

528(07)

D.O. JO'RAYEV

GEODEZIYA

2-qism

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus
ta'lim vazirligi turdosh oliy o'quv yurtlari uchun
(5540100 — "Geodeziya, kartografiya va kadastr")
bakalovriat ta'lim yo'nalishi talabalari uchun
o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etgan*

2013964

TOSHKENT
«O'ZBEKISTON»
2006

526(075)
8-96

Taqrizchilar:

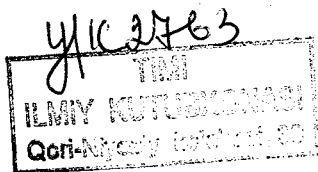
- Sh.K. Avchiyev* — texnika fanlari nomzodi, dotsent (Toshkent
arxitektura va qurilish instituti)
I. Musayev — texnika fanlari nomzodi, dotsent (Toshkent
irrigatsiya va melioratsiya instituti)

O'quv qo'llanma «Geodeziya, kartografiya va kadastr» yo'nalishi bo'yicha o'qiydigan talabalar o'quv dasturi asosida yozilgan. Asosiy diqqat III, IV klass nivelirlash va poligonometriya yo'li o'tkazishda loyihalash, ishni bajarish usullari, unda qo'llaniladigan asboblarni, ular natijasini tenglashtirish va aniqlikni baholash masalalariga qaratilgan.

J $\frac{180202000000 - 148}{M351(04)2006}$ 2006

ISBN 5-640-03051-8

© "O'zbekiston" NMIU, 2006-y.



KIRISH

Geodeziya fanini o'rganish oddiydan murakkablikka prinsipiga amal qiladi. Umumiy geodezik ta'lim texnik, aniq va yuqori aniqlikdagi geodezik ishlarni o'rganishni o'z ichiga oladi. «Geodeziya, kartografiya va kadastr» yo'nalishi bo'yicha o'qiydigan talabalar birinchi kursda geodeziyaning birinchi qismi bo'yicha dastlabki bilimlarini olish imkoniga ega bo'ldilar. Bunda ular bu faning quyidagi bo'limlarini o'rganishdi:

- geodeziya fanining maqsadi va vazifasi;
- topografik kartalarni o'rganish;
- oriyentirlash burchaklari to'g'risida tushuncha;
- topografik kartada joyni tasvirlash;
- texnik geodezik asboblari va ular bilan ishlash;
- texnik nivelirlash va ular natijasini hisoblash;
- geodezik plan olish turlari: taximetrik va menzula.

Ushbu o'quv qo'llanma geodeziya kursining davomi bo'lib, 5540100 — «Geodeziya, kartografiya va kadastr» yo'nalishi bo'yicha o'qiydigan ikkinchi kurs talabalari uchun mo'ljallangan. Bu kurs bo'yicha ular quyidagilarni o'rganadilar:

- barometrik nivelirlash bo'yicha umumiy tushuncha;
- III va IV klass nivelirlash ishlari, qo'llaniladigan asboblari;
- III va IV klass nivelirlash yo'li va to'rlarini tenglashtirish masalasi;
- planli davlat tayanch to'ri to'g'risida tushuncha;

— poligonometriya, loyihalash va joyda punktlarni oʻrnatish;

— poligonometrik burchak va tomon oʻlchash ishlari.
Qoʻllaniladigan asboblari;

— poligonometriya punktlarini davlat tayanch punktlariga bogʻlash;

— poligonometriya yoʻllari va toʻrlarini tenglashtirish masalalari;

— yirik masshtabli topografik plan olish usullari: kombinatsiyalashgan va stereotopografik.

1-bob

BAROMETRIK NIVELIRLASH

1.1. Barometrik nivelirlashning mohiyati va uni bajarish uchun qo'llaniladigan asboblari

Geodeziyaning birinchi qismini o'rganishda nivelirlashning bir nechta turi bilan tanishgan edik:

1. Geometrik nivelirlash, ya'ni gorizontali nurga asoslangan nivelir yordamida bajariladigan nivelirlash.

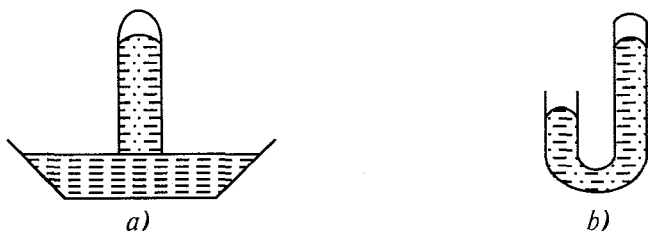
2. Trigonometrik nivelirlash, u qiya nur yordamida bajariladi. Trigonometrik nivelirlashni bajarishda vertikal doirali teodolit qo'llaniladi.

Bunday nivelirlashlardan boshqa barometrik va gidrostatik nivelirlash ham mavjud. Biz barometrik nivelirlashga to'xtalib o'tamiz.

Barometrik nivelirlash atmosfera bosimi xususiyatlari bilan bog'liq. Ma'lumki, yer yuzasining har xil nuqtasida atmosfera bosimi har xil qiymatga ega bo'ladi. Chunki dengiz sathidan balandlikka ko'tarilishi bilan atmosfera bosimi kamaya boshlaydi. Qisqasi, biror nuqtaning dengiz sathidan balandligi bilan ushbu nuqta atmosfera bosimi orasida proporsional bog'liqlik mavjud. Ikki nuqtadagi atmosfera bosimini o'lchab, ularning nisbiy balandligini topish mumkin. Nisbiy balandlikni bunday aniqlash usuli *barometrik nivelirlash* deyiladi. Barometrik nivelirlashda nisbiy balandlikni aniqlash uchun atmosfera bosimini o'lchaydigan asboblari qo'llaniladi. Havo bosimini o'lchaydigan asboblarning bir nechta turlarini ko'rib o'tamiz.

Atmosfera bosimini o'lchash uchun quyidagi asboblari qo'llaniladi:

1. Simobli, metall va differens barometrlari.



1.1-rasm. Simobli barometr:
a) idishli, b) sifonli.

2. Gipsotermometrlar.

3. Barograflar va boshqalar.

Simobli barometrlar idishli va sifonli bo'ladi. Idishli barometrning tuzilishi 1.1-rasmda ko'rsatilgan.

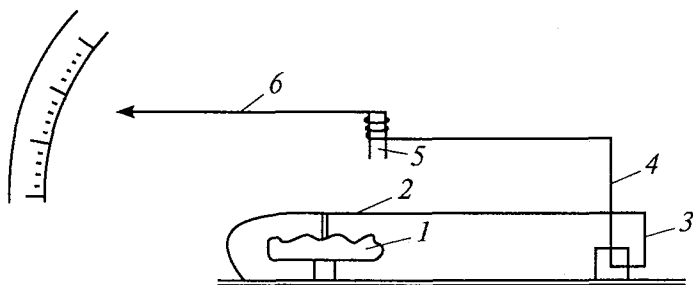
Bir uchi payvandlangan, kesimi 1 sm^2 , uzunligi 1 m bo'lgan shisha trubkani simob bilan to'ldirib, ochiq uchini simobli idishga tushirsak, shisha trubkadagi simob ma'lum sathni egalagandan keyin simob idishga to'kilmaydi (1.1-a rasm). Shisha trubkaning yuqori qismida havosiz bo'shliq paydo bo'ladi. Idishdagi simobni havo bosadi va shisha idishdagi simobning idishga to'kilishini to'xtatadi. Simobli ustun paydo bo'ladi. Atmosfera bosimining ko'payishi bilan simob ustuni ko'tariladi, bosim kamayishi bilan simob ustuni tushadi.

Agar trubkaga shkala qilib chiqsak, unda ushbu shkala yordamida atmosfera bosimi qiymatini aniqlash mumkin. Binoborin, atmosfera bosimining kesimi 1 sm^2 bo'lgan trubkadagi simob ustunining bosimi bilan aniqlanadi va millimetr simob ustuni (mm.sim.ust.) bilan ifodalanadi.

Sifonli barometr ham idishli barometr kabi ishlaydi (1.1-b rasm). Simobli barometr meteostansiyalarda kuzatish uchun ishlatiladi, nivelir ishlarida qo'llanilmaydi.

Barometr — aneroid

Dala sharoitida ish uchun eng qulay *aneroid* deb ataladigan metall barometrlardir (1.2-rasm).



1.2-rasm. Metall barometr:

1. Metall quticha (havosiz). 2. Prujina. 3. Sterjen.
4. Richag. 5. Valik. 6. Strelka.

Aneroidning asosiy qismi havosi chiqarilgan metall qutichadir. Bu qutichaning qopqog'i gofrirlangan yuzadan iborat. Aneroid mexanizmi quyidagi tartibda harakatlanadi: atmosfera bosimining o'sishi bilan gofrirlangan qopqoq qutichaning ichini egadi va prujina 2 ni o'ziga tortadi, prujinani 3 sterjen itaradi, richag 4 ni harakatga keltiradi. Richag 5 valikni aylantiradi va strelka 6 ni harakatga keltiradi.

Havo bosimining kamayishi bilan teskari hodisa ro'y beradi. Aneroidning ko'rsatishi o'sha joyning atmosfera bosimiga mos kelishi kerak. Lekin bir necha sabablarga ko'ra aneroid sanog'i atmosfera bosimiga mos kelmaydi. Shuning uchun aneroid ko'rsatkichi simob barometri ko'rsatkichiga keltiriladi, ya'ni aneroid ko'rsatkichiga tuzatma kiritiladi. Buning uchun quyidagi formula qo'llaniladi:

$$B = A + a + bt + c (760 - A),$$

bu yerda:

B — simob barometri ko'rsatishiga keltirilgan aneroid ko'rsatkichi,

A — aneroid ko'rsatkichi,

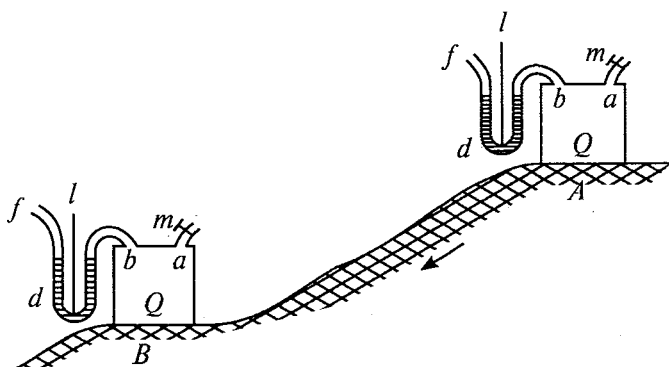
a — shkala holatining tuzatmasi,

b — temperaturaning koeffitsiyenti,
 t — aneroid temperaturasi,
 c — shkalaning bitta bo'lagi uchun tuzatma.

Tuzatma a , b , c qiymatlari aneroidni tayyorlashda aniqlanadi va uning pasportiga yoziladi. Vaqt o'tishi bilan bu qiymatlar o'zgaradi. Shuning uchun ular laboratoriyada doimiy aniqlanib turiladi. Barometr aneroid simob barometr kabi nuqtaning dengiz sathidan balandligi va kengligi uchun tuzatma kiritilishni talab qilmaydi. Lekin aneroid simobli barometr aniqligini bermaydi.

Differensial barometr

Differensial barometr g'oyasi quyidagicha: Ballon Q egilgan trubka bilan kran m yordamida tashqi havo bilan ulangan (1.3-rasm). Agar asbobni A nuqtaga o'rnatib m kranni ochsak, manometrda suyuqlik sathi balandlikka ko'tariladi. Chunki manometr ikki tomonidagi havo bosimi bir xil bo'ladi. Agar kran m ni yopib, asbobni B nuqtaga o'tkazsak, havo bosimining o'zgarishi bilan manometrda suyuqlik sathi o'zgaradi. Manometrda suyuqlik farqi bo'yicha bu nuqtalar orasidagi nisbiy balandlikni topish mumkin.



1.3-rasm.

Gipsotermometr

Suvning qaynash temperaturasi o'lchash yo'li bilan atmosfera bosimini aniqlash uchun qo'llaniladigan asbob *gipsotermometr* deyiladi. Suvning qaynash temperaturasi atmosfera bosimiga bog'liq. Atmosfera bosimining 1 mm. simob ustuniga o'zgarishiga suvning qaynash temperaturasi $0^{\circ},0375$ C ga o'zgarishi mos keladi. Suvning qaynash temperaturasi atmosfera bosimiga bog'liqligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

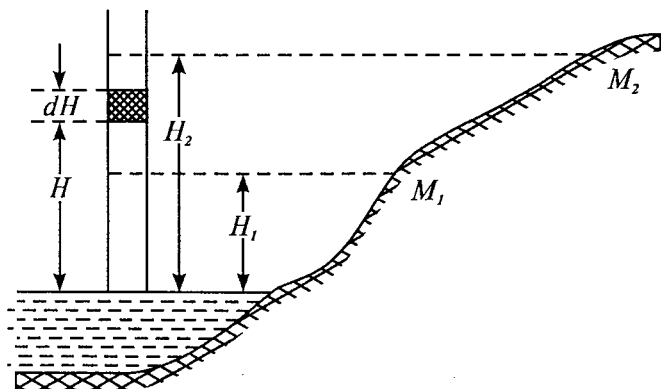
$$t = 100^{\circ} + 0,0375 (B - 760),$$

bunda

$$B = 760 + \frac{t-100}{0,0375}.$$

1.2. Qisqartirilgan barometrik formulalar

Barometrik formulalar to'liq va qisqartirilgan bo'ladi. Qisqartirilgan formulalarda bir qator faktorlar hisobga olinmaydi. Misol uchun, havoning namlik darajasi, kuzatish joyidagi kenglikka bog'liq bo'lgan tortish kuchining o'zgarishi va nuqtaning dengiz sathidan balandli-



1.4-rasm.

gining o'zgarishi. To'liq formulada bu faktorlar hisobga olinadi. M_1 va M_2 nuqtalarda atmosfera bosimi o'lchangan (1.4-rasm). Belgilaymiz:

P_1 va P_2 — atmosfera bosimning o'lchangan qiymatlari;

T_1 va T_2 — havoning temperaturasi;

H_1 va H_2 — M_1 va M_2 nuqtalarning dengiz sathidan balandligi.

Qisqartirilgan barometrik formulani chiqarish uchun ko'ndalang kesimi 1 sm² havo ustunidan dH balandlikdagi oddiy qatlamni ajratamiz. Bu qatlamning hajmi: $V = dH$.

Oddiy qatlamdagi havo og'irligi:

$$F = \Delta g dH.$$

Bu yerda: Δ — havo zichligi, g — og'irlik kuchining tezlanishi.

Elementar qatlamdagi havo og'irligi — bu o'sha qatlamdagi havoning bosimidir. Shuning uchun yozamiz:

$$dP = - \Delta g dH, \quad (1)$$

bunda ma'lumki,

$$\Delta = \frac{P}{P_0} \Delta_0 \frac{1}{1 + \varepsilon T}, \quad (2)$$

bu yerda:

Δ_0 — P_0 bosimdagi va 0° temperaturadagi havo zichligi, P — T temperaturadagi havo bosimi, ε — havoning kengayish koeffitsiyenti $\left(\frac{1}{273}\right)$.

(1) va (2) ga asosan topamiz:

$$dP = - \frac{P}{P_0} \Delta_0 \frac{1}{1 + \varepsilon T} g dH,$$

bundan

$$dH = - \frac{P_0}{\Delta_0 g} (1 + \varepsilon T) \frac{dP}{P}. \quad (3)$$

Biz havoning oddiy qatlami atmosfera bosimi bilan dengiz sathidan nuqta balandligi orasidagi bog‘liqlikni topdik. M_1 va M_2 nuqtalar balandligi orasidagi bog‘liqlik va bu nuqtadagi atmosfera bosimini topish uchun esa (3) tenglikni integrallaymiz. Bunda havo temperaturasi doimiy deb olinadi.

$$\int_{H_1}^{H_2} dH = -\frac{P_0}{\Delta_0 g} (1 + \varepsilon T) \int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{P}.$$

Bu integral tenglamani yechib, topamiz:

$$H_2 - H_1 = -\frac{P_0}{\Delta_0 g} (1 + \varepsilon T) (\ln P_2 - \ln P_1)$$

yoki

$$h = \frac{P_0}{\Delta_0 g} (1 + \varepsilon T) \ln \frac{P_1}{P_2}.$$

O‘nli logarifmga o‘tamiz:

$$h = \frac{P_0}{\Delta_0 g} (1 + \varepsilon T) \lg \frac{P_1}{P_2}.$$

$\frac{P_0}{\Delta_0 g} = N$ deb belgilaymiz, M — o‘tish koeffitsiyenti.

Bosim qiymati barometr ko‘rsatkichiga to‘g‘ri proporsional, ya’ni

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{B_1}{B_2},$$

shuning uchun:

$$h = N (1 + \varepsilon T) \lg \frac{B_1}{B_2} \quad (4) \text{ (Pevsov formulasi)}$$

$$N \approx 18470.$$

Pevsov formulasiga asosan boshqa qisqartirilgan formulani ham topish mumkin. Buning uchun $\lg \frac{B_1}{B_2}$ ifodani

qatorga yoyamiz va qatorning birinchi hadini saqlagan holda topamiz:

$$\lg \frac{1+x}{1-x} = 2 \mu \left(x + \frac{x^3}{3} + \frac{x^5}{5} + \dots \right).$$

$$x = \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2} \text{ deb belgilaymiz.}$$

$$\text{Unda:} \quad \lg \frac{B_1}{B_2} = 2\mu \left(\frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2} + \dots \right). \quad (5)$$

(4) va (5) ga asosan:

$$h = N (1 + \varepsilon T) 2\mu \left(\frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2} \right).$$

$2\mu N = K$ deb belgilasak, Babin formulasiga ega bo'lamiz:

$$h = K (1 + \varepsilon T) \frac{B_1 - B_2}{B_1 + B_2}, \quad (6)$$

bunda

$$K \approx 16000.$$

To'liq barometrik formula

U quyidagicha yoziladi:

$$h = N_0 (1 + \varepsilon T) \left(1 + 0,377 \frac{C}{B} \right) (1 + 0,00265 \cos 2\varphi) \left(1 + \frac{2H_{or}}{R} \right) \lg \frac{B_1}{B_2}, \text{ bunda: } T = \frac{T_1 + T_2}{2} \text{ — havo temperaturasi-ning o'rtacha qiymati;}$$

$B = \frac{B_1 + B_2}{2}$ — asbob ko'rsatkichining o'rtacha qiymati.

C — suv bug'i bosimining o'rtacha qiymati;

φ — kuzatilayotgan nuqtaning o'rtacha kengligi;

H_{or} — nuqtaning dengiz sathidan o'rtacha balandligi;

R — Yerning o'rtacha radiusi (6371 km);

$N_0 \approx 18400$.

To'liq barometrik formula geofizik tadqiqotlarda qo'llaniladi.

Nisbiy balandlik 300 m dan katta bo'lmaganda to'liq va qisqa formula deyarli bir xil natijani beradi.

1.3. Barometrik jadvallar

Qisqartirilgan barometrik formula asosida maxsus barometrik jadvallar tuzilgan.

Pog'onalar balandligi (stupeney visot) barometrik jadvallar

Bu jadvallar Babinning qisqartirilgan formulasi asosida tuzilgan.

Babin formulasini ushbu ko'rinishda yozamiz:

$$h = K \frac{1}{B_1 + B_2} (1 + \varepsilon T) (B_1 - B_2). \quad (7)$$

Quyidagicha belgilaymiz:

$$\frac{K}{2B} (1 + \varepsilon T) = \Delta H, \quad (8)$$

bu yerda $B = \frac{B_1 + B_2}{2},$

unda

$$h = \Delta H (B_1 - B_2), \quad (9)$$

ΔH — barometrik pog'onalar balandligi deyiladi. Agar $B_1 - B_2 = 1$ mm sim. ust. bo'lsa, $h = \Delta H$ bo'ladi. Bino-barin, barometrik pog'onalar balandligi atmosfera bosimi 1 mm. sim. ust. ga farq qilgan ikki nuqta balandligi farqidir. Barometrik pog'ona balandligi o'rtacha qiymati taxminan 11 m ga teng. (8) formuladan barometrik pog'ona balandligi atmosfera bosimi B va temperatura-ning T funksiyasi ekanligi ko'rinadi.

1-jadval

Barometrik pog'ona balandligi (ΔH)

$T_{o'r}$ \ $B_{o'r}$	700	710
- 10	11.04	10.88
.....		
0	11.46	11.30
.....		
+9	11.84	11.67
+10	11.88	11.71
.....		

2-jadval

Atmosfera bosimining o'rtacha qiymati
bo'yicha interpolyatsiya

(-)

ΔB	1	2	3
.....			
16	0.02	0.03	0.05
17	0.02	0.03	0.05
18	0.02	0.04	0.05

3-jadval

Havo temperaturasining o'rtacha qiymati
bo'yicha interpolyatsiya

(+)

Δt	0,1	0,2
3	0,00	0,01
4	0,00	0,01
5	0,00	0,01

Misol. 1 va 2 nuqtalarda atmosfera bosimi va havo temperaturasi o'lgangan:

$$B_2 = 701,1 \text{ mm. sim. ust.} \quad B_1 = 703,3 \text{ mm. sim. ust.}$$

$$T_2 = + 8,6^\circ \text{ C,} \quad T_1 = + 9,8^\circ \text{ C.}$$

Bu nuqtalar orasidagi nisbiy balandlikni toping.
B va T ning o'rtacha qiymatini topamiz:

$$B_{o'rt.} = \frac{B_1 + B_2}{2} = 702.2 \text{ mm. sim. ust.}$$

$$T_{o'rt.} = \frac{t_1 + t_2}{2} = + 9.2^\circ \text{C.}$$

$B = 700$ mm sim. ust. va $t = 9^\circ \text{C}$ uchun $\Delta H = 11,84$ m.

2-jadvaldan barometr ko'rsatkichi $\Delta B = 2.2$ mm. sim. ust. uchun tuzatma $\delta_B = - 0.03$ m ni topamiz.

3-jadvaldan $0,2$ temperatura uchun $\delta_t = +0,01$ m tuzatmani topamiz.

Demak, barometrik pog'ona balandligi:

$$\Delta H = 11,84 \text{ m} - 0,03 \text{ m} + 0,01 \text{ m} = 11,82 \text{ m.}$$

Barometr ko'rsatkichlari farqini topamiz:

$$B_1 - B_2 = - 701,1 + 703,3 = + 2,2 \text{ mm sim. ust.}$$

Demak, (9) formulaga ko'ra bu nuqtalar orasidagi nisbiy balandlik:

$$h = \Delta H (B_1 - B_2) = 11,82 (+2,2) = + 26,00 \text{ m.}$$

1.4. Taxminiy altitud(balandlik) jadvali

Bu jadval Pevsov formulasi asosida tuzilgan. Pevsov formulasini ushbu ko'rinishda yozamiz:

$$h = N (1 + \varepsilon T_0) \lg \frac{760}{B}.$$

Taxminiy balandlik jadvalini tuzish uchun dengiz sathida normal bosim 760 mm simob ustuni va $H=0$ ekanligini e'tiborga olamiz. Havo temperaturasi $T_0=15^\circ \text{C}$ deb qabul qilamiz. Chunki bu jadvalda berilganlar $T_0=15^\circ \text{C}$ temperaturaga mos tushadi. Taxminiy altitud bo'yicha olingan $(H_2 - H_1)$ nisbiy balandlikka, temperatura uchun tuzatma kiritiladi.

Taxminiy altitud jadvali

$$(T_{o'rt} = +15^{\circ}\text{C da } +1')$$

B	0,0	0,1	0,2
680	941,3	940,0	938,7
681	928,8	927,5	926,3
.....			

Temperatura uchun nisbiy balandlikka tuzatma jadvali

$$(\delta h = 0,00348 (H_2 - H_1) (T - T_0))$$

$T_{o'rt}$ \ H'	10	20
-10	0.9	1.7
.....		
0	0.5	1.0
.....		
+13	0,1	0.1
+14	0,00	0.1
+15	0.0	0,0

Misol. 1 va 2 nuqtalarda atmosfera bosimi va havo temperaturasi o'lgan:

$$B_1 = 681,2 \text{ mm sim. ust.}$$

$$B_2 = 680,0 \text{ mm sim. ust.}$$

$$T_{o'rt} = +13,4^{\circ}\text{C.}$$

Taxminiy altitud jadvali bo'yicha topamiz:

$$H_2 = 941,3 \text{ m,}$$

$$H_1 = 926,3 \text{ m,}$$

$$H_2 - H_1 = +15,0 \text{ m.}$$

$(H_2 - H_1)$ farq bo'yicha va o'rtacha temperatura bo'yicha temperaturaga tuzatmani topamiz. Bu tuzatma 0,1 m ga teng. Demak, nisbiy balandlik tuzatmani hisobga olganda quyidagiga teng:

$$H = +15,0 \text{ m} - 0,1 \text{ m} = +14,9 \text{ m.}$$

Temperatura $+15^\circ$ dan pastda bo'lganda tuzatma ishorasi minus, temperatura $+15^\circ$ dan yuqori bo'lganda tuzatma ishorasi plus bo'ladi, temperatura $+15^\circ$ da tuzatma nolga teng bo'ladi.

Temperatura uchun tuzatma ishorani hisobga olib ($H_2 - H_1$) farqning absolut qiymatiga qo'shiladi. Bunda nisbiy balandlik ishorasi ($H_2 - H_1$) farqning ishorasi qanday bo'lsa o'shanday bo'ladi.

Mikrobaronivelir MBHII bo'yicha sanoq

Mikrobaronivelir pasportidan ko'chirma:

$\alpha_{75} = 0,5367$ mm sim. ust./bo'l. — shkala bo'lagi qiymati

$\beta = -17.10^{-5}$ mm sim. ust./bo'l² — shkala bo'lagi qiymati gradiyenti

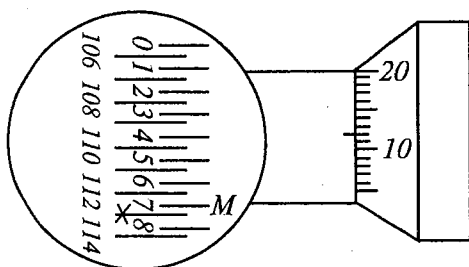
$K_B = 1,16$ bo'l. — mikrometr shkalasining bo'lagini asbob shkalasi bo'lagiga o'tkazish koeffitsiyenti.

$K_1 = +0,003$ mm. sim. ust./grad

$T_0 = +18,0^\circ$

$S_k = 75,0$ bo'l.

$B_0 = 702,05$ mm. sim. ust.



1.5-rasm.

Harakatlanadigan shkala bo'yicha sanoq	— 113,000
Harakatlanmaydigan shkala bo'yicha sanoq	— 0,700
Mikrometr barabani bo'yicha sanoq	— 0,012

To'liq sanoq 113,712

Mikrometr bo'yicha sanoqni asbob shkalasining o'rtacha shtrixiga keltirish uchun ushbu formula qo'llaniladi:

$$S = A + \frac{4.00 - a}{K_B}.$$

Bu yerda: A — harakatlanadigan shtrix bo'yicha sanoq olinadigan shtrix nomeri;

a — harakatlanmaydigan shtrix bo'yicha sanoq olinadigan shtrix nomeri va mikrometr barabani bo'yicha;

K_B — mikrometr shkalasining bo'lagini asbob shkalasi bo'lagiga o'tkazish koeffitsiyenti.

M i s o l. Sanoq 113,712 ni asbob shkalasining o'rtacha shtrixiga keltiring.

Yuqoridagi formulaga ko'ra:

$$S = 113 + \frac{4.00 - 7,12}{1,16} = 110,31$$

1.5. Barometrik nivelirlash usullari

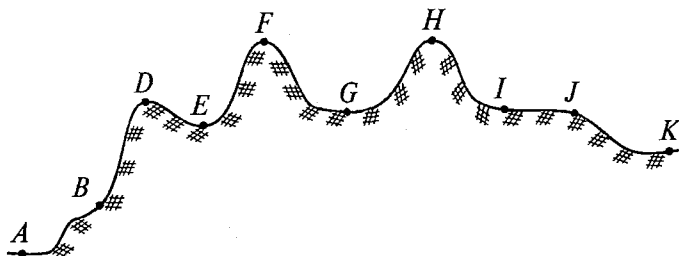
Nuqta balandligini barometrik nivelirlash bilan aniqlash unchalik katta aniqlik talab qilmaydigan hollarda bajariladi. Aniq geodezik ishlarda masalan, tog'li rayonlarda triangulyatsiya va poligonometriya punktlarini rekognossirovka qilishda va boshqa ishlarda barometrik nivelirlash yordamchi asbob sifatida qo'llaniladi.

Barometrik nivelir bilan sharoit qiyin bo'lgan joylarda ish olib borish mumkin. Shuning uchun barometr xilma-xil ekspeditsiyalarning (geografik, geofizik, geologik, tuproq-botanik va boshq.) ajralmas qismi hisoblanadi.

Barometrik nivelirlash marshrut bo'yicha va maydon bo'yicha nivelirlashlarga bo'linadi.

1.5.1. Marshrut bo'yicha nivelirlash

Bu usul bilan nivelirlashni bajarishda ikkita komplekt asbob talab qilinadi. Har bir komplektda uchta asbob —



1.6-rasm.

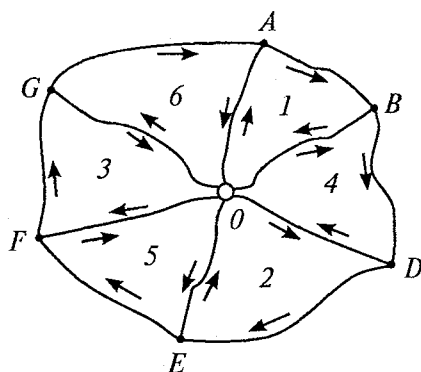
aneroidlar, termometr va soat bo‘ladi. $A, B, D, \dots, K$ marshrutlar bo‘yicha barometrik nivelirlash talab qilin-sin.

