'yicha hisoblanadi:

$$\left. \begin{aligned} z &= DCh - M_z \\ z &= M_z - DO' \end{aligned} \right\} \quad (19.10)$$

Bu yerda M_z – vertikal doira zenit o'rnini bo'lib, u quyidagi for-
 mula bo'yicha hisoblanadi:

$$M_z = \frac{1}{2}(DCh + DO' - 360^\circ). \quad (19.11)$$

Zarurat bo'lganda M_z qiymatiga 360° qo'shib olinadi.

Barcha o'lchashlar natijasi berilgan zenit masofalarni o'lchash jurnaliga, 19.4-jadvalga, yoziladi va u dalada ishlab chiqiladi.

Zenit masofalarni o'lchash jurnali

Punkt: D

Havo: bulutli

Sana: 10.06.2020-y.

Ko'rish: qoniqarli

Vaqt: 8⁰⁰

Shamol: yengil shabada

Teodolit: T2 №1501

Tasvir: ustuvor

19.4-jadval

Qabul №	Yo'nalish nomi, qaratish joyi	Vertikal doira	Vertikal doira sanoqlari		O'rtacha	Zenit o'rni	Zenit masofa
			1	2			
1	A Vizir silind. (v.s.)	DCh DO'	90°02'09" 269°57'58"	10" 59"	90°02'10" 269°57'58"	0°00'04"	90°02'06"
	C v.s.	DCh DO'	89°46'15" 270°13'59"	14" 59"	89°46'14" 270°13'59"	0°00'06"	89°46'08"
	B v.s.	DCh DO'	89°51'14" 270°09'04"	13" 03"	89°51'14" 270°09'04"	0°00'09"	89°51'03"
	Maksimal o'zgarish					05"	

Jurnalni hisoblab chiqishda barcha qiymatlar sekundgacha yaxlitlab yoziladi.

Alohida qabullar bo'yicha hisoblangan zenit o'rni va zenit masofa qiymatlari o'zgarishi 15" dan oshmasligi kerak (u 19.4-jadvalda 5" ga teng).

Zenit masofani o'lchash ma'qul (foydali) vaqti bo'lib refraksiya ta'siri kichik, kuzatilayotgan predmetlar tasviri tinch yoki yengil tebranma, kuzatish mo'ljali ko'rinish yaxshi yoki qoniqarli bo'lgan vaqt hisoblanadi. Ko'p yillik kuzatishlar tajribasi ko'rsatishicha, zenit masofalarni o'lchash foydali vaqti ertalab soat 8 dan kech 18 gacha, vizirlash mo'ljali tasvirining yetarlicha aniq bo'lgan davri hisoblanadi.

Eng ishonchli kuzatishlar qoniqarli ko'rinishda, yengil shamol esib turgan va tasvir ustuvor bo'lganda bajariladi.

T5 teodoliti o'lchashlarda foydalansa, trigonometrik nivelirlash vertikal burchakni o'lchab amalga oshiriladi. Bunda kuzatishlar uslubini aynan zenit masofani o'lchashga o'xshash bo'ladi. Quyidagi 19.5-jadvalda punktlarda vertikal burchaklarni o'lchash jurnalidan namuna berilgan.

Vertikal burchaklarni o'lchash jurnali

Teodolit: *2T5KH*

Punkt: «*Jar*»

Sana: *10.06.2020-y.*

Havo: *ochiq, yengil shabada, bulutli,*

Vaqt: *8⁰⁰*

Tasvir: *aniq va ustuvor*

19.5-jadval

Kuzatilgan punktlar	Qaratish joyi	Vertikal doira sanoqlari		Nol o'rni	Vertikal burchak
		<i>DCh</i>	<i>DO'</i>		
«Tepa» piramida	vizir silind-rining uchi	-3°59'36"	+3°59'32"	+0°00'02"	-3°59'38"
«Buloq» vaxa	vexa uchi	+1°10'24"	-1°10'14"	+0°00'05"	+1°10'19"
«Ko'prik» piramida	vizir silind-ri uchi	+2°12'31"	-2°12'39"	-0°00'04"	+2°12'27"

Qabullar orasida NO' va vertikal burchak qiymatlarni o'zgarishi T5 teodoliti uchun $\pm 20''$ dan oshmasligi kerak.

Vertikal burchakni quyidagi formulalardan hisoblab topiladi:

$$\left. \begin{aligned} v &= DCh - NO' \\ v &= NO' - DO' \end{aligned} \right\} \quad (19.12)$$

Bu yerda NO' – vertikal doira nol o'rni bo'lib quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$NO' = \frac{DO' + DCh}{2} \quad (19.13)$$

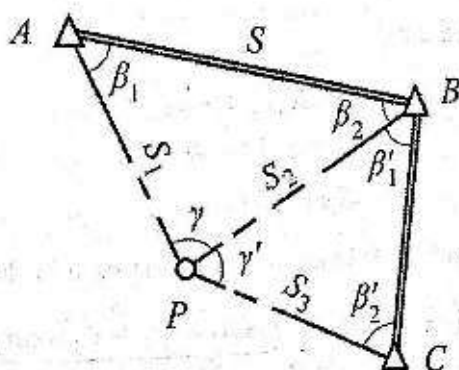
19.5. Qo'shimcha punktlarni aniqlash

Ushbu maqsadda qo'shimcha punktlarni qurib, joyda mavjud geodezik tarmoq punktlari zichlashtiriladi. Qo'shimcha punktlar to'g'ri,

teskari, kombinatsiyalashgan va chiziqli kestirmalar usullarida, agar elektron dalnomer qo'l ostida mavjud bo'lsa, quriladi. Quyida ushbu usullardan ayrimlarini ko'rib chiqamiz.

To'g'ri kestirma. To'g'ri kestirmani vazifasi ikkita boshlang'ich (o'rni ma'lum) punktlar koordinatalari bo'yicha uchinchi punkt koordinatalarni aniqlashdan iborat. Bunda boshlang'ich A va B punktlarda teodolit bilan turib aniqlanadigan punktga qarab burchaklar β_1, β_2 va β'_1 o'lchanadi (19.6-rasm).

Aniqlangan koordinatalar to'g'riligini nazorat qilish uchun qo'shimcha uchinchi boshlang'ich punkt C da turib, β'_2 burchak o'lchanishi kerak.



19.6-rasm

Aniqlanadigan punktga qarab yo'nalishlar orasidagi burchaklar (γ va γ') 150° dan katta va 30° dan kichik bo'lmashligi kerak. Masalani yechish uchun turli formula va chizmalar mavjud, ulardan birini ko'rib o'tamiz.

Yung formulalari. Agar boshlang'ich A va B punktlar bir-biridan ko'rinsa va ularda β_1 va β_2 burchaklar o'lchangan bo'lsa, ABP (19.6-rasm) uchburchakdan P koordinatalarini topish uchun Yung formulasini qo'llash qulayroq. Yung formulasini quyidagicha chiqarish mumkin: $AB = S$, $AP = S_1$ va $\angle APB = \gamma$ bo'lsin. ABP uchburchakdan sinuslar teoremasi asosida topamiz:

$$S_1 = \frac{S \cdot \sin \beta_2}{\sin \gamma}$$

(19.14)

AP tomon uchun koordinatalar orttirmasi quyidagiga teng:

$$\Delta x_{AP} = S_1 \cos(AP) \quad (19.15)$$

Yuqoridagi (19.14) formulani nazarda tutib hamda 19.6-rasmdan

$$(AP) = (AB) + \beta_1 \text{ va } \gamma = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$$

bo'lishini e'tiborga olib yozish mumkin:

$$\Delta x_{AP} = \frac{S \cdot \cos[(AB) + \beta_1] \sin \beta_2}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} \quad (19.16)$$

Bulardan tashqari,

$$\Delta x_{AP} = x - x_A;$$

$$S \cdot \cos(AB) = x_B - x_A;$$

$$S \cdot \sin(AB) = y_B - y_A;$$

ekanini hisobga olib (19.16)ni quyidagicha yozsa bo'ladi:

$$x - x_A = \frac{(x_B - x_A) \cos \beta_1 \sin \beta_2 + (y_B - y_A) \cdot \sin \beta_1 \sin \beta_2}{\sin \beta_1 \cos \beta_2 + \cos \beta_1 \sin \beta_2}$$

Ushbu kasr surati va maxrajini ko'paytma $\sin \beta_1 \sin \beta_2$ ga bo'lib topamiz:

$$x - x_A = \frac{(x_B - x_A) \operatorname{ctg} \beta_1 + (y_B - y_A)}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2} \quad (19.17)$$

Xuddi shunga o'xshash quyidagini yozish mumkin:

$$y - y_A = \frac{(y_B - y_A) \operatorname{ctg} \beta_1 + (x_B - x_A)}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2} \quad (19.18)$$

Yuqoridagi (19.17) va (19.18) formulalar Yung formulalaridir.

Xuddi shunga o'xshash $PB = S_2$ masofa uchun tegishli koordinatalar orttirmalari uchun Yung formulalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$x - x_B = \frac{(x_A - x_B) \operatorname{ctg} \beta_2 - (y_A - y_B)}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}, \quad (19.19)$$

$$y - y_B = \frac{(y_A - y_B) \operatorname{ctg} \beta_2 + (x_A - x_B)}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}, \quad (19.20)$$

O'sha (19.17; 19.18) va (19.19; 19.20) formulalar bo'yicha orttirmalarni hisoblab, P punktining koordinatalarini ikki marotaba topish mumkin, ya'ni:

$$x = x_A + \Delta x_{AP} = x_B + \Delta x_{BP}, \quad (19.21)$$

$$y = y_A + \Delta y_{AP} = y_B + \Delta y_{BP}.$$

(19.17) va (19.18) formulalardagi x_A va y_A larni tengliklar o'ng tomoniga o'tkazib, keyin har bir qismlarni umumiy maxrajga keltirib, koordinatalar uchun Yung formulasini yozamiz:

$$x = \frac{x_A \operatorname{ctg} \beta_2 - y_A + x_B \operatorname{ctg} \beta_1 + y_B}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2} \quad (19.22)$$

$$y = \frac{y_A \operatorname{ctg} \beta_2 + x_A + y_B \operatorname{ctg} \beta_1 - x_B}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}$$

Noma'lum P punktining hisoblangan koordinatalari qiymati to'g'riligini tekshirish uchun koordinatalar ikkinchi uchburchak BPC dan ham (19.22) formula bo'yicha hisoblab chiqiladi.

Har ikkala hisoblashlardan olingan P punktining absissa va ordinata qiymatlari farqi quyidagi tengsizlikni qanoatlantirishi kerak:

$$r = \sqrt{(x' - x'')^2 + (y' - y'')^2} \leq 3M_r. \quad (19.23)$$

Bu yerda

$$M_r = \sqrt{M_1^2 + M_2^2}, \quad (19.24)$$

ushbu formulada M_1 va M_2 — P punktining boshlang'ich punktlar (A va B) va (B va C) dan hisoblab topilgan koordinatalari qiymatlarining o'rtacha kvadratik xatosi. Ular quyidagicha topiladi:

$$M_1 = \frac{m\beta}{p'' \sin \gamma} \sqrt{S_1^2 + S_2^2}, \quad (19.25)$$

$$M_2 = \frac{m\beta}{p'' \sin \gamma'} \sqrt{S_2^2 + S_3^2}. \quad (19.26)$$

Agar (19.23) formula sharti bajarilsa, topilgan koordinatalarning ikkita qiymatidan o'rtachasi olib yoziladi. Noma'lum punkt P koordinatalarini (19.22) formulalar orqali hisoblash misoli 19.6-jadvalda yechib keltirilgan.

19.6-jadval

Punktlar nomi	β_1 β_2	x	$\text{ctg}\beta_1$ $\text{ctg}\beta_2$	y
	γ		$\text{ctg}\beta_1 + \text{ctg}\beta_2$	
A	54°59'34"	11 371,17	+0,255821	8 552,42
B	75°39'01"	9 946,57	+0,700395	7 696,97
P	49°21'25"	9 433,08	+0,956216	9 415,67
$B(A)$	47°37'40"	9 946,57	+1,202014	7 696,97
$C(B)$	39°45'30"	7 423,20	+0,912503	8 913,89
P	92°37'20"	9 433,14	+2,114517	9 415,48
P	o'rtacha	9 433,11		9 415,58

Jadvalda ikki marotaba hisoblab topilgan P punktining koordinatalari farqlarini yo'l qo'yarli ekanini (19.23) formulaga asosan tekshiramiz:

$$r = 0,09 \text{ m},$$

(19.25) va (19.26) formulalardan

$$M_1 = 0,09 \text{ m},$$

$$M_2 = 0,07 \text{ m},$$

va (19.24) formuladan

$$M = \sqrt{(0,09)^2 + (0,07)^2} = 0,11 \text{ m}; \quad 3M = 0,33 \text{ m}.$$

Nihoyat, (19.23) tengsizlik uchun yozamiz: $0,09 < 0,33$, ya'ni farqlar yo'l qo'yarli ekanini ko'ramiz.

Teskari kestirma. Teskari kestirmada noma'lum punktning o'rtini uchta boshlang'ich punktlar A , B va C koordinatalari hamda aniqlanadigan P punktida o'lchangan ikkita burchaklar γ_1 va γ_2 yordamida topiladi. Masalaning to'g'ri yechilganini tekshirish uchun o'sha noma'lum punktida to'rtinchi boshlang'ich punkt D ga qarab yana bitta burchak γ_3 o'lchanishi kerak bo'ladi. (19.7-rasm)

Masalani yechishning ko'pgina usullari mavjud. Bu yerda uni Kneyssel formulasi bo'yicha yechishni ko'rib chiqamiz.

Kneyssel formulalari. Faraz qilaylik, A , B , C punktlarining ma'lum koordinatalari va aniqlanadigan P punktida (19.7-rasm) o'lchangan γ_1 va γ_2 burchaklar yordamida P punktning koordinatalari x_p va y_p topilishi kerak bo'lsin. Nazorat uchun boshlang'ich D punktiga qarab γ_3 burchagi ham o'lchangan bo'lsin.