Oxirgi A va K punktlarning absolut balandligi ma’lum. Ikki kuzatuvchi ishni A punktdan boshlaydi, har 15—20 minutda uch martadan sanoq oladi va aneroid hamda termometr ko‘rsatishini solishtiradi. Bitta guruhning ane-roidlarining o‘rtacha ko‘rsatkichi boshqa guruhnikidan 0,2 mm dan katta bo‘lmasligi kerak. Shundan keyin birinchi kuzatuvchi A punktda qoladi va har 20—30 minutda ane-roid, termometr va soat bo‘yicha sanoq oladi. Ikkinchi kuzatuvchi marshrut bo‘yicha yurib, joyning xarakterli nuqtalarida (B, D, E, F) to‘xtaydi, aneroid, termometr va soat bo‘yicha sanoq oladi. Kuzatish natijalari barometrik nivelirlash jurnaliga yoziladi.

Marshrutning ma’lum qismi o‘tgandan keyin kuzatuv-chi, masalan, F punktda to‘xtaydi. Birinchi kuzatuvchi A dan F ga o‘tadi. F punktda ikki kuzatuvchi asboblari ko‘rsatishini solishtiradi. Shundan keyin birinchi kuzatuv-chi marshrutni (F, G, H, I, J) bo‘yicha davom ettiradi, ikkinchi kuzatuvchi F punktda qoladi. Shunday usul bi-lan hamma marshrut oxirgi K punktga o‘tiladi.

1.5.2. Maydonni nivelirlash

Uncha katta bo‘lmagan maydonni nivelirlashda joy-ning o‘rtasidan asos qilib bitta 0 nuqta tanlanadi. Shun-



1.7-rasm.

dan keyin marshrutlarni o'tkazish boshlanadi. Har bir marshrut 0 nuqtada uchrashadi. Nivelirlash alohida marshrut bo'yicha bajariladi. № 1 marshrutni nivelirlagandan keyin, qo'shni bo'lmagan № 2 marshrut nivelirlanadi. Boshqa marshrutlar ham xuddi shunday nivelirlanadi. Ishni bunday tashkil qilish qator imkoniyatlar beradi:

a) har bir marshrutning uchrashuvi nisbiy balandliklarda tekshirishni beradi;

b) marshrutning radial qismi (OA , OB , OD) har xil vaqtda, har xil atmosfera sharoitida ikki martadan nivelirlanadi.

Bu nisbiy balandlikni topishda aniqlikni oshirishga imkon beradi. Agar nivelirlanadigan joy katta bo'lmasa, bitta kuzatuvchi doimo O nuqtada turadi, ikkinchisi esa hamma marshrutlarni aylanib chiqadi.

Nivelirlashning soddalashtirilgan usuli

Nivelirlashning soddalashtirilgan usulini bitta kuzatuvchi bilan ham bajarsa bo'ladi. Ikkinchi kuzatuvchi o'rniga stansiyada o'zi yozuvchi barograf qo'yish mumkin. Bu

usulning zaif tomoni qisqa vaqt oralig'ida barometrik bosim o'zgarishini aniqlash imkoni bo'lmaydi.

1.6. Barometrik nivelirlash aniqligi

Barometrik nivelirlash aniqligini baholash uchun quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$h = \Delta H (B_1 - B_2).$$

Barometrik pog'ona ΔH temperatura va bosimga bog'liq holda sekinlik bilan o'zgaradi, shuning uchun uni doimiy miqdor deb qabul qilish mumkin. Unda bosimni aniqlash aniqligiga bog'liq bo'lgan nisbiy balandlik o'rta kvadratik xatosi quyidagicha:

$$m_{hb} = \Delta H \sqrt{m_{b_1}^2 + m_{b_2}^2}.$$

Agar ikki nuqtada ham bosim bir xil aniqlikda aniqlangan bo'lsa, ya'ni

$$m_{b_1} = m_{b_2} = m_b$$

bo'lsa, $m_{hb} = \Delta H \sqrt{2} m_b$ deb yozishimiz mumkin.

Agar bosimni aniqlash aniqligi o'rta kvadratik xato bilan xarakterlansa:

$$m_b = \pm 0,1 \text{ mm},$$

unda bosimni aniqlash aniqligiga bog'liq nisbiy balandlikning o'rta kvadratik xatosi quyidagicha bo'ladi:

$$m_{hb} = \pm 0,14 \Delta H.$$

Masalan, agar barometrik balandliklar pog'onasi o'rtacha qiymati 11 metrga teng bo'lsa, u holda

$$m_{hb} = \pm 1,5 \text{ m}.$$

Agar temperaturani $\pm 1^\circ$ gacha aniqlikda aniqlasak, temperaturani aniqlash aniqligiga bog'liq nisbiy balandlikning o'rta kvadratik xatosi quyidagi chekda bo'ladi:

$$m_{ht} = \pm 1 \text{ m.}$$

Demak, qulay atmosfera sharoitida nisbiy balandlikni quyidagi o'rta kvadratik xato bilan aniqlash mumkin:

$$m_{hb} = \pm \sqrt{m_{hb}^2 + m_{ht}^2} = \pm 1,8 \text{ m.}$$

2-bob

DAVLAT NIVELIR TO'RI SXEMASI HAQIDA UMUMIY MA'LUMOT

Davlat nivelir to'ri topografik plan olish va xalq xo'jaligi, davlat mudofaasi talablarini ta'minlash uchun bajariladigan geodezik o'lchashlarning balandlik asosi hisoblanadi.

Davlat nivelir to'ri I, II, III va IV klass nivelir to'rlariga bo'linadi. I va II klass nivelir to'rlari ilmiy masalalarni yechishda qo'llaniladi: dengiz va okeanlarning sathini aniqlashda, materiklarning asriy ko'tarilishi va cho'kishini, yer qimirlashda uning vertikal cho'kishlarini aniqlashda va hokazo.

III va IV klass nivelir to'rlari topografik plan olish va har xil injener qidiruv-tadqiqot ishlari uchun balandlik asosi hisoblanadi. Davlat nivelir to'ri punktlari balandligi Boltiq dengizi sathiga nisbatan katta aniqlikda o'lchanadi.

I va II klass nivelir to'ri iloji boricha temiryo'l, shosse va katta daryo qirg'oqlari bo'ylab 3000—4000 km perimetrli yopiq poligon ko'rinishida o'tkaziladi.

III va IV klass nivelir to'ri yuqori klass(I va II klass) poligonlari ichida o'tkaziladi. III klass nivelirlash poligoni perimetri 150 km dan, IV klass nivelirlash yo'li uzunligi yesa 50 km dan oshmasligi kerak.

Hamma klass nivelir yo'li joyda doimiy belgi bilan har 5 km da yerga ko'miladi. Seysmoaktiv rayonlarda nivelir belgi orasidagi masofa 2—3 km dan oshmasligi kerak.

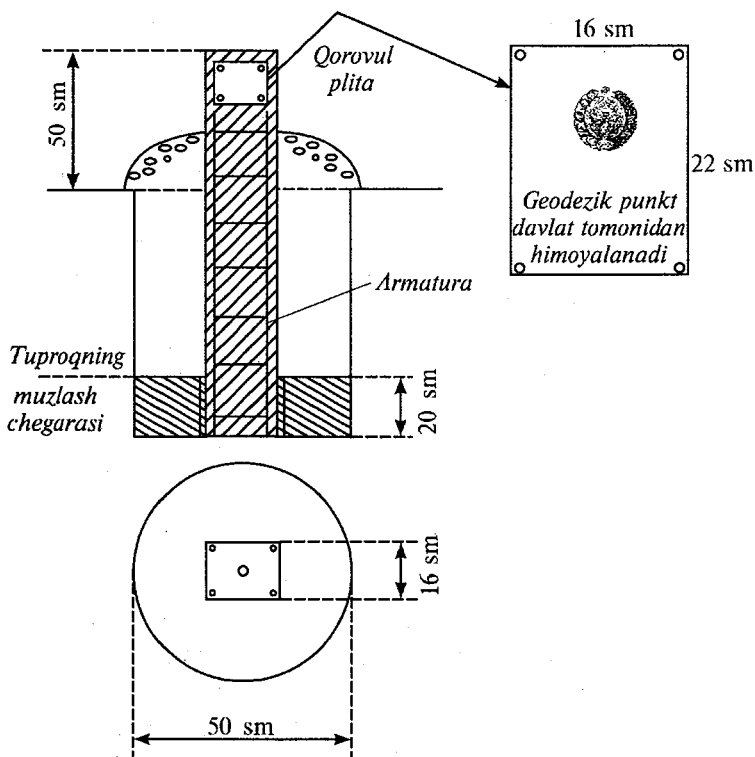
Quyidagi nivelir belgilari yerga ko'miladi (mahkamlanadi): tuproq (грунтовый) reperi, qoya (скальный) reperi, devor (стенный) reperi.

2.1. Nivelir belgilari va ularni mahkamlash

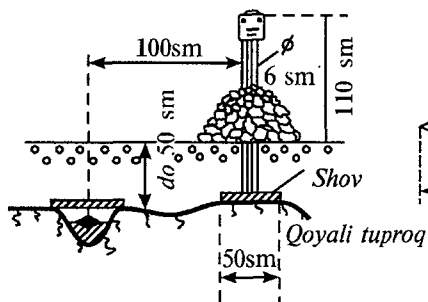
2.1-rasmda tuproqning mavsumiy muzlash janubiy zonasi uchun III va IV klass nivelirlash tuproq(grunt) reperi keltirilgan.

Mavsumiy muzlaydigan janubiy zonada III va IV klass nivelirlash yo'lidagi reper pastki plitasi tuproqning muzlash chuqurligidan pastda, lekin 1,3 m dan kam bo'lmagan chuqurlikdan o'tishi kerak.

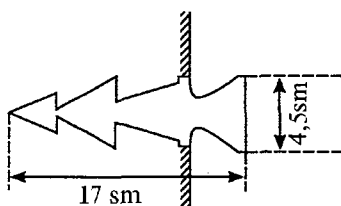
Markali reperring yuqori qismi va qorovul plita yer yuzidan 50 sm ga chiqib turishi kerak va shu bilan birga u taniydigan (опазновательный) belgi bo'lib xizmat qiladi.



2.1-rasm.



Qoya reperi



Devor reperi

2.2-rasm.

Tuproqning mavsumiy muzlaydigan qoya jinslarga qoya reperlari mahkamlanadi. Yerga 0,5 m gacha koʻmilib turgan va yerdan ancha chiqib turgan qoyaga sement qorishmasida marka mahkamlanadi. Reper(marka)dan 1,0 m masofaga 50×50 sm metall plita payvand qilingan trubali tanish belgisi oʻrnatiladi. Tanish belgi atrofiga 0,5 m balandlikda toshdan oʻyib himoya qurilmasi barpo qilinadi.

Devor reperlari bino devorlariga yoki qoyaning vertikal sirtiga oʻrnatiladi. Qorovul plita reporning yoniga yoki ustiga bino devoriga mahkamlanadi.

2.2. III va IV klass nivelirlash asboblari

III va IV klass nivelirlash uchun *H3*, *HC3* va *HC4* nivelirlari qoʻllaniladi.

HC3 va *HC4* nivelirlar qarash chizigʻini oʻzi oʻrnata-digan nivelirlar turiga kiradi.

III klass nivelirlash uchun santimetrli boʻlaklarga boʻlingan ikki tomonli, uch metrli reykarlar ishlatiladi. Reykaning qora tomoni noli reyka tagligi bilan toʻgʻri keladi. Qizil tomoni-ning tagligi sanogʻi 4000 mm dan farq qiladi. Reykalar juftligi bir-biridan 100 mm ga farq qiladi (masalan, bitta reykada sanoq 4686 boʻlsa, ikkinchisida 4786 boʻladi).

Tog'liq hududlarda shtrixli reykarlar qo'llaniladi.

Devor (стенной) markalariga bog'lash hollarida 1,2 m uzunlikdagi osma reykarlar ham qo'llaniladi.

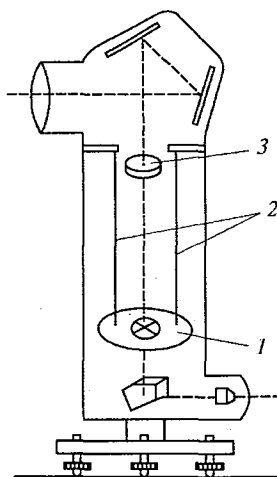
IV klass nivelirlashlar uch metrlik shashkali reykarlar yordamida bajariladi.

Nivelirlashda reykarlar metall taglik (bashmak)ka qo'yiladi.

O'rta aniqlikdagi nivelirlarning qisqacha texnik xarakteristikasi

Nivelir markalari	Kompensat- siya cheki	Dalhomer koeffitsiyenti	Qarash trubasi kattalashtirishi	Adilak bo'lagi qiymati, 2 mm ga		Asbob og'irligi, (kg)
				Silindrik	Aylana	
H3	—	100	30 ^x	15"	5'	2.0
HC3	±10'	100	30 ^x	—	5'	2.5
HC4	±15'	100	30 ^x	—	10'	2.5
HB-1	—	100	31 ^x	17"-23"	7'-15'	1.8

Qarash chizig'ini o'zi o'rnatadigan nivelirlarning ishlash prinsipi



Adilakli nivelirlarning asosiy kamchiligi — uni o'rnatishda har doim pufakni nol punktga keltirishga to'g'ri keladi, bundan tashqari uning vaziyati o'zgarmasligini doimo kuzatib turish kerak. Bunday kamchilikdan vizir chizig'ini istalgan holatga avtomatik o'rnatadigan kompensatorli nivelirlar holidir.

2.3-rasm. 1. To'rli harakatlanuvchi disk (kompensator).

2. Po'lat iplar. 3. Obyektiv.

Bir necha xil kompensatorlar mavjud. Ulardan eng oddiysi harakatlanuvchi to'rtli kompensator hisoblanadi. Unda obyektiv fokus masofasiga teng bo'lgan masofaga uchta po'lat simga to'rtli disk ilib qo'yiladi. Truba egilganda to'rt o'zgarmas holatni egallaydi.

2.3. H3 nivelirini tekshirish

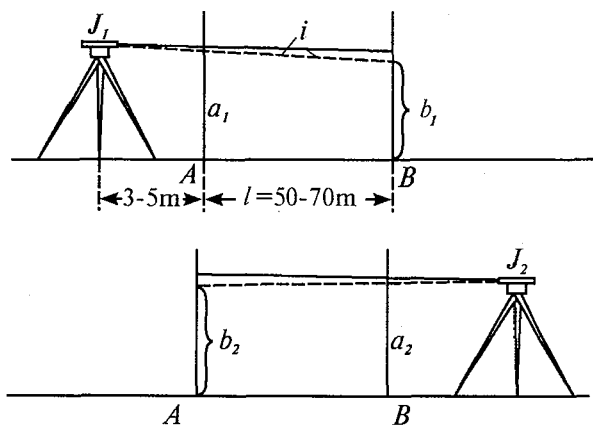
Nivelir quyidagi geometrik shartlarga amal qilishi kerak:

1. Aylanali adilak o'qi nivelir aylanish o'qiga parallel bo'lishi kerak.

2. To'rt iparidan biri nivelir aylanish o'qiga perpendikular bo'lishi kerak.

3. Silindrik adilak o'qi truba vizir o'qiga parallel bo'lishi kerak (nivelir bosh sharti).

1. Nivelirning bosh shartini tekshirish ikki marta nivelirlash orqali bajariladi. 50–70 m uzunlikdagi AB chiziqda ikkita qoziq qoqiladi (2.4-rasm). Nivelir A nuqtadan 3–5 m masofaga AB chiziq stvori bo'yicha J_1 stansiyasiga o'rnatiladi. A va B nuqtalarga reykalar o'rnatiladi. Reykadan a_1 va b_1 sanoqlar olinadi.



2.4-rasm. Nivelirni tekshirish.

Keyinchalik nivelir B nuqtadan 3—5 m masofada va nivelirlanadigan chiziqda joylashgan J_2 stansiyaga o'rnatiladi. Reykalardan a_2 va b_2 sanoqlar olinadi. Olingan natijalar yordamida A va B nuqtalar orasidagi nisbiy balandlikni ikki marta hisoblash mumkin:

$$1. h = a_1 - (b_1 + x),$$

$$2. h = (b_2 + x) - a_2,$$

bu yerda $a_1 - (b_1 + x) = (b_2 + x) - a_2$.

Bu tenglikni yechib, reyka bo'yicha sanoqdagi xatolikni topamiz:

$$x = \frac{1}{2}(a_1 + a_2) - \frac{1}{2}(b_1 + b_2)$$

$$i = \frac{x}{l} \rho''.$$

Agar x ning absolut qiymati 4 mm dan oshmasa, nivelir bosh sharti bajarilgan hisoblanadi.

Teskari holatda adilak holati to'g'rilanishi kerak. Buning uchun elevatsion vint yordamida reykada $b'_2 = b_2 + x$ sanoq o'rnatiladi. Bunda adilak pufagi joyidan ketib qoladi. Silindrik adilak to'g'rilash vintlari bilan pufak nol punktga keltiriladi. Tekshirish qayta bajariladi.

Bunday jarayon bitta usulni tashkil qiladi. Bunday usul asbob balandligini o'zgartirgan holda to'rt marta bajariladi.

Misol. Nivelir H 3 № 1740

№	Reyka bo'yicha sanoq				$x(\text{mm})$	V	V^2
	a_1	b_1	a_2	b_2			
1	1549	1751	1530	1330	-1.0	-1.38	1.90
2	1517	1717	1569	1373	-2.0	0.38	0.14
3	1601	1808	1578	1377	-3.0	+0.62	0.38
4	1581	1784	1574	1378	-3.5	+1.12	1.25

O'rta -2.38 -0.02 3.67

Aniqlikni baholash.

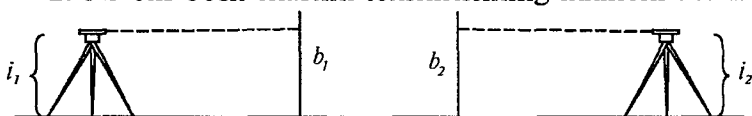
Bitta o'lchashning o'rta kvadratik xatosi:

$$m = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,67}{3}} = \pm 1 \text{ mm.}$$

O'rta arifmetikning o'rta kvadratik xatosi:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{1,1}{\sqrt{4}} = \pm 0,6 \text{ mm.}$$

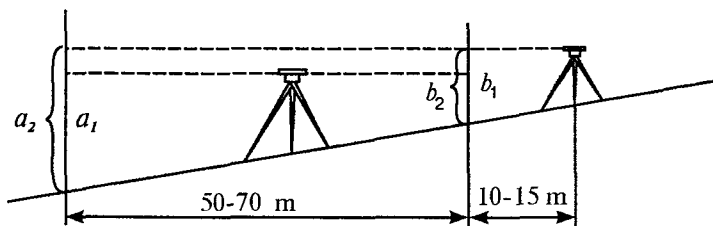
2. Nivelir bosh shartini tekshirishning ikkinchi usuli.



$$x = \frac{1}{2} (i_1 + i_2) - \frac{1}{2} (b_1 + b_2)$$

2.5-rasm.

3. Nivelir bosh shartini tekshirishning uchinchi usuli



2.6-rasm.

$$h_0 = a_1 - b_1,$$

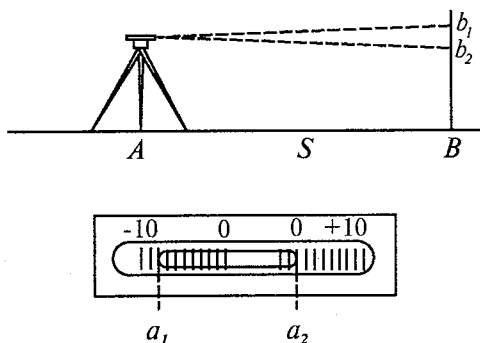
$$h_x = a_2 - b_2,$$

$$x = h_x - h_0.$$

2.4. H3 nivelirini tadqiq qilish

1. Reyka bo'yicha adilak bo'lagi qiymatini aniqlash

Nivelir va reyka 40—50 m masofaga o'rnatiladi. Masofa *S* lenta yoki ruletka bilan o'lchanadi. Ko'tarish vintlari-dan bittasi qarash trubasining tagida joylashishi kerak.



2.7-rasm.

Qarash trubasi reykaqa qaratilib va adilak pufagi nol punkt-dan u tomonga yoki bu tomonga elevatsion vint yordamida siljiriladi va reyka bo'yicha b_1 va pufakning ikki chetidan a_1 va a_2 sanoq olinadi.

Keyinchalik pufak nol punktdan boshqa tomonga (ko'tarish yoki elevatsion vint yordamida) siljiriladi. Reyka bo'yicha b_2 sanog'i, pufakning chetlari bo'yicha a_3 va a_4 sanoqlari olinadi. Bu hammasi bitta usulni tashkil qiladi. Bo'lak qiymati to'rtta usulda aniqlanadi. Usullar orasida nivelir bilan reyka orasidagi masofa o'zgartiriladi.

Kuzatish natijasini hisoblash quyidagi tartibda amalga oshiriladi. Pufakning o'rtacha holati hisoblanadi:

$$a_1 = \frac{a_1 + a_2}{2}; \quad a_n = \frac{a_3 + a_4}{2}.$$

Ampula bo'laklarida pufakning siljish uzunligi hisoblanadi:

$$n = a_n - a_1 = a_3 - a_1 = a_4 - a_2.$$

Adilak bo'lagi qiymati aniqlanadi

$$\tau = \frac{b_2 - b_1}{S \cdot n} \rho'', \quad \rho'' = 206265''.$$

Aniqlik baholanadi.

Bitta o'lchashning o'rta kvadratik xatosi hisoblanadi:

$$m = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-1}}.$$

O'rtacha arifmetikning o'rta kvadratik xatosi hisoblanadi:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}},$$

bu yerda: V — adilak bo'lagi qiymatining o'rtacha qiymatidan farqi; n — usullar soni.

Misol. Nivelir H 3 № 8715

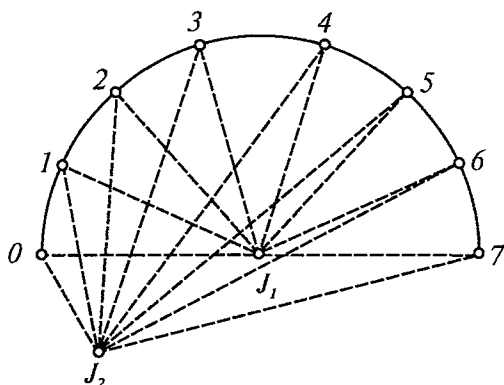
№	Pufak chetlaridan sanoq		$\frac{a_1 + a_2}{2}$	Reykaga-cha masofa, S (m)	Reyka bo'yicha sanoq, mm	τ''	V''	V^2
	a_1	a_2						
1	-8.0	+1.5	-3.2	21.2	1355	24.3	-0.5	0.25
	-2.0	+7.5	+2.8		1340			
	6.0	6.0	6.0		15			
2	0.0	+9.5	+4.8	24.0	1359	23.6	+0.2	0.04
	-4.0	+5.5	+0.8		1370			
	4.0	4.0	4.0		11			
3	-1.0	+8.5	+3.8	29.4	1388	26.6	-0.8	0.64
	-5.0	+4.5	-0.2		1402			
	4.0	4.0	4.0		14			
4	-7.0	+2.5	-2.25	31.4	1419	22.7	+1.1	1.21
	-1.5	+8.0	+3.25		1400			
	5.5	5.5	5.5		19			

$$\tau_{o'rt} = 23.8 \quad 0 \quad 2.14$$

$$m = \sqrt{\frac{2.14}{3}} = \pm 0.84, \quad M = \frac{0.84}{\sqrt{4}} = 0.42.$$

2.5. Trubani fokuslashda vizir o'qi vaziyatining doimiyligini tadqiq qilish

40—50 m radius bilan aylana bo'lagini hosil qiladigan, ochiq tekis joyda J_1 nuqta tanlanadi. Aylanada 0, 1,



2.8-rasm.

2, 3, 4, 5, 6 va 7 nuqtalar belgilanadi va hamma nuqtalarga qoziq qoqiladi.

Nivelir J_1 stansiyaga o'rnatiladi, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 va 7 nuqtalarga qo'yilgan reyklar bo'yicha oldin to'g'ri yo'nalish, keyin teskari yo'nalish bo'yicha sanoq olinadi. Bu jarayon bitta usulni tashkil qiladi. Usullar orasida asbob balandligini o'zgartirgan holda bunday usul birdaniga uch marta bajariladi.

Keyinchalik nivelir J_2 stansiyasiga keltiriladi va qarash trubasi fokusini o'zgartirmasdan 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 va 7 nuqtalarga qo'yilgan reyklar bo'yicha oldin to'g'ri yo'nalishda, keyinchalik teskari yo'nalishda sanoq olinadi. Bu jarayon ham bitta usulni tashkil qiladi. Usullar orasida asbob balandligini o'zgartirgan holda bunday usul birdaniga uch marta bajariladi.

$a_0, a_1, a_2, a_4, a_5, a_6, a_7$ — J_1 stansiyasida bajarilgan oltita sanoqning o'rtacha qiymatlari;

$a'_0, a'_1, a'_2, a'_4, a'_5, a'_6, a'_7$ — J_2 stansiyasida bajarilgan oltita sanoqning o'rtacha qiymatlari;

Berilganlar yordamida boshqa nuqtalardan nol nuqtaning nisbiy balandligi aniqlanadi:

J_1 stansiya uchun:

$$h_1 = a_1 - a_0$$

$$h_2 = a_2 - a_0$$

$$h_3 = a_3 - a_0$$

$$h_4 = a_4 - a_0$$

$$h_5 = a_5 - a_0$$

$$h_6 = a_6 - a_0$$

$$h_7 = a_7 - a_0$$

J_2 stansiya uchun:

$$h'_1 = a'_1 - a'_0$$

$$h'_2 = a'_2 - a'_0$$

$$h'_3 = a'_3 - a'_0$$

$$h'_4 = a'_4 - a'_0$$

$$h'_5 = a'_5 - a'_0$$

$$h'_6 = a'_6 - a'_0$$

$$h'_7 = a'_7 - a'_0$$

(1) va (2) formula bilan hisoblangan nisbiy balandliklar mos ravishda bir-biriga teng bo'lishi kerak. Farq ± 5 mm chek bilan yo'l qo'yiladi.

Misol.

J_1 stansiyada nivelir H3 № 1740

Nuqta №	I usul		II usul		III usul		3 ta usuldan o'rtasi	Nisbiy balandlik
	To'g'ri	Teskari	To'g'ri	Teskari	To'g'ri	Teskari		
0	1511	1510	1612	1611	1413	1412	1511.5	
1	1596	1594	1695	1696	1495	1494	1595.0	-83.5
2	1570	1573	1671	1672	1471	1470	1571.2	-59.7
3	1560	1562	1661	1662	1462	1463	1561.7	-50.2
4	1501	1500	1602	1601	1403	1402	1501.5	+10.0
5	1533	1530	1630	1631	1434	1431	1531.5	-20.0
6	1585	1584	1687	1686	1486	1485	1585.5	-74.0
7	1547	1546	1648	1649	1449	1450	1548.2	-36.7

J_2 stansiyada

0	1231	1230	1333	1333	1130	1131	1231.3	
1	1314	1213	1416	1415	1214	1214	1314.3	-83.0
2	1291	1290	1393	1393	1190	1191	1291.3	-60.0
3	1284	1283	1386	1386	1183	1184	1284.3	-53.0
4	1223	1222	1325	1326	1121	1122	1223.2	+8.1
5	1250	1250	1352	1353	1151	1151	1251.2	-19.9
6	1305	1204	1406	1407	1205	1205	1305.3	-74.0
7	1268	1267	1370	1369	1168	1167	1268.2	-36.9

Mos nisbiy balandliklarda farq qiymati 2,8 mm ga teng. Demak, nivelir H 3 № 1740 ishga yaroqli.

2.6. Dalnomerning koeffitsiyentini aniqlash

Uzunligi 75—100 m tekis maydonda AB chiziqli tanlanadi. Belgilangan chiziqli uzunligini 0,1 m aniqlikda lenta yoki ruletka bilan o'lchanadi. A nuqtaga nivelir va B nuqtaga reyka o'rnatiladi. Reyka bo'yicha dalnomerning pastki (P) va yuqori (Yu) iplaridan millimetrdagi sanoq olinadi (2.9-rasm). Bu jarayon bitta usulni tashkil qiladi. Bunday usul asbob balandligini o'zgartirgan holda to'rt marta bajariladi.

Dalnomer koeffitsiyenti hisoblanadi:

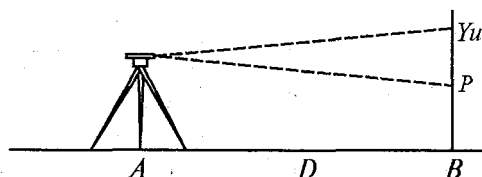
$$K = \frac{D}{(P - Yu)_{o'r}}$$

Bu yerda: D — reyka-gacha bo'lgan masofa, millimetrdagi;
 $(P - Yu)_{o'r}$ — dalnomer iplarining yuqori va pastki iplari bo'yicha olingan sanoq farqining o'rtachasi, millimetrdagi.

Misol. Nivelir H 3 № 1410

№	Dalnomer iplari bo'yicha sanoq		$P - Yu$
1	Yu	1001	750
	P	1751	
2	Yu	1143	751
	P	1894	
3	Yu	1297	749
	P	2046	
4	Yu	1238	750
	P	1988	
	O'rtacha		750

$$D = 75,0 \text{ m}, \quad K = \frac{75000}{750} = 100.$$

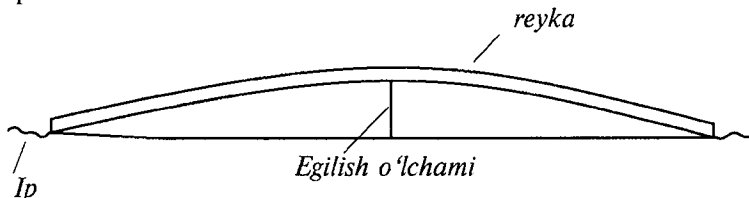


2.9-rasm.

2.7. Reykalarni tekshirish

1. Reykaning egriligini aniqlash

Reyka yonboshiga gorizontal yotqiziladi va ikki uchidan ip tortiladi.



2.10-rasm.

Egilish o'lchami chizg'ich yordamida o'lchanadi. Agar o'lcham 10 mm dan oshmasa, reyka ishga yaroqli hisoblanadi.

2. Reykadagi dumaloq adilakning o'rnatilganligini tekshirish

Tekshirish shovun yordamida bajariladi. Buning uchun reyka shovun yordamida vertikal (tik) o'rnatiladi va adilakning to'g'rilash vintlari yordamida pufak ampulaning markaziga keltiriladi. Bu tekshirishni nivelirning vertikal iplari yordamida ham bajarish mumkin. Buning uchun reyka 50 m masofaga uning tekis tomoni, keyinchalik yonboshi bilan qo'yiladi. Har doim adilakning to'g'rilash vinti bilan pufak ampulaning markaziga keltiriladi. Tekshirish bir necha marta qaytariladi.

2.8. Reykalarni tadqiq qilish

1. Reyka detsimetr bo'laklari xatosini aniqlash.

Tadqiqot kontrol metr yordamida bajariladi. Detsimetrli intervalning har bir bo'lagini o'lchash ikki martadan bajariladi.

Qora tomoni

Detsimetrlar	Etalon lineykasi bo'yicha sanoq		Farq (2-1) (0,01 mm)	Sanoqlardan o'rtachasi, mm	Detsimetr bo'laging xatosi, mm	Detsimetr bo'laging tasodifiy xatosi, mm
	1	2				
0	0.00	26	+26	13		
1	100.08	40	+32	24	+0.11	+0.10
2	200.10	40	+30	25	+0.01	0
3	300.12	42	+30	27	+0.02	+0.01
4	400.16	42	+26	29	+0.02	+0.01
5	500.16	46	+30	31	+0.02	+0.01
6	600.14	40	+26	27	-0.04	-0.05
7	700.12	42	+30	27	0	-0.01
8	800.14	44	+30	29	+0.02	+0.01
9	900.14	40	+26	27	-0.02	-0.03
10	1000.16	42	+26	29	+0.02	+0.01
...	...	...	...	...	...	...
					+0.68	+0.52
					-0.46	-0.60
					+0.22	-0.08

Detsimetr bo'lagingining sistematik xatosi

$$\sigma = \frac{+0.22}{30} = +0.007 \approx +0.01 \text{ mm.}$$

Reykani gorizontal holatda o'rnatib, uning ustiga tekshirish lineykasini joylashtiriladi. Bunda lineyka noli reyka noli bilan ustma-ust tushishi kerak. Reykaning birinchi metrda sanoq detsimetr shtrixlari qarshisidan olinadi va ozgina siljilib sanoq olish qaytariladi.

Reykaning ikkinchi va uchinchi metrlarida o'lchash shu tartibda bajariladi. Har bir metrdagi (2-1) farq qiymati 0,1 mm dan katta bo'lmasligi kerak.

Detsimetr bo'laklari xatoliklari yig'indisi topiladi. Yig'indi o'lchashda sistematik xatoning borligini ko'rsatadi. Har bir farqqa sistematik xato ta'siri qiymati quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\sigma = \frac{[d]}{n},$$

bu yerda $[d]$ — detsimetr bo'laklari (sistematik xato) xatoliklari yig'indisi; n — o'lchashlar soni.

Farqlardan sistematik xatoliklar qiymatini hisoblab, reykaning detsimetr bo'laklari tasodifiy xatoligini topiladi. Reykalarining tasodifiy xatoliklari eng katta qiymati ± 0.5 mm dan oshmasligi kerak. Reykaning qizil tomonini tadqiq qilish ham xuddi shunday tartibda bajariladi.

2. Reykalarining o'rtacha bir metr uzunligini aniqlash

Aniqlash tekshirish metri yordamida bajariladi. Reykaning metrli oraliqlari ikki marta: oldin to'g'ri, keyin teskari yo'nalishda o'lchanadi. Har bir oraliqni ikkinchi o'lchashdan oldin etalon lineyka ozgina siljiriladi.

Etalon lineyka:

№ 751 $L = 1000 - 0,01 + 0,019 (t - 16,0^\circ)$ mm

Qora tomoni

Reyka bo'lagi	Lineyka sanog'i, mm			O'rtacha (o'-ch), mm	Lineyka uzunligiga tuzatma, mm	Reyka bo'lagining uzunligi, mm
	Chap (ch)	O'ng (o')	O'-ch			
1	2	3	4	5	6	7
		To'g'ri yo'nalish, $t = + 12,8^\circ$				
1—10	0,44	900,62	900,18			
	0,48	900,68	900,20	900,19	-0,06	900,13
10—20	0,64	1000,24	1000,20	1000,22	-0,07	1000,15
	0,24	1000,48	1000,24	1000,22	-0,07	1000,15
20—29	0,16	900,18	900,02			
	0,38	900,38	900,00	900,01	-0,06	899,95
		Teskari yo'nalish $t = + 13,2^\circ$				
29—20	0.10	900.12	900.02			
	0.34	900.38	900.04	900.03	-0.06	899.97
20—10	0.56	1000.76	1000.20			
	0.48	1000.66	1000.18	1000.19	-0.07	1000.12
10—1	0.14	900.36	900.22			
	0.26	900.48	900.22	900.22	-0.06	900.16
	4.22	11205.94	11201.72	5600.86	-0.38	5600.48

Etalon lineykasining lupasi birinchi va oʻninchi det-simetrlar ustiga oʻrnatilib sanoq olinadi. Farq hisoblanadi. Lineyka ozgina siljutilib, sanoq qayta olinadi. Farq hisoblanadi. Farqlar orasidagi qiymat 0,06 mm dan osh-masligi kerak. Ikkinchi va uchinchi boʻlak ham xuddi shunday tartibda oʻlchanadi. Teskari yoʻnalishda havo harorati oʻlchanadi va oʻlchash teskari tartibda bajariladi. Lineyka tenglamalaridan foydalanib bir reyka metr uzun-ligiga tuzatma hisoblanadi:

$$\sigma = -0,01 + 0,019 (13^{\circ} - 16^{\circ}) = -0,07 \text{ mm.}$$

0,9 m ga tuzatma topiladi:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ m da} & - -0,07 \text{ mm} \\ 0,9 \text{ m da} & - x \text{ mm} \end{array}$$

$$x = 0,9 x(-0,07) : 1 \text{ m} = -0,06 \text{ mm.}$$

Tuzatma kiritiladi va reyka boʻlagi uzunligining toʻgʻrilangan qiymati topiladi.

Tekshirish amalga oshiriladi:

$$\begin{array}{l} \sum O' - \sum Ch = \sum (O' - Ch); \\ \sum (O' - Ch) + \sum \sigma = \sum d. \end{array}$$

Toʻgʻri va teskari yoʻnalish boʻyicha reyka uzunligi 2,8 m, umumiy uzunligi 5,6 m ekanligini eʼtiborga olsak, tadqiq qilinayotgan reyka bir metr uzunligining oʻrtachasini topamiz:

$$\frac{5600.48}{5.6} = 1000.09 \text{ mm.}$$

Shu tartibdagi ketma-ketlikda reykaning qizil tomoni ham tadqiq qilinadi va bir metrning oʻrtacha uzunligi aniqlanadi.

Komplektga kiruvchi ikkinchi reyka boʻyicha ham shu oʻlchash ishlari amalga oshiriladi.

Misol. Birinchi reyka:

1. Qora tomoni 1000.09 mm.

2. Qizil tomoni 1000.12 mm.

Ikkinchi reyka:

1. Qora tomoni 1000.03 mm.

2. Qizil tomoni 1000.01 mm.

Juft reyka bir metrining o'rtacha uzunligi:

$$\frac{1000.09+1000.12+1000.03+1000.01}{4} = 1000.06 \text{ mm.}$$

Reykalarni tadqiq qilish dala ishlarigacha va dala ishlaridan keyin bajariladi. Juft reyka metrining o'rtacha uzunligi uchun tuzatma seksiyadagi o'lchangan nisbiy balandlikka kiritiladi va nivelir jurnaliga yozib qo'yiladi.

Reykalarning metr va detsimetr oraliqlari tasodifiy xatoligi III klass nivelirlash uchun ± 0.5 mm dan, IV klass nivelirlash uchun ± 1 mm dan oshmasligi kerak.

Misol. 16 aprelda berilgan komplekt reykaning o'rtacha tuzatma koeffitsiyenti $\sigma_1 \pm 0.06$ mm ga teng bo'ldi. 26 avgust dala ishlarining oxirida koeffitsiyentning yangi qiymati $\sigma_2 \pm 0.21$ mm olingan.

Seksiyada nisbiy balandliklar yig'indisiga tuzatma qiymatini topish kerak.

$h_{o'lch.} = +46,374_7$ m, 19 va 20 maygacha o'lchangan.

Tuzatmalar aniqlash oralig'ida (16 aprel — 26 avgust) 133 kun o'tdi. 16 aprel birinchi aniqlangan kundan 20 may seksiyada o'lchash kunigacha 35 kun o'tdi.

Demak 20 mayga tuzatmani hisoblaymiz:

$$\sigma = +0,06 + \frac{[0,21-(+0,06)]35}{133} = +0.10 \text{ mm.}$$

Topilgan tuzatmani hisobga olgan holda to'g'rilangan nisbiy balandlikni topamiz:

$$\begin{aligned} h_{to'g'ri} &= h_{o'lchan} + \sigma h_{o'lchan} = \\ &= +46.374_7 \text{ m} + [0,10(+46,4)] = +46,379_3 \text{ m.} \end{aligned}$$

3. Reykalarining nol balandliklari farqini aniqlash

Nivelirdan 20 metrcha uzoqlikda yerga har xil uzunlikda 4 ta qoziq qoqiladi. Ketma-ket har bir qoziqning ustiga birinchi reyka o'rnatilib, qora va qizil tomonidan sanoq olinadi. Undan keyin ikkinchi reyka qoziqdar ustiga qo'yilib sanoq olinadi. Bu bitta usulni tashkil qiladi. Nivelir balandligini o'zgartirib xuddi shunday usul qaytariladi.

Misol.

Usul №	Qoziq №	1-reykadan sanoq			2-reykadan sanoq		
		Qora tomon	Qizil tomon	Sanoqlar farqi	Qora tomon	Qizil tomon	Sanoqlar farqi
I	1	363	5150	4787	362	5051	4689
	2	412	5200	4788	411	5099	4688
	3	491	5277	4787	491	5178	4687
	4	592	5379	4787	591	5279	4688
II	1	409	5196	4787	410	5099	4689
	2	457	5245	4788	458	5147	4689
	3	538	5325	4787	539	5227	4688
	4	638	5426	4788	636	5325	4689
	Σ	3900	42198	38298	3898	41405	37507
	O'rt.	487.5	5274.8	4787.3	487.2	5175.6	4688.4

№1 reykaning qora va qizil tomonlari nol balandligi farqi 4787 mm, №2 uchun 4688 mm.

Reykalar noli balandliklari farqi (1-2):

Qora tomoni $487.5 - 487.2 = + 0.3$ mm.

Qizil tomoni $5274.8 - 5175.6 = + 99.2$ mm.

Juft reykalar $+ 0.3 - 99.2 = - 98.9$ mm = - 99 mm.

Stansiyada reykalarining qizil va qora tomonlari bo'yicha olingan nisbiy balandliklar farqi (1-2) holatda - 99 mm va (2-1) holatda + 99 mm qiymat bilan taqqoslanadi.

2.9. IV klass nivelirlash

Loyihani tuzish

Loyihani tuzishda oldin bajarilgan ishlarning materialari olinadi va tahlil qilinadi. Loyihada ishning tarkibi, hajmi, ish joyi, bajarilish tartibi va smeta narxi ko'rsatiladi. Loyiha tekst(matn) qismi, nivelir yo'llari tushirilgan karta va smetadan iborat. Loyihaning tekst(matn) qismida quyidagilar ko'rsatiladi:

1. Loyihalanayotgan nivelir yo'lining maqsadi.
2. Ish bajariladigan joyning qisqacha fizik-geografik tavsifi.
3. Bosh berilganlar (исходные данные) to'g'risida ma'lumot.
4. Oldin o'rnatilgan va loyihalanayotgan nivelir belgilar (знак) to'g'risida ma'lumot.
5. Loyihalanayotgan nivelir belgilarining turlari bo'yicha soni.
6. Asboblar va nivelirlash usullari.
7. Nivelirlash natijalarini hisoblash tartibi.

Nivelir yo'llarini loyihalashtirish 1:10000-1:300000 masshtabli kartalarda bajariladi. III va IV klass nivelir yo'llarini loyihalashda kartaga oldindan bajarilgan, 3 km gacha radiusda bo'lgan hamma klass nivelirlash, triangulyatsiya va poligonometriya punktlari tushiriladi.

Rekognossirovka

Rekognossirovka (joyini o'rganish) qilishda nivelir yo'lining va bog'lanish nuqtalarining eng qulay varianti, reper turlari va ularni o'rnatish joylari belgilanadi. Keyingi ishlarni tashkil qilish uchun kerakli ma'lumotlar yig'iladi.

Rekognossirovkachi dalada kartaga yoki aerosuratga reperlarni o'rnatish joyini, bor bo'lgan reperlarning joyini kerakli aniqlikda belgilaydi, ta'rif (описание) tuzadi va reperlarni o'rnatish uchun joyini belgilaydi.

Joyda reperlarni keyinchalik topish oson bo'lishi uchun reperlarni o'rnatish joyi xarakterli kontur va oriyentirga yaqin joylarda tanlanadi. Reperlarning uzoq saqlanishini va ishonchliligini ta'minlash uchun imkoni boricha reperlar o'rnatish uchun tuprog'i yaxshi bo'lgan do'ng joy tanlanadi. Reperlarni o'rnatish uchun eng qulayi — qoyali jinslardir (скальные породы). O'rnatish joyida yer osti suvlarining sathi yer yuzasiga 3-4 m yaqin bo'lmasligi kerak.

Rekognossirovkachi nivelir yo'lini va reper o'rnatish joyini belgilashda imkoni boricha qiya ko'tariladigan joylardan, botqoqliklardan, ekinzorlardan, ko'llardan va boshqa noqulay joylarni chetlab o'tishi kerak. Tushuntirish xatida nivelirlash muddati va nivelirlash uchraydigan qiyinchiliklar tafsiloti yoziladi. Rekognossirovka natijasi bo'yicha quyidagi hujjatlar taqdim qilinadi:

1. Nivelirlash yo'llarining aniqlik kiritilgan sxemasi.
2. Bor bo'lgan yo'l bilan loyihalalanayotgan yo'l bog'lanishining aniqlik kiritilgan sxemasi.
3. Tushuntirish xati.
4. Reperlarni o'rnatish uchun joyning tavsifi.
5. Yo'qotilgan va topilmagan nivelir belgilarning qaydnomasi (akti).
6. Tadqiq qilingan va ta'mirlangan nivelir belgilarning ro'yxati.

Nivelirlash

IV klass nivelirlash bir tomonga bajariladi. Stansiyada kuzatish quyidagi ketma-ketlikda bajariladi:

1. Nivelirning qarash trubasi orqa reykaning qora tomoniga qaratilib, dalnomerning yuqori va o'rta iplaridan sanoq olinadi.

2. Qarash trubasi oldingi reykaning qora tomoniga qaratilib, dalnomerning yuqori va o'rta iplaridan sanoq olinadi.

3. Qarash trubasi oldingi reykaning qizil tomoniga qaratilib, dalnomerning o'rta ipidan sanoq olinadi.

4. Qarash trubasi orqa reykaning qizil tomoniga qaratilib, dalnomerning o'rta ipidan sanoq olinadi.

Nivelir trubasi kattalashtirish koeffitsiyenti 30° dan kam bo'lmasa, nivelirlash vizir nuri uzunligi 100 m bo'ladi deb olinadi. Agar nivelir tasvirida tebranish yo'q bo'lsa, vizir nurini 150 m gacha uzaytirishga ruxsat etiladi. Nivelirdan reykgacha bo'lgan masofa qadam bilan o'lchanadi. Nivelirdan reykgacha masofaning tengsizligi 5 m, seksiyada uning yig'ilganligi 10 m dan oshmasligi kerak. Vizir nurining yer yuzasidan balandligi 0,2 m dan kam bo'lmasligi kerak.

Kuzatish paytida nivelir quyosh nuridan zont yordamida himoya qilinadi. Reykalar bashmakka adilak bo'yicha qo'yiladi. Stansiyadan stansiyaga o'tganda reykachilar almashib qoladi: oldingisi orqada, orqadagisi oldinga o'tadi. Nivelirlashdagi tanaffusda ish doimiy belgida to'xtatiladi. Nivelirlash ishini tugatishni 0.3 m chuqurlikka ko'milgan uchta qoziqda ham to'xtatish mumkin. Ikki stansiyada odatdagi dastur bo'yicha nivelirlanadi va keyinchalik qoziqlar ko'mib tashlanadi.

Tanaffusdan keyin nivelirlash oxirgi stansiyadan boshlanadi, zarurat bo'lsa, oxirgisidan oldingi stansiyadan ham boshlash mumkin. Tanaffusdan keyingi nivelirlash natijasini taqqoslashdan qaysi qoziq tanaffusgacha bo'lgan holatini saqlab qolganligi aniqlanadi. O'sha qoziqdan nivelirlash ishlari davom ettiriladi. Tanaffusgacha va tanaffusdan keyingi natijalar farqi 5 mm dan oshmasa, qoziq tanaffusgacha bo'lgan holatini saqlagan hisoblanadi. Agar katta farq chiqsa, seksiya bo'yicha nivelirlash qaytadan doimiy belgidan boshlab bajariladi.

Reykalarining qora va qizil tomonlari bo'yicha aniqlangan stansiyadagi nisbiy balandliklar farqi 5 mm gacha yo'l qo'yiladi. Agar kuzatishda farq katta bo'lsa, nivelir balandligini 3-5 sm ga o'zgartirib stansiyada kuzatish qayta

bajariladi. Boshlang'ich punktlar orasidagi yo'l bo'yicha nivelirlash tugagandan keyin bog'lanmaslik xatosi hisoblanadi:

$f_{h \text{ bog' }} = \pm 20 \text{ mm} \sqrt{L}$, bu yerda L — yo'l uzunligi, km da.

IV klass nivelirlash jurnali

$\frac{\text{№, станц.}}{\text{№, рейка}}$	Orqa va oldingi reytagacha dalnomer masofa	Reykalar bo'yicha sanoq		Nisbiy balandlik, mm	O'rtacha nisbiy balandlik, mm
		Orqa	Oldingi		
$\frac{1}{2-1}$ (Rp№26)	370 (7)	0226 (1)	0541(3)		
	368 (8)	0596(2)	0909(4)	-313 (11)	—
		5283(6)	5695 (5)	-412 (12)	312,5(14)
	+2/+2	4687 (9)	4786 (10)	+99 (13)	
$\frac{2}{1-2}$	321	444	652		
	320	765	972	-207	-207
		5552	5659	-107	
	+1/+3	4787	4687	-100	
$\frac{3}{2-1}$ Betma-bet tekshirish	1379 (15)	12196 (16)	13235 (17)	-1039(18)	-519.5 (19)
	275.8 m	-13235 -1039 (20)		-519.5(21)	

Jurnalga yozish aniq va toza bajarilishi kerak. Jurnalda sanoqlarni to'g'rilash va o'chirib yozish taqiqlanadi. Stansiyadagi noto'g'ri kuzatishlar natijalari ustidan tartibli bir chiziq bilan chizib qo'yiladi va kuzatish qayta bajariladi. Qayta kuzatilgan stansiya nomeri «qayta» degan so'z bilan yozib qo'yiladi.

Hisoblashdagi noto'g'ri yozuvlar ustidan chizilib tepasiga to'g'risi yozib qo'yiladi. Har bir seksiya bo'yicha stansiya nomeri birinchidan boshlanadi.

Topshirish uchun kerak hujjatlar(materiallar)

Dala ishlari tugagandan keyin bajaruvchi quyidagi hujjatlarni(materiallarni) taqdim etishi kerak:

1. Rasmiylashtirilgan va tekshirilgan dala jurnallari.
2. Dala ishlari to'g'risida tushuntirish xati.
3. Nivelir va reykalarni tadqiq qilish natijalari.
4. Punktlar absolut va nisbiy balandliklari vedomosti.
5. Nivelirlash sxemasi.
6. Reperlar tushirilgan 1:25000 yoki 1:10000 masshtabli topografik karta.

Materiallarga topshiriladigan hamma hujjatlar varaqlari nomerlanib tikib topshiriladi. Hamma materiallarda bajarilgan vaqti, kuni, sanasi, yili va bajaruvchining imzosi bo'lishi kerak.

2.10. III klass nivelirlash

III klass nivelirlash to'g'ri va teskari yo'nalishda bajariladi. Stansiyada kuzatish quyidagi ketma-ketlikda bajariladi:

1. Nivelirning qarash trubasi orqa reykaning qora tomoniga qaratilib, dalnomerning yuqori, o'rta va pastki iplaridan sanoq olinadi.

2. Qarash trubasi oldingi reykaning qora tomoniga qaratilib, dalnomerning yuqori, o'rta va pastki iplaridan sanoq olinadi.

3. Qarash trubasi oldingi reykaning qizil tomoniga qaratilib, dalnomerning o'rta ipidan sanoq olinadi.

4. Qarash trubasi orqa reykaning qizil tomoniga qaratilib, dalnomerning o'rta ipidan sanoq olinadi.

Nivelir trubasi kattalashtirish koeffitsiyenti $35^{\times}$ dan kam bo'lmasa, nivelirlash vizir nuri uzunligi 75 m bo'lishi kerak. Agar nivelir tasvirida tebranish yo'q bo'lsa, vizir nurini 100 m gacha uzaytirishga ruxsat etiladi. Nivelirdan reyka-gacha bo'lgan masofa tros, lenta yoki ruletka bilan o'lchanadi. Nivelirdan reyka-gacha masofaning tengsizligi 2 m, seksiyada uning yig'ilganligi 5 m dan oshmasligi kerak. Vizir nurining yer yuzasidan balandligi 0,3 m dan kam bo'lmasligi kerak.

Kuzatish paytida nivelir quyosh nuridan zont yordami-da himoya qilinadi. Reykalar bashmakka adilak bo'yicha qo'yiladi. Tanaffus uchun qoida bo'yicha ish doimiy belgi-da to'xtatiladi. Uchta qoziqda nivelirlashda ham to'xtatish ruxsat etiladi. Tanaffusdan oldingi va keyingi nisbiy balandliklar qiymati farqida 3 mm yo'l qo'yish mumkin.

Har bir reykaning qora tomonidan o'rta ip bo'yicha olingan sanoq farqi 3 mm dan oshmasligi kerak. Reykalarining qizil va qora tomonlari bo'yicha hisoblangan nisbiy balandliklari qiymatlari orasidagi farq 3 mm dan oshmasligi kerak. Farq ushbu kattalikdan oshib ketsa, stansi-yadagi kuzatish nivelir balandligini ozgina o'zgartirilib, qaytadan bajariladi. Seksiyada nivelirlashni bajargandan keyin to'g'ri va teskari yo'l bo'yicha olingan nisbiy ba-landliklar qiymati bir-biri bilan taqqoslanadi. Bu qiymat-lar orasidagi farq $\pm 10 \text{ mm} \sqrt{L}$ dan oshmasligi kerak. Agar farq yo'l qo'yish xatosidan katta bo'lsa, seksiya bo'yicha nivelirlash biror yo'nalish bo'yicha qaytadan qilinadi. Ko'rinarli qoniqtirmaydigan nisbiy balandlik qiymati hisoblashdan chiqarib tashlanadi. Qolgan ikkita qiymat hisoblashga kiritiladi va ularning bir-biridan farqi $\pm 10 \text{ mm} \sqrt{L}$ dan katta bo'lmasligi kerak.

III klass nivelirlash jurnali

№, станц. №, пейка	Dalnomer iplari bo'yicha sanoq				Dalnomerning o'rta ipi bo'yicha sanoq			O'rtacha nisbiy balandlik
	Orqa reyka	Oldingi reyka	Nisbiy baland. tekshirish		Orqa reyka	Oldingi reyka	Nisb. baland. tekshirish	
1 1-2 (Rp№11)	1794(2)	1861(5)	-67(11)	r	1981(1)	2048(4)	-67(14)	-67,5 (19)
	2168(3)	2236(6)	-68(12)	k	6668(8)	6836(7)	-168(15)	
	374(9)	375(10)	-1/-1(13)		4687(16)	4788(17)	+101(18)	
2 2-1	1167	387	+780	r	1354	575	+779	+778.5
	1541	763	+778	k	6141	5263	+878	
	374	376	-2/-3		4787	4688	-99	
3 1-2								
Bet	6670	5247	+1423		16144	14722	+1422	+711.0
Tekshirish	(20)	(21)	(22)		(23)	(24)	(25)	(26)

$$6670 - 5247 = +1423; \quad 16144 - 14722 = +1422;$$

$$+1423:2 = +711.5; \quad +1422:2 = +711.0;$$

III klass nivellirash punktlari balandliklari va nisbiy balandliklari jadvali

Seksiya №	Nivelir belgining turi va nomeri	Nivelir belgining joylanishini yozish	Yaqin belgilar orasidagi masofa, km	Boshlang'ich punktdan masofa, km	Teskari va to'g'ri yo'ldagi shtativlar soni	O'changan nisbiy balandlik, m	To'g'ri yo'l	Teskari yo'l	Yo'llardagi nisbiy balandliklar farqi, mm	O'rtacha nisbiy balandlik, mm	Tenglashtirishdan tuzatma, mm	Tenglashtirilgan nisbiy balandlik, m	Absolut balandlik, m
	G.r.			0.0									72.963
	№6												
1		2.7			26	+2.734	-2.741	-7	+2.738	-1	+2.737		
	G.r.		2.7		26								75.700
№7													
2		3.4			36	-1.854	+1.860	+6	-1.857	-2	-1.859		
		3.6			38								
	D.r.		6.2										73.841
№11													
		6.2	6.2	6.3	+0.880	-0.881	-1	+0.881	-3	+0.878			

$$f_h = \sum h - (H_{\text{Oxir}} - H_{\text{Bosh}}) = +0,881 - (73,841 - 72,963) =$$

$$= +0,881 - 0,878 = +3 \text{ mm},$$

$$\text{chek } f_h = \pm 10 \text{ mm } \sqrt{L} = \pm 10 \text{ mm } \sqrt{6.2} = \pm 25 \text{ mm}.$$

$$1 \text{ km yo'liga tuzatma } W = -\frac{f_h}{L} = -\frac{3}{6.2} = -0,5 \text{ mm}.$$

2.11. Nivelirlash xatoliklarining manbalari

Xatoliklarning asosiy manbalari quyidagicha:

1. *Asbob xatoliklari:*

a) nivelirning bosh shartiga rioya qilmaslik.

Nisbiy balandlikni aniqlashda bosh shartiga rioya qilmaslikdan kelib chiqadigan o'rta kvadratik xatolik:

$m_i = \pm (S_{\text{orq}} - S_{\text{old}}) \frac{i''}{\rho}$ mm («Справочник геодезиста» bo'yicha)

$$m_i = \pm \frac{1}{2} (S_{\text{orq}} - S_{\text{old}}) \frac{i''}{\rho''} \text{ mm,}$$

i'' — vizir chizig'i bilan adilak o'qi orasidagi burchak:

$$i'' = \frac{b_2 - b_1}{S} \rho''.$$

$S_{\text{orq}} - S_{\text{old}}$ — oldingi va orqangi reytagacha bo'lgan masofa, mm da.

b) adilak pufagi uchlarini noaniq birlashtirish.

$m_{\text{birl}} = (1.5 \tau'' S \cdot 10^{-4})$ mm («Справочник геодезиста» bo'yicha)

$$m_{\text{birl.}} = \pm \left(\frac{\tau'' \cdot 10^3}{25 \rho''} \cdot S \right) \text{ mm.}$$

d) reytagadan sanoq olish xatoligi

$$m_{\text{sanoq}} = \pm \left(a + b \frac{t}{V} S \right) \text{ mm; («Справочник геодезиста»)}$$

$$m_{\text{sanoq}} = \pm (0,03t + 0,20 \frac{S}{V}) \text{ mm; («Справочник}$$

геодезиста»)

bu yerda: V — qarash trubasining kattalashtirishi, t — shashka o'lchami (reytagadagi interval, shtrix qalinligi) o'lchami, mm,

$$a = 0,092 \quad b = 0,0218.$$

S — reytagacha bo'lgan masofa.

e) reytagalarni komparirlash xatoligi.

1. Nivelir bashmaklarni vertikal siljitish.
2. Kuzatish vaqtida reytagalarning novertikal holati.
3. Asbobga temperaturaning ta'siri.

4. Refraksiya sharoitining o'zgarishi tufayli xatolik.

Bu xatoliklarning bir nechitasi tasodifiydir, bir nech-tasi sistematikdir. Oldindan bu xatoliklarning miqdorini aniqlash va ularni yo'qotishning iloji yo'q. Xatoliklar ta'sirini kamaytirish nivelirlash bo'yicha yo'riqnoma talablariga qattiq rioya qilish yo'li bilan amalga oshi-riladi.