Quyidagi belgilarni kiritamiz:

$$(AP) = \alpha_1, (BP) = \alpha_2, ctg\gamma_1 = a, ctg\gamma_2 = b.$$

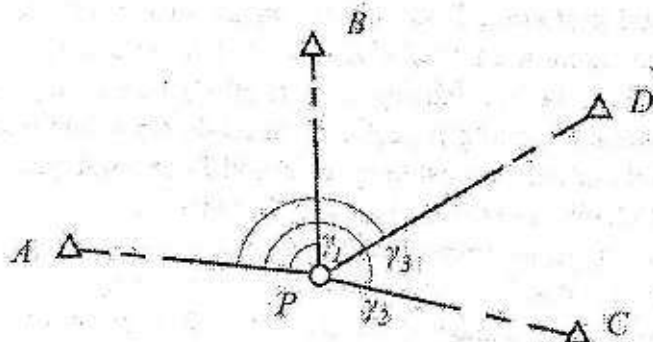
Yuqoridagi 19.7-rasmdan ko'rinishicha, $\alpha_2 = \alpha_1 + \gamma_1$. Shunga ko'ra, yozish mumkin:

$$tg\alpha_2 = tg(\alpha_1 + \gamma_1) = \frac{tg\alpha_1 + tg\gamma_1}{1 - tg\alpha_1 \cdot tg\gamma_1}.$$

Bu yerda Kneyssel formulalarining isbotini keltirib o'tirmay, ularni yakuniy ko'rinishda keltiramiz:

1. $a = ctg\gamma_1$; $b = ctg\gamma_2$;
2. $x'_B = x_B - x_A$; $y'_B = y_B - y_A$;
 $x'_C = x_C - x_A$; $y'_C = y_C - y_A$;
3. $k_1 = ay'_B - x'_B$; $k_2 = ax'_B + y'_B$;
 $k_3 = by'_C - x'_C$; $k_4 = bx'_C + y'_C$;
4. $c = \frac{k_2 - k_4}{k_1 - k_3} = ctg(AP)$;
5. $y' = \Delta y = \frac{k_2 - ck_1}{c^2 + 1} = \frac{k_4 - ck_3}{c^2 + 1}$; $x' = \Delta x = c\Delta y$;
6. $y = y_A + \Delta y$; $x = x_A + \Delta x$;
7. $ctg(PD) = \frac{x_D - x_P}{y_D - y_P}$.

(19.27)



19.7-rasm

Quyidagi 19.7-jadvalda yuqoridagi formulalardan foydalanib, teskari kestirma misol sifatida yechib keltirilgan.

19.7-jadval

γ_1	15°28'21"	x_B	3700,0	y_B	2500,00	k_1	+572,71	k_2	+1034,62
a	3,612623	x'_B	+225,25	y'_B	+220,88	k_3	-572,46	k_4	+253,24
γ_2	97°02'05"	x_C	4007,84	y_C	2598,14	$k_1 - k_3$	+1145,17	$k_2 - k_4$	+781,38
b	-0,123396	x'_C	+533,09	y'_C	+319,02	$c = \text{ctg}(AP)$	0,682327	$k_2 - ck_1$	+643,84
		x_A	3474,75	y_A	2279,12	$c^2 + 1$	1,465570	$k_4 - ck_1$	+643,84
		Δx	+299,75	Δy	+439,31				
		x_P	3774,5	y_P	2718,43				

Nazorat hisoblash

$\gamma_3^{o'lk}$	29°27'19"	x_D	3724,55	y_D	2130,23			(PA)	235°41'36"
γ_3^{his}	29°27'10"	$x_D - x_P$	-49,95	$y_D - y_P$	-588,20	$\text{tg}(AP)$	+11,77577	(PD)	265°08'46"

Noma'lum punkt P hisoblangan koordinatalari x_P va y_P to'g'ri-rilini nazorati uchun ular bilan boshlang'ich punkt D koordinatalari orqali PD chizig'i direksion burchagi (PD) topiladi. Keyin u orqali $\gamma_3^{his} = (PD) - (PA)$ qiymat topilib, dalada o'lchangan $\gamma_3^{o'lk}$ qiymat bilan solishtiriladi. Ularning farqi quyidagi talabni qanoatlantirishi kerak:

$$|\gamma_3^{his} - \gamma_3^{o'lk}| < 6m_\beta. \quad (19.28)$$

Bu yerda $6m_\beta$ burchak (γ_1 , γ_2 , va γ_3)larni o'lchashning o'rta kvadratik xatosi.

Yuqoridagi 19.7-jadvaldagi γ_3^{his} va $\gamma_3^{o'ld}$ qiymatlarni olib hisoblaymiz: $|29^\circ 27' 10'' - 29^\circ 27' 10''| < 6.5''$, yoki $9'' < 30''$. Demak, yo'l qo'yilgan xato chekidan oshmagan. T5 teodolitida o'lchangan burchaklar uchun $m_\beta = 5''$. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, hozirgi zamon elektron taxometr qo'l ostida bo'lsa, uni boshlang'ich punktda (koordinatalari ma'lum punkt) o'rnatib gorizontaal doira limbi ikkinchi boshlang'ich punktga qarab oriyentirlab olinadi va alidadani bo'shatib truba koordinatalari noma'lum punktga qaratilsa, displeyda uning koordinatalari tayyor ko'rinadi.

Nazorat savollari:

1. Zichlash I- va 2-razryad triangulyatsiyasining texnik ko'rsatkichlariga nimalar kiradi va ular qanchaga teng?
2. Triangulyatsiya uchburchaklari tomonlarining uzunligi qanday aniqlanadi?
3. Hisoblangan tomon uzunligining nisbiy xatosi qanday?
4. Zichlash triangulyatsiyasida gorizontaal yo'nalish (burchak)-larni o'lchashni tushuntirib bering.
5. Alohida qabulda o'lchangan har bir yo'nalishning o'rtakvadratik xatosi qanday formula bo'yicha hisoblanadi?
6. «Reduksiya elementlari» deb nimaga aytiladi?
7. Keltirish elementlarini aniqlashning qanday usullari bor?
8. Qo'shimcha punktlarni aniqlashning qanday usullari mavjud?

ZICHLASH TRIANGULYATSIYA TARMOQLARINI MATEMATIK ISHLAB CHIQISH

20.1. Dastlabki hisoblashlar

Geodezik tarmoqlarni qurishda o'lchashlar soni, odatda, zaruriy o'lchashlar sonidan ortiqroqni tashkil etadi. Kerakli sondan ortiqcha bajarilgan o'lchashlarga «*ortiqcha o'lchashlar*» deyiladi. Ortiqcha o'lchashlar o'lchashlar nazoratini va topiladigan qiymatlar aniqligini oshirish maqsadida bajariladi. Bundan tashqari, ular o'lchashlar aniqligini baholashga ham xizmat qiladi.

Zaruriy va ortiqcha o'lchab olingan qiymatlar o'zaro muayyan matematik bog'lanishlarda bo'ladi, ya'ni bog'lanish tenglamalari orqali ifodalanadi. Masalan, har bir uchburchakda o'lchangan burchaklar yig'indisi 180° teng bo'lishi kerak. Amalda o'lchab olingan qiymatlar uchun bu shart o'lchashlar xatosining ta'siri sababli bajarilmaydi, ya'ni bog'lanmaslik (xatolik) kelib chiqadi.

Geodezik tarmoqlarda o'lchashlarni matematik ishlab chiqishning maqsadi bog'lanmasliklarni hisoblab, ularni bartaraf etish, aniqlanadigan qiymatlarni topish va ular aniqligini baholashdan iborat. Geodezik tarmoqda o'lchashlarni matematik ishlab chiqishda hisoblash ishlarini ikkita qismga bo'lish mumkin: dastlabki hisoblashlar va yakuniy hisoblashlar.

Dastlabki hisoblashlarning maqsadi dala o'lchash jurnallarini va dalada bajarilgan hisoblashlarni qayta tekshirib chiqish hamda o'lchangan yo'nalishlar (burchaklar)ni punktlar markaziga keltirishdan iborat. Bu yerda 19.4-rasmda keltirilgan geodezik to'rtburchak tarmog'i misolida dastlabki hisoblashlarni ko'rib chiqamiz.

Dala jurnallaridagi hisoblash natijalari va punktlarda tuzilgan keltirish elementlari varaqlari to'raligini kameral tekshirib, har bir punkt uchun 20.1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar tuziladi.

Jadvaldagi e , e_1 va θ , θ_1 qiymatlari dalada tuzilgan markazlash varag'idan, yo'nalishlar qiymati uchun esa qabullarda o'lchangan yo'nalishlar o'rtacha qiymati olinadi.

Markazlash va reduksiya uchun tuzatmalarni hisoblash uchun tarmoq uchburchaklarining dastlabki yechish (tomonlar uzunligini aniqlash) talab qilinadi. Bu ish bitta punkt misolida 20.2-jadvalda bajarib keltirilgan.

20.1-jadval

Asbob o'rnatilgan punkt	Keltirish elementlari	Yo'nalishlar nomi	O'lchangan yo'nalishlar
<i>D</i>	$e = 0,030 \text{ m}$	<i>A</i>	$0^{\circ}00,0'$
	$e_1 = 0,035 \text{ m}$	<i>C</i>	$28^{\circ}31,3'$
	$\theta = 175^{\circ} - A$ punktiga $\theta_1 = 30^{\circ} - A$ punktiga	<i>B</i>	$61^{\circ}12,2'$

20.2-jadval

Uchbur- chak	Punktlar nomi	Bur- chaklar nomeri	Burchaklar qiymati	Burchaklar sinuslari	Tomonlar uzunligi, m
<i>DAB</i>	<i>D</i>	1+8	$61^{\circ}12'00''$	0,876	1850
	<i>A</i>	2	$60^{\circ}45'00''$	0,872	1842
	<i>B</i>	7	$58^{\circ}03'00''$	0,851	1797
			$180^{\circ}00'00''$	$D_1 = 1850:0,876 = 2112$	

Hisoblashlarda o'lchangan burchaklarni minutgacha, bazis tomon uzunligini metrgacha yaxlitlab olish yetarli.

19.4-rasmdagi geodezik to'rtburchakda $AB = b$ tomon bazis tomon bo'lib, uning o'lchangan qiymati $b = 1850,00 \text{ m}$ orqali sinuslar teoremasidan uchburchaklarning qolgan tomonlari uzunligi quyidagicha hisoblanadi:

$$\frac{b}{\sin D} = \frac{a}{\sin A} = \frac{c}{\sin C} = D_1 \quad (20.1)$$

Tarmoqdagi *DAB* uchburchak uchun topamiz:

$$D_1 = \frac{b}{\sin(1+8)} = \frac{1850,00}{\sin 61^{\circ}12'} = 2112 \text{ m.}$$

Uchburchakning qolgan tomonlari uzunligi (20.1) formuladan quyidagilarga teng:

$$a = D_1 \sin A = 2112 \cdot 0,872 = 1842 \text{ m;}$$

$$c = D_1 \sin C = 2112 \cdot 0,851 = 1797 \text{ m.}$$

Hisoblash nazorati bo'lib topilgan $b = D_1 \sin(1 + 8) = 2112 \cdot 0,876 = 1850,00$ m qiymatni bazis tomonni o'lgangan qiymati bilan teng chiqishi xizmat qiladi.

Navbatda 20.1-jadvalda berilgan keltirish elementlari qiymati va 20.2-jadvalda hisoblangan uchburchak tomonlari uzunligi qiymatidan foydalanib, D punkti misolida markazlash va reduksiya uchun tuzatmalarni 20.3-jadvalda hisoblaymiz. Tuzatmalarni hisoblash formulalarini chiqaramiz.

D punktda yo'nalishlarni o'lchashda teodolit J nuqtada o'rnatilgan va ushbu punkt yer usti belgisini vizirlash silindri proyeksiyasi V nuqtada joylashgan bo'lsin (19.5-a rasm). J nuqtasidan boshlang'ich punkt A ga $JA = 0^\circ$ yo'nalishini o'tkazamiz. Boshqa punkt B ga JB yo'nalish o'tkazamiz; V nuqtasidan yana o'sha A va B punktlarga qarab VA va VB yo'nalishlar o'tkazamiz. D punktda turib boshlang'ich punktdan o'lgangan yo'nalishni M bilan belgilaymiz. D punkt-dagi markazlash elementlari e , θ va reduksiya elementlari e_1 , θ_1 bo'lsin.

D punktdan JB yo'nalishiga parallel bo'lgan DB' yo'nalishini o'tkazamiz (19.5-a rasm). Shunda c'' burchagi ($c'' = \angle B'DB''$) D va B punktlarining markazi orasidagi topilishi kerak bo'lgan DB yo'nalishni olish uchun JB yo'nalishiga kiritiladigan markazlash uchun tuzatmaga teng. D va B nuqtalaridagi c'' burchaklari o'zaro teng. JDB uchburchakni yechib, unda D va B punktlari orasidagi masofa $S = DB$, JDB burchak $[(M + \theta) - 360^\circ]$ ga tengligini hisobga olib, quyidagini yozamiz:

$$\frac{e}{S} = \frac{\sin C}{\sin [(M + \theta) - 360^\circ]} \quad (20.2)$$

Burchak c'' juda kichik bo'lgani uchun o'lgangan yo'nalishga teodolitni markazlash xatosi uchun kiritiladigan tuzatmani hisoblash formulasini (20.2)dan quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$c'' = \frac{e \sin(M + \theta)}{S} \rho'' \quad (20.3)$$

Vizirlash nishoni V proyeksiyasining D punkt markazi ustida joylashmagani sababli B punktda o'lgangan yo'nalish BV qiymatini, vizirlash nishoni reduksiya xatosi uchun tuzatma r'' bilan tuzatish

kerak bo'lad. DBV uchiburchagini yechib, unda $S = DB$, burchak $DBV [(M_1 + \theta_1)] - 360^\circ$ ga teng ekanini hisobga olib, vizirlash nishoni reduksiyasi uchun tuzatmani quyidagi formuladan topish mumkin:

$$r'' = \frac{e_1 \sin(M_1 + \theta_1)}{S} \rho'' \quad (20.4)$$

Shuni ta'kidlash kerakki, D punktda markazlash xatosi uchun tuzatma undan o'lgan yo'nalish DB ga, vizirlash nishoni reduksiyasi uchun tuzatma esa unga teskari yo'nalish BV ga o'z ishorasi bilan kiritiladi. Chunki B punktdan turib vizirlash D punktining markaziga emas, balki u bilan tutashmaydigan V vizirlash nishoniga bajariladi (19.5-a rasm).