3-bob

NIVELIR TO'RLARIDAGI TENGLASHTIRISH HISOB ISHLARI

3.1. Yolg'iz nivelir yo'lini tenglashtirish

n ta stansiyali nivelir yo'li mavjud deylik (3.1-rasm).

A va B punktlarning absolut balandliklari H_A va H_B ma'lum. E nuqtaning absolut balandligi H_E ni topish kerak. H_E nuqtaning absolut balandligini ikki marta aniqlash mumkin:

$$A \text{ nuqtadan: } H'_E = H_A + \sum_1^k h, \quad (1)$$

$$B \text{ nuqtadan: } H''_E = H_B + \sum_{k+1}^n h. \quad (2)$$

O'lchashlarda tasodifiy va sistematik xatolar mavjud, shuning uchun H'_E va H''_E lar bir-biriga teng emas. E nuqta absolut balandligining ehtimoliy qiymati quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$H_E = \frac{H'_E \cdot P'_E + H''_E \cdot P''_E}{P'_E + P''_E}. \quad (3)$$

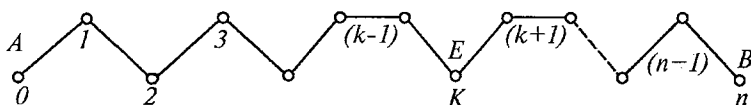
Bu yerda: $P'_E = \frac{1}{k}$, $P''_E = \frac{1}{n-k}$,

P'_E — H'_E absolut balandlikning vazni,

P''_E — H''_E absolut balandlikning vazni,

K — A va E punktlar orasidagi yo'l stansiyalar soni,

$(n-k)$ — E va B punktlar orasidagi yo'l stansiyalar soni.



3.1-rasm.

(3) formulani soddalashtirish uchun (1) va (2) formulalarni olib, ularning farqini topamiz:

$$H'_E - H''_E = H_a + \sum_1^k h - H_B + \sum_{k+1}^k h = \sum_1^n h - (H_B - H_a). \quad (4)$$

(4) tenglamaning o'ng tomoni berilgan yo'lning bog'lanmaslik xatoligidir. Shuning uchun quyidagicha yozamiz:

$$H'_E - H''_E = f_h, \quad (5)$$

bu yerda

$$H''_E = H'_E - f_h. \quad (6)$$

(6) ni (3) ga qo'yamiz, unda:

$$H_E = \frac{H'_E \cdot P'_E + (H'_E - f_h) \cdot P''_E}{P'_E + P''_E}. \quad (7)$$

Soddalashtirgandan keyin topamiz:

$$\begin{aligned} H_E &= \frac{H'_E \cdot P'_E + (H'_E - f_h) \cdot P''_E}{P'_E + P''_E} = \frac{H'_E (P'_E + P''_E) - f_h P''_E}{P'_E + P''_E} = \\ &= H'_E - \frac{f_h \cdot P''_E}{P'_E + P''_E}. \end{aligned} \quad (8)$$

(8) ga vazn qiymatlarini qo'yamiz va topamiz:

$$\begin{aligned} H_E &= H'_E - f_h \frac{\frac{1}{\frac{n-k}{1} + \frac{1}{k}}}{\frac{n-k}{1} + \frac{1}{k}} = H'_E - f_h \frac{\frac{1}{\frac{n-k}{1} + \frac{1}{k}}}{\frac{k(n-k)}{k(n-k)}} = \\ &= H'_E - f_h \frac{k(n-k)}{n(n-k)}. \end{aligned}$$

Yoki oxirida

$$H_E = H'_E - f_h \frac{k}{n}. \quad (9)$$

(9) ga asosan yolg'iz nivelir yo'li bog'lanmaslik xatolarini yo'lning har qanday oxiridan boshlab hamma stansiyalarga teskari ishora bilan teng qilib tarqatiladi.

3.1.1. Yolg'iz nivelir yo'lning tenglashtirilgan qiymati aniqligini baholash

E nuqta absolut balandligi vaznining ehtimoliy qiymati:

$$P_E = P'_E + P''_E. \quad (1)$$

yoki

$$P_E = \frac{1}{k} + \frac{1}{n-k} = \frac{n}{k(n-k)}. \quad (2)$$

Bundan ko'rinib turibdiki, yo'ldagi nuqtalar absolut balandligi bir xil ishonchli natijaga ega emas. K sonning o'zgarishi bilan P_E vazn ham o'zgaradi. Eng kichik vaznga ega bo'lgan punkt eng ishonchli natijaga ega bo'ladi.

Bundan ko'rinib turibdiki, yo'l nuqta absolut balandliklari bir xil ishonchli natijaga ega emas. Vazn P_E ning minimal qiymatiga $k(n-k)$ ifodaning maksimal qiymati mos keladi, shuning uchun $y=k(n-k)$ funksiyani olib berilgan funksiya k ning qanday qiymatida maksimal qiymatga ega bo'lishini topamiz:

$$u = k(n-k) = kn - k^2. \quad (3)$$

Differensiallaymiz:

$$\frac{dy}{dk} = n - 2k.$$

Hosilani nolga tenglab, topamiz:

$$\begin{aligned} n - 2k &= 0, \\ k &= \frac{n}{2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Demak, yoʻlning eng zaif joyi uning oʻrtasi ekan. (2) va (4) formulalarga asosan yoʻlni tenglashtirgandan keyin oʻrtadagi nuqtaning vazni quyidagiga teng:

$$P_E = \frac{n}{\frac{n}{2}(n - \frac{n}{2})} = \frac{2}{n - \frac{n}{2}}.$$

Yoki oxirida:

$$P_E = \frac{4}{n}. \quad (5)$$

Maʼlumki, oraliq nuqtalardan oʻrta kvadratik xatolik quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$m_H = \frac{m_h}{\sqrt{P_H}}, \quad (6)$$

bu yerda: m_H — 1 km yoʻlning yoʻl boʻyicha nisbiy balandligining oʻrta kvadratik xatosi, P_H — punkt absolut balandligining vazni.

(5) va (6) formulalarga asosan eng zaif punkt uchun ushbuga ega boʻlamiz:

$$m_E = \frac{m_H}{2} \sqrt{n}. \quad (7)$$

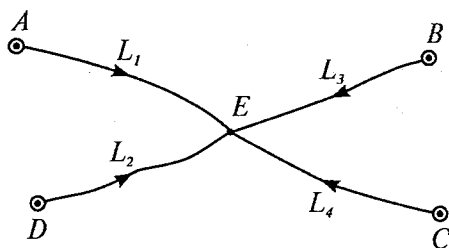
Misol. Agar $m_E = \pm 3$ mm, $L = 49$ km boʻlsa, yoʻl eng zaif nuqtasining oʻrta kvadratik xatosi nimaga teng?

Yechish. $m_{\text{zaif}} = \pm \frac{3}{2} \sqrt{49} = \pm 10,5$ mm.

3.2. Bitta tugun nuqtali nivelir toʻrini tenglashtirish

Absolut balandligi maʼlum A , B , C va D nuqtalardan nivelir yoʻllari L_1 , L_2 , L_3 va L_4 oʻtkazilgan (3.2-rasm).

Toʻrning berilgan nuqtasini tenglashtirish uchun E tugun nuqta absolut balandligining ehtimoliy qiymatini aniq-



3.2-rasm.

lash kerak. Berilganlar bo'yicha E nuqtaning 4 ta alohida absolut balandliklar qiymatini topishimiz mumkin:

$$\begin{aligned} H_E^I &= H_A + \sum h_1 \\ H_E^{II} &= H_D + \sum h_2 \\ H_E^{III} &= H_B + \sum h_3 \\ H_E^{IV} &= H_C + \sum h_4 \end{aligned}$$

Nivelir yo'llarining vazni quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$P_1 = \frac{1}{L_1}; P_2 = \frac{1}{L_2}; P_3 = \frac{1}{L_3}; P_4 = \frac{1}{L_4}.$$

E tugun nuqtaning ehtimoliy qiymati:

$$H_E = \frac{H_E^I \cdot P_1 + H_E^{II} P_2 + H_E^{III} P_3 + H_E^{IV} P_4}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}. \quad (1)$$

Bundan keyin farq tuzamiz va alohida yo'llarning bog'lanmaslik xatoligini topamiz:

$$\begin{aligned} H_E^I - H_e &= f_n^I, \\ H_E^{II} - H_e &= f_n^{II}, \\ H_E^{III} - H_e &= f_n^{III}, \\ H_E^{IV} - H_e &= f_n^{IV}. \end{aligned}$$

Bu bog'lanmaslik xatoliklari teskari ishora bilan teng yo'lning hamma stansiyalariga tarqatib chiqiladi va

boshqa punktlarning absolut balandliklari topiladi. Hisoblashni soddalashtirish uchun (1) formulaga aniq-
lanayotgan absolut balandlikning taxminiy qiymati H_0
kiritiladi, keyingi hisoblashlar qoldiqlar bilan bajariladi:

Qoldiq:

$$H_E^I - H_0 = \varepsilon_1; H_E^{II} - H_0 = \varepsilon_2; H_E^{III} - H_0 = \varepsilon_3; H_e^{IV} - H_0 = \varepsilon_4.$$

Unda formula (1) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$H_E = H_0 + \frac{[\varepsilon \cdot P]}{[P]}. \quad (2)$$

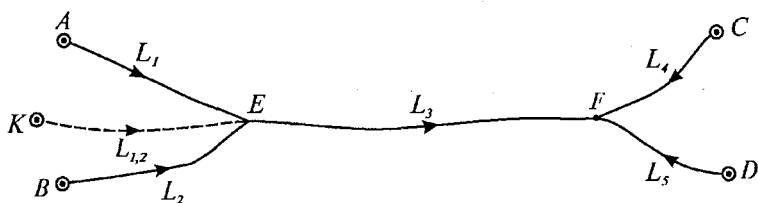
3.3. Nivelir to'rini ekvivalent almashtirish usuli bilan tenglashtirish

Ikkita tugun nuqtali nivelir to'rini tenglashtirish talab
qilinsin (3.3-rasm). Birinchi va ikkinchi yo'llar bitta ek-
vivalent yo'l bilan almashtiriladi. Buning uchun 1 va 2-
yo'llar bo'yicha E tugun nuqtaning taxminiy absolut ba-
landligi va yo'llarning vazni hisoblanadi:

$$H_1 = H_A + \sum h_1; H_2 = H_B + \sum h_2;$$

$$P_1 = \frac{1}{L_1}; P_2 = \frac{1}{L_2}.$$

Ikki yo'l bo'yicha E nuqtaning taxminiy qiymati
hisoblanadi:



3.3-rasm.

$$H_{1,2} = \frac{H_1 P_1 + H_2 P_2}{P_1 + P_2}.$$

Topilgan $H_{1,2}$ absolut balandlik qiymatining vazni hisoblanadi:

$$P_{1,2} = P_1 + P_2.$$

Vazn $P_{1,2}$ bir vaqtning o'zida ekvivalent (1,2) yo'lining ham vaznidir. Ekvivalent yo'lining uzunligi topiladi:

$$L_{1,2} = \frac{1}{P_{1,2}}.$$

1 va 2-yo'llarni (1,2) ekvivalent yo'l bilan almashirib, bitta F tugun nuqtali va uchta yo'lli 4, 5, (1, 2 + 3) yangi nivelir to'ri hosil qilamiz.

Yo'llar bo'yicha tugun nuqta F absolut balandligining taxminiyl qiymatini hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} 4\text{-yo'l bo'yicha } H_4 &= H_c + \sum h_4, \\ 5\text{-yo'l bo'yicha } H_5 &= H_d + \sum h_5, \\ \text{ekvivalent yo'l bo'yicha } H_{1,2,3} &= H_{1,2} + \sum h_3. \end{aligned}$$

Yo'llar vazni topiladi:

$$P_4 = \frac{1}{L_4}; P_5 = \frac{1}{L_5}; P_{1,2,3} = \frac{1}{L_{1,2} + L_3}.$$

F nuqtaning ehtimoliyl qiymati topiladi:

$$H_F = \frac{H_4 P_4 + H_5 P_5 + H_{1,2,3} P_{1,2,3}}{P_4 + P_5 + P_{1,2,3}}.$$

Yo'llarning bog'lanmaslik xatosi topiladi:

$$\begin{aligned} H_4 - H_F &= fh_4, H_5 - H_F = fh_5, \\ H_{1,2,3} - H_F &= fh_{1,2,3}. \end{aligned}$$

4- va 5- yo'llar yolg'iz nivelir yo'li kabi tenglashtiriladi. Ekvivalent yo'l (1, 2+3) quyidagicha tenglashtiriladi:

Bir kilometr ekvivalent yo'lga tuzatma topiladi:

$$W = - \frac{H_{1,2,3} - H_F}{L_{1,2} + L_3}.$$

3-yo'l uchun tuzatma topiladi:

$$W_3 = L_3 W.$$

Bu yo'l xuddi yolg'iz nivelir yo'li kabi tenglashtiriladi. E tugun nuqtaning ehtimoliy qiymati hisoblanadi:

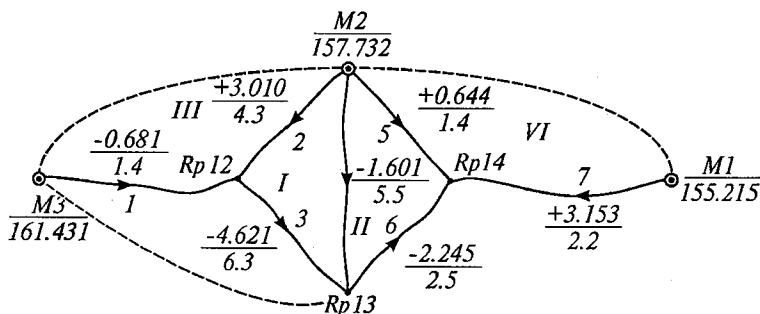
$$H_E = H_{1,2} + L_{1,2} W.$$

Bundan keyin 1 va 2-yo'llarni tenglashtirish qoladi. Buning uchun yo'llarning bog'lanmaslik xatosi hisoblanadi:

$$H_1 - H_E = fh_1; H_2 - H_E = fh_2.$$

Bu bog'lanmaslik xatoliklari teng qilib teskari ishora bilan mos yo'lining hamma stansiyalariga tarqatiladi.

Misol:



3.3-a rasm.

Yo'llar	Berilgan punktlar №	O'lchangan nisbiy balandlik	Yo'l uzunligi (km)	Hisoblangan absolut balandliklar	Qoldiq ϵ , mm	Vazn $P = \frac{4}{L}$	P, ϵ	Oxirgi absolut balandliklar	Tuzatma, W mm	PW^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Rp 12	1			160.748 ₂		
1	3	-0.681	1.4	160,750	8	2.86	22,8	5	-1,8	9.4
2	2	+3,010	4,3	160,742	0	0,93	0		+6,2	35,7
1,2			1,05	160,748 ₀	2	3,79	22,8		+0,2	
3		-4.621	6.3			0.64			+1.4	1.2
				Rp14				158.373 ₁		
5	2	+0.644	1.4	158,376	8	2.86	22.8	6	-2.9	24,1
7	1	+3,153	2.2	158,368	0	1,82	0		+5,1	47,4
5,7			0,86	158,372 ₉	3	4,68	22.8		+0,2	
6		-2.245	2.5			1.60			+0.5	0,4
				Rp 13				156,128 ₆		
1,2+3			7.35	156.127 ₀	0	0,54	0	4	+1,6	
5.7+6			3.36	156.127 ₉	0.9	1.18	1.1		+0.7	
4	2	-1.601	5.5	156.131	4.0	0.73	2.9		-2.4	4.2
				156.028 ₆		2.45	4.0			122.4

Tuzatmalarni tekshirish

Tuzatmalarni hisoblashni tekshirish poligonlar bo'yicha bajariladi. Shuning uchun poligonlar soni aniqlanadi. Poligonlar soni ortiqcha (избыточные) o'lchashlar soniga teng. Ortiqcha o'lchashlar soni $n - k$ ga teng, bu yerda:

n — hamma o'lchashlar soni (yo'llar soni),

k — noma'lumlar soni (tugun nuqtalar soni).

Demak, $r = n - k = 7 - 3 = 4$.

Ikkita yopiq va ikkita ochiq poligon mavjud. Ochiq poligonlar sonini quyidagi formula orqali ham hisoblash mumkin:

$$r^1 = k^1 - 1,$$

bunda k' — absolut balandligi ma'lum(qattiq) punktlar soni.

Endi $r' = 3 - 1 = 2$.

Poligon bo'yicha tuzatmalar yig'indisi teskari ishora bilan bog'lanmaslik xatolari yig'indisiga, ya'ni $\sum W = -\sum f_h$ ga teng bo'lishi kerak.

Poligonlar №	Poligonlar bog'lanmaslik xatosi f_h , mm	Oldindan bog'lanmaslik xatosi, $f_h = \pm 10 \sqrt{L}$, mm	Poligon bo'yicha tuzatmalar yig'indisi, mm
I	+10	± 40	-10
II	0	± 30	0
III	-8	± 24	+8
IV	-8	± 19	+8

Tuzatmalar bo'yicha dala o'lchashlarining aniqligini baholash.

Vazn birligidagi o'rta kvadratik xatolik (4 km yo'l bo'yicha nisbiy balandliklar xatosi):

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[PW^2]}{n-k}} = \pm \sqrt{\frac{122.4}{7-3}} = \pm 5.5 \text{ mm},$$

1 km yo'l bo'yicha nisbiy balandliklar xatosi:

$$m_{km} = \pm \frac{\mu}{\sqrt{c}} = \pm \frac{5.5}{\sqrt{4}} = \pm 2.8 \text{ mm},$$

bu yerda $c = \frac{L_{min} + L_{max}}{2}$.

Tugun nuqtalari absolut balandliklarining tenglashtirilgan qiymatining aniqligini baholash

Buning uchun oldin 12 va 14-reper vazni ekvivalent almashtirish usuli bilan hisoblanadi:

$P_{H_{12}} = P_1 + P_2 + P_{(5,7+6),4+3}$			$P_{H_{14}} = P_7 + P_5 + P_{(1,2+3),4+6}$		
Yo'llar №	L	$P = \frac{4}{L}$	Yo'llar №	L	$P = \frac{4}{L}$
5	1,4	2,86	1	1,4	2,86
7	2,2	1,82	2	4,3	0,93
5,7	0,86	4,68	1,2	1,05	3,79
6	2,5		3	6,3	
5,7+6	3,36	1,18	1,2+3	7,35	0,54
4	5,5	0,73	4	5,5	0,73
(5,7+6),4	2,10	1,91	(1,2+3), 4	3,14	1,27
3	6,3		6	2,5	
(5,7+6), 4+3	8,40	0,48	(1,2+3), 4+6	5,64	0,72
1	1,4	2,86	5	1,4	2,86
2	4,3	0,93	7	2,2	1,82
	$P_{H_{12}}$	4, 27		$P_{H_{14}}$	5,40

13-reper absolut balandligi vazni hisoblashdan olinadi va u 2,45 ga teng.

Tugun nuqtalari absolut balandligining tenglashtirilgan qiymatlari o'rta kvadratik xatosi:

$$M_{12} = \frac{\mu}{\sqrt{P_{12}}} = \frac{5.5}{\sqrt{4.27}} = \pm 2,8 \text{ mm}$$

$$M_{13} = \frac{5.5}{\sqrt{2,45}} = \pm 3,5 \text{ mm}; M_{14} = \frac{5.5}{\sqrt{5,40}} = \pm 2,4 \text{ mm}.$$

3.4. Ketma-ket yaqinlashtirish usuli

Uchta tugun nuqtali nivelir to'ri mavjud. 12, 13, va 14-tugun nuqtalarning absolut balandligini topish talab qilinsin.

Belgilaymiz: H_{12} , H_{13} , H_{14} — tugun nuqtalar absolut balandligi, H_1^M , H_2^M , H_3^M — tayanch punktlarning absolut balandligi.

Tugun nuqtalarning absolut balandligi quyidagi formula bilan topiladi:

$$H_{12} = \frac{(H_3^M + h_1)P_1 + (H_2^M + h_2)P_2 + (H_{13} - h_3)P_3}{P_1 + P_2 + P_3},$$

$$H_{13} = \frac{(H_{12} + h_3)P_3 + (H_2^M + h_4)P_4 + (H_{14} + h_6)P_6}{P_3 + P_4 + P_6},$$

$$H_{14} = \frac{(H_2^M + h_5)P_5 + (H_{13} - h_6)P_6 + (H_1^M + h_7)P_7}{P_5 + P_6 + P_7}.$$

Bu yerda: $h_1, h_2, \dots, h_7$ — yo'ldagi o'lchangan nisbiy balandlik.

Bu formulalarda hamma elementlari ma'lum emas. Shuning uchun tugun nuqtalarning absolut balandlik qiymati birdaniga topilmaydi, u ketma-ket yaqinlashtirish usuli bilan topiladi. Birinchi yaqinlashtirishda formula-noma'lum qismi nolga tenglashtiriladi va tugun nuqtalari absolut balandligining taxminiy qiymati hisoblanadi. Ikkinchi yaqinlashtirishda birinchi yaqinlashtirishda topilgan tugun nuqtalar absolut balandligining taxminiy qiymati formulaga qo'yiladi. Hisob tugun nuqtalari absolut balandligi natijalari oxirgi ikkita yaqinlashtirish bir xil bo'lmaguncha davom ettiriladi. Hisobni soddalashtirish uchun keltirilgan vazn topiladi:

$$\frac{P_n}{[P]} = P_n',$$

buni hisobga olganda formula $H = H_0 + \frac{[\varepsilon P]}{[P]}$ ko'rinishni oladi, bu yerda:

$$H = H_0 + [\varepsilon P'].$$

Hisoblashlar natijalari quyidagi jadvalga joylashtirildi:

Tugun nuqtalar №	Yo'llar №	Tayanch punkt №	Boshlang'ich punktlar absolut balandligi	O'lchangan nisbiy balandlik, m	Yo'l uzunligi, km	Vazn		Yaqinlashtirish						Tuzatma W, mm	PW	PW ²
								I		II		III				
						$P=\frac{S}{L}$	$P'=\frac{P_n}{[P]}$	H	εP'	H	εP'	H	εP'			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
12	1	3	161.431	-0.681	1.4	3.57	0.65	160.750	5.2	160.750	5.2	160.750	5.2	-1.7	-6.1	10.4
	2	2	157.732	+3.010	4.3	1.16	0.21	160.742	0	160.742	0	160.742	0	+6.3	+7.3	46.0
	3	13	-	+4.621	6.3	0.79	0.14	-	-	160.750	1.1	160.749	1.1	-1.4	-1.1	1.5
13						5.52	1.00	160.748	5.2	160.748	6.3	160.748	6.3		+0.1	
				1				2		3		4		5		
	3	12	-	-4.621	6.3	0.79	0.21	156.127	0	156.127	0	156.127	0	+1.3	+1.0	-
	4	2	157.732	-1.601	5.5	0.91	0.25	156.131	1.0	156.131	0.9	156.131	0.9	-2.4	-2.2	5.3
	6	14	-	-2.245	2.5	2.00	0.54	-	-	156.128	0.5	156.128	0.4	+0.5	+1.0	0.5
						3.70	1.00	156.129	1.0	156.128	1.4	156.128	1.3		-0.2	
14	5	2	157.732	+0.644	1.4	3.57	0.46	158.376	3.7	158.376	3.7	158.376	3.7	-2.9	-10.4	30.2
	6	13	-	+2.245	2.5	2.00	0.25	158.374	1.6	158.373	1.4	158.373	1.4	-0.5	-1.0	-
	7	1	155.215	+3.153	2.2	2.27	0.29	158.368	0	158.368	0	158.368	0	+5.1	+11.	59.2
						7.84	1.00	158.373	5.3	158.373	5.1	158.373	5.1		+0.2	153.1

Oxirgi ikkita yaqinlashtirishda absolut balandliklar qiymati bir-biridan $\pm 0,3$ mm dan kattaga farq qilmasa, hisoblashlar to'xtatiladi.

Tuzatmalarni tekshirish

Tuzatmalarni hisoblashning to'g'riligini ikkita usul bilan tekshirish mumkin:

1. Poligon bo'yicha (oldingi misolga qarang).
2. Tugun nuqtalar bo'yicha.

Tugun nuqtalar bo'yicha tuzatmani tekshirish uchun quyidagi formula qo'llaniladi:

$$[PW] = 0.$$

Tekshirish xatoligi ± 0.3 mm dan oshmasligi kerak.

Dala o'lchashlar aniqligini baholash

5 km yo'l bo'yicha nisbiy balandlik o'rta kvadratik xatosi:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[PW^2]}{n-k}} = \pm \sqrt{\frac{153,1}{7-3}} = \pm 6.2 \text{ mm}.$$

1 km yo'l bo'yicha nisbiy balandlik o'rta kvadratik xatosi:

$$M_{km} = \pm \frac{\mu}{\sqrt{c}} = \pm \frac{6.2}{\sqrt{5}} = \pm 2.8 \text{ mm}.$$

Tenglashtirilgan qiymatning aniqligini baholash

Tugun nuqtalar absolut balandligining vazni Kozlovning ushbu taqribiy formulasi bilan hisoblanadi:

$$P_{Hi} = [P]_i - \frac{P_{i,a}^2}{[P]_a} - \frac{P_{i,b}^2}{[P]_b} - \dots - \frac{P_{i,k}^2}{[P]_k},$$

$$P_{H12} = 5,52 - \frac{(0,79)^2}{3,70} = 5,35.$$

$$P_{H13} = 3,70 - \frac{(0,79)^2}{5,52} - \frac{(2,00)^2}{7,84} = 3,07,$$

$$P_{H14} = 7,84 - \frac{(2,00)^2}{3,70} = 6,76.$$

Tugun punktlari tenglashtirilgan absolut balandligi-ning o'rta kvadratik xatosi:

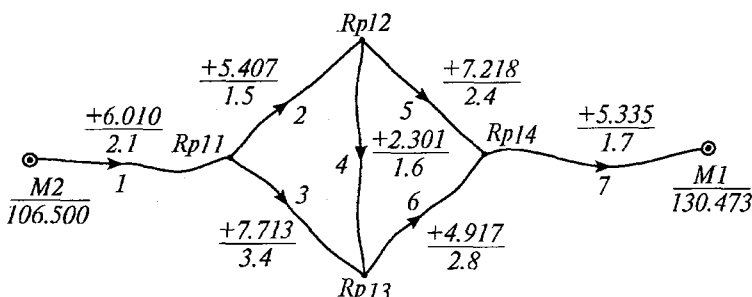
$$M_{H12} = \frac{\mu}{\sqrt{P_{H12}}} = \frac{6.2}{\sqrt{5.35}} = \pm 2,7 \text{ mm},$$

$$M_{H13} = \frac{6.2}{\sqrt{3.07}} = \pm 3,5 \text{ mm},$$

$$M_{1H4} = \frac{6.2}{\sqrt{6.76}} = \pm 2,4 \text{ mm}.$$

3.5. Nivelir to'ri Popovning tugunlar usuli bilan tenglashtirish

To'rtta tugun nuqtali nivelir to'ri mavjud (3.4-rasm). Tayanch punktlari $M1$ va $M2$ ning absolut balandligi ma'lum. Hisoblash poligon sxemasi bo'yicha bajariladi. Yo'llar yoniga nisbiy balandlik va vaznlar yoziladi. Tugun nuqtalar absolut balandliklarining H' taxminiy qiymatlari hisoblanadi.



3.4-rasm.

Tugunlar vaznlari hisoblanadi. Masalan, birinchi tugun uchun (o'n birinchi reper):

$$P_{11} = P_1 + P_2 + P_3 = 0,5 + 0,7 + 0,3 = 1,5 \text{ va hokazo.}$$

Har bir yo'l bo'yicha nisbiy balandlikdagi bog'lanmaslik xatoligi hisoblanadi:

$$f_1 = H_2^M + h_1 - H_{11}^I = 106,500 + 6,010 - 112,510 = 0,$$

$$f_4 = H_{12}^I + h_4 - H_{13}^I = 117,917 + 2,301 - 120,223 = -5 \text{ mm}$$

va hokazo.

Bu bog'lanmaslik xatoliklari o'z ishorasi bilan yo'lning oxiriga yozib qo'yiladi. Agar yo'lning boshiga yozilsa, teskari ishora bilan yoziladi. Bog'lanmaslik xatoligi yoniga qavs ichiga vazn bilan keltirilgan bog'lanmaslik xatosi ($P.f$) yoziladi, masalan,

$$P_4 f_4 = 0,7(-5) = -3,5 \text{ va hokazo.}$$

Tugun nuqtalarning vazni topiladi. Tugun nuqta vazni shu nuqtada uchrashayotgan yo'llar vazni yig'indisiga teng.

Masalan, $P_{12} = P_2 + P_4 + P_5 = 0,7 + 0,7 + 0,4 = 1,8$ va hokazo.