20.3-jadval

Belgilar	D punktdan		
	Quyidagi punktlarga		
	A	C	B
M	$0^\circ 00'$	$28^\circ 31'$	$61^\circ 12'$
S	1871	2854	2040
e	0,030		
θ	$175^\circ 00'$		$236^\circ 12'$
$M + \theta$	$175^\circ 00'$	$203^\circ 31'$	$-0,831$
$\sin(M + \theta)$	0,087	-0,396	-2,5"
c''	+0,3"	-0,8"	
e_1	0,035		
θ_1	$30^\circ 00'$		$91^\circ 12'$
$M + \theta_1$	$30^\circ 00'$	$58^\circ 31'$	0,999
$\sin(M + \theta_1)$	0,500	0,853	+3,5"
r''	+1,9"	+2,1"	

Yuqoridagi (20.3) va (20.4) formulalar bo'yicha D punktdan kuzatilgan yo'nalishlar uchun hisoblangan tuzatmalar 20.3-jadvalda berilgan.

Hisoblab topilgan tuzatmalarning qo'shma yig'indisi $(c + r)$ ni tegishli yo'nalishlarga kiritishda quyidagi formula bo'yicha qayta o'zgartirib olinadi:

$$(c + r)_{o'z} = (c + r)_i - (c + r)_o \quad (20.5)$$

Bu yerda i – punktda kuzatilgan yoʻnalishlar raqami $(c + r)_0$, $(c + r)_1 + \dots$

Keltirilgan (20.5) formula boʻyicha hisoblangan markazlash va reduksiya uchun qoʻshma tuzatmalar oʻlchangan yoʻnalishlarga kiritilib, punkt markaziga keltirilgan yoʻnalishlar qiymati topiladi. Hisoblashlar 20.4-jadvalda keltirilgan.

20.4-jadval

Punkt nomi	Punkt-larga yoʻnalishlar	Oʻlchangan yoʻnalishlar	Tuzatmalar				Punktlar markaziga keltirilgan yoʻnalishlar
			c_i	r_i	$(c + r)_i$	$(c + r)_i - (c + r)_0$	
D	A	0°00'00"	+0,3"	+1,9"	+2,2"	0,00"	0°00'00"
	C	28°31'18"	-0,8"	+2,1"	+1,3"	-0,9"	28°31'17"
	B	61°12'12"	-2,5"	+3,5"	+1,0"	-1,2"	61°12'11"

Navbatda tarmoq chizmasi tuzilib, unga punktlar markaziga keltirilgan yoʻnalishlar va ular orqali hisoblab topilgan burchaklar chizmada yozib qoʻyiladi. Har bir uchburchakda burchaklar xatosi hisoblanadi va uning chekli qiymati quyidagicha topiladi:

$$\omega_{chek} = 2,5m_\beta \sqrt{3}. \quad (20.6)$$

Bu yerda m_β – burchak oʻlchashning oʻrta kvadratik xatosi, 2-razryad triangulyatsiya uchun $m_\beta = 10''$.

Uchburchaklardagi bogʻlanmasliklar boʻyicha alohida burchakni oʻlchash oʻrta kvadratik xatosi quyidagi formula boʻyicha hisoblanadi:

$$m = \sqrt{\frac{\omega^2}{3N}}. \quad (20.7)$$

Bu yerda N – tarmoqdagi uchburchaklar soni; ω – uchburchak burchaklari xatosi.

Yakunida zichlash triangulyatsiyasida dastlabki hisoblashlarga kiradigan ishlar roʻyxatini koʻrsatib oʻtamiz:

1) dala jurnallarida bajarilgan hisoblash ishlari va markazlash va-raqclarini tuzish toʻgʻriligini tekshirish;

- 2) o'lcangan yo'nalishlar yig'ma hisobotini tuzish;
- 3) uchburchaklarni dastlabki yechish;
- 4) markazlash va reduksiya uchun tuzatmalarni hisoblash;
- 5) yo'nalishlarni punktlar markaziga keltirilgan qiymatlarini hisoblash;
- 6) tarmoq chizmasini tuzib, unda hisoblab topilgan burchaklarni yozib keltirish;
- 7) uchburchaklarda burchaklar xatosini hisoblash va ularning chekli qiymati bilan solishtirish;
- 8) burchaklarni o'lchash aniqligini baholash.

20.2. Asosiy hisoblashlar. Korrelatalar usulida tenglashtirish haqida ma'lumot

Triangulyatsiya tarmog'ini tenglashtirish maqsadi o'lcangan burchaklarga tuzatmalarni aniqlab ular orqali tuzatilgan burchaklar shu tarmoqqa mos keluvchi barcha matematik shartlar qanoatlantirishini ta'minlashdan iborat.

Geodezik tarmoqdagi har bir ortiqcha o'lcangan qiymatga boshqalari bilan bog'liq bo'lmagan bitta shart, n ta ortiqcha o'lcangan qiymatlarga esa n ta mustaqil shartlar to'g'ri keladi.

Ba'zi shartlar tarmoqda ortiqcha boshlang'ich ma'lumotlar (punktlar koordinatalari, tomonlar direksion burchaklari va tomon uzunligi) mavjudligidan kelib chiqadi. Boshlang'ich ma'lumotlari elementlari mavjudligidan hech bo'lmaganda bitta shartga ega bo'lgan geodezik tarmoq *erkin emas tarmoq* deyiladi. Agar bunday shartga ega bo'lmasa, unga *erkin tarmoq* deyiladi. Tarmoqdagi boshlang'ich qiymatlar, odatda, xatosiz, deb hisoblanib, ularni tuzatishga ehtiyoj qolmaydi. Har bir shartga tuzatmalarning bitta shartli tenglamasi to'g'ri keladi.

Turli tipdagi tarmoqlarga turlicha shartli tenglamalar mos keladi. Ayrim shartli tenglamalar bir nechta tur tarmoqlarga mos kelishi mumkin.

Tenglashtirishning qat'iy va soddalashtirilgan usullari mavjud. Qat'iy usul asosan davlat tarmoqlari va 1-razryad tarmoqlarini tenglashtirishga mo'ljallangan. Soddalashtirilgan tenglashtirish usuli 2-razryad tarmoqlarida qo'llaniladi. Soddalashtirilgan usulda ham o'lchashlar natijalariga tuzatmalarni hisoblash formulalarini chiqarishda qat'iy

$$[aa]K + \omega_1 = 0. \quad (20.14)$$

Bundan

$$K = \frac{\omega}{[aa]} = 0. \quad (20.15)$$

Bu holda tuzatmalarning korrelatalar tenglamalari quyidagicha bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= a_1 K, \\ v_2 &= a_2 K, \\ \dots \dots \dots \\ v_n &= a_n K. \end{aligned} \right\} \quad (20.16)$$

Masalan, uchburchakning ikkita uchlari koordinatalari va o'lchangan uchta burchaklari orqali uchinchi uchining koordinatalari aniqlanishi kerak bo'lsa, bunday uchburchakdan iborat tarmoqda o'lchangan uchburchak burchaklari uchun tuzatmalarning shartli tenglamasini quyidagicha yozish mumkin.

$$v_1 + v_2 + v_3 + \omega = 0.$$

Korrelatalar normal tenglamasi esa

$$3K + \omega = 0.$$

Bundan

$$K = -\frac{\omega}{3}.$$

Shunda uchta o'lchangan burchaklar tuzatmasi

$$v_1 + v_2 + v_3 = -\frac{\omega}{3}.$$

bo'ladi, ya'ni xatolik teskari ishorasi bilan teng bo'lib beriladi.

20.3. Triangulyatsiya tarmoqlarini sodda usulda tenglashtirish

Sodda usulda tenglashtirishni triangulyatsiyaning oddiy tarmoqlari misolida ko'rib chiqamiz. Bunday tarmoqda shartli tenglamalar ikki yoki uch guruhga bo'linishi mumkin: birinchi guruhda koeffitsiyentlari ± 1 , ikkinchi guruhda koeffitsiyentlari $\pm \delta$, bo'lgan, uchinchi guruhda koordinatalarning ikkita shartli tenglamalari (agar tarmoqda mavjud bo'lsa) bo'ladi.

Sodda geodezik tarmoqlarga geodezik to'rtburchak, markaziy sistema va boshqalar kiradi. Quyida geodezik to'rtburchak shaklidagi 2-razryad triangulyatsiya tarmog'ining sodda usulda tenglashtirishni ko'rib chiqamiz.

Geodezik to'rtburchak. To'rtburchakda barcha sakkizta burchaklari o'lchab chiqilgan bo'lsa *geodezik to'rtburchak* deyiladi. (20.1-rasm).

Geodezik to'rtburchakda to'rtta mustaqil shartlar: shakl (to'rtburchak) sharti, qarama-qarshi ikkita uchburchaklar burchaklari yig'indilarining o'zaro tengligi sharti va qutb sharti to'g'ri keladi. Shakl shartiga ko'ra, to'rtburchakning sakkizta burchaklari yig'indisi 360° bo'lishi kerak, ya'ni tenglashtirilgan burchaklar uchun

$$\sum_{i=1}^4 (A_i + B_i) = 360^\circ. \quad (20.17)$$

Ushbu tenglamada tenglashtirilgan burchaklarning o'lchangan qiymatlari va ularga tegishli tuzatmalar bilan ifodalab, ayrim qayta o'zgartirishlardan so'ng *shakl shartli tenglamasini* quyidagicha yozamiz:

$$\sum_{i=1}^4 [(A_i) + (B_i)] + \omega_1 = 360^\circ, \quad (20.18)$$

$$\omega_1 = \sum_{i=1}^4 \{A_i + B_i\} - 360^\circ. \quad (20.19)$$

Bu yerda ω_1 – shartli tenglamaning ozod hadi.

Qarama-qarshi uchburchaklar burchaklar yig'indilarining o'zaro tengligi sharti quyidagidan iborat (tenglashtirilmagan burchaklar uchun):

$$\left. \begin{aligned} \{(A_1) + (B_1)\} - \{(A_3) + (B_3)\} + \omega_2 &= 0, \\ \{(A_2) + (B_2)\} - \{(A_4) + (B_4)\} + \omega_3 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (20.20)$$

Bu yerda ω_2, ω_3 – ozod hadlar bo‘lib quyidagicha topiladi:

$$\left. \begin{aligned} \omega_2 &= \{(A_1 + B_1) - (A_3 + B_3)\}, \\ \omega_3 &= \{(A_2 + B_2) - (A_4 + B_4)\}. \end{aligned} \right\} \quad (20.21)$$

Qutb sharti tenglamasi. 20.1-shaklda A punktni *qutb* deb qabul qilib, to‘rt burchak tomonlari nisbati orqali qutb shartini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{S_{AC}S_{AB}S_{AD}}{S_{AB}S_{AD}S_{AC}} = 1,$$

yoki tomonlar qarshisida yotgan burchaklar sinuslari orqali

$$\frac{\sin(1)\sin(4+5)\sin(7)}{\sin(1+8)\sin(4)\sin(6)} = 1.$$

O‘lchangan burchaklarning dastlabki hisoblangan qiymatlari sinuslari logarifmasining 1^o ga o‘zgarishi orqali shartli tenglama ifodalansa, quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\sum_{i=1}^4 \delta_{A_i}(A_i) - \sum_{i=1}^4 \delta_{B_i}(B_i) + \omega_K = 0. \quad (20.22)$$

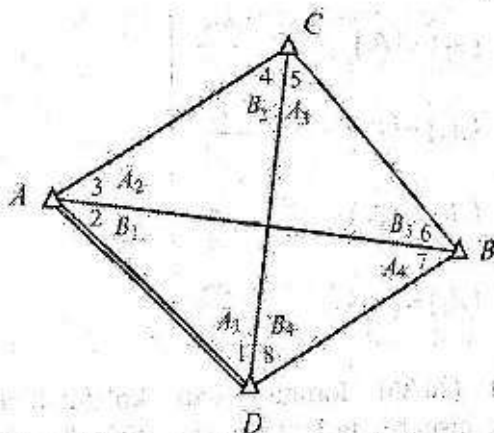
Bu yerda $\omega_K = \Sigma_1 - \Sigma_2$
yoki

$$\Sigma_1 = \sum_{i=1}^4 \lg \sin A_i, \quad \Sigma_2 = \sum_{i=1}^4 \lg \sin B_i.$$

Tenglama ozod hadining (ω_K) qiymati ushbu formuladan hisoblanadigan chekdan oshmasligi kerak:

$$\omega_{K_{chek}} = 2,5 \sqrt{[\delta^2]}. \quad (20.23)$$

Bu yerda m – burchak o'lchashg o'rta kvadratik xatosi; δ – burchakni 1" ga oshganida burchak sinusi logarifmasining orttirmasi.



20.1-rasm

Geodezik to'rtburchakda shartli tenglamalarni ikki guruhga bo'lish mumkin.

Birinchi guruhga shakl shartli tenglamasi (20.18) va qarama-qarshi uchburchaklari yig'indilarning o'zaro tengligi shartli tenglamasi (20.20) kiradi. Ushbu shartli tenglamalarni korrelatalar usulida tenglashtirish apparatini qo'llab dastlabki tuzatmalar topiladi.

Bu hisoblashda shartli tenglamalar koeffitsiyentlari (a , b , c) qiymatlaridan foydalanib, korrelatalar normal tenglamalarining koeffitsiyentlari topiladi:

$$\left. \begin{aligned} [aa] &= 8, [ab] = 0, [ac] = 0, \\ [bb] &= 4, [bc] = 0, \\ [cc] &= 4 \end{aligned} \right\} \quad (20.24)$$

Korrelatalar normal tenglamalari (20.12) quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} 8K_1 + \omega_1 &= 0, \\ 4K_2 + \omega_2 &= 0, \\ 4K_3 + \omega_3 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (20.25)$$

(20.11) tenglamalarga asosan dastlabki tuzatmalarning quyidagi formulalari olinadi:

$$\left. \begin{aligned} (A_1) &= (B_1) = -\frac{\omega_1}{8} - \frac{\omega_2}{4}, \\ (A_2) &= (B_2) = -\frac{\omega_1}{8} - \frac{\omega_3}{4}, \\ (A_3) &= (B_3) = -\frac{\omega_1}{8} + \frac{\omega_2}{4}, \\ (A_4) &= (B_4) = -\frac{\omega_1}{8} + \frac{\omega_3}{4}. \end{aligned} \right\} \quad (20.26)$$

Yuqoridagi (20.26) formulalardan ko'rinishicha, dastlabki tuzatmalar ikki qismdan tashkil topadi. Birinchi qismni *birinchi tuzatmalar*, ikkinchisini *ikkinchi tuzatmalar* deb ataymiz. (20.26) tenglamalardan kelib chiqib birinchi tuzatmalar uchun yozamiz:

$$(A_i)_1 = (B_i)_1 = -\frac{\omega_1}{8}. \quad (20.27)$$

Ikkinchi tuzatmalar o'sha (20.26) tenglamalarga ko'ra:

$$\left. \begin{aligned} (A_1)'' &= (B_1)'' = -\frac{\omega_2}{4}, \\ (A_2)'' &= (B_2)'' = -\frac{\omega_3}{4}, \\ (A_3)'' &= (B_3)'' = \frac{\omega_2}{4}, \\ (A_4)'' &= (B_4)'' = \frac{\omega_3}{4}. \end{aligned} \right\} \quad (20.28)$$

Birinchi va ikkinchi tuzatmalar yig'indisi dastlabki tuzatmalarni beradi. Burchaklarni dastlabki tuzatmalar bilan tuzatib, ular orqali qutb shartli tenglamasi ozod hadini hisoblashga o'tiladi:

$$\omega_K = \sum_1 - \sum_2.$$

Bu yerda

$$\sum_1 = \sum_{i=1}^4 \lg \sin A'_i, \quad \sum_1 = \sum_{i=1}^4 \lg \sin B'_i,$$

bunda A'_i va B'_i – dastlabki tuzatilgan burchaklar.