Tugunlar bog'lanmaslik xatoliklarini topamiz:

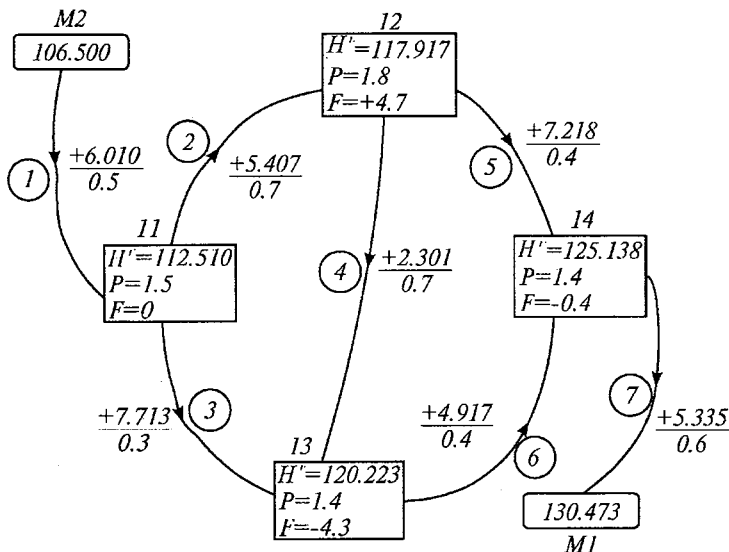
$$F_{11} = P_1 f_1 + P_2 f_2 + P_3 f_3 = 0,$$

$$F_{12} = P_2 f_2 + P_4 f_4 + P_5 f_5 = 0 + 3,5 + 1,2 = +4,7 \text{ va hokazo.}$$

Tugun nuqtalar taxminiy absolut balandliklariga tuzatmalar ikkita usulda hisoblanadi:

1. Normal tenglamalarni tuzish va yechish usuli

Agar 11, 12, 13 va 14 tugun nuqtalar taxminiy absolut balandliklariga tuzatmalarni mos ravishda x , y , z va u orqali belgilasak, quyidagi tuzatmalar normal tenglamalarni yozishimiz mumkin (3.5-rasm):



3.5-rasm.

1. $P_{11}x - P_2y - P_3z - F_{11} = 0.$
2. $P_{12}y - P_2x - P_4z - P_5u - F_{12} = 0.$
3. $P_{13}z - P_3x - P_4y - P_6u - F_{13} = 0.$
4. $P_{14}u - P_5y - P_6z - F_{14} = 0.$

Agar qiymatlarni qo'ysak:

1. $1.5x - 0.7y - 0.3z = 0.$
2. $-0.7x + 1.8y - 0.7z - 0.4u - 4.7 = 0.$
3. $-0.3x - 0.7y + 1.4z - 0.4u + 4.3 = 0.$
4. $-0.4y - 0.4z + 1.4u + 0.4 = 0.$

Bu normal tenglamalarni yechib tuzatmalar topiladi va ular tugun nuqtalar taxminiy absolut balandliklariga kiritiladi.

2. Ketma-ket yaqinlashtirish usuli

Aniqlashning bu usuli poligon sxemasi bo'yicha bajariladi. To'g'ri burchakli jadvalning ichiga tugunlarning ozod hadi yoziladi. Yo'lning qizil sonlari hisoblanadi. Masalan, o'n birinchi yo'l uchun:

$$R_1 = \frac{P_1}{P_{11}} = \frac{0.5}{1.5} = 0,33,$$

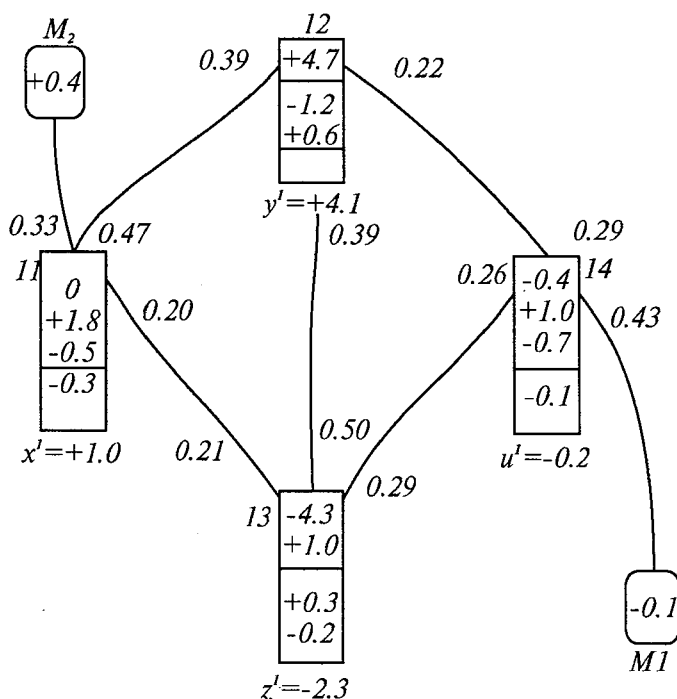
$$R_2 = \frac{P_2}{P_{11}} = \frac{0.7}{1.5} = 0,47,$$

$$R_3 = \frac{P_3}{P_{11}} = \frac{0.3}{1.5} = 0,20.$$

Tekshirish. Tugunning qizil sonlari nolga teng bo'lishi kerak:

$$0.33 + 0.47 + 0.20 = 1,00.$$

Qizil sonlar tugun jadvalining yoniga yozib qo'yiladi (3.6-rasm). Bog'lanmaslik xatolarini taqsimlashga kirishi-



3.6-rasm.

ladi. Bog‘lanmaslik xatolari qizil sonlarga proporsional taqsimlanadi. Taqsimlash bog‘lanmaslik xatosi absolut qiymati katta bo‘lgan tugundan boshlanadi.

Taqsimlash sxemasi: 12–13–14–11.

Bizning misolimizda taqsimlash 12 tugun nuqtadan boshlanadi:

$$11 \text{ tugun nuqtaga: } + 4.7 \cdot 0.39 = + 1.8$$

$$12 \text{ tugun nuqtaga: } + 4.7 \cdot 0.39 = + 1.9$$

$$13 \text{ tugun nuqtaga: } + 4.7 \cdot 0.22 = + 1.0$$

$$\text{Tekshirish: } + 1.8 + 1.9 + 1.0 = + 4.7.$$

12 tugun nuqtaning $+ 4.7$ tarqatilgan bog‘lanmaslik xatosining tagi chizib qo‘yiladi va 13 tugun nuqtaga o‘tiladi. Bu yerda bog‘lanmaslik $- 4.3 + 1.9 = - 2.4$, tekshiriladi va tagi chizib qo‘yiladi. 14 tugun nuqtaga o‘tiladi va bog‘lanmaslik $- 0.4 + 1.0 - 0.7 = - 0.1$ tarqatiladi.

11 tugun nuqtada taqsimlanadi:

$$0 + 1.8 - 0.5 = + 1.3.$$

Tugun nuqtalarni bir marta aylanib chiqqandan keyin yana bog‘lanmaslik xatosi paydo bo‘ldi. Bu bog‘lanmaslik ikkinchi aylanishda taqsimlanadi. Bunday taqsimlanish tartibi bog‘lanmaslik xatoligi to‘liq taqsimlanmaguncha davom ettiriladi. Taqsimlanishdan keyin tugun jadvalida yozilgan bog‘lanmaslik sonining yig‘indisi topiladi:

$$x' = + 1.0; y' = + 4.1; z' = - 2.3; u' = - 0.2.$$

Tuzatma hisoblanadi:

$$x = \frac{x'}{P_{11}} = + \frac{1.0}{1.5} = + 0.7 \text{ mm}; y = \frac{y'}{P_{12}} = + \frac{4.1}{1.8} = + 2.3 \text{ mm};$$

$$z = \frac{z'}{P_{13}} = - \frac{2.3}{1.4} = - 1,6 \text{ mm}; u = \frac{u'}{P_{14}} = - \frac{0.2}{1.4} = - 0.1 \text{ mm};$$

Bu tuzatmalar tugun absolut balandligi taxminiy qiymatiga kiritiladi va tenglashtirilgan qiymati topiladi.

Tugunlar №	Taxminiy absolyut balandliklar (H_1)	Tuzatmalar	Tenglashtirilgan absolyut balandliklar
11	112.510	+0.7	112.510 ₇
12	117.917	+2.3	117.919 ₃
13	120.223	-1.6	120.221 ₄
14	125.138	-0.1	125.137 ₉

3.6. Nivelir to'ri ni Popovning poligonlar usuli bilan tenglashtirish (to'ring chizmasida)

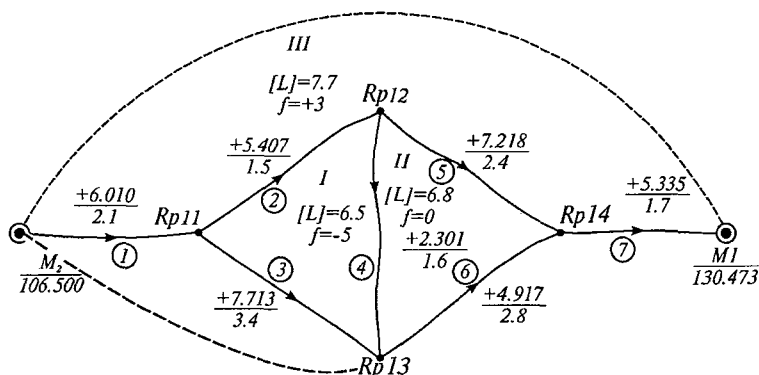
To'rtta tugun nuqtali to'ri mavjud. Tenglashtirish poligonlar sonini hisoblashdan boshlanadi:

$$r = n - k = 7 - 4 = 3,$$

bu yerda n — o'lchashlar soni, k — noma'lumlar soni.

Poligonning bog'lanmasligi va perimetri hisoblanadi. Poligonning chizma-sxemasi tuziladi. Chizmaga bog'lanmaslik jadvali (har bir poligonning ichiga) chiziladi, har bir yo'lining yoniga poligonning tashqari tomondan tuzatmalar jadvali chiziladi.

Bog'lanmaslik jadvaliga poligonlar bog'lanmaslik qiymati mos ravishda yozib qo'yiladi. Tuzatmalar jadvali



3.7-rasm.

ustiga quyidagi formula bilan hisoblangan poligonlar tomoni qizil sonlari yoziladi:

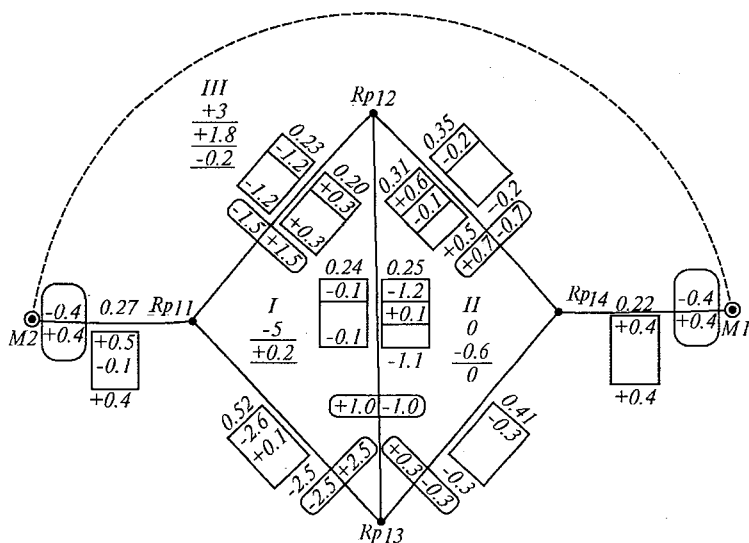
$$R_i = \frac{L_i}{[L]}.$$

Misol. Birinchi poligon uchun:

$$R_2 = \frac{1.5}{6.5} = 0,23, R_3 = \frac{3.4}{6.5} = 0,52, R_4 = \frac{1.6}{6.5} = 0,25.$$

Tekshirish: $0.23 + 0.52 + 0.25 + 1.00$.

Qizil sonlarni tekshirgandan keyin bog'lanmaslikni taqsimlashga kirishiladi. Taqsimlash bog'lanmaslikning absolut qiymati katta bo'lgan poligondan boshlanadi. Bog'lanmaslikni taqsimlash poligon yo'lining qizil sonlariga proporsional taqsimlanadi. Misol. Birinchi poligon uchun:



3.8-rasm.

$$- 5 \cdot 0,52 = - 2,6; - 5 \cdot 0,23 = - 1,2; - 5 \cdot 0,25 = - 1,2.$$

$$\text{Tekshirish: } - 2,6 - 1,2 - 1,2 = - 5,0.$$

Tarqatilgan bog‘lanmaslik mos ravishda qizil sonlar tagiga poligon bog‘lanmaslik ishorasi bilan yozib qo‘yiladi. Taqsimlangan bog‘lanmaslik «-5» ning tagiga chiziladi (3.8-rasm).

Uchinchi poligonga o‘tiladi. Bu poligonning bog‘lanmasligi +3 ga teng, lekin 1 poligondan -1,2 bog‘lanmaslik o‘tgan. Tuzatmalar jadvalidagi -1,2 ning tagiga chizib, uni bog‘lanmaslik jadvaliga o‘tkazamiz. Demak, uchinchi poligonda $+3 - 1,2 = + 1,8$ taqsimlanadi. Taqsimlangandan keyin bu bog‘lanmaslikning tagi chiziladi va keyingi poligonga o‘tiladi. Bunday ish poligonlar bog‘lanmasligi to‘liq taqsimlanmaguncha davom ettiriladi.

Jadvallardagi qizil sonli raqamlar yig‘indisi topiladi va yo‘llarning o‘lchangan nisbiy balandliklariga tuzatma hisoblanadi.

Misol. Birinchi poligon uchun:

$$2 \text{ yo'l} + 0,3 - (- 1,2) = +1,5 \text{ mm},$$

$$3 \text{ yo'l} 0 - (- 2,6) = +2,6 \text{ mm},$$

$$4 \text{ yo'l} - 0,1 - (- 1,2) = +1,1 \text{ mm va hokazo.}$$

Tuzatmani tekshirish:

$$[W] = - f,$$

$$[W] = + 1,5 + 2,6 + 1,1 = + 5,2,$$

$$f = - 5.$$

Keyin o‘lchangan nisbiy balandlik tenglashtiriladi, tugin nuqtalarning absolut balandligi (otmetkasi) topiladi va tenglashtirilgan miqdorlarning aniqligini baholash bajariladi.

Natijalar jadval ko‘rinishida yoziladi:

Tenglashtirilgan miqdorlarning aniqligini baholash
 Kozlov formulasi bilan tugun nuqtalar absolut ba-
 landligining vazni hisoblanadi:

$$P_{H_i} = [P]_i - \frac{P_{i,a}^2}{[P]_a} - \frac{P_{i,b}^2}{[P]_b};$$

$$P_{H_{11}} = 1,44 - \frac{0,67^2}{1,44} - \frac{0,29^2}{1,28} = 1,11;$$

$$P_{H_{12}} = 1,72 - \frac{0,67^2}{1,44} - \frac{0,29^2}{1,28} - \frac{0,42^2}{1,37} = 0,97;$$

$$P_{H_{13}} = 1,28 - \frac{0,29^2}{1,44} - \frac{0,63^2}{1,72} - \frac{0,36^2}{1,37} = 0,90;$$

$$P_{H_{14}} = 1,37 - \frac{0,42^2}{1,72} - \frac{0,36^2}{1,28} = 1,17.$$

Tugun nuqtalar №		Yo'l №	Boshlang'ich nuqtalar №	Boshlang'ich nuqtalar absolut balandliklari	O'lchangan nisbiy balandlik	Tuzatma	Tenglashtirilgan nisbiy balandlik	Tugun nuqtalarning absolut balandligi	Yo'l uzunligi, L	$P = \frac{1}{L}$	$M \cdot P^2$
11	1	M2		106.500	+6.010	+0.4	+6.010 ₄	112.510 ₄	2.1	0.48	0.08
	7	M1		130.473	-5.335	-0.4	-5.335 ₄	125.137 ₆	1.7	0.59	0.09
12	2	11		112.511	+5.407	+1.5	+5.409 ₅	117.919 ₅	1.5	0.67	1.51
	5	14		125.138	-7.218	-0.7	-7.218 ₇	117.919 ₃	2.4	0.42	0.21
13	3	11		112.511	+7.713	-2.5	+7.710 ₅	120.221 ₅	3.4	0.29	1.81
	4	12		117.920	+2.301	+1.0	+2.302	100.222	1.6	0.63.	0.63
	6	14		125.138	-4.917	+0.3	-4.916 ₇	120.221 ₃	2.8	0.36	0.03

4.36

Dala o'lashlarining aniqligini baholash

Bir kilometr yo'l bo'yicha o'rta kvadratik xatolik:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[PW]^2}{n-k}} = \pm \sqrt{\frac{4.36}{3}} = \pm 1.2 \text{ mm.}$$

Tugun punktlari tenglashtirilgan absolut balandligi-ning o'рта kvadratik xatosi:

$$M_{H_{11}} = \pm \frac{\mu}{\sqrt{P_{H_{11}}}} = \pm \frac{1.2}{\sqrt{1.11}} = \pm 1.1 \text{ mm};$$

$$M_{H_{12}} = \pm \frac{1.2}{\sqrt{0.97}} = \pm 1.2 \text{ mm};$$

$$M_{H_{13}} = \pm \frac{1.2}{\sqrt{0.90}} = \pm 1.3 \text{ mm};$$

$$M_{H_{14}} = \pm \frac{1.2}{\sqrt{1.17}} = \pm 1.0 \text{ mm}.$$

3.7. Nivelir to'rini Popovning poligonlar usuli bilan tenglashtirish (normal tenglamalarni tuzish va yechish)

Oldingi masaladagi nivelir to'rini olamiz. Poligonning bog'lanmaslik xatosini va perimetrini topamiz. Korrelat normal tenglamasi tuziladi: normal tenglamalar soni to'rdagi poligonlar soniga teng.

1. $[L]_I K_1 - L_4 K_2 - L_2 K_3 + f_I = 0.$
2. $[L]_{II} K_2 - L_4 K_1 - L_5 K_3 + f_{II} = 0.$
3. $[L]_{III} K_3 - L_2 K_1 - L_5 K_2 + f_{III} = 0.$

Agar yo'l uzunliklarini, ozod had qiymatlarini qo'ysak, quyidagi normal tenglamalarni topamiz:

1. $6.5 K_1 - 1.6 K_2 - 1.5 K_3 - 5 = 0.$
2. $- 1.6 K_1 + 6.8 K_2 - 2.4 K_3 = 0.$
3. $- 1.5 K_1 - 2.4 K_2 + 7.7 K_3 + 3 = 0.$

Bu normal tenglamalarni yechib, korrelat noma'lum qiymatlarini topamiz.

Normal tenglamalarni Popov sxemasi bo'yicha yechish:

K_1	K_2	K_3	f	S	Tekshirish
+6.5	-1.6	-1.5	-5	-1.6	
-1.6	+6.8	-2.4	0	+2.8	
-1.5	-2.4	+7.7	+3	+6.8	
+1	-0.246	-0.231	-0.769	-0.246	-0.246
-1	+4.250	-1.500	0	+1.750	+1.750
-1	-1.600	+5.133	+2.000	+4.533	+4.533
	+4.004	-1.731	-0.769	+1.504	+1.504
	-1.846	+4.902	+1.231	+4.287	+4.287
	+1	-0.432	-0.192	+0.376	+0.376
	-1	+2.655	+0.667	+2.322	+2.322
		+2.223	+0.475	+2.698	+2.698
		+1	+0.214	+1.214	+1.214

$$K_3 + 0.214 = 0, K_3 = -0.214.$$

$$K_2 - 0.432, K_3 - 0.192 = 0, K_2 + 0.432(-0.214) + 0.192 = +0.100.$$

$$K_1 - 0.246, K_2 - 0.231, K_3 - 0.769 = 0.$$

$$K_1 = +0.246(+0.100) + 0.231(-0.214) + 0.769 = +0.745.$$

Korrelatni hisoblashni tekshirish:

$$1. 6.5(+0.745) - 1.6(+0.100) - 1.5(-0.214) - 5 = +0.0035.$$

$$2. -1.6(+0.745) + 6.8(+0.100) - 2.4(-0.214) = +0.0016.$$

$$3. 1.5(+0.745) - 2.4(+0.100) + 7.7(-0.214) + 3 = -0.0053.$$

Tuzatmalarni hisoblash:

1-poligon

$$W_2 = L_2(K_1 - K_3) = 1.5[+0.745 - (-0.214)] = +1.44 = +1 \text{ mm},$$

$$W_3 = L_3 K_1 = 3.4(+0.745) = +2.53 = +3 \text{ mm},$$

$$W_4 = L_4(K_1 - K_3) = 1.6(+0.745 - 0.100) = +1.03 = +1 \text{ mm}.$$

$$\text{Tekshirish: } [W]_1 = +5.02, f_1 = -5.00.$$

2-poligon

$$W_4 = -1,03 \text{ mm},$$

$$W_5 = L_5(K_2 - K_3) = 2,4[+0,100 - (-0,214)] = +0,75 = +1 \text{ mm},$$

$$W_6 = L_6 K_2 = 2,8(+0,100) = +0,28.$$

$$\text{Tekshirish: } [W]_{II} = 0; f_{II} = 0.$$

3-poligon

$$W_1 = L_1 K_3 = 2,1(-0,214) = -0,45,$$

$$W_2 = -1,44,$$

$$W_5 = -0,75,$$

$$W_7 = L_7 K_3 = 1,7(-0,214) = -0,36.$$

$$\text{Tekshirish: } [W]_{III} = -3; f_{III} = +3.$$

Keyinchalik o'lcangan nisbiy balandlik tenglashtiriladi, tugun nuqtalarning absolut balandligi topiladi va tenglashtirilgan miqdorlarning aniqligi baholanadi (oldingi misolga qarang).

4-bob

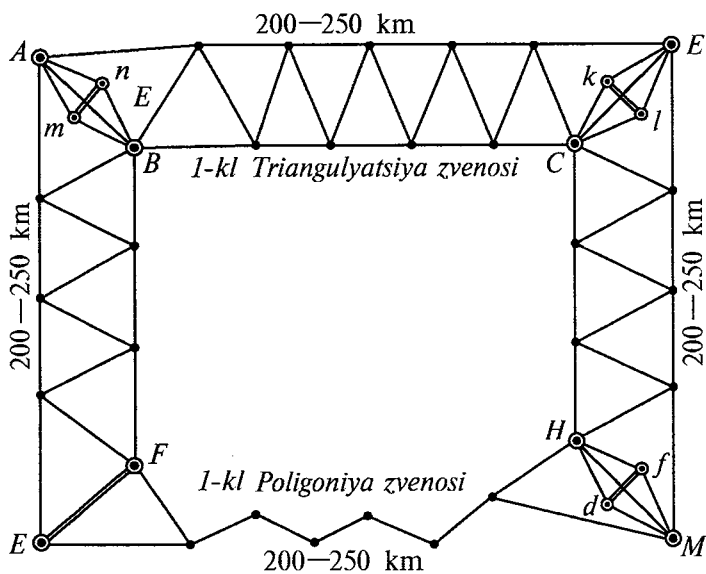
POLIGONOMETRIYA

4.1. Planli davlat geodezik to'ri haqida tushuncha

Tayanch geodezik to'rlar planli va balandlikka bo'linadi.

Planli-balandlik tayanch geodezik to'rlar o'z maqsadi bo'yicha davlat va s'yomka qilish to'rlariga bo'linadi. Planli davlat tayanch to'ri triangulyatsiya, trilateratsiya va poligonometriya usulida yaratiladi. Ular o'z o'lchash aniqligi bo'yicha 1, 2, 3 va 4-klasslarga bo'linadi.

Klasslar bir-biridan burchak o'lchash aniqligi, punktlar orasidagi masofani o'lchash va ishni tashkil qilish bo'yicha farq qiladi.



4.1-rasm.

Birinchi klass triangulyatsiya meridian va parallel bo'ylab yopiq poligon ko'rinishida yaratiladi. Poligon perimetri 800—1000 km bo'ladi (4.1-rasm).

Poligon zvenolardan, zvenolar esa yopishgan uchburchaklardan iborat. Zvenoning boshida va oxirida 1:1000000 nisbiy xatolik bilan bazis o'lchanadi. Chiqish tomonining o'lchash aniqligi 1:400000.

Bazis tomonlarining oxirida Laplas astronomik punktlari aniqlanadi. Birinchi klass triangulyatsiya uchburchaklari tomonining uzunligi 20—25 km bo'ladi. Uchburchakdagi burchaklar $\pm 0.7''$ xatolik bilan o'lchanadi.

Yopiq joylarda triangulyatsiya o'rniga poligonometriya barpo qilinadi. Poligonometriya yo'li siniq chiziq ko'rinishida barpo qilinadi. Bunda hamma qayrilish burchaklari va ular orasidagi masofalar o'lchanadi.

4.2. Poligonometriyaning mohiyati

1-klass triangulyatsiya zvenosi cho'zilgan va 10 ta tomondan ortiq bo'lmasligi kerak.

2-klass poligonometriya to'ri 1-klass triangulyatsiya va poligonometriya poligoni ichida barpo qilinadi.

Poligonometriya klassifikatsiyasi

Klass	Yo'l uzunligi, km	Tomonlar uzunligi, km	O'lchangan burchakning o'rta kvadratik xatosi	Tomonlar uzunligini o'lchash nisbiy xatoligi
I	200	20-25	$\pm 0,4''$	1: 300 000
II			$\pm 1,0''$	1: 250 000
III		Kichik tomon 3	$\pm 1,5''$	1: 200 000
IV		Kichik tomon 2	$\pm 2,0''$	1: 150 000

Shahar poligonometriyasi klassifikatsiyasi

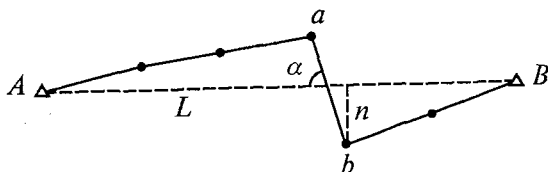
Yo'l xarakteristikasi	Razryadlar		
	4-kl	1-razr.	2- razr.
1. Yo'l uzunligi (km)	10	5	3
2. Eng katta tomon uzunligi (m)	800	600	300
3. Eng kichik tomon uzunligi (m)	250	120	80
4. Burchak o'lchashning o'rta kvadratik xatosi	$\pm 2''$	$\pm 5''$	$\pm 10''$
5. Yo'lning nisbiy bog'lanmasligi	1:25000	1:10000	1:5000

3-klass poligonometriya yo'llari 2-klass poligonometriya to'ri ichida barpo qilinishi kerak. Uning zichligi 50 km² ga bitta punkt qilinishi kerak. 4-klass poligonometriya yo'llari 3- va 4-klass poligonometriya punktlari orasida o'tkaziladi. Shaharni syomka qilishda va injener-geodezik ishlar uchun asos qilishda yuqori aniqlikdagi 1-razryadli poligonometriya, 1- va 2-razryadli poligonometriya yo'llari barpo qilinadi. Poligonometriya yo'llari geometrik formasi bo'yicha cho'zilgan va egilgan yo'llarga bo'linadi.

A va *B* triangulyatsiya punktlari orasida poligonometriya punkti o'tkazilgan (4.2-rasm). $AB = L$ — yo'lni bog'lovchi chiziq. Agar yo'l tomonlarining yo'nalishi bog'lovchi chiziqdan oz (24°) og'sa, poligonometriya cho'zilgan hisoblanadi. Agar yo'l tomonlarining yo'nalishi bog'lovchi chiziqdan u yoqqa-bu yoqqa bog'lovchi chiziq uzunligidan $1/8$ katta bo'lsa, yo'l egilgan hisoblanadi.

$$\frac{[S]}{L} \leq 1,3 \text{ ya'ni chek } \alpha \leq \pm 24^\circ, \text{ chek } n \leq \pm 1/8 L.$$

Bu shartlardan birortasi bajarilmasa, yo'l egilgan hisoblanadi.



4.2-rasm.

4.3. Burchak va tomon o'lchashlari xatoliklarining ta'siri (asosiy hisoblash formulalari)

1. Yo'lining burchak xatoliklari

A va B yuqori klassli triangulyatsiya punktlari orasida poligonometrik yo'l $P_1, P_2, \dots, P_{n+1}$ o'tkazilgan. Chap burilish burchaklari $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{n+1}$ va tomonlari $S_1, S_2, \dots, S_n$ o'lchangan (4.3-rasm).

Yo'lining boshlang'ich va oxirgi nuqtalarining koordinatlari x_A, y_A va x_B, y_B shuningdek, yo'lining boshlang'ich va oxirgi tomonlarining direksion burchaklari α_{bosh} va α_{oxir} ma'lum.

Burchak bog'lanmaslik xatoligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$f_\beta = \alpha_{\text{bosh}} + \sum_1^{n+1} \beta - 180^\circ (n+1) - \alpha_{\text{oxir}}.$$

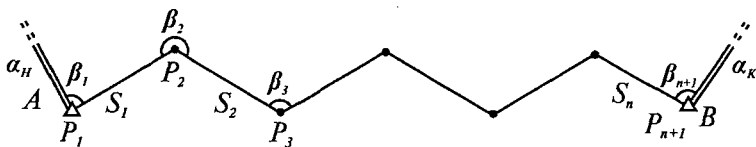
Agar burchaklar bir xil aniqlikda o'lchangan bo'lsa, unda burchaklar yig'indisining o'rta kvadratik xatosi:

$$m_{\Sigma\beta} = m_\beta \sqrt{n+1},$$

bu yerda: m_β — bitta burchak o'lchashning o'rta kvadratik xatosi.

Bog'lanmaslikning cheki ushbu formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\text{cheki } f_\beta = 2 m_\beta \sqrt{n+1}.$$



4.3-rasm.

2. Yo'l tomonlarini o'lchash xatoliklari

Faraz qilaylik, tomonlar uzunligini o'lchashda faqat tasodifiy xatoliklar ta'sir qilgan bo'lsin. Unda bitta tomonni o'lchashning o'rta kvadratik xatosi:

$$m_s = \mu \sqrt{S},$$

bu yerda: μ — tasodifiy ta'sir koeffitsiyenti.