Navbatda burchaklar ikkilamchi tuzatmalari quyidagi shartli tenglamadan topiladi:

$$\sum_{i=1}^4 \delta_{A_i} (A_i)'' - \sum_{i=1}^4 \delta_{B_i} (B_i)'' + \omega_K = 0. \quad (20.29)$$

Bunda qo'shimcha quyidagi shart qo'yiladi:

$$(A_i)'' = -(B_i)'.$$

Ushbu shartni hisobga olib qutb shartli tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\sum_{i=1}^4 (\delta_{A_i} + \delta_{B_i}) (A_i)'' + \omega'_K = 0. \quad (20.30)$$

Bu shartli tenglamaga (20.14) korrelatalar normal tenglamasi to'g'ri keladi:

$$\sum_{i=1}^4 (\delta_{A_i} + \delta_{B_i})^2 K_K'' + \omega'_K = 0. \quad (20.31)$$

Bundan korrelata uchun topamiz:

$$K_K = - \frac{\omega_K}{\sum_{i=1}^4 (\delta_{A_i} + \delta_{B_i})^2}. \quad (20.32)$$

Yuqoridagi (20.16) formulaga ko'ra ikkilamchi tuzatmalar quyidagiga teng bo'ladi:

$$(A_i)'' = -(B_i)'' = K_K (\delta_{A_i} + \delta_{B_i}). \quad (20.33)$$

Shunday qilib, dastlabki va ikkilamchi tuzatmalar yig'indisi burchaklarning to'la tuzatmalarini beradi. To'la tuzatmalarni o'lchangan burchaklarga kiritib, ularning tenglashtirilgan qiymatlari topiladi. Hisoblashlar nazorati bo'lib tarmoq uchburchaklarida tenglashtirilgan burchaklar yig'indisi aniq 180° ga teng bo'lishi xizmat qiladi. Geozedik to'rtburchakdan iborat (20.1-rasm) 2-razryad triangulyat-

siya tarmog'ida o'lcangan burchaklarni sodda usulda tenglashtirishni ko'rib chiqamiz.

Boshlang'ich ma'lumotlar: A punktining kordinatalari $x_D = 2700,00$, $y_D = 3600,00$, bazis uzunligi $b = 1850,00$ m, uni direksion burchagi $\alpha_{DA} = 140^\circ 30' 30''$. Hisoblashlar quyidagi 20.5 va 25.6-jadvallarda bajariladi.

20.5-jadval

Burchaklar raqami	Keltirilgan burchaklar	Dastlabki tuzatmalar			Dastlabki tuzatilgan burchaklar	Ikki- lamchi tuzat- malar (i)"	Tenglashti- rilgan burchaklar
		(i) ₁	(i) ₂	(i)			
1	19°17'49"	-1	+1	0	19°17'49"	-1"	19°17'48"
2	40°18'56"	-1	+1	0	40°18'56"	+1"	40°18'57"
3	35°32'29"	-1	+1	0	35°32'29"	0	35°32'29"
4	84°50'46"	-1	+1	0	84°50'46"	0	84°50'46"
5	35°43'22"	-1	-1	-2	35°43'20"	-1"	35°43'19"
6	23°53'27"	-1	-1	-2	23°53'25"	+1"	23°53'26"
7	95°02'29"	-1	-1	-2	95°02'27"	-1"	95°02'26"
8	25°20'50"	-1	-1	-2	25°20'48"	+1"	25°20'49"
Σ	360°00'08"				360°00'00"		360°00'00"

$$\omega_1 = +08''; \quad \omega_2 = (1 + 2) - (5 + 6) = -04'';$$

$$\omega_3 = (3 + 4) - (7 + 8) = -04''.$$

20.6-jadval

Burchaklar raqami	Dastlabki tuzatilgan burchak- lar si- nuslari logarif- masi	δ_A	Burchaklar raqami	Dastlabki tuzatilgan burchak- lar si- nuslari logarif- masi	δ_B	$\delta_{A_i} + \delta_{B_i}$	$(\delta_{A_i} + \delta_{B_i})^2$	Ikki-lamchi tuzatmalar		Nazorat $(A_i)''(\delta_{A_i} + \delta_{B_i})$
								(A_i)"	(B_i)"	
1	9,519124	+6,0	2	9,810902	+2,4	+8,4	70,56	-1"	+1"	-8,4
3	9,764394	+2,0	4	9,998240	+0,3	+2,3	5,29	0	0	0
5	9,766306	+2,3	6	9,607440	+4,8	+7,1	50,41	-1"	+1"	-7,1
7	9,998317	+1,4	8	9,631539	+3,6	+5,0	25,0	-1"	+1"	-5,0
$\Sigma_1 = 9,04814$			$\Sigma_2 = 9,04812$				$\Sigma = 151,26$			-20,5

$$\omega_K = \Sigma_1 - \Sigma_2 = 9,048141 - 9,048121 = +20 \text{ logarifma 6-hadi}$$

$$\omega_{K_{chek}} = 2,5m\sqrt{[\delta^2]} = 2,5\sqrt{89} = 235 \text{ logarifma 6-hadi}$$

$$K = -\frac{\omega_K}{(\delta_{A_i} + \delta_{B_i})^2} = -\frac{20}{151,26} = 0,132.$$

Nazorat:

$$\Sigma_{i=1}^4 (A_i)'' (\delta_{A_i} + \delta_{B_i}) = \omega_K; \quad -20,5 \approx +20.$$

Tenglashtirilgan burchaklardan foydalanib tarmoq uchburchaklari yakuniy yechib chiqiladi (20.7-jadval).

20.7-jadval

Uchburchaklar burchaklari raqami	Tenglashtirilgan burchaklar	Tenglashtirilgan burchaklar sinusi	Tomonlar uzunligi
1	19°17'48"	0,330459	613,83
2+3	75°51'26"	0,969690	1801,21
4	84°50'46"	0,995957	1850,00
	180°00'00"		$D_1 = \frac{1850}{0,995957} = 1857,51$
3	35°32'29"	0,581291	881,04
4+5	120°34'05"	0,861026	2126,04
6	23°53'26"	0,404991	613,83
	180°00'00"		$D_1 = 1515,66$
5	35°43'19"	0,583852	1201,60
6+7	118°55'52"	0,875202	1801,21
8	25°20'49"	0,428098	881,05
	180°00'00"		$D_1 = 2058,05$

Tarmoq chizmasidan (20.1-rasm) o'tish yo'li *DACBD* ni belgilab, ushbu yo'l tomonlarining direksion burchaklari, keyin ularning koordinatalar orttirmalari va nihoyat tarmoqdagi noma'lum punktlar koordinatalari hisoblanadi (20.8-jadval).

Belgilar	1. D 2. A	1. A 2. C	1. C 2. B	1. B 2. D
α_{1-2}	140°30'00"	140°30'00"	254°38'34"	314°04'29"
B	—	75°51'26"	120°34'05"	118°55'52"
α_{1-2}	140°30'00"	244°38'34"	304°04'29"	5°08'37"
x_2	2272,50	2009,62	2503,24	3700,00
x_1	3700,00	2272,50	2009,62	2503,24
Δx_{1-2}	-1427,50	-262,88	+493,62	1196,76
$\cos \alpha_{1-2}$	-0,771624	-0,428260	0,560274	0,995973
S_{1-2}	1850,00	613,83	881,04	1201,60
$\sin \alpha_{1-2}$	0,636078	-0,903655	-0,828308	0,089652
Δy_{1-2}	+1176,74	-554,69	-729,77	+107,73
y_1	3600,00	4776,74	4222,05	3492,28
y_2	4776,74	4222,05	3492,28	3600,01

20.4. Triangulyatsiya tarmog'ida punktlar nisbiy balandligini hisoblash va tenglashtirish

Punktlar nisbiy balandligini o'lchangan zenit masofalar orqali hisoblash quyidagi formula orqali bajariladi:

$$h = S \operatorname{ctg} z + i - l + \frac{1-K}{2R} S^2. \quad (20.34)$$

Ushbu formulada $\frac{1-K}{2R} S^2$ — yer egriligi va refraksiya uchun qo'shma tuzatma; R — yer ellipsiodi egriligi radiusi; S — punktlar orasidagi masofa, km da olinadi; K — refraksiya koeffitsiyenti bo'lib, u $K = 0,14$ deb olinadi.

(20.34) formulani qisqartirib quyidagicha yozib olish mumkin:

$$h = S \operatorname{ctg} z + C S^2 + i - l, \quad (20.35)$$

unda $C = \frac{1-K}{2R}$ bo'lib $K = 0,14$, $R = 6371$ km va $S = 1,0$ km olinsa, $C = 6,75$ sm bo'ladi.

Quyidagi 20.9-jadvalda 20.1-rasmda berilgan triangulyatsiya tarmog'ini D punktida turib o'lchangan zenit masofalar (19.5-jadval) bo'yicha tomonlar uzunligi S (20.7-jadval) bo'yicha nisbiy balandliklarni hisoblash tartibi berilgan.

20.9-jadval

Punktlar nomi	z	S	$S \cos z$	CS^2	l	$i-l$	h
«D» punkti, $i = 1,46$ m							
A	90°02'06"	1850,00	-1,10	+0,23	6,00	-5,54	-6,31
C	89°46'08"	1801,21	+7,26	+0,22	5,50	-4,04	+3,44
B	89°51'05"	1201,12	+3,12	+0,10	6,10	-4,64	-1,42

Tarmoqdagi barcha punktlarga to'g'ri va teskari yo'nalishlar bo'yicha o'lchangan zenit masofalar orqali nisbiy balandliklar yuqoridagi jadvalda keltirilganday hisoblab chiqilgandan so'ng har bir tomonni to'g'ri va teskari nisbiy balandliklari solishtirib chiqiladi.

Ular farqi tomonlar uzunligi $S < 1$ km bo'lganda 0,1S dan oshmasligi kerak (S km da). Ushbu shart qanoatlanarli bo'lgan tomonlar nisbiy balandligi o'rtacha qiymati hisoblanib, tarmoq chizmasida yozib chiqiladi. Bunda har bir yopiq poligon (uchburchak)da nisbiy balandliklar yig'indisi hisoblanib, uning noldan farqi xatolik bo'ladi. Ushbu xatolik quyidagi chekdan oshmasligi kerak:

$$\omega_h = 0,5 \sqrt{[S^2] + n}, \text{ m} \quad (20.36)$$

Bu formulada $[S^2]$ – uzunligi 10 km dan oshiq tomonlar uzunligini kvadratlari yig'indisi; n – 10 km dan kalta bo'lgan tomonlar soni.

Misolda olingan tarmoq uchun (20.1-rasm) hisoblangan to'g'ri va teskari nisbiy balandliklar va ularning o'rta qiymatlari quyidagi chizmada yozib keltirilgan (20.2-rasm).

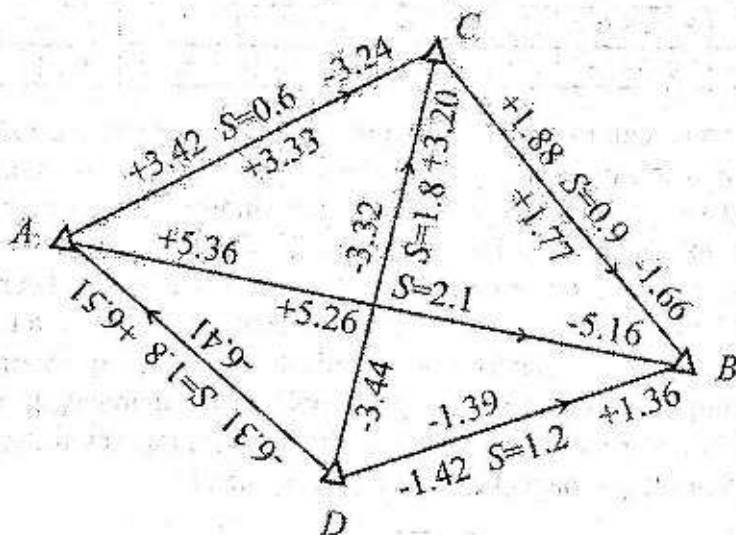
Triangulyatsiya tarmog'i punktlarining balandligi umumiy arifmetik o'rta usulida tenglashtiriladi.

Tarmoq punktlarining balandligi H_D , H_A , H_C va H_B , ular orasidagi nisbiy balandliklar h_{DA} , h_{DC} , h_{DB} , h_{AC} , h_{BA} va h_{CB} (20.2-rasm) va ular vaznlari P_{DA} , h_{DC} , h_{DB} ... bo'lsin. Tarmoq har bir punktning

balandligini unga qo'shni bo'lgan punktlar balandligi orqali topilishi mumkin. Masalan,

$$H_A = \frac{(H_D + h_{DA})p_{DA} + (H_B + h_{BA})p_{BA} + (H_C + h_{CA})p_{CA}}{p_{DA} + p_{BA} + p_{CA}},$$

$$H_C = \frac{(H_A + h_{AC})p_{AC} + (H_D + h_{DC})p_{DC} + (H_B + h_{BC})p_{BC}}{p_{AC} + p_{DC} + p_{BC}}$$



20.2-rasm

Tarmoqdagi D punkti balandligi H_D ma'lum bo'lsa, ushbu punkt bilan bog'langan qo'shni punktlar balandligi birinchi yakunlanishda hisoblab chiqiladi. Olingan misolda boshlang'ich D punkti bilan bog'langan A punkti balandligini hisoblashdani boshlaymiz:

$$H_A = H_D + h_{DA}$$

Keyin C punkti vazni arifmetik o'rtta balandligini H_A dan foydalanib quyidagi formuladan hisoblaymiz:

$$H'_C = \frac{(H_D + h_{DA})p_{DA} + (H'_A + h_{AC})p_{AC}}{p_{DA} + p_{AC}}$$

Keyingi punkt B balandligini H'_A va H'_C dan foydalanib topamiz:

$$H'_B = \frac{(H'_A + h_{AC})p_{AC} + (H'_C + h_{CB})p_{CB}}{p_{AC} + p_{CB}}$$

va hokazo.

Amalda birinchi yaqinlashishda hisoblash vazn (p) siz bajariladi, keyingi yaqinlashishlarda nisbiy balandliklar vazni hisobga olinadi.

Birinchi yaqinlashishda noma'lum punktlar balandligi hisoblab chiqilgandan so'ng ikkinchi yaqinlashishda hisoblashga o'tiladi, keyin uchinchi yaqinlashishda va hokazo. Hisoblashlar toki ikkita oxirgi yaqinlanishlardan olingan punkt balandligi bir-biriga teng chiqquncha davom ettiriladi. Olingan misol uchun vaznlar quyidagicha hisoblanadi:

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

Keltirilgan vazn:

$$p'_i = \frac{p_i}{\sum p_i}$$

Bitta punktning tenglashtirilgan balandligini o'rta kvadratik xatosi quyidagicha hisoblanadi:

$$m = \sqrt{\frac{\sum p' \delta^2}{n-1}} \quad (20.37)$$

Bu yerda $\delta = H_{\text{teng}} - H_o$; n - punkt balandligini aniqlashda foydalanilgan punktlar soni.

Tarmoqdagi har bir punkt balandligini aniqlash o'rta kvadratik xatosining o'rtacha qiymati quyidagiga teng:

$$M = \sqrt{\frac{\sum m^2}{r}} \quad (20.38)$$

Bu yerda r - balandliklari aniqlanadigan punktlar soni.

Tarmoqdagi tugun nuqtalarning (punkt-larni) tenglashtirilgan balandligini yuqorida keltirilgan formulalar bo'yicha hisoblab 20.10-jadvalda keltirilgan. Geometrik niverlirlashdan topilgan D punktining balandligi $H_D = 340,25$ m ga teng.

20.10-jadval

Punkt-lar nomi	O'rtacha nisbiy balandlik	Vaznlar		Yaqinlashishlar			Tuzatmalar $\delta = H_m - H$	Tenglashtirilgan nisbiy balandlik
		p	p'	I	II	III		
A punkti								
D	-6,41	0,55	0,20	333,84	333,84	333,84	-0,11	-6,52
B	-5,26	0,48	0,18	-	333,63	333,61	+0,12	-5,14
C	3,33	1,67	0,62	-	333,72	333,73	0	3,33
Σ		$\Sigma = 2,7$	$\Sigma = 1,0$	333,84	333,73	333,73	-	
C punkti								
A	+3,33	1,67	0,50	337,17	337,06	337,06	-0,01	+3,32
D	-3,32	0,56	0,17	336,93	336,93	336,93	+0,12	-3,20
B	+1,77	1,11	0,33	-	337,12	337,10	-0,05	+1,72
		$\Sigma = 3,3$	$\Sigma = 1,0$	337,05	337,06	337,05	-	
B punkti								
C	+1,77	1,11	0,46	338,82	338,83	338,82	+0,05	+1,82
A	+5,26	0,48	0,20	339,10	338,99	338,99	-0,12	+5,14
D	-1,39	0,83	0,34	338,86	338,86	338,86	+0,01	-1,38
		$\Sigma = 2,43$	$\Sigma = 1,00$	338,89	338,87	338,87	-	

$$m_A = \sqrt{\frac{(-0,11)^2 \cdot 0,20 + (-0,12)^2 \cdot 0,18}{3-1}} = 0,05 \text{ m};$$

$$m_c = 0,04 \text{ m};$$

$$m_B = 0,06 \text{ m};$$

$$M = \sqrt{\frac{0,015}{3}} = 0,07 \text{ m}.$$

Nazorat savollari:

1. Geodezik tarmoqlarda o'lchashlarni matematik ishlab chiqishdan maqsad nima?
2. Geodezik tarmoqda o'lchashlarni matematik ishlab chiqishda hisoblash ishlarini necha qismga bo'lish mumkin?
3. Geodezik tarmoqda o'lchashlarni matematik ishlab chiqishda dastlabki hisoblashlarning maqsadi nimadan iborat?
4. Zichlash triangulyatsiyasida dastlabki hisoblashlarga kiradigan ishlar ro'yxatini aytib bering?
5. Korrelatalar usulida tenglashtirish mohiyati nimadan iborat?
6. Punktlar nisbiy balandligini o'lchangan zenit masofalar orqali hisoblash qanday ifoda orqali aniqlanadi?
7. Bitta punktning tenglashtirilgan balandligining o'rta kvadratik xatosi qanday hisoblanadi?

GLOBAL NAVIGATSIYALI YER SUN'IY YO'LDOSH SISTEMALARIDAN GEODEZIK MAQSADLARDA FOYDALANISH

21.1. Sun'iy yo'ldosh navigatsiyali GPS va ГЛОНАСС sistemalari

Insonni qadim zamonlardan qiziqtirib kelgan muammolardan biri o'zini Yer sayyorasining qaysi joyida turganini aniqlashdan iborat bo'lgan. Kishi o'z atrofini o'rab olgan obyektlarga nisbatan turgan o'rni osongina aniqlab olishi mumkin. Bordi-yu atrofda bunday obyektlar bo'lmasa, hamma yoq bo'in-bo'sh cho'l yoki bepoyon okean sathi bo'lsa-chi? Ko'p asrlar davomida bu muammo Quyosh va yulduzlardan foydalanib yechib kelingan. Bu usullardan foydalanish imkoni har doim bo'lavermaydi. Masalan, Quyosh va yulduzlar butli ob-havoda ko'rinmaydi. Joyda bajariladigan aniq o'lchashlardan foydalanish ko'p vaqt hamda mehnat talab qiladi va har doim maqsadga to'la erishish imkoni bo'lmaydi. 1970-yillar boshida GPS yangi loyihasi taqdim etildi va unga ko'ra, kishi o'z turgan o'rni yer yuzasining xohlagangan nuqtasida, xohlagan vaqtda va har qanday ob-havo sharoitida yuqori aniqlikda aniqlash imkoniga ega bo'ldi.

Hozirgi vaqtda geodezik o'lchashlarda sun'iy yo'ldosh navigatsiya sistemalari keng qo'llanilmoqda. Bu sistemalar kosmik va yer usti mexanik vositalar kompleksidan, Yer sferoidi sirtidagi obyekt o'rni aniqlash uchun dastur ta'minoti va texnologiyasidan iborat. Sun'iy yo'ldosh navigatsiya sistemalarini katta hududlarda topografik syomkalarni bajarish uchun planli-balandlik asosni rivojlantirishda qo'llash maqsadga muvofiq. GPS sistemasining to'la tarkibi quyidagi uchta segmentlardan iborat:

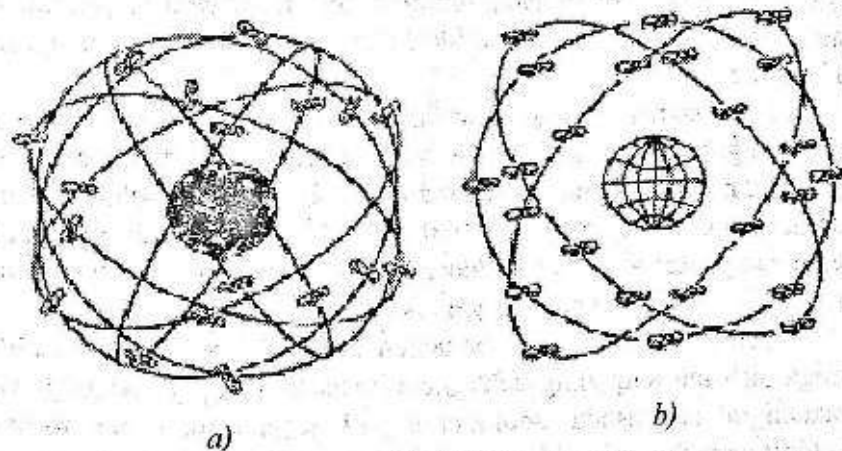
- *kosmik segment* – ma'lum orbita bo'yicha yerni aylanib uchadigan sun'iy yo'ldoshlar;
- *boshqarish segmenti* – yo'ldoshlar uchishini boshqarish uchun zarur ekvatorga yaqin joylashgan stansiyalar;
- *foydalanuvchilar segmenti* – GPS signalini qabul qiluvchi har qanday foydalanuvchi kishi.

GPS sistemasida (AQSh) kosmik segment 24 ta sun'iy yo'ldoshlardan tashkil topib, ular 6 ta orbitalar bo'yicha har birida 4 tadan

bo'linib, taqriban 20200 km balandlikda Yerni har 12 soatda bir marta aylanib chiqadi. (21.1.a-rasm).

ГЛОНАСС sistemasida (Rossiya) 24 ta yo'ldosh uchta elliptik orbitalarning har birida 8 tadan joylashtirilgan (21.1,b-rasm), orbitalar balandligi 19100 km ga yaqin va ular ekvator tekisligidan 64,8 gradusga og'adi. Orbitalar parametrlarining bunday tanlangani uzoq muddat davomida yo'ldoshlar o'zaro joylashishi holatini o'zgarmas bo'lishini ta'minlaydi.

Shunday qilib, GPS va ГЛОНАСС yordamida koordinatalarni aniqlash geodeziyaning fundamental maqsadini amalga oshirishda, yer sirtini xohlagan nuqtasi mutlaq o'rinni bir xil aniqlikda topishni ta'minlaydi.



21.1-rasm

Kosmik segment shunday loyihalanganki, Yerning har qanday nuqtasida xohlagan daqiqada ufq tekisligidan 15° yuqorida kuzatuvchining ixtiyorida eng kamida 4 ta sun'iy yo'ldosh bo'ladi. Bu esa har qanday amaliy vazifalarni bajarish uchun zarur bo'lgan yo'ldoshlarning minimal sonidir. Har bir sun'iy yo'ldosh bir nechta juda aniq bort atom soatlariga ega. Bu soatlar 10,23 MGs asosiy chastotada ishlaydi. Bu chastota yo'ldosh uzatadigan signallarni generatsiyalash uchun foydalaniladi. Yo'ldosh doimiy eltuvchi ikkita to'lqinni uzatib boradi. Bu eltuvchi to'lqinlar L polosada joylashib, yerga qarab yorug'lik tezligida harakat qiladi.

Har bir yo'ldosh o'zining shaxsiy kodiga ega bo'lib, u bo'yicha priyomnik yo'ldoshni aniqlaydi. Bunday kodlar psevd masofalarni o'lchash uchun asos qilib olinib, ular orqali koordinatalar hisoblanadi. Ko'rilayotgan yo'ldosh navigatsiya sistemalarining ishi negizida yo'ldoshlarga bo'lgan masofalarni, ulardan chiqayotgan radio-signal tarqalish vaqtini belgilash yo'li orqali o'lchab, yerdagi obyekt o'rnini aniqlash yotadi.

Radiosignalning yo'ldoshdan toki priyomnik antennisigacha yetib kelish vaqtini belgilash signal tarqalish tezligini vaqtga ko'paytirib, masofani aniqlash imkonini beradi. Buning uchun yo'ldoshdan signalning chiqish daqiqasini bilish talab qilinadi. Shu maqsadda to'liq uzatuvchi yo'ldoshda va yerdagi priyomnikda signal generatsiyasini sinxronlashtirish qabul qilingan. Bu esa signalni priyomnikda qabul qilish vaqtida uning yo'ldoshdan uzatilgan vaqtini aniqlash imkonini beradi.

Amalda signal sifatida nollar va birlar ketma-ketligi har bir milli sekundda generatsiyalanadi va ularga psevd ehtimoliy (псевдослучайные) kod nomi berilgan. Signalning tarqatish vaqtini belgilash uchun vaqtni nanosekund aniqlikda ($0,000000001$ s) o'lchash imkonini beradigan yuqori aniq soat yo'ldoshda o'rnatiladi. Bunda yo'ldosh va priyomnik signallarini sinxron generatsiyalash kerak bo'ladi.

Shunday qilib, hisoblashlar uchun qabul qilingan yer ellipsoidi sirtiga nisbatan nuqtaning uchta koordinatalari kengligi, uzoqligi va balandligini aniqlashda xatoliklarga yo'l qo'ymaslik uchun to'rtta yo'ldoshlarga masofalarni o'lchashga to'g'ri keladi. Yuqorida ko'rib o'tilgan ish prinsipida har bir yo'ldoshgacha masofani aniqlash uning koordinatalari ma'lum bo'lishini taqozo etadi. Bu maqsadda yo'ldoshlar o'zini juda baland elliptik orbitalariga aniq chiqariladi. Orbita parametrlari priyomnikka tushiriladi va bu qiziqtirgan vaqt uchun har bir yo'ldosh o'rnini aniqlash imkonini beradi. 24 soat davomida yo'ldoshlar kuzatish nazorat punktlari ustidan ikki marotaba uchib o'tadi. Bu ularning o'rnini va tezligini aniq nazorat qilish imkonini beradi.

GPS o'lchashlar aniqligiga ionosfera va troposferaning nurga ta'siri xatosidan tashqari priyomnik xatosi, yon-atrofdagi predmetlardan nurning qaytarilishi xatosi va boshqalar ta'sir etadi. Bundan tash-

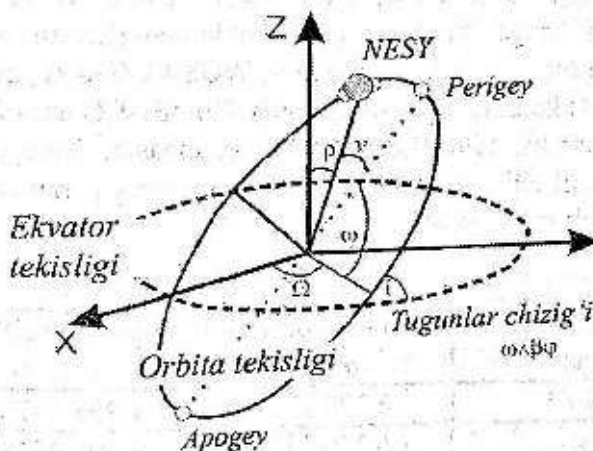
qari, «geometrik omil», ya'ni yo'ldoshlarga qarab yo'nalishlar orasidagi burchaklar qiymati ham ta'sir etadi. Bu burchaklar qanchalik kattaroq bo'lsa, kestirmalar shuncha yaxshi, o'lchashlar ham aniq bo'ladi.