Agar poligonometrik yo'l chizilgan formaga ega bo'lsa va yo'l tomonlarining uzunligi yig'indisi bog'lovchi chiziqdan oz farq qilsa, ya'ni

$$L = S_1 + S_2 + \dots + S_n$$

bo'lsa, unda yo'lining hamma tomonlarini o'lchashning o'rta kvadratik xatosi ushbu formula bilan ifodalanadi:

$$m_L = \mu \sqrt{[S]} = \mu \sqrt{L}.$$

Agar tomonlarni o'lchash natijalariga faqat sistematik xatoliklar ta'sir qilgan bo'lsa, yo'lining tomonlarini o'lchash xatoligi:

$$m_L = \lambda [S] = \lambda L,$$

bu yerda: λ — sistematik xatoliklar ta'siri koeffitsiyenti.

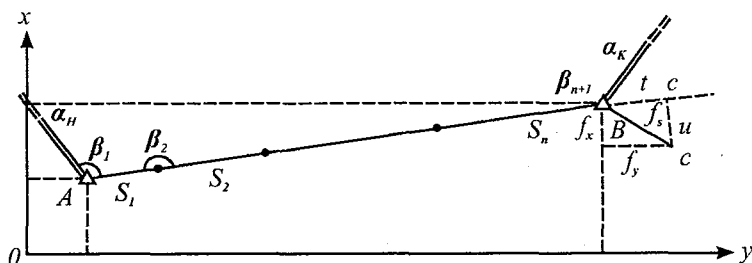
Haqiqatda tasodifiy va sistematik xatoliklar tomon o'lchamlari aniqligiga birgalikda ta'sir qiladi. Shuning uchun yo'l tomonlarini o'lchashning o'rta kvadratik xatosi kvadrati tasodifiy va sistematik xatoliklari o'rta kvadratik xatoliklari kvadrati yig'indisiga teng bo'ladi:

$$m_L^2 = \mu^2 L + \lambda^2 L^2.$$

4.4. Yo'lining bo'ylama va ko'ndalang xatoliklari

1. Aniqlashning grafik usuli

Koordinatlar orttirmalaridagi bog'lanmaslik hisoblanadi (4.4-rasm):



4.4-rasm.

$$f_x = \sum_1^n \Delta x - (x_{\text{oxir}} - x_{\text{bosh}}),$$

$$f_y = \sum_1^n \Delta y - (y_{\text{oxir}} - y_{\text{bosh}}).$$

Perimetrdagi absolut bog‘lanmaslik topiladi:

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

Bu berilganlar bo‘yicha tanlangan masshtabda poligonometrik yo‘l qog‘ozga qo‘yib chiqiladi. Bo‘ylama va ko‘ndalang bog‘lanmaslik topiladi:

$$f_s = \sqrt{t^2 + u^2} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

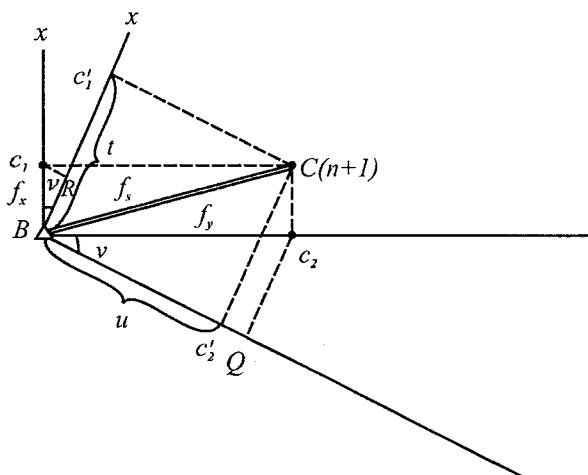
Cho‘zilgan poligonometrik yo‘lda absolut bog‘lanmaslikni ikkita qismga ajratish mumkin:

1. Bo‘ylama bog‘lanmaslik t ,
2. Ko‘ndalang bog‘lanmaslik u .

Bo‘ylama bog‘lanmaslik yo‘l bo‘yicha joylashadi, ko‘ndalang bog‘lanmaslik yo‘l yo‘nalishiga perpendikular joylashadi.

Cho‘zilgan yo‘lda bo‘ylama bog‘lanmaslik tomonlarini o‘lchash xatoliklarining yig‘indisi natijasida paydo bo‘ladi, ko‘ndalang bog‘lanmaslik esa burchak o‘lchash xatoliklarining birgalikdagi ta‘hiri natijasida paydo bo‘ladi.

Cho‘zilgan yo‘lning qulayligi — burchak va tomon o‘lchash xatoliklarining alohida ta‘sirini namoyon qilish imkoniyatidir.



4.5-rasm.

2. Aniqlashning analitik usuli

Bu usul yo'l o'qining bog'lovchi chiziq direksion burchagiga burilganda bitta sistemadan ikkinchi sistemaga o'tishiga asoslangan. 4.5-rasm dan:

$$t = f_x \cos \nu + f_y \sin \nu; \quad (c'_1 R = c_2 Q);$$

$$u = f_y \cos \nu - f_x \sin \nu; \quad (c'_2 Q = c_1 R),$$

$$\text{bu yerda: } \sin \nu = \frac{[\Delta y]}{L}, \quad \cos \nu = \frac{[\Delta x]}{L}.$$

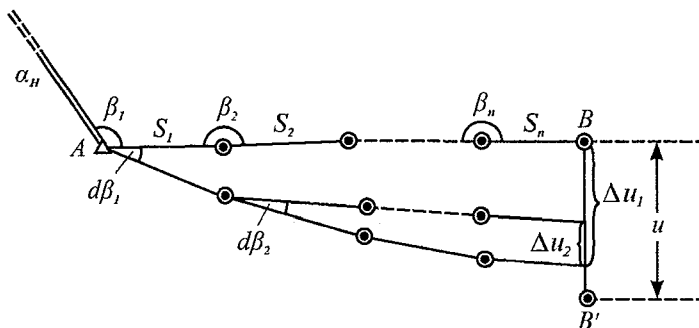
3. Osilgan yo'l

Agar yo'lning birinchi burchagini o'lchashda $d\beta_1$ tasodifiy xatolikka yo'l qo'yilgan bo'lib, boshqa burchaklar xatosiz o'lchangan bo'lsa, yo'lning oxirgi nuqtasi yo'l yo'nalishiga perpendikular Δu_1 miqdorga siljiydi (4.6-rasm), ya'ni

$$\Delta u_1 = (S_1 + S_2 + \dots + S_n) \frac{d\beta_1}{\rho''}.$$

Ikkinchi burchakda yo'l qo'yilgan xatolik $d\beta_2$ ta'sirida oxirgi nuqta Δu_2 miqdorga siljiydi:

$$\Delta u_2 = (S_2 + S_3 + \dots + S_n) \frac{d\beta_2}{\rho''}.$$



4.6-rasm.

Keyinchalik topamiz:

$$\Delta u_3 = (S_3 + \dots + S_n) \frac{d\beta_3}{\rho''}.$$

$$\Delta u_n = S_n \frac{d\beta_n}{\rho''}.$$

Ko'ndalang bog'lanmaslik u oxirgi nuqtaning alohida siljishlar algebraik yig'indisiga teng:

$$u = \Delta u_1 + \Delta u_2 + \Delta u_3 + \dots + \Delta u_n = (S_1 + S_2 + \dots + S_n) \frac{d\beta_1}{\rho''} + \\ + (S_2 + S_3 + \dots + S_n) \frac{d\beta_2}{\rho''} + (S_3 + \dots + S_n) \frac{d\beta_3}{\rho''} + \dots + S_n \frac{d\beta_n}{\rho''}.$$

Agar tomon uzunliklarini bir-biriga teng deb qabul qilsak:

$$S_1 = S_2 = S_3 = S_2 = \dots = S_n = S.$$

Unda ko'ndalang bog'lanmaslik uchun formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$u = S_n \frac{d\beta_1}{\rho''} + S(n-1) \frac{d\beta_2}{\rho''} + S(n-2) \frac{d\beta_3}{\rho''} + \dots + S \frac{d\beta_n}{\rho''}.$$

O'rta kvadratik xatolikka o'tamiz (burchaklar bir xil aniqlikda o'lchangan):

$$m_u^2 = S^2 [n^2 (n-1)^2 + (n-2)^2 + \dots + 1^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2}].$$

$$\text{Ma'lumki, } 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}.$$

Unda o'rta kvadratik xato formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$m_u^2 = S^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} = S^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \frac{n^2(n+1,5)}{3}.$$

Cho'zilgan yo'lda: $nS = L$.

$$\text{Demak, } m_u^2 = \left(\frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 \cdot L^2 \left(\frac{n+1,5}{3} \right)$$

$$\text{yoki } m_u = \frac{m_\beta}{\rho} \cdot L \cdot \sqrt{\frac{n+1,5}{3}}.$$

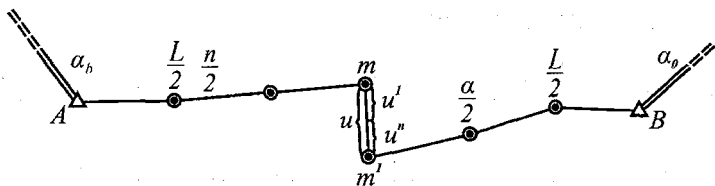
Ko'ndalang bog'lanmaslikning nisbiy o'rtacha miqdori:

$$\frac{m_u}{L} = \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\frac{n+1,5}{3}}.$$

Osilgan yo'lga ishlab chiqarishda yo'l qo'yilmaydi. Odatda poligonometrik yo'llar koordinatalari va direksion burchaklari ma'lum bo'lgan yuqori klassli triangulyatsiya va poligonometriya punktlari orasida o'tkaziladi.

4. Qattiq punktlar orasida o'tkazilgan yo'l

Berilgan yo'lda α_b va α_0 ma'lum. Shuning uchun oldin burchaklar yig'indisida bog'lanmaslik topiladi, agar u



4.7-rasm.

yo'l qo'yilgan chekda bo'lsa uni hamma burchakka teskari ishora bilan teng qilib tarqatiladi. Keyin tenglashtirilgan burchak bo'yicha bo'ylama va ko'ndalang bog'lanmaslik topiladi.

Bog'lanmaslik uchun oldindan tenglashtirilgan burchaklar yo'lining ko'ndalang bog'lanmasligini ikki marta kamaytiradi. Qattiq punktlar orasida o'tkazilgan yo'lining eng zaif joyi uning o'rtasi hisoblanadi. Zaif punktning ko'ndalang siljishini osilgan yo'l oxirgi punkti ko'ndalang siljish formulasi qo'llash orqali aniqlash mumkin. Bunday holatda yo'lining uzunligi L ni va qayrilish burchaklar sonini ikki marta kamaytirish kerak, ya'ni

$$m_u' = \frac{m_\beta}{\rho} \frac{L}{2} \sqrt{\frac{n}{2} + 1,5}.$$

Ma'lumki, zaif punktning ko'ndalang siljish umumiy miqdori har bir yarim yo'l bo'yicha hisoblangan alohida siljishlar algebralik yig'indisiga teng:

$$u = u' + u''.$$

Xatoliklar nazariyasi bo'yicha ikkita teng xatoliklar manbalari o'rta kvadratik xatolari yig'indisi:

$$m_u^2 = m_u'^2 + m_u''^2, \text{ lekin } m_u' = m_u'',$$

shuning uchun $m_u^2 = 2 m_u'^2$ yoki $m_u' = \frac{m_u}{\sqrt{2}}$,

unda, m_u' ning qiymatini qo'yib, topamiz:

$$m_u = \frac{m_\beta}{\rho} \frac{L}{2} \sqrt{2} \sqrt{\frac{n}{2} + 1,5} \text{ yoki oxirida } m_u = \frac{m_\beta}{\rho} L \sqrt{\frac{n+3}{12}}.$$

Yo'lining oxirgi nuqtasi vaziyatining o'rta kvadratik xatosi yo'lining ko'ndalang va bo'ylama xatosi bo'yicha topiladi:

$$M^2 = m_t^2 + m_u^2 = \mu^2 L + \lambda^2 L^2 + L^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \left(-\frac{n+1,5}{3} \right).$$

Agar burchaklar oldindan to'g'rilangan bo'lsa, unda

$$M^2 = m_t^2 + m_u^2 = \mu^2 L + \lambda^2 L^2 + L^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} - \frac{n+3}{12}.$$

Nisbiy xatolik:

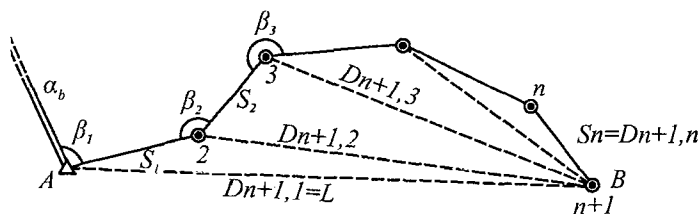
$$\left(\frac{M}{L} \right)^2 = \frac{M^2}{L} + L^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \left(\frac{n+3}{12} \right),$$

$$M^2 = m_s^2 n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \left(\frac{n+3}{12} \right).$$

4.5. Har qanday formadagi poligonometriya yo'li nuqtasi oxirgi vaziyatining o'rta kvadratik xatosi

1. Osilgan yo'l

Osilgan poligonometrik yo'l olamiz: 1, 2, 3, ..., n+1 (4.8-rasm).



4.8-rasm.

Ma'lumki, koordinatalar orttirmasi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\Delta x = S \cos \alpha,$$

$$\Delta y = S \sin \alpha.$$

Bu tenglamani differensiallab, koordinata orttirmalari-ning haqiqiy xatosini topamiz:

$$d\Delta x = \cos \alpha dS - S \sin \alpha \frac{d\alpha}{\rho} = \cos \alpha dS - \Delta y \frac{d\alpha}{\rho},$$

$$d\Delta y = \sin \alpha dS + S \cos \alpha \frac{d\alpha}{\rho} = \sin \alpha dS + \Delta x \frac{d\alpha}{\rho}.$$

Oxirgi punkt koordinatalaridagi haqiqiy xatolik:

$$\left. \begin{aligned} [d\Delta x] &= [\cos \alpha dS] - \frac{1}{\rho} [\Delta y d\alpha], \\ [d\Delta y] &= [\sin \alpha dS] + \frac{1}{\rho} [\Delta x d\alpha]. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Direksion burchak xatosi $d\alpha$ burchak o'lchash xatosi $d\beta$ ga bog'liq, ya'ni

$$d\alpha_i = \sum_1^i d\beta,$$

$$\text{unda} \quad \left. \begin{aligned} [d\Delta x] &= [\cos \alpha dS] - \frac{1}{\rho} \left[\Delta y_i \sum_1^i d\beta \right], \\ [d\Delta y] &= [\sin \alpha dS] + \frac{1}{\rho} \left[\Delta x_i \sum_1^i d\beta \right]. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(2) tenglamaning oxirgi hadini soddalashtiramiz:

$$\begin{aligned} \left[\Delta y_i \sum_1^i d\beta \right] &= (\Delta y_1 + \Delta y_2 + \Delta y_3 + \dots + \Delta y_n) d\beta_1 + \\ &+ (\Delta y_2 + \Delta y_3 + \dots + \Delta y_n) d\beta_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{yoki} \quad \left[\Delta y_i \sum_1^i d\beta \right] &= (y_{n+1} - y_1) d\beta_1 + \\ &+ (y_{n+1} - y_2) d\beta_2 + \dots + (y_{n+1} - y_n) d\beta_n \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{yoki qisqa,} \quad \left[\Delta y_i \sum_1^i d\beta \right] &= [(y_{n+1} - y_i) d\beta_i], \\ \left[\Delta x_i \sum_1^i d\beta \right] &= [(x_{n+1} - x_i) d\beta_i]. \end{aligned} \quad (3)$$

(2) va (3) formulaga asosan topamiz:

$$[d\Delta x] = [\cos \alpha \, d \, S] - \frac{1}{\rho} [(y_{n+1} - y_i) d\beta_i],$$

$$[d\Delta y] = [\sin \alpha \, d \, S] + \frac{1}{\rho} [(x_{n+1} - x_i) d\beta_i].$$

O'rta kvadratik xatolikka o'tamiz, bunda burchaklar bir xil aniqlikda o'lchangan deb hisoblaymiz, ya'ni

$$m_{\beta_1} = m_{\beta_1} = m_{\beta_2} = \dots = m_{\beta_{n+1}} = m_{\beta},$$

$$\left. \begin{aligned} m_x'^2 &= [\cos^2 \alpha \, m_s^2] + \frac{1}{\rho^2} [(y_{n+1} - y_i)^2 m_{\beta}^2], \\ m_y'^2 &= [\sin^2 \alpha \, m_s^2] + \frac{1}{\rho^2} [(x_{n+1} - x_i)^2 m_{\beta}^2]. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Agar o'lchashda sistematik xato yo'q bo'lsa, unda

$$m_s = \mu \sqrt{S}.$$

Buni hisobga olganda (4) formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\left. \begin{aligned} m_x'^2 &= \mu^2 [S \cos^2 \alpha] + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [(y_{n+1} - y_i)^2], \\ m_y'^2 &= \mu^2 [S \sin^2 \alpha] + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [(x_{n+1} - x_i)^2]. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Oxirgi nuqta vaziyatining o'rta kvadratik xatosini topamiz:

$$M'^2 = m_x'^2 + m_y'^2 = \mu^2 [S] + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [D_{n+1,i}^2], \quad (6)$$

bu yerda: $D_{n+1,i}^2$ — oxiridan har bir qayrilish nuqtasigacha bo'lgan masofa.

Bu miqdorning qiymatini grafik va formula bo'yicha hisoblash mumkin:

$$D_{n+1,i}^2 = (x_{n+1} - x_i)^2 + (y_{n+1} - y_i)^2.$$

Agar o'lashga sistematik xato ta'sir qilsa, unda

$$M'^2 = \mu^2 [S] + \lambda^2 L^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [D_{n+1,i}^2]. \quad (7)$$

2. Qattiq punktlar orasida o'tkazilgan yo'l

Oldindan to'g'rilangan burchak bo'yicha egri yo'l oxirgi punkti vaziyatining o'rta kvadratik xatosi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$M^2 = \mu^2 [S] + \lambda^2 L^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [D_{m,i}^2]. \quad (8)$$

Agar bosh berilganlarda (исходные данные) xato mavjud bo'lsa:

$$M'^2 = \mu^2 [S] + \lambda^2 L^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [D_{m,i}^2] + \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} D_{mH,i}^2 + m_{b-o}^2, \quad (8a)$$

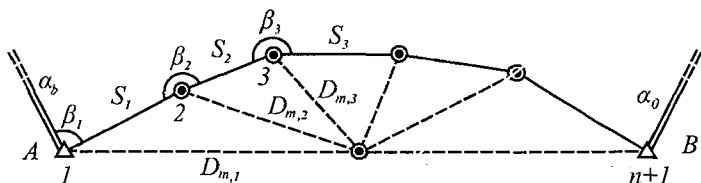
bu yerda: $D_{m,i}$ — og'irlik markazidan har bir qayrilish nuqtasigacha bo'lgan masofa.

Hisoblashni qulaylashtirish uchun koordinatalar markazini og'irlik markaziga o'tkazamiz. Og'irlik markazi koordinatalari ushbu formula bilan hisoblanadi:

$$x_m = \frac{[x]}{n+1}; \quad y_m = \frac{[y]}{n+1}.$$

Keyin yo'l markaziy koordinata qiymati bir metr aniqlikda hisoblanadi:

$$\varepsilon_i = x_i - x_m, \quad \eta_i = y_i - y_m.$$



4.9-rasm.

Bu koordinatalarning shartli qiymatlari bo'yicha qog'ozga yo'lni tushiriladi. $D_{m,i}$ qiymat grafik yoki analitik usulda ushbu formula bilan aniqlanadi:

$$[D_{m,i}] = [\varepsilon^2] + [\eta^2].$$

(7) va (8) formuladan ko'rinib turibdiki, egilgan poligonometrik yo'lning aniqligi faqatgina tomonlar va qayrilish burchaklarini o'lchashdagi sistematik va tasodifiy xatoliklariga bog'liq bo'lmasdan, balki yo'lning egrilik darajasiga va undagi qayrilishlar soniga ham bog'liqdir.

Yo'llarning bog'lanmasligi bo'yicha tomonlar o'lchashlari aniqligini baholash

1. Ikkilangan o'lchashning farqi bo'yicha

μ va λ ni hisoblash uchun cho'zilgan formadagi poligonometrik yo'l tomonlarining ikkilangan o'lchashlar soni katta olinadi (4.10-rasm).

Har bir tomon uchun farq hisoblanadi:

$$\Delta S_i = S'_i - S''_i.$$

Sistematik ta'sir koeffitsiyenti hisoblanadi:

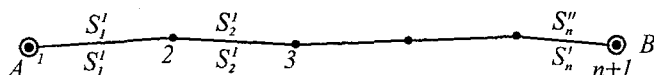
$$\lambda = \frac{[\Delta S]}{[S]}.$$

Keyin har bir farqdan sistematik qismni olib tashlanadi:

$$\delta S_i = \Delta S_i - \lambda S_i.$$

Undan keyin tasodifiy ta'sir koeffitsiyenti hisoblanadi:

$$\mu = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[\delta S^2]}{n-1}}.$$



4.10-rasm.

Agar $\lambda = \frac{[\Delta S]}{[S]}$ nolga yaqin bo'lsa, μ koeffitsiyent bevosita farqlar bo'yicha hisoblanadi:

$$\mu = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[\Delta S^2]}{n}},$$

bu yerda: S'_i — to'g'ri yo'nalishdagi yo'l tomonlarining uzunligi,

S''_i — teskari yo'nalishdagi yo'l tomonlarining uzunligi,
 N — yo'l tomonlari soni (ΔS farqlar soni).

2. *Cho'zilgan yo'lining bo'ylama bog'lanmasligi bo'yicha*
 Oldin yo'lining bo'ylama bog'lanmasligi Z , keyin sistematik ta'sir koeffitsiyenti aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{[t]}{[S]}.$$

Keyin bo'ylama bog'lanmaslikdan sistematik qism olib tashlanadi:

$$t' = t - \lambda[S] = t - \lambda L.$$

Tasodifiy ta'sir koeffitsiyenti hisoblanadi:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[t'^2]}{N-1}}.$$

μ kichik bo'lganda u quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[t'^2]}{N}},$$

bu yerda: t — cho'zilgan yo'lining bo'ylama bog'lanmasligi;

$[S] = L$ — cho'zilgan yo'lining perimetri;

N — yo'llar soni.

Agar λ , μ qiymatlarni aniqlash uchun imkoniyat bo'lmasa, ish uchun foydalanish yo'riqnomalarida berilgan qiymatlardan foydalanish mumkin.

Burchak o'lchashlarini yo'l bog'lanmasligi bo'yicha aniqligini baholash

1. Yo'ning burchak bog'lanmasligi bo'yicha

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{\left[\frac{f_{\beta}^2}{n+1} \right]}{N}},$$

bu yerda: $n+1$ — yo'l burchaklari soni,

N — yo'llar soni,

f_{β} — burchak bog'lanmasligi.

2. Cho'zilgan yo'l ko'ndalang bog'lanmaslik bo'yicha

a) to'g'rilanmagan burchak bo'yicha burchak bog'lanmasligiga ko'ra

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{\left[C' \left(\frac{U'}{L} \rho \right)^2 \right]}{N}},$$

bu yerda: $C' = \frac{3}{n+1,5}$;

U' — to'g'rilanmagan burchaklar bo'yicha hisoblangan cho'zilgan yo'ning ko'ndalang bog'lanmasligi;

N — yo'llar soni;

b) to'g'rilangan burchak bo'yicha burchak bog'lanmasligi:

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{\left[C \left(\frac{U}{L} \rho \right)^2 \right]}{N}},$$

bu yerda: $C = \frac{12}{n+3}$;

U — to'g'rilangan burchaklar bo'yicha hisoblangan cho'zilgan yo'ning ko'ndalang bog'lanmasligi.

Koeffitsiyent m_p burchak o'lchash aniqligi ko'rsatkichi hisoblanadi. μ , λ koeffitsiyentlar tomon o'lchash aniqligi ko'rsatkichlari hisoblanadi. Bu koeffitsiyentlar qanchalik kichik bo'lsa, o'lchash shunchalik eng aniq hisoblanadi. Bu koeffitsiyentlar o'lchash aniqligini baholash uchun, tenglashtirish hisoblashlari uchun va loyihalalanayotgan yo'llarni oldindan hisoblash aniqliklari uchun kerak.

Poligonometrik ishlarni tashkil qilish:

1. Loyiha tuzish.
2. Rekognossirovka.
3. Belgilarni tayyorlash va ularni o'rnatish.
4. Asboblarni tekshirish va tadqiq qilish.
5. Burchak va tomon o'lchashlari.
6. Yo'llarni tayanch punktlarga o'lchash.
7. Dala o'lchashlarini hisoblash va uning aniqligini baholash.

8. Tenglashtirish hisoblari (tomon uzunliklari, direksion burchak va koordinatalar oxirgi qiymatlarini hisoblash).

9. Kataloglar tuzish.

10. Texnik hisobot tuzish.

Loyihani tuzish uchun ish joyining geodezik o'rganilganligi materiallarini, fizik-geografik va iqtisodiy sharoitlarni yorituvchi materiallarni yig'ish kerak. Loyiha eng yirik masshtabli kartalardan foydalangan holda 1:100000 masshtabli kartada tuziladi. Oldin kartaga ish joyi hududida mavjud bo'lgan geodezik to'r punktlari tushiriladi, keyin yangi poligonometrik yo'l loyihalashtiriladi.

Loyihalashtirishda poligonometrik yo'llar cho'zilgan formada loyihalashtirishga harakat qilish kerak. Poligonometrik yo'llarni avtomobil va temir yo'llar bo'ylab, daryolar bo'ylab va yolg'iz dala yo'llari bo'ylab o'tkazish eng qulay hisoblanadi. Botqoqlik va ko'chuvchi qum joylardan poligonometrik yo'llar o'tkazish tavsiya qilinmaydi.

Loyihani tuzgandan keyin punktlar joyini belgilash uchun joyni rekognossirovka qilinadi. Rekognossirovka-

da qo'shni punktlarning bir-biri bilan ko'rinishini ta'minlashga katta e'tibor berish kerak.

Tanlangan tomonlar masofa o'lchash asboblari bilan o'lchash uchun qulay bo'lishi kerak. Rekognossirovka qilish bilan bir vaqtda poligonometriya punktlarini o'rnatish ham bajariladi. Punktlar tugun nuqtalarida, qayrilish burchaklarida har 1 km oraliqda o'rnatiladi. Qolgan punktlar qoziqlar qoqib belgilanadi.

5-bob

POLIGONOMETRIYADA TOMON O'LCHASHLARI

5.1. Bazis o'lchash asbobi

Bazis o'lchash asbobi triangulyatsiyaning bazis va boshlang'ich tomonlarini va poligonometriya tomonlarini o'lchash uchun qo'llaniladi. Bazis o'lchash asboblari БП-1, БП-2 va БП-3 markalarda ishlab chiqariladi.

БП-1 1 va 2-klass triangulyatsiya bazislarini va poligonometriya tomonlarini o'lchash uchun mo'ljallangan.

БП-2 3 va 4-klass triangulyatsiya va poligonometriyada qo'llaniladi.

БП-3 injenerlik poligonometriyada tomon uzunliklarini o'lchash uchun qo'llaniladi.

БП-3 ning komplektiga quyidagilar kiradi:

1. Uchta invar simi.
2. Qoldiqlarni o'lchash uchun bitta invar lenta.
3. Ikkita blok stanok ikkita 10 kg li tosh bilan.
4. Selikli 10 ta bazis shtativlari.
5. Ikkita optik markazlashtirgich (lotoapparat).
6. Bazis reykasi.

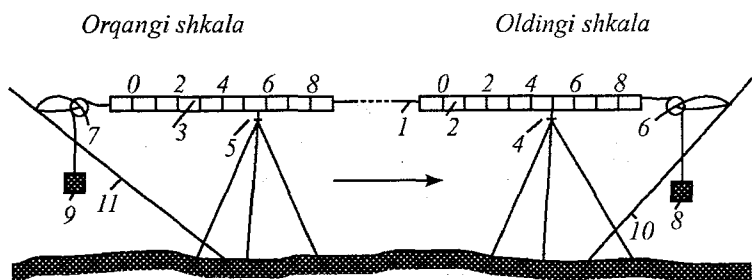
Bundan tashqari ish uchun, quyidagilar kerak:

- a) seliklarni nivelirlash uchun nivelir;
- b) seliklarni shtativ bilan qo'yish uchun teodolit;
- d) havo temperatursini o'lchash uchun termometr.

Invar sim 36% nikeldan va 64% temirdan tashkil topgan invar qotishmasidan tayyorlanadi. Invarning chiziqli kengayishi $0.5 \cdot 10^{-6}$ (0,0000005) ga teng.

Invar simning diametri 1,65 mm, uzunligi 24 va 48 metr bo'ladi.

24 metrli simning og'irligi 0,42 kg ga teng.



5.1-rasm. 1 — o'lchash simi; 2 va 3 — simning oldingi va orqangi shkalalari; 4 va 5 — shtativdagi seliklar; 6 va 7 — blokklar; 8 va 9 — toshlar; 10 va 11 — blokli stanoklar.

Har bir simning oxiriga millimetrda bo'laklangan 8 sm uzunlikdagi shkala mahkamlangan. Shkalada bir yo'nalishda diametrli bo'laklariga yozilgan. Shkala nollar orasidagi masofa 24 m.

Tomonlarni o'lchash bo'yicha ish o'lchanadigan tomon bo'yicha stvorda shtativlarni qo'yib chiqishdan boshlanadi. Shtativlar orasidagi masofa o'lchash asbobining uzunligiga teng bo'lishi kerak. Shtativning ustiga seliklar qo'yiladi. Selikli birinchi shtativ lotapparat yordamida o'lchanadigan tomon boshidagi belgi markazi ustiga o'rnatiladi.