Elliptik orbitaning o'lchamlari va shakli uning katta yarim o'qi a va e bilan aniqlanadi. GPS sistemasida bu o'lchamlar quyidagilarga teng:

$$a = 26560 \text{ km};$$

$$e = 0,001.$$

Orbita tekisligining o'rni yer ekvatori tekisligiga nisbatan quyidagilar bilan tavsiflanadi: chiqish tugunining uzoqligi – Ω , perigey argumenti – ω va orbita tekisligining ekvator tekisligiga nisbatan qiyaligi burchagi – i (21.2-rasm).



21.2-rasm

unktlarning mutlaq o'rnini aniqlash xatosi ГЛОНАСС uchun 9,2 m, GPS uchun esa 1 m ni tashkil qiladi.

Navigatsiyali sun'iy yo'ldosh sistemasida nuqta o'rnini aniqlash prinsipi sun'iy yo'ldoshlar bilan yer nuqtasida o'rnatilgan yo'ldoshlar signallarini qabul qiluvchi priyomnikni qo'llashga asoslangan.

Priyomniklar *birinchi sinf* – koordinatalarni tez navigatsiyali aniqlovchi, *ikkinchi sinf* – harakatdagi obyektlar o'rnini aniqlovchi va *uchinchi sinf* – geodezik masalalar uchun qo'llaniladiganlarga bo'linadi.

Geodezik priyomniklarda ko'p kanalli blok mavjud, u birdaniga bir nechta yo'ldoshlar (12 tadan ortiq) signallarni kuzatishni ta'minlaydi. Bunday priyomniklar alohida yoki qo'shma bloklar ko'rinishida bo'lib, antenna, kontroller (kichik EHM) va akkumulyatordan tashkil topadi. Ayrim priyomniklar tarkibida radiomodem (aloqa uchun) bo'ladi.

GPS va ГЛОНАСС sistemalari Grinvich fazoviy to'g'ri burchakli geotsentrik koordinatalar sistemasida ishlaydi. Koordinatalar bosh nuqtasi uchun Yer massasining markazi qabul qilinadi. Z o'qi «Xalqaro shartli boshlang'ich» deb qabul qilingan. 1900–1905 yillar uchun qutb o'rniga to'g'ri keluvchi Yerning o'rtacha shartli qutbiga yo'naltirilgan. X o'qi ekvator tekisligini Grinvich meridiani tekisligi bilan kesishish nuqtasiga qarab, o'qi esa ekvator tekisligida koordinatalar sistemasini o'nggacha to'ldiradi. GPS va ГЛОНАСС koordinatalar sistemalari bir-biriga bog'lanmagan holda aniqlangan va o'zaro quyidagicha farqlanadi: GPS sistemasi WGS-84 (Jahon geodezik sistemasi, 1984) koordinatalar sistemasida, ГЛОНАСС esa PZ-90 (Yerning parametrlari, 1990) koordinatalar sistemasida ishlaydi. Bu sistemalar har xil ellipsoidlarga asoslangan, ularning parametrlari quyidagi 21.1-jadvalda beriladi.

21.1-jadval

Koordinatalar sistemasi	Katta yarim o'q, a, m	Siqilish koeffitsiyenti, a
WGS-84	6 378 137	1:298,257223563
PZ-90	6 378 136	1:298,257839303

21.2 Sun'iy yo'ldosh GPS priyomniklari

Hozirgi kunda kosmik navigatsiya priyomniklarining juda ko'p xillari mavjud bo'lib, funksional vazifalariga qarab ularni quyidagi guruhlariga bo'lish mumkin:

- navigatsiya priyomniklari;
- harbiy maqsadlardagi priyomniklar;
- kartografiya va geoaxborot tizimlari (GAT) uchun mo'ljallangan priyomniklar;

- geodezik priyomniklar.
- O'zining texnik ko'rsatkichlari bo'yicha qabul qiladigan kodlariga qarab priyomniklar quyidagilarga bo'linadi:
 - selektiv kod (C/A) ni qabul qiluvchi;
 - selektiv kod va L1 chastotadagi signal fazasini qabul qiluvchi;
 - selektiv kod va L1 va L2 chastotali signallar fazasini qabul qiluvchi;
 - selektiv kod, P-kod va L1, L2 chastotali signal fazasini qabul qiluvchi.

Navigatsiya priyomniklari selektiv kodni qabul qilishni ta'minlaydi. Bunda obyekt koordinatalarini aniqlash xatosi 150–200 metrni tashkil qiladi.

Harbiy priyomniklar P-kodni qabul qilish imkoniga ega va hamma diapozonlarda ishlashni ta'minlay oladi. Obyekt koordinatalarini aniqlash xatosi 10–20 metrga teng.

GAT priyomniklari signal fazasini, odatda, bitta chastotali o'lchashga mo'ljallangan va koordinatalarni 1–5 metr xatolik bilan aniqlashni ta'minlaydi.

Geodezik priyomniklar signal fazasini, odatda, bitta chastotali o'lchashga mo'ljallangan. Bunda ular birdaniga bitta chastotali va ikki chastotali signallar bilan ishlashi mumkin. Bu priyomniklar nuqtalar koordinatalarini 1–2 santimetr xatolik bilan aniqlash imkonini beradi.

GPS priyomniklari konstruktiv xususiyatlariga qarab bitta kanalli, ikki va to'rt kanalliga bo'linadi.

Bitta kanalli priyomniklarda oddiy o'lchashlarni bajarish uchun birin-ketin to'rtta sun'iy yo'ldoshlarni kuzatib, ulargacha bo'lgan masofalarni ketma-ket aniqlashga to'g'ri keladi. Bunda 2 sekunddan 30 sekundgacha vaqt sarflanadi. Bu priyomniklarning kamchiligi, ular o'rnatilgan obyekt harakatda bo'lsa, yo'ldoshni kuzatish imkoni bo'lmaydi. Chunki bunda o'lchashlar aniqligi pasayib ketadi. Bundan tashqari, priyomnik yo'ldoshdan ma'lumotni qabul qilish vaqtida obyekt o'rnini aniqlashga imkon bo'lmaydi, chunki bu vaqtda (30 sekund) yo'ldoshdan olingan signalni ishlab chiqish bilan priyomnik band bo'ladi.

Yuqorida aytilgan kamchiliklarni bartaraf etish uchun ikki kanalli priyomniklar qo'llanadi. Bunda bitta kanal qabul qilgan signallarni ishlab chiqish bilan band bo'lsa, ikkinchisi navbatdagi yo'ldosh bilan

radioaloqa bog'lab o'lishni amalga oshiradi. Birinchi kanal ma'lumotlarni ishlab chiqishni tugatib, navbatdagi yo'ldosh bilan aloqa bog'lab o'lishga tushadi, ikkinchisi esa qabul qilingan signallarni ishlab chiqishga o'tadi va h.k.

Ikki kanalli priyomniklarda o'rnatilgan soatlarning yurish xatosini bartaraf etuvchi hisoblash algoritmlaridan foydalaniladi. Bu priyomniklarning kamchiligi – bitta kanalli priyomniklardan qiymat va ko'p elektr energiyasini sarflaydi.

Parallel (to'xtovsiz) kuzatuvchi priyomniklar birdaniga 4 ta va undan ortiq sun'iy yo'ldoshlarni kuzatishga moslangan bo'lib, ular bir onda obyekt koordinatalari va tezligini beradi. Bu esa yuqori dinamikali obyektlar o'rni yuqori daraja aniqlikda topish imkonini beradi.

GPS priyomnik to'rtta asosiy modullarni o'z ichiga oladi: energiya ta'minlash bloki, boshqarish moduli, antenna moduli va qabul qiluvchi modul.

Energiya ta'minlash bloki priyomnik komplektiga kiruvchi akkumulyator batareyalardan tashkil topadi.

Boshqarish moduli priyomnik ish tartibini belgilash va boshlang'ich parametrlarni kiritish uchun xizmat qiladi. U boshqarish pult (ish rejimi va boshlang'ich ma'lumotlarni kiritishni ta'minlaydi) va displey (qiziqtiradigan ma'lumotlarni ko'z bilan kuzatish uchun)ni o'z ichiga oladi. Boshqarish moduli antenna va qabul qilish modullari bilan bevosita bog'langan.

Antenna moduli antennani qaratish diagrammasini boshqarish va signallarni kuchaytirish moslamalaridan tashkil topadi. U sun'iy yo'ldoshlar signallarini qidirib topish va qabul qilish, ularni kuchaytirish va qabul qilish moduliga uzatishni ta'minlaydi. Qabul qilish modulining ishlashi yo'ldosh generatori ishlashi bilan sinxronlashtirilgan kvars generatori, signallarni ishlab chiqish protsessori, mikroprotsessor va yodda tutuvchidan iborat. Antenna kuchaytiruvchisidan signallar ularni ishlab chiqish protsessoriga uzatiladi. Bu yerda signallar tanilib, ularning parametrlari mikroprotsessorga uzatiladi. Mikroprotsessor «psevdo uzoqliklar», priyomnik soatiga tuzatmalar va berilgan koordinatalar sistemasida priyomnikning mutlaq koordinatalarini hisoblashni amalga oshiradi. Olingan qiymatlar qabul qiluvchi modul yoniga tushiriladi, u yerdan boshqarish pultidan berilgan topshiriq (komanda) bo'yicha displey ekranida ko'rinadi yoki tashqi yodlovchi moslamasiga yoziladi.

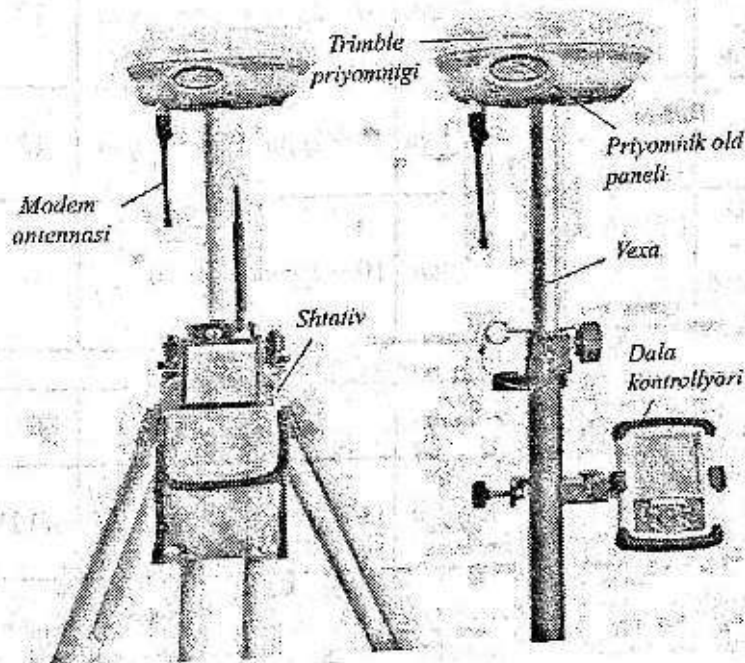
GPS priyomnigi jibozlari komplektining umumiy ko'rinishi 21.5-rasmda berilgan. Priyomniklarning tiplari va ularning texnik tavsiflari 21.2-jadvalda keltirilgan.

Yuqori aniq geodezik priyomniklar amalda chiziqlarni o'lchash aniqligini quyidagi darajada $5\text{mm} + 1 \times 10^{-6} D$ ta'minlay oladi. Bu yerda D – asos (baza) chiziqlarning uzunligi (5–10 km).

Hamma yo'ldosh priyomniklari amaldagi davlat qonunlari, me'yoriy hujjatlar va qoidalarga asosan metrologik attestatsiya va sertifikatlashdan o'tishi shart.

Yo'ldosh priyomniklarining ichki (kiritilgan) dasturlari, ularning ish rejimlariga asosan turli funksiyalarni, ya'ni koordinatalar va navigatsiya parametrlarini hisoblash, koordinatalarni to'g'rilash, marshrut ma'lumotlarini tayyorlash, marshrut bo'yicha yurgizish, kompyuter bilan ikki tomonlama aloqa bog'lashlarni bajaradi.

Dasturlar yo'ldosh sistemasi almanaxini priyomnik xotirasiga yozishni, kompyuter monitoriga orbita gruppirovkasi haqidagi ma'lumotlarni chiqarishni ta'minlaydi.



21.5-rasm

Asbob nomi	Firmaning nomi (ishlab chiqaruvchi davlat)	Statik differensial rejimda o'lchash o'rta kvadratik xatosi			Parallel kanallar soni	Dastur ta'minoti
		Koordinatlar o'rt-tirmalari τ_d	Masofalar τ_s	Nisbiy balandliklar τ_h		
Bitta chastotali priyomniklar						
SUPER C/A	ASHTEK (AQSh)	10 + 1ppm	10 + 1ppm	20 + 1ppm	12	+
GEOFRASER SYSTEM 2000	GEO-TRONICS AB (Shvetsiya)	5 + 2ppm	5 + 1(2)ppm	20 + 2(3)ppm	12	+
NR 10	SERSEL (Fransiya)	5 + 2ppm	5 + 1ppm	5 – 30	10	+
4000 SE LAND SURVEYOR	TRIMBLE (AQSh)	10 + 2ppm	10 + 2ppm	20 + 2ppm	12	-
RS 12	CARL ZEISS (Germaniya)	10 + 2ppm	10 + 2ppm	20 + 2ppm	12	+
WILD GPS-SYSTEM 200	LEICA AQ (Shveysariya)	10 + 2ppm	10 + 2ppm	20	6	+
Ikki chastotali priyomniklar						
Z-12 Field Surveyor	ASHTEK (AQSh)	5 + 1ppm	5	17 + 2ppm	12	+
GPS TOTAL STATION	TRIMBLE (AQSh)	5 + 1ppm	5 + 1ppm	10 + 1ppm	9(12)	-

Tashqi dasturlar priyomnik komplektiga kiritiladi yoki alohida beriladi. Ular «menyu» va «sichqoncha» tipidagi manipulyator tizimlari bilan boshqariladi.

Tashqi amaliy dasturlar topografik-geodezik ishlarga tegishli quyidagi vazifalarni amalga oshiradi:

- ishlarni rejalash;
- kerakli miqdordagi yo‘ldoshlardan ma’lumotlarni yozib olish;
- differensial korreksiyalash (to‘g‘rilash) dasturi uchun fayllar tuzish;
- differensial korreksiyalash;
- ma’lumotlarni grafik tasvirlash;
- asos (baza) chiziqlarni hisoblash;
- koordinatalarni hisoblash va ularni boshqa sistemalarga o‘zgartirish;
- o‘lchashlar aniqligini baholash;
- ma’lumotlar bazasini rasmiylatirish;
- geodezik tarmoqni tenglash;
- berilgan masshtabdagi plan va kartani avtomatik texnologiyada tuzish va chiqarish.

GPS priyomniklari bilan ishlash rejasi quyidagilardan iborat: ishlash joyida yo‘ldoshlarning ko‘rinishi ma’lumotini tuzish, geometrik omillarning dastlabki ko‘rsatkichlarini hisoblash, aniqlanadigan punktlar (nuqtalar) orasidagi harakat chizmasini tuzish.

21.3. Sun‘iy yo‘ldosh o‘lchashlarining metodlari

Sun‘iy yo‘ldosh o‘lchashlarining quyidagi metodlari mavjud:

- statika;
- tez statika;
- psevd kinematika;
- kinematika.

Statika metodi ikkita (va undan ortiq) qo‘zg‘almas priyomniklar orasida o‘lchashlar katta davomiylikda bajarilishiga mo‘ljallangan.

Tez statika metodi statika metodidagi kuzatishlar vaqtini ikkita chastotalarda barcha imkoni bor sifatli o‘lchashlarni optimal foydalanish hisobiga kamaytirish (5–10 minutgacha)ni ko‘zda tutadi. Bunda asosiy shart ikki chastotali priyomniklardan foydalanishdir.

Psevd kinematik metod statika metodiga nisbatan o‘lchash vaqtini ikkita bir-biridan bir soat (undan ortiq) li interval bilan bo‘lingan

5–10 minutli kuzatishlarni qo‘shib foydalanish hisobiga kamaytirishga asoslangan.

Kinematik metod qo‘zg‘almas (referens) va mobil priyomniklar orasida kuzatishlarni bir vaqtda bajarishga asoslangan. Bu metodni amalga oshirish uchun birinchi punkt (referens)da insializatsiyani bajarish va mobil priyomniklarni ko‘chirish jarayonida ular bilan 4–5 ta sun‘iy yo‘ldoshlarni doimiy ushlab turishni ta‘minlash kerak. Sun‘iy yo‘ldoshlarni doimiy ushlab qo‘ldan boy berilsa, insializatsiyani qayta takrorlash kerak bo‘ladi. Ushbu metod ikkita ko‘rinishga ega: Stop&Go («To‘xta-Yur») kinematika va real vaqt tartibidagi kinematika (RTK).

Stop&Go kinematika aniqlanadigan punktlarda 1 minutli o‘lchashlarni bajarish uchun mobil priyomnik antennasini belgilashni ko‘zda tutadi. Real vaqt tartibidagi (RTK) kinematika dala o‘lchashlarini bajarish texnologiyasi bo‘yicha «To‘xta-Yur» kinematikasiga o‘xshash, lekin o‘lchangan natijalarni ishlab chiqish bo‘yicha farq qiladi.

RTK referens priyomnikdan mobil priyomnikkacha o‘lchangan psevido uzoqliklarga tuzatmalarni aloqa tuzilmasi (radiomodem) orqali uzatishga asoslangan. Referens va mobil priyomniklar o‘lchashlarini birga ishlab chiqilib, mobil priyomnik o‘rnatilgan nuqta koordinatalari aniqlanadi. Boshqa metodlarga ko‘ra, natijalar o‘lchashni bajargandan so‘ng bir zumda beriladi.

Hozirgi zamon sun‘iy yo‘ldosh geodezik priyomniklari bilan o‘lchashlar aniqligi olingan priyomnik tipiga va tanlangan o‘lchash metodiga bog‘liq. O‘lchashlar standart aniqliklarini ko‘rsatgichlari quyidagi 21.3-jadvalda keltirilgan.

Geodezik balandliklarni GPS priyomniklar bilan topish aniqligi vektorlarni o‘lchash aniqligiga qaraganda 1,5 barobar past bo‘ladi. Sun‘iy yo‘ldosh o‘lchashlarning aniqligi quyidagi talablarga javob bera oladigan kuzatishlar normal sharoitida ta‘minlanadi:

1. Kuzatilayotgan sun‘iy yo‘ldoshlar minimal soni: 4–5;
2. DOP qiymati 4 dan oshmasa;
3. Tiklanish imkoni yo‘q uzilishlar bo‘lmasa;
4. Kuzatiladigan sun‘iy yo‘ldoshlarning ufqdan balandlik burchagi 15° dan kam bo‘lmasa;

5. Signalni qabul qilishga to'siq bo'luvchi yoki signalni buzuvchi manba bo'lmasa;

6. Atmosfera ta'siri me'yorda bo'lsa.

21.3-jadval

Metod nomi	Punktlar orasidagi o'rtacha masofa, km	Seansning davomiyligi	Masofalarni o'lchashning mutlaq va nisbiy xatolari	Izoh
Statik	20 gacha	1 soat atrofida	5 mm+ $+1 \times 10^{-6} D$ mm 1:100 000– 1:5 000 000	Ikki chastotali priyomniklar
Tez statik	10 gacha	5-10 minut	5-10mm+ $+1 \times 10^{-6} D$ mm 1:100000– 1:1000000	Ikki chastotali priyomniklar
Psevdokinematik	10 gacha	20 minut (2 marotaba 10 minutdan)	10mm+ $+1 \times 10^{-6} D$ mm 1:50 000– 1:500000	Asosan bir chastotali priyomniklar
To'xta-Yur	5 gacha	2 minut-gacha	10-20mm+ $+1 \times 10^{-6} D$ mm 1:100000– 1:1000000	
RTK	5-10 (radio modemga bog'liq)	1 minut-gacha	10–20 mm	Aloqa qurilmasi (radio-modem) mavjud bo'lsa

O'lchash seansida birdaniga kuzatiladigan sun'iy yo'ldoshlar sonining ko'pligi o'lchashlar sonini oshiradi. Bu esa vektorlarni aniqlash ishonchliligini va to'g'riligini ta'minlaydi.

DOP qiymati sun'iy yo'ldoshlar o'zaro joylashishi geometriyasini va o'lchash daqiqasida antennani o'rnatish joyi hisobga olin-

ganini ko'rsatadi. Uning qiymati qanchalik kichik bo'lsa, geometriyasi yaxshiligini, o'lchash sharoitining qulayligini bildiradi.

Sikllarni o'tkazib yuborish deganda, sun'iy yo'ldoshlarni ushlab turishni vaqtinchalik yo'qotish oqibatida o'lchashlarda chastota eltuvchi faza butun to'liqlari uzunligining yo'qotilgani tushuniladi. Sun'iy yo'ldosh o'lchashlarini ishlab chiqishning maqsadi bunday o'tkazib yuborishlarni aniqlash va natijalarni tuzatishdan iborat.

21.4. Sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoqlari haqida ma'lumot

Sun'iy yo'ldosh texnologiyalarni geodezik maqsadlarda keng qo'llash asosida koordinatalar sistemasini zamonaviy talablarni hisobga olib qabul qilish, talab darajasida tutish va qayta tiklash amaldagi davlat geodezik tarmoq aniqligiga ko'ra yuqoriroq aniqlikda geodezik tarmoq qurishni taqozo etadi. Bunday geodezik tarmoqni qurish kosmik geodeziya metodlari va sun'iy yo'ldosh navigatsiya tizimlari GPS va ГЛОНАСС ni qo'llash asosida O'zbekiston Respublikasi hududining davlat yangi referens koordinatalar sistemasini yaratish va amalga kiritishni nazarda tutadi.

Buning uchun davlat geodezik tarmog'i (DGT)ning quyidagi yangi tarkibi tavsiya etiladi:

1. Fundamental astronomik-geodezik tarmoq (FAGT).
2. Yuqori aniq geodezik tarmoq (YuAGT).
3. 1-sinf sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoq (SYGT-I).
4. Zichlash geodezik tarmoq.

Fundamental astronomik-geodezik tarmoq (FAGT) vazifasi O'zbekiston Respublikasi butun hududini koordinatalar bilan ta'minlash. FAGT davlat geodezik tarmog'i (DGT) punktlari aniqligini oshirishga xizmat qiladi. U umumer geotsentrik koordinatalar sistemasini tashkil qilib, doimiy amal qiluvchi va vaqti-vaqti bilan aniqlab turiladigan punktlardan iborat.

Yuqori aniq geodezik tarmoq O'zbekiston Respublikasi butun hududiga geotsentrik koordinatalar sistemasini tarqatish va umumer geotsentrik va davlat referens koordinatalar sistemalarini o'zaro orientirlash parametrlarini aniqlashga xizmat qiladi. FAGT bilan bir qatorda YuFAGT turli maqsadlardagi sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoqlari uchun boshlang'ich asos hisoblanadi.

I-sinf sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoq topografik-geodezik ishlab chiqarishda sun'iy yo'ldosh texnologiyasi aniqlik va tezkorlik imkoniyatlarini amaliyotga tatbiq etishga xizmat qiladi. SYGT-1 sun'iy yo'ldosh texnologiyalari metodlarida navbtdagi zichlash tarmoqlarini rivojlantirishga xizmat qilishi kerak. SYGT-1 punktlarini amaldagi astronomik-geodezik tarmoq punktlari bilan qo'shish AGT dagi lokal (muayyan joydagi) deformatsiyalarni aniqlash va ularni hisobga olish vazifasini yechish imkoniyatini beradi. Shunda koordinatalarni AGT, YuAGT va SYGT-1 ni har qanday yaqin joylashgan punktiga nisbatan 5 sm o'rta kvadratik xatolik chegarasida aniqlash ta'minlanadi.

Mavjud astronomik-geodezik tarmoq (AGT) SYGT-1 rivojlantirish jarayonida ularning punktlarini AGT punktlariga qo'shish yoki bog'lash orqali bosqichma-bosqich reformatsiya qilinadi.

Bunda AGT ni SYGT-1 punktlariga qo'shilgan yoki bog'langan punktlari orasidagi masofa 70 – 100 km dan oshmasligi kerak. Shunday qilib, AGT 4 – 6 ta uchburchaklardan tashkil topuvchi fragmentlarga bo'linadi va deyarli davlat geodezik tarmog'iga aylanadi. Har bir bunday fragment SYGT-1 punktlari orasida qayta tenglashtiriladi, shu yo'l bilan punktlar aniqligi oshiriladi. Davlat geodezik tarmog'ining barcha punktlari uchun 1977-yil Boltiq balandliklar sistemasidagi normal balandliklar aniqlanishi kerak.

Nazorat savollari:

1. GPS sistemasining to'la tarkibi qanday segmentlardan iborat?
2. GPS va FJOHACC sistemalari qanday koordinatalar sistemasida ishlaydi?
3. GPS priyomniklarini funksional vazifalari va texnik ko'rsatkichlariga qarab qanday guruhlariga bo'lish mumkin?
4. Sun'iy yo'ldosh o'lchashlarini qanday metodlari mavjud?
5. Sun'iy yo'ldosh o'lchashlarining aniqligini oshirish uchun qanday talablarga javob bera oladigan bo'lishi kerak?
6. Sun'iy yo'ldosh o'lchashlarini ishlab chiqish uchun qaysi dasturiy ta'minot haqida ma'lumot bera olasiz?

1. Аковецкий В.Г., Парамонов А.Г. Топогеодезическое обеспечения месторождений нефти и газ. Книга I. МАКСПРЕСС. М., 2006, 417 с.
2. Виноградов А.В., Войтенко А.В. Современные технологии геодезических изысканий. Омск, «СибАДИ», 2012. –110 с.
3. ГОСТ 10528-90 Тахеометры. Общие технические условия. – М.: «Недра», 2004.
4. Инструкция по развитию съёмочного обоснования с применением глобальных навигационных спутниковых систем. – М.: ЦНИИГАиК, 2002. – 124 с.
5. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС И GPS. ГКИНП-02-262-02. М.: ЦНИИГАиК, 2002. – 70 с.
6. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. ГККИНП 02-067-03. Т., 2003, – 210 с.
7. Маслов А.В., Гордев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. 6-е издание – М.: «КолосС», 2006. – 598 с.
8. Мубораков Х., Ахмедов С. Геодезия ва картография. – Т.: «Ўқитувчи », 2002. 234 б.
9. Мубораков Х. Олий геодезия. – Т.: «Мумтоз сўз», 2016. 236 б.
10. Muborakov H. Geodeziya. – Т.: «Cho'lon», 2007..
11. Muborakov H. Geodeziya. 2-nashr. – Т.: «Cho'lon», 2013.
12. Muborakov H. Geodeziya. 3-nashr. – Т.: «Vneshinvest-prom», 2014.

13. Muborakov H. Geodeziya. 4-nashr. – T.: «Cho'iron», 2017.
14. Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Геодезическое обеспечение земельной-кадастровых работ. – М.: «КолосС», 2008.
15. Oxunov Z.D., Abdullayev I.O'., Ro'ziyev A.S., Yakubov G'Z. Ma'lumotlarni olish va integratsiyalash. – T.: «Moliya-iqtisod», 2016.
16. Охунув З.Д. Геодезиядан практикум. Т.: «Университет», 2009.
17. Oliy va o'rta maxsus, kasb-ta'limi tizimi uchun o'quv adabiyotlarining yangi avlodini yaratish konsepsiyasi. – T., 2015.
18. Поклад Г.Г., Гряднев С.П. Геодезия. – М.: «Академический проект», 2007. – 592 с.
19. Середович В.А., Комииссаров А.В., Ширикова Т.А. Наземное лазерное сканирование. Новосибирск, «СГГА», 2009. – 261 с.
20. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации и их применения. – М.: «Эко-Трендз», 2003. – 326 с.
21. Тахеометр серии Trimble M3 DR. Руководство по эксплуатации. – М.: «С», 2009.
22. ШНҚ 1.02.18-09 «Съёмка геодезик тармоклари. Қоидалар тўплами». – Т.: «Давархитектурилиш», 2010.
23. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М., Недра, 2000.
24. Яценков В.С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS, NAVSTAR и ГЛОНАСС. – М.: «Горячая линия-Телеком», 2005.
25. Электронный тахеометр Trimble M3. Руководство по программе съёмка. – М.: «С», 2012. – 229 с.

26. Charles D Ghiliani, Paul R. Wolf. Elementary surveying. An introduction to geomatics., New Jersey, «Pearson», 2012 – 958 p.
27. Schofield W., Breach M. Engineering surveying. Oxford., «Elsevier», 2007. – 622 p
28. Wolfgang Torge, Jurgen Muller. Geodesy. Berlin/Boston, «De Gruyter», 2012.