O'lchash asbobini selikning ustiga o'rnatgandan keyin, 0,1 mm aniqlikda uch marta sanoq olinadi. Sanoqlar farqi $\pm 0,3$ mm dan oshmasligi kerak.

Agar oldingi shkala bo'yicha sanoqni «P» harfi bilan, orqangi bo'yicha sanoqni «Z» harfi bilan belgilasak, masofaning uzunligini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin:

$$\ell = 24000 + (P - Z) \text{ mm.}$$

Bizning misolimizda

$$\ell = 24000 + (50,0 - 55,0) = 23995 \text{ mm} \approx 23,995 \text{ m.}$$

Bazis o'lchash jurnali

№ 1 seksiya

Proletlar №	Shkalalar bo'yicha sanoq		(P-Z)	Tekshirish
	P	Z		
0—1	32.3	35.1	-2.8	
	39.5	42.4	-2.9	
	48.8	51.6	-2.8	
o'rtacha	40.20	43.03	-2.83	-2.83
1—2	48.5	26.3	+22.2	
	53.9	31.8	+22.1	
	63.6	41.4	+22.2	
o'rtacha	55.33	33.17	+22.17	+22.16

Qoldiqlar sanoqlar usuli bo'yicha lenta bilan o'lchanadi. Seliklarni nivelirlash seksiya bo'yicha to'g'ri yo'nalishda o'lchash boshlanguncha va teskari yo'nalishda o'lchash tugagandan keyin bajariladi.

Sanoq reykaning ikki tomonidan o'rta ip bo'yicha olinadi. Reykaning qora va qizil tomonlari sanog'i bo'yicha topilgan nisbiy balandliklar farqi 5 mm dan oshmasligi kerak.

Shtativlarni nivelirlashda nivelir yo'ldan chetroqqa o'rnatiladi. Har bir shtativgacha bo'lgan masofa 60 m dan oshib ketmasligi kerak. Bitta stansiyadan 6 ta shtativdan ko'p nivelirlanmaydi. Shtativlarni nivelirlash yo'li nivelir to'riga bog'lanishi ham kerak. Bu tomonni ellipsoid yuzasiga keltirish uchun zarur.

Bazisni nivelirlash jurnali

№1 seksiya 2-st.

Reyka	Sht.10	h	Sht.11	h	Sht.12	h	Sht.13
			To'g'ri yo'nalish				
Qora	0940	-16	0956	+249	0707	-421	1128
Qizil	0854		0869		0643		1026
	85.4		86.9		64.3		102.6
	0939.4	-16.5	0955.9	+248.6	0707.3	-421.3	1128.6
	$h_{to'g'ri}$	-16.2		+248.8		-421.2	

Reyka	Sht.10	h	Sht.11	h	Sht.12	h	Sht.13
			Teskari yo'nalish				
Qora	0714	-16	0730	+248	0482	-421	0903
Qizil	0649		0663		0437		0820
	64.9		66.3		43.7		82.0
	0713.9	-15.4	0729.3	+248.6	0480.7	-421.3	0902
	H_{teskari}	-15.7		+248.3		-421.2	
	$H_{\text{o'rta}}$	-16.0		+248.6		-421.2	

Bazis asbobi bilan tomon o'lchashlarning xatoliklari manbalari quyidagilardir:

Asosiy manbalar

1. O'lchash asbobini komparirlash.
2. Shtativlarning osilishi.
3. O'lchash asboblarining cho'zilishi.
4. Shamolning ta'siri.
5. Joyning egriligi.
6. Temperaturaning ta'siri.
7. Shtativlarning nomuqobilligi.
8. O'lchashning o'z xatoligi.

1, 2, 3 va 4 manbalarni sistematik xatoliklar Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 , va Δ_4 keltirib chiqaradi. Shuningdek, Δ_2 , Δ_3 , va Δ_4 hamma vaqt manfiy ishoraga ega. Shuning uchun ularni 3 $\Delta_{2,3,4}$ qiymatga ega bo'lgan bitta xatolik deb qarash mumkin.

5, 6, 7 va 8 manbalarni tasodifiy xatoliklar δ_5 , δ_6 , δ_7 , δ_8 keltirib chiqaradi. Hamma xatoliklarning umumiy ta'sirini topamiz:

$$\Sigma = \Delta_1 + 3 \Delta_{2,3,4} + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8. \quad (1)$$

O'rta kvadratik xatolikka o'tamiz:

$$m^2 \Sigma = m_1^2 + 9 m_{2,3,4}^2 + m_5^2 + m_6^2 + m_7^2 + m_8^2. \quad (2)$$

Hamma xatoliklar teng ta'sir qiladi, deb faraz qilaylik, ya'ni

$$m_1 = m_2 = \dots = m_7 = m_8 = m$$

bo'lsin, unda

$$m_{\Sigma}^2 = 14m^2,$$

bundan

$$m_{\Sigma}^2 = m\sqrt{14} = 3,7m$$

yoki

$$m = \frac{m_{\Sigma}}{3,7}. \quad (3)$$

Ma'lumki, $M_S^2 = m_t^2 + m_u^2$ ($f_S^2 = t^2 + u^2$). Teng ta'sir qilish prinsipiga asosan yozamiz:

$$m_t = m_u.$$

Unda

$$m_t = m_u = \frac{M_S}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

$$(\text{bo'yl. } t = \text{bo'yl. } u = \frac{f_S}{\sqrt{2}}).$$

Yo'lning bo'ylama xatoligi m_t dan oshmasin deb shart qo'yamiz.

Buning uchun manbalardan har birining ta'siri quyidagidan oshmasligi kerak:

$$m = \frac{m_t}{3,7}. \quad (5)$$

lekin $m_t = \frac{M_S}{\sqrt{2}}$, shuning uchun $m = \frac{M_S}{3,7\sqrt{2}} = \frac{M_S}{5,3}$,
ya'ni xatoliklarning chekli qiymati quyidagidan katta bo'lmasligi kerak:

$$\text{chek } \delta = \text{chek } \Delta = \frac{\text{chek.}f_S}{5,3}. \quad (7)$$

Nisbiy xatolik

$$\frac{chek.\delta}{L} = \frac{chek.\Delta}{L} = \frac{chek.f_s}{5,3L}. \quad (8)$$

Belgilaymiz: $\frac{chek.f_s}{L} = \frac{1}{T},$

unda

$$Chek.\delta = chek.\Delta = \frac{L}{5,3T}. \quad (9)$$

Bu formula bo'yicha yo'lning umumiy xatoligi $\frac{1}{T}$ dan oshmasligi uchun, sistematik va tasodifiy xatoliklarining yo'l qo'yish miqdorini qanday bo'lishi mumkinligini hisoblash mumkin.

l uzunlikdagi o'lchash asbobi qo'yish chekli sistematik xatosi:

$$chekli \Delta l_{sis} = \frac{l}{5,3T} \text{ yoki nisbiy chekli } = \frac{\Delta l_{sis}}{l} = \frac{1}{5,3T}.$$

Chekli tasodifiy xato:

$$chekli \delta l_{tasod} = \frac{l}{5,3T} \sqrt{n},$$

bu yerda: n — o'lchash asbobini qo'yish soni.

Eslatma. Sistematik xatolar yig'ilishi o'lchash asbobining qo'yilish soniga to'g'ri proporsional. Tasodifiy xatolar yig'ilishi o'lchash asbobining qo'yilish sonining kvadrat ildiziga to'g'ri proporsional.

Misol. O'lchash asbobining uzunligi $l=24$ m; $T=25\,000$; qo'yish soni $n=20$.

4-klass poligonometriya uchun chekli sistematik va chekli tasodifiy xatolarni hisoblang.

Yechish.

$$chekli \Delta l_{sis} = \frac{24000}{5,3 \cdot 25000} = 0,2 \text{ mm},$$

$$\text{chekli } \delta l_{\text{tasod}} = \frac{24000}{5,3 \cdot 25000} \sqrt{20} = \pm 0,8 \text{ mm.}$$

5.2. Alohida xatoliklar uchun yo‘l qo‘yish chekini hisoblash

Chekli sistematik va tasodifiy xatoliklar formulalaridan foydalanib har bir xatolikning yo‘l qo‘yish miqdorini hisoblash mumkin.

1. Komparirlash xatoligi

$$\text{chekli } \Delta l_{\text{komp}} \leq \frac{l}{5,3T}.$$

4-klass poligonometriyada 24 m invar sim bilan komparirlashda chekli komparirlash xatoligi $\pm 0,20$ mm dan oshmasligi kerak.

2. Chiziqning osilish xatoligi

AB — o‘lchanadigan tomon;

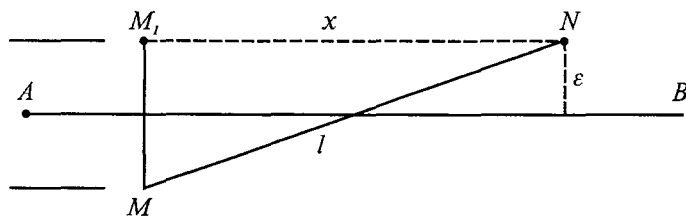
l — o‘lchash simi;

ε — o‘lchash asbobining AB yo‘nalishdan og‘ishi.

MM_1N uchburchakdan: $x^2 = l^2 - 4\varepsilon^2$.

Osilish xatoligi:

$$\Delta l_{\text{osil}} = l - x = l - \sqrt{l^2 - \varepsilon^2}, \quad (1)$$



5.2-rasm.

$$\Delta l_{osil} = l - x = l - l \left(1 - \frac{4\varepsilon^2}{l^2} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

Qavsdagi ifodani binomial qatorga yoyamiz:

$$\left(1 - \frac{4\varepsilon^2}{l^2} \right)^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{4\varepsilon^2}{l^2} = \dots$$

Unda (2) ushbu ko'rinishni oladi:

$$\Delta l_{osil} = l - x = l - l \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{4\varepsilon^2}{l^2} \right) = l - l + \frac{1}{2} \cdot \frac{4\varepsilon^2 l}{l^2}$$

yoki
$$\text{cheki } \Delta l_{osil} \leq \frac{2\varepsilon^2}{l}. \quad (3)$$

Bundan $\varepsilon^2 = \frac{\Delta l \cdot l}{2}$ yoki $\varepsilon = l \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta l}{l}}.$

Lekin $\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{5.3T}$, shuning uchun $\text{chekli } \varepsilon \leq l \sqrt{\frac{1}{10.6T}}. \quad (4)$

4-klass poligonometriya uchun *chekli* $\varepsilon = 4,5 \text{ sm}$.

Misol. Seliklarni osish truba kattalashtirishi $20\times$ bo'lgan teodolit bilan bajarilgan. 500 m masofaga osilish chekli xatoligini toping.

Yechish. Chekli vizirlash xatoligi:

$$\frac{60''}{20} = 3'',$$

chekli osilish xatoligi:

$$\text{chekli } \varepsilon = 50\,000 \text{ sm} \cdot \frac{3''}{\rho''} = 1 \text{ cm},$$

unda osilish xatoligi quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta l_{osil} \leq \frac{2\varepsilon^2}{l} = \frac{2 \cdot 100}{24000} = 0,01 \text{ mm}.$$

3. Cho'zilish xatoligi

$$\text{chekli } \Delta l_{\text{cho'zil}} = \left(\frac{\sigma \cdot l}{P} + \frac{P^2 l^3}{12 F^3} \right) dF,$$

bu yerda: $\sigma = 0,00051$ mm — og'irlik ta'sirida sim uzunligi birligining cho'zilishi;

$P = 0,0173$ kg — bir metr simning og'irligi;

$F = 10$ kg simni cho'zish kuchi.

$$\text{chekli } \Delta l_{\text{cho'zil}} = \left[\frac{0.00051 \cdot 24000}{0.0173} + \frac{(0.0173)^2 \cdot 24000^3}{12 \cdot 10^3} \right] dF,$$

$$\text{chekli } \Delta l_{\text{cho'zil}} = 1,04 \text{ dF (mm/kg)}.$$

4-klass poligonometriya uchun formulaga binoan:

$$\text{chekli } \Delta l_{\text{cho'zil}} = \frac{l}{5.3T} = \frac{24000}{5.3 \cdot 25000} = 0,2 \text{ mm dF (mm/kg)},$$

bunda $dF = 0,173$ kg.

Demak, 4-klass poligonometriya uchun simning cho'zilish aniqligi 173 g ga teng.

4. Shamolning ta'sir xatoligi

$$\Delta l_{\text{shamol}} = \frac{Q^2 l}{24 F^2}, \quad (1)$$

bu yerda: Q — shamolning yo'l qo'yiladigan ta'sir kuchi.

Formulaga binoan: $\text{chekli } \Delta l_{\text{shamol}} = \frac{l}{5.3T} = 0,2 \text{ mm}$, unda shamol kuchining yo'l qo'yish miqdorini hisoblash mumkin:

$$Q = \sqrt{\frac{\Delta l \cdot 24 F^2}{l}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 24 \cdot 10000^2}{24000}} = 140 \text{ g}.$$

Bunday kuch shamolning tezligi sekundiga 8 metr bo'lganda paydo bo'ladi. Demak, 4-klass poligonometri-

yada sim asboblari bilan tomonlarni o'lchashda shamolning tezligi sekundiga 8 m dan oshmasligi kerak.

5. Joyning egrilik xatoligi

MNN' uchburchakdan (5.3-rasm): $x^2 = l^2 - h^2$.

Joyning egriligi uchun xatoligi:

$$\Delta l_{egri} = l - x = l - \sqrt{l^2 - h^2} \quad (1)$$

yoki

$$\Delta l_{egri} = l - l\sqrt{1 - \frac{h^2}{l^2}} = l - l\left(1 - \frac{h^2}{l^2}\right)^{\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

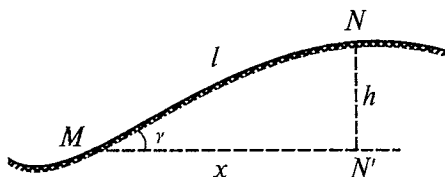
Ildiz ostidagi ifodani binar qatoriga yoyamiz:

$$\begin{aligned} \sqrt{l^2 - h^2} &= l\sqrt{1 - \frac{h^2}{l^2}} = l\left(1 - \frac{h^2}{l^2}\right)^{\frac{1}{2}} \\ \left(1 - \frac{h^2}{l^2}\right)^{\frac{1}{2}} &= 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{h^2}{l^2} - \dots \end{aligned} \quad (3)$$

(1), (2) va (3) formulalarga asosan:

$$\Delta l_{egri} = l - x = l - l\left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{h^2}{l^2}\right) = l - l + \frac{1}{2} \cdot \frac{h^2}{l^2} l$$

yoki *chekli* $\Delta l_{egri} = \frac{h^2}{2l}$.



5.3-rasm.

Formulani differensiallaymiz:

$$\text{chekli } dl_{\text{egri}} = \frac{2h}{2l} dh = \frac{h}{l} dh.$$

Qo'yilgan shartga asosan:

$$\text{chekli } dl_{\text{egri}} = \frac{h}{l} dh \leq \frac{l}{5,3T} \sqrt{n}.$$

Bundan:

$$dh = \frac{l^2}{h} \cdot \frac{\sqrt{n}}{5,3T}. \quad (4)$$

Bu formuladan ko'rinib turibdiki, nisbiy balandlik qanchalik katta bo'lsa, seliklarni nivelirlashni shunchalik aniq bajarish kerak.

6. Temperatura ta'sirining xatoligi

$$\text{chekli } \Delta l_{\text{temt}} = \alpha l \text{ chek } \Delta t,$$

bu yerda: $\alpha = 0,000012$ — po'latning chiziqli kengayish koeffitsiyenti; Δt — havo temperaturasini aniqlash xatoligi.

Qo'yilgan shartga asosan:

$$\text{chekli } \Delta l_{\text{temt}} = \pm 0,8 \text{ mm.}$$

Unda havo temperaturasini aniqlash xatoligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\text{chekli } \Delta t = \frac{\Delta l}{\alpha l} = \frac{0,8}{0,000012 \cdot 24000} = \pm 3^\circ.$$

7. Shtativlarning turg'un emaslik xatosi

Egilgan tekislikda tomonlarni o'lchashda tashqi muhitning ta'sirida shtativlarning siljishi paydo bo'ladi. Tomonlarni ikki yo'nalish bo'yicha o'lchashda bu xatoliklarning ta'sirini susaytirish mumkin.

8. O'lchashning o'z xatoligi

Bu xatolik lotapparat yordamida chiziqning oxirini to'g'rilash va shkalalar bo'yicha sanoq olish xatoliklaridan iborat.

Birinchisi nuqta ustida lotapparatni markazlashtirish xatoligiga bog'liq, u 0,5 mm dan oshmasligi kerak. Sanoq olish xatoligi ham 0,5 mm dan oshmasligi kerak.

Demak, $\Delta l_{o'ch} = 0.5\sqrt{2} = \pm 0.7 \text{ mm}$.

Ko'rinib turibdiki, bu ikkita xatolik ham yo'l qo'yilgan chekdan oshib ketmaydi:

$$\text{chekli } \Delta l_{o'ch} = \pm 0,8 \text{ mm}.$$

Tomon o'lchashlarining natijasini hisoblash

Tomon o'lchashlarining natijasini hisoblash dala o'lchash materiallarini tekshirishdan boshlanadi.

1. O'lchash asbobining o'rtacha temperaturasi hisoblanadi.

2. Umumiy seksiya bo'yicha va proetlar bo'yicha sanoqlarni tekshirish bajariladi(bazisni o'lchash jurnalida).

3. Reykaning qora va qizil tomonlari sanoqlari bo'yicha nisbiy balandlikni hisoblash tekshiriladi(bazisni nivelir-lash jurnalida).

Jurnallarni hisoblashdan keyin yo'l tomonlar uzunligini hisoblashga kirishiladi.

Tomonlar o'lchash uzunligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$S = n(l + \Delta l) + \sum_1^n (O - K)_{o'r} + \Delta S_t + \Delta S_h + \\ + \sum r + \Delta S_H + \Delta S_y,$$

bu yerda:

$n(l + \Delta l) + \sum_1^n (O - K)_{o'r}$ — n proet tomonining o'lchangan qiymati;

$(l + \Delta l)$ — komparirlash temperaturasiidagi o'lchash asbobining uzunligi;

$\Delta S_t = \alpha l (t_{o'r} - t_0) n$ — o'lchash asbobining temperatura uchun tomon uzunligiga tuzatma;

α — o'lchash asbobining chiziqli kengayish koeffitsiyenti;

l — o'lchash asbobining nominal uzunligi;

$t_{o'r}$ va t_0 — komparirlashda va tomonlarni o'lchashda o'lchash asbobining o'rtacha temperaturasi;

$\Delta S_H = \sum_1^n \Delta l_n$ — tomon uzunligini gorizontga keltirish tuzatmasi (qoldiq tomonlarni o'lchashni gorizontga keltirish tuzatmasini hisobga olmaganda);

$$\Delta l_h = -\frac{h^2}{2l} - \frac{h^4}{8l^3} \text{ — tuzatmaning bu qiymatini } l \text{ va } h$$

miqdorlar bo'yicha jadvaldan olish mumkin.

$\sum r$ — qoldiqlar uzunligi yig'indisi:

$$r = r' + \Delta r + \Delta r_t + \Delta r_h,$$

bu yerda: r' — qoldiqning o'lchangan qiymati;

$\Delta r = \frac{\Delta l}{l} \cdot r'$ — o'lchash asbobining komparirlash uchun tuzatma;

l — qoldiq o'lchash asbobining nominal uzunligi;

Δl — o'lchash asbobining hamma uzunligiga komparirlash tuzatmasi (o'lchash asbobini tenglashtirishdan olinadi);

$\Delta r_t = \alpha (t - t_0) r'$ — temperatura uchun qoldiqqa tuzatma;

$\Delta r_h = -\frac{h^2}{2r'} - \frac{h^4}{8r'^3}$ — o'lchangan qoldiq uzunligini gorizontga keltirish tuzatmasi.

h — qoldiq oxiri balandliklari farqi.

Yuqoridagi sanab o'tilgan tuzatmalarni kiritilgandan keyin gorizontga keltirilgan S' tomonning uzunligi topiladi:

$$S' = n(l + \Delta l) + \sum_1^n (O - K)_{o,r} + \Delta S_r + \Delta S_h + \sum r.$$

S tomonning oxirgi uzunligini topish uchun quyidagi xatoliklarni kiritish zarur:

1. *Tomonni dengiz sathiga keltirish uchun tuzatma:*

$$\Delta S_H = \frac{H_m}{R} S',$$

bu yerda: H_m — o'lgan tomonning dengiz sathidan o'rtacha balandligi (kartadan olinadi);

$R \approx 6371$ km — yer ellipsoidi sirti egriligi o'rtacha radiusi:

Dengiz sathidan baland bo'lgan joylarda ΔS_H tuzatma manfiy bo'ladi.

2. *Tomon uzunligini Gauss-Kryuger proyeksiya tekisligiga keltirish uchun tuzatma:*

$$\Delta S_y = \frac{y_m^2}{2R^2} S',$$

bu yerda: $y_m = \frac{y_1 + y_2}{2}$ — o'q meridian tomonning o'rtacha balandligi (kartadan olinadi).

Tuzatma ΔS_y doimo musbat. Gauss-Kryuger proyeksiya tekisligida o'lgan tomon uzunligi qiymati ellipsoidda o'lgan qiymatdan katta.

5.3. Poligonometriya tomonini svetodalnomer bilan o'lchash

5.3.1. CT-5 "Блеск" svetodalnomeri

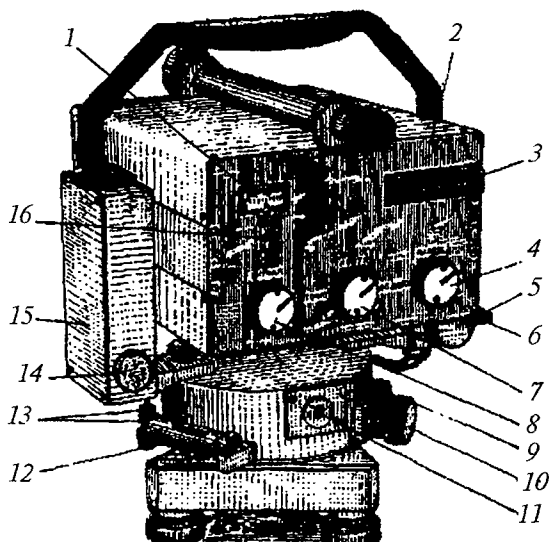
CT-5 svetodalnomeri mamlakatimizda ko'p qo'llaniladigan asosiy topografik svetodalnomer hisoblanadi (5.4-rasm). U 5 km gacha bo'lgan masofani bitta usulda quyidagi o'rta kvadratik xato bilan o'lchashga mo'ljallangan:

$$m_D \leq 10\text{mm} + 5 \cdot 10^{-6} D,$$

bu yerda: D — o'lchanadigan masofa.

Svetodalnomer shifridagi T harfi topografik plan olishda va geodezik plan olish to'rlarini barpo qilishdagi masofani o'lchash uchun mo'ljallangan **topografik** svetodalnomer ekanligini, 5 raqami esa masofa o'lchash chekini km da ko'rsatadi.

Svetodalnomerni mustaqil asbob sifatida ishlatish mumkin yoki uni $2T$, $3T$ teodolitlari ustiga o'rnatib birdaniga masofa va burchakni o'lchash uchun ham ishlatish mumkin. Svetodalnomerning og'irligi uning asosi bilan 4,5 kg (asossiz 3,8 kg). Svetodalnomer tarkibiga qaytargich(6-prizmalı, 1-prizmalı), tok manbayi, zaryadlash qurilmalari va anjomlar kiradi. 3 km dan uzoq masofani o'lchash uchun qaytargichdagi prizmalar soni 12 yoki 18 tagacha tashkil qilishi kerak.



5.4-rasm.

Svetodalnomerda masofani o'lchashning impuls usuli vaqtiy intervaliga aylantirishdan foydalaniladi. O'lchash ikki chastotali yoritish impulslarini qo'llash orqali amalga oshiriladi: $f_1 = 14985,5$ kGs va $f_2 = 149,855$ kGs. Nurlatish manbayi nurlanish to'liqini uzunligi 0,86 mkm li yarim o'tkazgichli lazer diod hisoblanadi, qabul qilish qurilmasi(priyomnik)niki — fotoelektron umnojitel.

Ish boshlashdan oldin asbobni tashqi kuzatiladi va uni tekshiriladi. Asbobni tashqi kuzatishda uning mexanik shikastlanmaganligiga ishonch hosil qilish kerak, asbob detallarining va boshqarish ushlagichlarning saqlanganligi, ularning aniq va silliq aylanishi, shkalalar tasvirining aniq ko'rinishi, strelka asboblari va sanoq tablolarining ishga yaroqliligi tekshiriladi. CT-5 svetodalnomerini akkumulatorga ulash o'tkazgich 4 "Быкл" rejimida turganda amalga oshiriladi. Svetodalnomerning akkumulyatorga ulanganligini sanoq 3 tablodagi verguldan keyin uchta nol yonishi bo'yicha bilish mumkin.

5.3.2. CT-5 svetodalnomerini tekshirish

1. Akkumulator batareykalari kuchlanishi to'liq ta'minlangan bo'lishi kerak.

O'tkazgich 7 va 4 "Контр" va "Свет" holatiga qo'yiladi. Agar strelka 1 ko'rsatkichi 60 mKA dan yuqori qiymatni ko'rsatsa, akkumulator batareykalarining kuchlanishi to'liq ta'minlangan hisoblanadi. Zumner 14 uzilgan signali akkumulator batareykalari kuchlanishining kamligini ko'rsatadi.

2. Tablodagi tekshirish sanog'i pasport bo'yicha qiymatga mos kelishi kerak.

Bu shartni tekshirish uchun svetodalnomer obyektiviga tekshirish sanog'i bloki kiygiziladi. Svetodalnomer o'tkazgich 7 va 4 bilan mos ravishda "Точно" va "Свет" holatiga o'tkaziladi. Ushlagich 16 bilan signalni o'rtacha (50) holatga qo'yiladi. Bunda tekshirish sanog'i qiymati

asbob pasportida ko'rsatilgan qiymatga mos kelishi kerak yoki 3 mm dan katta bo'lmagan qiymatga farq qilishi kerak.

Bu shart bajarilmasa, talab qilingan tekshirish sanog'ini o'tkazgich 16 ni aylantirish bilan o'rnatish mumkin yoki o'lchangan uzunlik qiymatiga tuzatma kiritiladi:

$$R = O_p - O_t$$

Bu yerda: O_p — asbob pasporti bo'yicha sanoq;

O_t — tekshirish sanog'i.

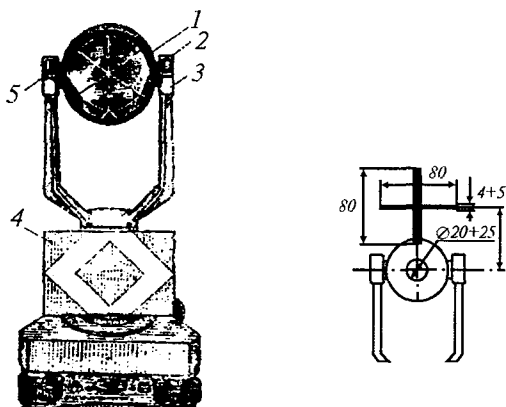
3. Tablo indikatorlari "Свет" va "Точно" rejimida tablo 3 ning hamma indikatorlarda 8 raqami yonishi kerak.

4. Kvarsli generatorning temperatura o'lchaydigan sxemasi normal ishlashi kerak.

"Свет" va "Контроль" rejimida tablo 3 bo'yicha bir nechta sanoq olinadi. Har bir olingan sanoq oldingisidan 5 birlikdan katta bo'lmagan qiymatga farq qilishi kerak.

5. Qarash trubasining vizir o'qi modullashgan nurlanish yo'nalishiga paralel bo'lishi kerak.

Bu tekshirishni bajarish uchun karton yoki qattiq qog'ozdan 5.5-rasmda ko'rsatilgandek marka tayyorlana-



5.5-rasm.

di. U bitta prizmalı qaytargichga oʻrnatiladi. Uni svetodalnomerdan 100—150 m masofaga oʻrnatib, uni "Наведение" rejimida qaytargichga maksimum signal boʻyicha qaratiladi va qarash trubasining 17 toʻr iplari aylanasi markazining markaning kesishtirishidan qanchalik ogʻganligi baholanadi. Xatolik himoya kalpachogining ichida turgan toʻr iplarini toʻgʻrilash vintlari yordamida markaning kesishishini toʻr iplari aylanasi markaziga keltirish bilan tuzatiladi. Svetodalnomer CT-5 bilan oʻlchashni bajarishdan oldin svetodalnomer va qaytargichning optik markazlashtirgichining toʻgʻri ishlashiga ishonch hosil qilish kerak. Ular ikkita asosiy shartga amal qilishi kerak: silindrik adilak 13 oʻqi vertikal perpendikular boʻlishi kerak; optik markazlashtirish vizir oʻqi uning vertikal oʻqi bilan ustma-ust tushishi kerak. Bu shartlarni tekshirish va tadqiq qilish optik teodolitlarda qanday bajarilsa bu yerda ham xuddi shunday bajariladi.

Yuqoridagi tekshirishlardan tashqari svetodalnomer metrologik attestatsiya ham qilinadi. Attestatsiya natijasida kvarsli generator chastotalarining nominal qiymatdan ogʻganligi qiymati, tok kuchlanishining oʻzgarishida tekshirish sanogʻining oʻzgarishi, davriy xatoliklar, bitta usulda masofani oʻlchashdagi oʻrta kvadratik xatoliklar aniqlanadi.