Internet saytlari

29. <https://en.wikipedia.org/wiki/Geodesy>
30. <http://www.geocartography.ru>. (Официальный сайт журнала «Геодезия и картография»)
31. <http://www.geodesist.ru/>
32. <http://www.geodezist.ru.info>
33. <https://www.geostart.ru/> (электронный журнал по геодезии, картографии и навигации)
34. <http://www.gisresources.com>
35. <http://www.trimble.com>
36. <http://www.ygk.uz/>
37. <http://www.ziyonet.uz>

SO'ZBOSHI.....	3
----------------	---

I BOB. KIRISH

1.1. Geodeziya fani va uning vazifalari.....	5
1.2. Geodeziyaning qisqacha rivojlanish tarixi	7
1.3. Geodeziyaning boshqa fanlar bilan aloqasi va uning xalq xo'jaligidagi ahamiyati.....	9
1.4. O'zbekiston Respublikasida geodeziya xizmatining tashkiliy shakllari	11

II BOB. YERNING UMUMIY SHAKLI VA YER SIRTIDAGI NUQTALAR O'RNINI ANIQLASH

2.1. Yerning umumiy shakli va o'lchamlari haqida ma'lumot	13
2.2. Geodeziyada qo'llaniladigan koordinatalar sistemalari	17
2.3. Gauss-Kryuger yassi to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasi haqida tushuncha	21
2.4. Geodeziyada qo'llaniladigan balandliklar sistemalari	23
2.5. Chiziqlarni oriyentirlash.....	25

III BOB. PLAN VA KARTALAR

3.1. Umumiy ma'lumotlar	33
3.2. Masshtablar	34
3.3. Topografik plan va kartalar nomenklaturasi	38
3.4. Joy (yer) relyefi va uni topografik plan va kartalarda tasvirlash	46
3.5. Topografik plan, kartalarning ramkalari va shartli belgilari	51
3.6. Topografik kartalarda mashqlar bajarish.....	55

IV BOB. O'LCHASH XATOLARI NAZARIYASI HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

4.1. O'lchash turlari va xatolari.....	72
--	----

4.2. Arifmetik o'rta miqdor	74
4.3. Ayrim o'lchashning o'rta kvadratik xatosi	75
4.4. O'lchash natijalarining vazni. Vaznli o'rta arifmetik miqdor	77

V BOB. BURCHAKLARNI O'LCHASH

5.1. Gorizontol burchaklarni o'lchash mohiyati	80
5.2. Adilaklar	83
5.3. Ko'rish trubasi	85
5.4. Sanoq olish moslamalari	88
5.5. Teodolit turlari	89
5.6. Elektron teodolitlar	91
5.7. Texnik teodolitlar	93
5.8. Teodolitlarning tekshirishlari va tuzatishi	97
5.9. Gorizontol burchaklarni o'lchash usullari	101
5.10. Gorizontol burchakni o'lchash aniqligi	104
5.11. Vertikal burchaklarni o'lchash	105

VI BOB. CHIZIQLARNI JOYDA O'LCHASH

6.1. Chiziqlarni bevosita o'lchash qurollari	110
6.2. Chiziqni o'lchashga tayyorlash	115
6.3. Po'lat lenta bilan chiziq o'lchash va uning aniqligi	116
6.4. Borib bo'lmas masofani aniqlash	120
6.5. O'lchangan qiya chiziqning gorizontol quyilishini aniqlash	122
6.6. Optik dalnomerlar	123
6.7. Elektron dalnomerlar haqida ma'lumot	127

VII BOB. NIVELIRLASH

7.1. Nivelirlash mohiyati va metodlari	132
7.2. Geometrik nivelirlash usullari	133
7.3. Ketma-ket geometrik nivelirlash	136
7.4. Geometrik nivelirlashga yer egriligi va refraksiyaning ta'siri	139
7.5. Geometrik nivelirlash aniqligi	142
7.6. Nivelir turlari	144

7.7. Aniq va texnik nivelirlar	145
7.8. Nivelirlarning tekshirishlari va tuzatishi	149
7.9. Nivelir reykalari va ularning tekshirishlari	153
7.10. Trigonometrik nivelirlash	156

VIII BOB. GEODEZIK TARMOQLAR

8.1. Umumiy ma'lumotlar	159
8.2. Davlat planli geodezik tarmoqlari	160
8.3. Davlat balandlik geodezik tarmoqlari	164
8.4. Syomka geodezik asosi	166

IX BOB. TEODOLIT SYOMKASI

9.1. Teodolit syomkasining mohiyati	168
9.2. Teodolit yo'llarini loyihalash va qurish	170
9.3. Joy tafsilotlarini syomka qilish. Abris	172
9.4. To'g'ri va teskari geodezik masalalar	174
9.5. Teodolit yo'li nuqtalarining koordinatalarini hisoblash	177
9.6. Teodolit syomkasi planini koordinatalar bo'yicha tuzish va rasmiylashtirish	190

X BOB. YUZANI HISOBLASH

10.1. Umumiy ma'lumotlar	197
10.2. Analitik usulda yuzani aniqlash	198
10.3. Grafik usulda yuzani aniqlash	202
10.4. Planimetrlarning tuzilishi va uning tekshirishlari	207
10.5. Planimetrlarning bo'lak qiymatini aniqlash	210
10.6. Planimetr yordamida yuzani aniqlash va bog'lash	212
10.7. Elektron planimetrlar	214

XI BOB. NIVELIRLASH ISHLARINING TURLARI

11.1. Chiziqli inshootlar trassasini nivelirlash	222
11.1.1. Trassa o'qini joyga ko'chirish va burilish nuqtalarini mahkamlash	222
11.1.2. Trassa burilish burchaklarini o'lchash va tomonlar direksion burchagini hisoblash	223

11.1.3.	Trassani piketlarga bo'lish. Doiraviy egri bosh nuqtalari va ko'ndalang qirqim nuqtalarini joyda belgilash.....	225
11.1.4.	Trassa bo'ylab tor enli joyni syomka qilish va piketlash daftarchasini yuritish	230
11.1.5.	Trassani nivelirlash va jurnalni ishlab chiqish	231
11.1.6.	Trassaning bo'ylama va ko'ndalang profillarini tuzish.....	238
11.1.7.	Bo'ylama profilda loyihalash elementlari.....	241
11.2.	Yuzani nivelirlash	244
11.2.1.	Yuzani nivelirlash mohiyati va usullari	244
11.2.2.	Yuzani kvadratlar bo'yicha nivelirlash natijalarini ishlab chiqish	249
11.2.3.	Yuzani kvadratlar bo'yicha nivelirlash planini tuzish.....	252

XII BOB. TAXEOMETRIK SYOMKA

12.1.	Taxeometrik syomkaning mohiyati	258
12.2.	Taxeometrik syomka uchun ishlatiladigan asboblari	259
12.3.	Taxeometrik syomka asosi. Taxeometrik yo'llar	267
12.4.	Tafsilotlar va relyefni syomka qilish	268
12.5.	Elektron taxeometriya (syomka)ni bajarish texnologiyasi.....	271
12.6.	Taxeometrik syomka natijasini ishlab chiqish	275
12.7.	Taxeometrik syomka planini tuzish	283

XIII BOB. MENZULA SYOMKASI

13.1.	Menzula syomkasi va uning mohiyati	287
13.2.	Menzula va uning jihozlari	288
13.3.	Menzula va kipregelning tekshirishlari va tuzatishi.....	290
13.4.	KH kipregelida nisbiy balandlik va masofalar gorizontal quyilishini aniqlash	295
13.5.	Menzulani nuqtaga o'rnatish.....	296
13.6.	Menzulada to'g'ri va teskari kesishtirish	298
13.7.	Menzula syomkasini bajarish.....	300

XIV BOB. III, IV SINIF VA TEXNIK NIVELIRLASH TARMOQLARI

14.1. Yirik masshtabli (1:5000 – 1:500) topografik syomkalar balandlik tarmoqlari	304
14.2. Shaharlar va aholi punktlari hududida nivelir tarmoqlarini rivojlantirish	306
14.3. Nivelir tarmoqlarini loyihalash va aniqligini baholash. Rekognossirovkani bajarish	308
14.4. Nivelir yer osti belgilarining tiplari va ularni o'rnatish	311

XV BOB. III, IV SINIF VA TEXNIK NIVELIRLASH

15.1. Nivelirlar tiplari, ularni tekshirish va sinashlari	317
15.2. Nivelir reykalari va ularning sinashlari	329
15.3. III va IV sinif nivelirlash xatolari manbalari	337
15.4. III va IV sinif nivelirlash uslubi	340
15.5. Texnik nivelirlash	346
15.6. Nivelir yo'llarini reper va markalarga bog'lash	347
15.7. Keng daryo va jarlar orqali balandliklarni uzatish	350
15.8. Raqamli nivelirlar bilan o'lchashlarni bajarish	353

XVI BOB. NIVELIR BELGILARI BALANDLIGINI HISOBLASH

16.1. Nivelirlash jurnalini tekshirish	360
16.2. III, IV sinif va texnik nivelirlash sifatini baholash	362
16.3. Yakka nivelir yo'lini tenglashtirish	364
16.4. Bitta tugun nuqtali nivelir tarmog'ini tenglashtirish	368
16.5. Ketma-ket yaqinlashish usulida uchta tugun nuqtali nivelir tarmog'ini tenglashtirish	371

XVII BOB. ZICHLASH PLANLI TARMOQLARNI POLIGONOMETRIYA USULIDA QURISH

17.1. Zichlash poligonometriya tarmoqlari haqida ma'lumot	377
--	-----

17.2.	Poligonometriya tarmog'ini loyihalash va aniqligini baholash	378
17.3.	Zichlash poligonometriyasida burchaklarni o'lchash	384
17.4.	Tomonlar uzunligini o'lchash	390
17.5.	Qisqa bazisli parallaktik poligonometriya haqida ma'lumot	391
17.6.	Poligonometrik yo'llarni tayanch punktlarga bog'lash	393

XVIII BOB. POLIGONOMETRIYADA TENGLASHTIRISH ISHLARI

18.1.	Dastlabki hisoblashlar	395
18.2.	Bitta tugun nuqtali poligonometrik tarmoqni tenglashtirish	397
18.3.	Poligonometrik tarmoqni V.V. Popovning poligonlar usulida tenglashtirish	403
18.4.	Poligonometrik tarmoqni ekvivalent almashtirish usulida tenglashtirish	408

XIX BOB. PLANLI ZICHLASH TARMOQLARINI TRIANGULYATSIYA USULIDA QURISH

19.1.	Zichlash triangulyatsiyasi va uni qurish aniqligi	418
19.2.	Gorizontal yo'nalish (burchak)larni o'lchash	422
19.3.	O'lchangan yo'nalishlarning punktlar markaziga keltirish elementlarini aniqlash	425
19.4.	Tarmoq punktlarida vertikal burchaklarni o'lchash	427
19.5.	Qo'shimcha punktlarni aniqlash	430

XX BOB. ZICHLASH TRIANGULYATSIYA TARMOQLARINI MATEMATIK ISHLAB CHIQISH

20.1.	Dastlabki hisoblashlar	438
20.2.	Asosiy hisoblashlar. Korrelatalar usulida tenglashtirish haqida ma'lumot	443
20.3.	Triangulyatsiya tarmoqlarini sodda usulda tenglashtirish	447

20.4. Triangulyatsiya tarmog'ida punktlar nisbiy balandligini hisoblash va tenglashtirish.....	454
--	-----

XXI BOB. GLOBAL NAVIGATSIYALI YER SUN'IY YO'LDOSH SISTEMALARIDAN GEODEZIK MAQSADLARDA FOYDALANISH

21.1. Sun'iy yo'ldosh navigatsiyali GPS va ГЛОНАСС sistemalari.....	460
21.2. Sun'iy yo'ldosh GPS priyorniklari	464
21.3. Sun'iy yo'ldosh o'lchashlarining metodlari	469
21.4. Sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoqlari haqida ma'lumot.....	472
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	474

o'quv-uslubiy nashr

Hamidxon MUBORAKOV
Ziyo Dadojonovich OXUNOV
Azizjon Savriddinovich RO'ZIYEV
Xolmurod Jamardovich HAYITOV
Gayrat Zaitovich YAKUBOV

GEODEZIYA

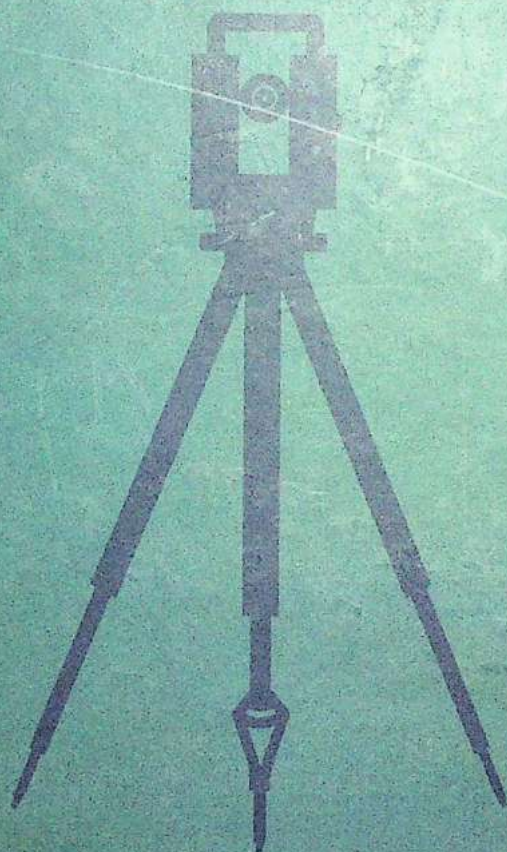
Muharrir: M. Rixsibekova
Badiiy muharrir: J. Ne'matov
Texnik muharrir: A. Li
Musahhih: M. Rixsibekova
Sahifalovchi: Ye. Butsyak

Nashriyot litsenziyasi: AI № 014, 20.07.2018
Bosishga 27.12.2021 da ruxsat etildi:

Bichimi: 60×84 ¹/₁₆.
Garnitura «Times New Roman».
Nashriyot-hisob tabog'i: 16,36.
Shartli bosma tabog'i: 29,04.
Adadi: 300. Buyurtma № 17.

«SPECTRUM MEDIA GROUP» MCHJ bosmaxonasida offset
usulida chop etildi.

Manzil: Toshkent sh., Qushbegi ko'chasi, 6.
e-mail: smg-print@mail.ru



SPECTRUM
PUSHRIYOTI

ISBN 978-9943-8499-2-1



9 789943 849921