Dala sharoitida metrologik attestatsiya uzunligi yuqori aniqlikda oʻlchangan va davriy tekshirib turiladigan dala komparatorlarida aniqlanadi. Metrologik attestatsiya tartibi "Техническое описание и инструкция по эксплуатации СТ-5" da batafsil yozilgan.

5.3.3. CT-5 svetodalnomer bilan tomonlarni oʻlchash tartibi

1. Tomonning boshlangʻich nuqtasiga svetodalnomer oxirgi nuqtaga — qaytargich oʻrnatiladi. Ularni punkt markazi ustiga ish holatiga keltiriladi(markazlashtiriladi va nivelirlanadi) va oʻzaro oriyentirlanadi(svetodalnomer

qarash trubasi qaytargichga, qaytargich svetodalnomerga qaratiladi).

2. Svetodalnomer tokka ulanadi va qizdiriladi.

3. Tokning kuchlanishi tekshiriladi va asbobni ekspluatatsiya qilish bo'yicha qo'llanmada ko'rsatilgan texnik talablarga asosan tekshirish ishlari bajariladi (svetodalnomerni tekshirishga qarang).

4. Svetodalnomer "Наведение" rejimiga qo'yiladi. Buning uchun o'tkazgich 7 "Точно" holatiga va 4 "Наведение" holatiga qo'yiladi. Ushlagich 8 "Сигнал" soat strelkasi bo'yicha oxirigacha buraladi: quyoshli obhavoda fonli shovqini yuqori bo'lganda va havoning yuqori haroratida asbob strelkasining ko'rsatishi 20 mKa dan oshmasligi kerak. Svetodalnomer oriyentatsiyasini yo'naltiruvchi vintlar yordamida gorizontaal va vertikal o'zgartirib, signal olishga erishiladi. Signalning borligi tovush yoki asbob 1 strelkasining shkala bo'yicha o'ngga og'ishi dan bilinadi.

Svetodalnomer maksimum signal bo'yicha yo'naltiriladi. Bir vaqtda signal darajasi 8 ushlagich ish zonasining o'rtasida bo'lishi kerak.

5. O'tkazgich 4 "Счет" holatiga qo'yiladi va tablo indikatorining yonishi kuzatiladi (kerakli paytda ushlagich 8 bilan "Сигнал" signal darajasi to'g'rilanadi). "Точно" rejimida o'lchanadigan masofaning uchta sanog'i olinadi va maxsus jurnalga yoziladi. Jurnalga yana svetodalnomer turgan joyning meteoma'lumotlari — havoning temperaturasi va atmosfera bosimi ham yoziladi:

Uzun masofani o'lchaganda yoki qiyalik ancha baland bo'lganda tomon oxiri meteoma'lumotlari svetodalnomer va qaytargich turgan joylarda ham aniqlanadi.

Bu jarayondan keyin yana uch marta qaytargichga svetodalnomer yo'naltiriladi va har doim "Точно" rejimida uchta sanoq olinadi. 400 metrgacha masofani o'lchashda svetodalnomer obyektiviga attenyuator kiygiziladi.

O'lchash tugagandan keyin o'tgazgich 7 "Коитр" holatiga qo'yiladi va tablo bo'yicha tuzatma koeffitsiyentini aniqlash uchun sanoq olinadi.

Qo'pol o'lchashlar o'tkazgichning 7 "Грыбо" va o'tkazgich 4 ning "Счет" holatlarida amalga oshiriladi. O'lchash tugagandan keyin svetodalnomer o'chiriladi (o'tkazgich 4 — "Выкл.").

Punktlar orasidagi masofa ushbu formula bilan o'lchanadi:

$$D_H = D_{ak} + D_{ak}(K_n + K_f) 10^{-5} + \Delta D_y,$$

bu yerda: D_{ak} — "Точно" rejimida sanoqlarning o'rta arifmetik qiymati; K_n — atmosfera ko'rsatkichi o'zgarishini hisobga oladigan tuzatmalar koeffitsiyenti; K_f — kvarsli generator chastotasi temperaturasi o'zgarishini hisobga oladigan tuzatmalar koeffitsiyenti; ΔD_y — davriy xatoliklar tuzatmasi.

Koeffitsiyent K_n ning qiymati nomogramma bo'yicha yoki dalnomer pasportida ko'rsatilgan jadval bo'yicha havo temperaturasi va atmosfera bosimi o'lchangan qiymatini hisobga olib aniqlanadi. Koeffitsiyent K_f va tuzatma ΔD_y svetodalnomer pasportida berilgan grafik bo'yicha aniqlanadi.

O'lchanadigan tomon S ning gorizonta! quyilishi quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$S = D_H + \cos v,$$

bu yerda: v — asbob vizir o'qining egilish burchagi.

Agar tomonning boshlang'ich va oxirgi nuqtalari orasidagi nisbiy balandlik ma'lum bo'lsa:

$$S = D_{ak} + \delta S_y,$$

bu yerda:

$$\delta S_y = - \frac{h^2}{2D_{ak}}.$$

O'lchash jurnaliga yozish misoli

Svetodalmomer БЛЕК СТ-5 №__ Sana — 16.09.2004
 Kuzatuvchi Axmedov K.A. Boshlanishi — 17.00 tugashi —
 Yordamchi Aliyev L.M. 17.20
 O'lchanadigan tomon № 3-4 Obi-havo: bulutli, yengil
 Tomonning taxminiyl shamol.
 qiymati — 3 km Svetodalmomer meteoma'lumoti
 Svetodalmomer balandligi — 1.38 m $t=+9,5^{\circ}\text{C}$; $p=102,8\text{ kPa}$
 Qaytargich balandligi — 1,41 m Qaytargich $t=+8,5^{\circ}\text{C}$;
 Qaytargich — 18 prizm $p=100,2\text{ kPa}$; $t_{o'r}=+9,0^{\circ}\text{C}$;
 $p_{o'r}=101,5\text{ kPa}$

jadval

O'lchashlar ("Точно" rejimi)			Hisoblashlar
1-yo'naltirish	2-yo'naltirish	3-yo'naltirish	
873,628	873,629	873,626	$D_T=2873626.6$
873,630	873,628	873,629	$K_n=-0,9$
873,628	873,627	873,625	$\Delta D_m=-0,5$
$D_H = D_T + 10^{-5} D_T (K_n + K_f) + \Delta D_m$			$K_f = +0,3$
			$D_m = 2873,621$

6-bob

POLIGONOMETRIYADA BURCHAK O'LGHASHLARI

Poligonometriyada burchak o'lchashda o'rta aniqlikdagi optik teodolitlar T2, Theo 010 va boshqa aniqligi bir xil bo'lgan asboblardan qo'llaniladi.

№	Xarakteristikasi	T 2	Theo 010
1	Trubaning kattalashtirishi	25 ^x	30 ^x
2	Trubaning ko'rish maydoni	1°30'	1°30'
3	Limb bo'limining aniqligi	20'	20'
4	Baraban bo'limining aniqligi	1"	1"
5	Gorizontal aylana adlakning bo'lim aniqligi	15"	16"
6	Vertikal aylana adlakning bo'lim aniqligi	15"	20"
7	Fokus masofasi	250mm	250mm

6.1. T2 teodoliti

T2 teodoliti optik mikrometrli va optik markazlashtirgichli optik teodolit hisoblanadi.

Asbob temir uchburchakli 1 plastinka va turish vinti yordamida 2 taglikka o'rnatilgan. Asbob taglikning vtulkasiga kiradi va 17 qotirish vinti bilan mahkamlanadi (6.1-rasm).

Teodolitning qarash trubasi ichidan fokuslanadi. Uning kattalashtirishi 25^x, obyektivning fokus masofasi 250 mm.

Teodolit limbi 20' ga bo'lingan 0° dan 360° gacha graduslangan shisha gorizontal va vertikal burchak o'lchash doirasiga ega. Gorizontal doiraning diametri 90 mm, vertikalniki — 65 mm.

Gorizontal doiraning ali-dadasi qotirish vinti 4 va yo'naltiruvchi vinti 3 ga ega. Qarash trubasi 5 okulyari to'r iplarini fokuslash uchun halqaga ega.

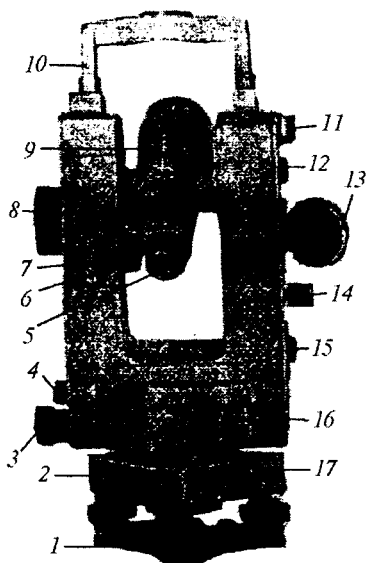
Qarash trubasi yonida okulyar bilan birga 6 sanoq mikroskopi okulyar trubkasi joylashgan. Unda gorizontal va vertikal doira tasviri qarash maydonini 7 ni aylantirish orqali o'zgartirish mumkin.

O'sha tomonda 8 mikro-metrni burash qurilmasi joylashgan. Trubani vizir nishoniga taxminiy yo'naltirish uchun trubaning tagida va tepasida 9 vizirlar joylashgan.

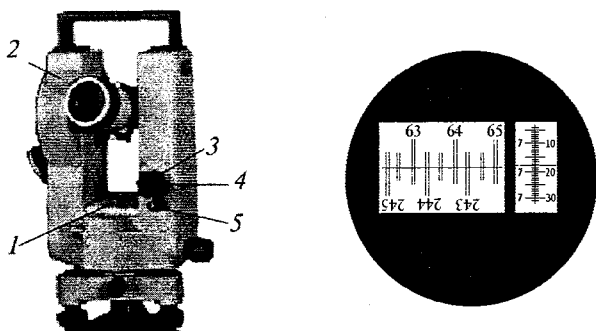
Ushlagich 10 ning o'rniga vizir markasini yoki bussol-ni o'rnatish mumkin. U teodolitni olib yurish uchun ham xizmat qiladi.

Vertikal doira adilak pufagining chetlari tasviri 11 prizma-lupaga uzatiladi. Adilak pufagi chetlarini kesishtirish 14 adilakning qo'yish vinti orqali keltiriladi. Adilak 12 oyna orqali yoritiladi. Sanoq mikroskopi qarash maydonini yoritish uchun 13 aylanadigan yoritish oynasi xizmat qiladi. U gorizontal va vertikal doira tasvirini ham yoritish uchun xizmat qiladi.

Teodolitni nuqtaga markazlashtirish uchun optik markazlashtirgich 15 dan foydalaniladi. Gorizontal doira-ni sanoqlarini almashtirish ushlagich 16 yordamida bajariladi. Gorizontal doirani kerakli burchakka aylantirish uchun ushlagichni ozgina bosib, keyin uni kerakli sanoq ko'ringuncha aylantiriladi.



6.1-rasm. T2 teodoliti.



6.2-rasm.

6.2-rasmda 21 qotirish vinti va 20 qarash trubasini yo'naltiruvchi vintlari ko'rsatilgan. Asbob aylanish o'qini shovun chizig'iga keltirish uchun 18 silindrik adilak gorizontaal aylana alidadasi korpusiga joylashtirilgan.

Qarash trubasini predmet bo'yicha fokuslash dioptir halqasi yordamida amalga oshiriladi.

Sanoq olish mikroskopining ko'rish maydonida ikkita — katta va kichkina oyna ko'rinadi.

Chap oynaning yuqori qismida aylananing asosiy shtrixlari tasvirini ko'rsatadi, pastda diametral qarama-qarshi tasvirni ko'rsatadi.

Mikrometr δ ushlagichini aylantirilsa, bu tasvirlar qarama-qarshi tomonga harakat qiladi. Har bir gradus uch qismga bo'lingan. Bir bo'lakning qiymati $-20'$.

Ushlagich 7 ni aylantirish bilan sanoq mikroskopi qarash maydoniga gorizontaal va vertikal doira tasviri keltiriladi. Agar ushlagich 7 vertikal holatda bo'lsa, sanoq mikroskopi qarash maydonida vertikal doira tasviri paydo bo'ladi, ushlagich gorizontaal holatda bo'lsa, gorizontaal doira tasviri paydo bo'ladi.

Gorizontaal doira shtrixi ikkilangan, vertikal doiraning shtrixi bitta. Gorizontaal doira shtrixi oq fonda ko'rinadi, vertikal doira shtrixi sariq-yashil fonda ko'rinadi.

O'ng oynada mikrometr shkalasi bo'laklarining tasviri ko'rinadi va harakatlanmaydigan indeks chiziqli yordamida sanoq olinadi.

Mikrometr golovkasini aylantirishda shkalaning siljish qiymati o'ng oynadagi shtrixlar siljishiga proporsionaldir. Mikrometr shkalasi 600 bo'lakka ega. Uni aylantirganda kichik oynadan hammasi o'tadi va katta oynadagi tasvir $\times$ aylana bo'lagiga, ya'ni 10' ga siljiydi.

Mikrometr shkalasi bo'lagi qiymati:

$$\frac{10'}{600} = \frac{600''}{600} = 1''.$$

Gorizontal va vertikal doira bo'yicha sanoq olish tartibi quyidagicha:

1. Chap oynadagi yuqori va pastki shtrixlar tasvirini mikrometr golovkasi bilan aniq ustma-ust kesishtiriladi.

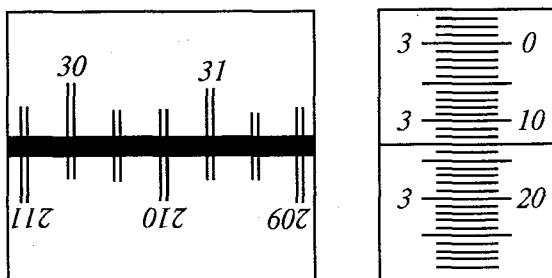
2. Oynaning pastki qismiga diametral qarama-qarshi bo'lgan yuqori qismining chap tomonidan gradusning qiymati olinadi — 63°. Berilgan diametral qarama-qarshi shtrixlar orasidagi oraliq sanaladi. Bizning misolimizda 63° dan 243° gacha — ular 4 ta. U 40' ga teng. Tasodifan diametral qarama-qarshi shtrixlar ustma-ust tushishi mumkin, unda o'nlik minutlar 0 ga teng bo'ladi.

3. O'ng oynada mikrometr shkalasi tasviri bo'yicha minut, sekund va o'ndan bir sekund aniqlikda sanoq olinadi. Birlik minutlar harakatlanmaydigan shkala yuqori qismidan chap tomondan — 7', o'nlik, birlik va o'ndan birlik sekundlar o'ng tomondan — 17,2".

Hamma olingan uchta sanoq yig'iladi va doira bo'yicha to'liq sanoq olinadi. Berilgan holat bo'yicha 63° 47' 17,2" ga egamiz.

Vertikal doira bo'yicha sanoq olish tartibi huddi shunday, lekin sanoq olishdan oldin vertikal doiradagi pufak chetlari tasvirini to'g'rilash vinti 14 bilan kesishtirish kerak.

T2 teodoliti aylanasi bo'yicha sanoq olish



6.3-rasm.

Doira bo'yicha sanoq	$30^{\circ}20'$
Mikrometr bo'yicha sanoq	$3'13'',0$
Umumiyasi	$30^{\circ}23'13''$

Sanoq olish tartibi:

1. Mikrometr barabanini aylantirib, katta oynaning pastki va yuqori qismi shtrixlarini aniq kesishtiriladi.

2. Katta oynadagi indeksdan chap tomondagi gradus soni o'qiladi.

3. Katta oynaning pastki qismida shtrixlar va o'qilgan sondan 180° farq qiladigan sanoq joylashgan. 180° farq qiladigan sanoqlar orasidagi shtrixlar sanaladi. Bu sanoq o'n minut soniga teng.

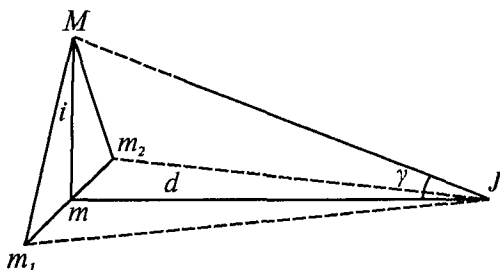
4. Kichkina oynada minut va sekundlarning sanog'i olinadi.

5. Olingan uchta sanoq qo'shiladi va to'liq sanoq olinadi.

6.2. T2 teodolitini tekshirish

1. Gorizontaal doira alidadasining silindrik adilak o'qi teodolit aylanish o'qiga perpendikular bo'lishi kerak.

2. Aylana adilak o'qi teodolit aylanish o'qiga parallel bo'lishi kerak.



6.4-rasm.

3. Truba to'ringi vertikal ipi truba kollimatsion tekisligida yotishi kerak.

4. Trubaning qarash vizir o'qi trubaning aylanish o'qiga perpendikular bo'lishi kerak. (Kollimatsion xatolik. $2C = ChD \pm 180^\circ - O'D$. Xatolik $2C < \pm 10''$. $2C$ — ikkilangan kollimatsion xatolik)

5. Qarash trubasining aylanish o'qi teodolit aylanish o'qiga perpendikular bo'lishi kerak.

6.4-rasmdan ko'rinib turibdiki:

$Mm = d \operatorname{tg} \gamma$ mavjud.

i — kichkina qiymat, shuning uchun $i = \frac{m_1 m}{Mm} \rho''$ yoki $i = \frac{m_1 m}{d \operatorname{tg} \gamma} \rho''$, lekin $m_1 m = \frac{1}{2} m_1 m_2$; shuning uchun $i = \frac{m_1 m \operatorname{tg} \gamma}{2 d \operatorname{tg} \gamma} \rho''$.

Burchak i gorizontal doiraning silindrik adilak bo'lagi ikkilangan qiymatidan kam bo'lishi kerak.

6. Vertikal doiraning zenit joyi (ZJ) doimiy va nolga yaqin bo'lishi kerak.

$$ZJ = \frac{ChD + O'D \pm 360^\circ}{2}; Z = ChD - MZ = ZJ - O'D.$$

Teodolit optik shovunini tekshirish

Optik shovun qarash trubasining vizir o'qi teodolit aylanish o'qi bilan ustma-ust tushishi kerak.

6.3. Optik teodolit T2 ni tadqiq qilish

1. Reyka bo'yicha qarash trubasining kattalashtirishini aniqlash

15—20 m masofaga reyka qo'yiladi. Bir vaqtning o'zida reyka truba orqali va shunday qaraladi. Bunda oddiy ko'z bilan ko'ringan reyka bo'lagini qarash trubasi orqali ko'ringan reyka bo'laklari nechitasi yopganligi sanaladi (6.5-rasm). Ana shu nisbat trubaning kattalashtirish soni bo'ladi:

$$V = \frac{D''}{D'}.$$

Qarash trubasining kattalashtirishi obyektiv fokus masofasiga to'g'ri proporsional va okulyar fokus masofasiga teskari proporsional, ya'ni, $V = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$

Qarash trubasining kattalashtirishini quyidagi formula bo'yicha ham aniqlash mumkin:

$$V = \frac{D}{d},$$

bu yerda: D — obyektiv diametri; d — okulyar diametri.

2. Trubaning ko'rish maydonini aniqlash



Oddiy ko'z orqali
ko'rinadigan reyka bo'lagi

6.5-rasm.

Reyka 10 m masofaga o'rnatilib, truba reykaga qaratiladi. Reykadan trubaning ko'rish maydonining yuqori va pastki chekkasidan sanoq olinadi. Bu sanoqning farqi maxsus formula orqali hisoblanib, truba ko'rish maydoni kattaligi aniqlanadi.

3. Optik mikrometr renini aniqlash

Limb bo'lagining yarim miqdori bilan o'lchanadigan mikrometr shkalasi nominal va ha-

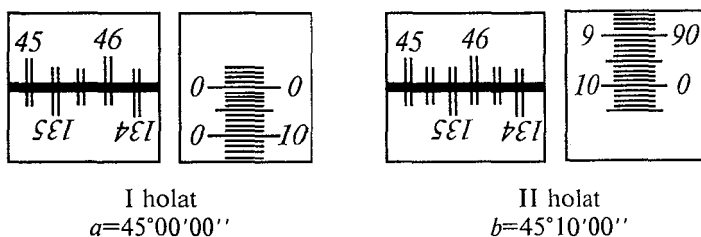
qiqiy bo'laklari soni orasidagi farq optik mikrometrning *reni* deyiladi. Optik mikrometr reni ushbu formula bo'yicha aniqlanadi:

$$r = (a - b) + \frac{t}{2},$$

bu yerda: a — mikrometr shkalasining noli bo'yicha sanoq (eng kichik shtrix bo'yicha); b — mikrometr shkalasining oxiri bo'yicha sanoq (eng katta shtrix bo'yicha sanoq); t — limb bo'lagining qiymati.

Ren uchun tuzatma $\delta_r = \frac{r}{10} k$; k — optik mikrometr shkalasidagi minut sanog'i.

Misol.



6.6-rasm.

$$r = (45^{\circ}00'00'' - 45^{\circ}10'00'') + \frac{20'}{2} = 00''.$$

Ren alidadaning sakkiz holatida aniqlanadi. Renning o'rtacha qiymati $\pm 1''$ dan oshmasligi kerak.

4. Gorizontaal doira adilak bo'lagi qiymatini aniqlash

Yaxshiroq ko'rinadigan biror nuqta tanlanadi. Teodolit shunday o'rnatiladiki, ko'tarish vintlaridan biri tanlangan nuqta yo'nalishida bo'lishi kerak. Trubani tanlangan nuqtaga qaratiladi va gorizontaal doiradan sanoq olinadi. Alidadani aniq 90° ga aylantiriladi, mahkamlanadi va gorizontaal doira silindrik adilak pufagining ikki chetidan sanoq olinadi.

	<i>T-2</i>	<i>TБ-1</i>
Pufakning chap cheti bo'yicha sanoq	(+Ch ₁)	Ch ₁
Pufakning o'ng cheti bo'yicha sanoq	(-O' ₁)	O' ₁

Pufakning o'rtacha holati topiladi:

<i>T-2</i>	<i>TБ-1</i>
$\frac{\text{Ch}_1 + (-\text{O}'_1)}{2}$	$\frac{\text{Ch}_1 + \text{O}'_1}{2}$

Keyin truba tanlangan nuqtaga qaratiladi va vertikal doira bo'yicha H_1 sanoq olinadi. Qarash trubasi 40—50" burchakka buriladi (yuqoriga) va vertikal doiradan sanoq H_2 olinadi. Vertikal burchak $\gamma = H_2 - H_1$ hisoblanadi. Tanlangan nuqta yo'nalishida turgan ko'tarish vintini aylantirib, truba yana tanlangan nuqtaga qaratiladi. Undan keyin yana alidada 90° ga buriladi va pufakning chetlari bo'yicha sanoq olinadi. Ikkinchi marta pufak o'rtasining holati aniqlanadi:

$$\frac{\text{Ch}_1 + (-\text{O}'_1)}{2}, \frac{\text{Ch}_1 + \text{O}'_1}{2}.$$

Pufakning o'tish uzunligi aniqlanadi:

$$n = \frac{\text{Ch}_2 + \text{O}'_2}{2} - \frac{\text{Ch}_1 + \text{O}'_1}{2}.$$

Pufakning bo'lagi qiymati hisoblanadi:

$$\tau = \frac{\gamma}{n}.$$

6.4. Burchak o'lchash xatoliklari manbalari

Burchak o'lchash xatoliklarining asosiy manbalari quyidagilardir:

1. Markazlashtirish xatoliklari (m_m).
2. Reduksiya xatoliklari (m_p).
3. O'lchashlarning o'z xatoliklari ($m_{o'lc}$).

4. Asbob xatoliklari (m_{asb})

5. Tashqi muhitning ta'siri (m_{tash})

6. Bosh berilganlar (исходные данные) xatoligi (boshlang'ich va oxirgi direksion burchakning xatosi).

Bitta burchakning o'rta kvadratik xatosi:

$$m_{\beta}^2 = m_m^2 + m_r^2 + m_{\text{o'ich}}^2 + m_{\text{asb}}^2 + m_{\text{tash}}^2 + m_{\text{ber}}^2. \quad (1)$$

Agar hamma xatoliklar bir xilda ta'sir qiladi deb hisoblasak

$$m_m = m_r = \dots = m_{\text{ber}}.$$

Unda

$$m_{\beta} = \sqrt{6} m_b = \sqrt{6} m_r = \dots \sqrt{6} m_{\text{ber}}$$

yoki

$$m_m = m_r = \dots m_{\text{ber}} = \frac{m_{\beta}}{\sqrt{6}}. \quad (2)$$

Ma'lumki, qattiq punkt orasida o'tkazilgan poligonometrik yo'l ko'ndalang siljishi o'rta kvadratik xatosi ushbu formula bilan ifodalanadi:

$$m_u = L \frac{m_{\beta}}{\rho''} \sqrt{\frac{n+3}{12}}. \quad (3)$$

Burchak o'lchash o'rta kvadratik xatosi:

$$m_{\beta} = \frac{m_u}{L} \rho'' \sqrt{\frac{n+3}{12}}.$$

Ma'lumki, yo'lining perimetrida umumiy xatolik quyidagiga teng:

$$M^2 = m_t^2 + m_u^2.$$

Teng ta'sir qilish prinsipi bo'yicha:

$$m_t = m_u.$$

Shuning uchun:

$$M = \sqrt{2} m_u,$$

bundan

$$m_u = \frac{M}{\sqrt{2}}. \quad (5)$$

Chekli xatolikka o'tamiz: *cheki* $U = \frac{chek \cdot f_s}{\sqrt{2}}.$

Chekli nisbiy xatolik:

$$\frac{chek \cdot U}{L} = \frac{chek \cdot f_s}{\sqrt{2} L}.$$

Ma'lumki, $\frac{f_s}{2} = \frac{1}{T},$

unda

$$U = \frac{L}{\sqrt{2} T}. \quad (6)$$

(4) formuladagi m_u ni o'lchangan burchakdagi xatoliklar yig'indisini hisoblash uchun $\frac{L}{\sqrt{2} T}$ bilan almashtiramiz. Unda chekli tasodifiy xatoliklar yig'indisi:

$$cheki \Delta\beta = \frac{L}{\sqrt{2} T} \rho'' \sqrt{\frac{12}{n+3}} \text{ yoki } cheki \Delta\beta = \frac{\rho''}{T} \sqrt{\frac{12}{n+3}}. \quad (7)$$

(2) va (7) formulalarga asosan har bir xatolik manbayining chekli qiymatini topamiz:

$$cheki \Delta\beta_m = \Delta\beta_r = \dots \Delta\beta_{ber} = \frac{chek \cdot \Delta\beta}{\sqrt{6}} = \frac{\rho''}{T \sqrt{6}} \sqrt{\frac{6}{n+3}}$$

yoki

$$cheki \Delta\beta_m = \Delta\beta_r = \dots \Delta\beta_{ber} = \frac{\rho''}{T \sqrt{n+3}}. \quad (8)$$

Har bir manbaning sistematik xato chekli miqdori:

$$cheki \Delta\beta'_m = \Delta\beta_{ber} = \frac{chek \Delta\beta_i}{\sqrt{n+1}}. \quad (9)$$

Misol. 4-klass poligonometriya yo'li uzunligi 11 km, tomonlarning o'rtacha uzunligi $S_{o'rt} = 500m$, $T = 25000$.

Xatoliklarning har bir manbayi uchun burchak o'lchash o'rta kvadratik va chekli xatosini topamiz.

Yo'lning tomonlar sonini topamiz: $n = 10000:500 = 22$.

Har bir manba uchun chekli tasodifiy xatoni aniqlaymiz ((8) formula):

$$chekli_{tas} \Delta\beta_i = \frac{206265''}{25000\sqrt{22+3}} = 1,65''.$$

Bitta manba uchun chekli sistematik xato (9) formula:

$$chekli_{sis} \delta\beta_i = \frac{1,65}{\sqrt{22+1}} = 0,3''.$$

Chekli tasodifiy xato yig'indisi ((7) formula):

$$chekli \Delta\beta_{tas} = \frac{206265''}{25000} = \sqrt{\frac{6}{22+3}} = 4,04.$$

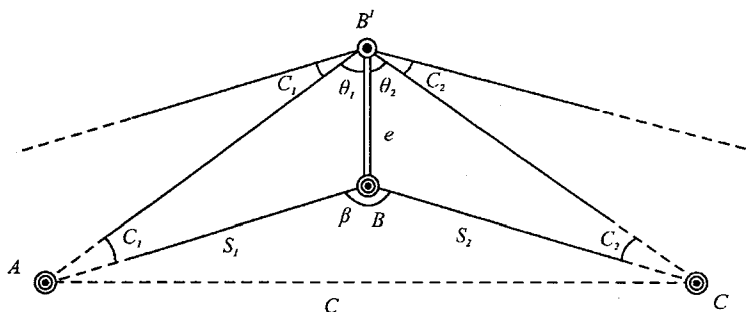
Alohida xatoliklar uchun yo'l qo'yish (dopusk) xatoligini hisoblash

1. Markazlashtirish xatoligi

B — poligonometrik belgi(znak) markazi.

B' — teodolit o'qi aylanish proyeksiyasi.

Belgi markaziga teodolitni noaniq o'rnatish burchak o'lchashda xatoga olib keladi. Bu xatolikni *markazlashtirish xatoligi* deyiladi. Faraz qilaylik, belgi markazining ustiga teodolit noto'g'ri o'rnatilgan va ABC burchak o'rniga $AB'C$ burchak o'lchangan.



6.7-rasm.

Belgilash kiritamiz:

Masofa $BB' = e$ — markazlashtirishning chiziqli elementi.

$\angle \theta_1$ va $\angle \theta_2$ — markazlashtirishning burchak elementlari.

$\angle C_1$ va $\angle C_2$ — teodolit o'qi aylanishi holatining markazlashmaganligi uchun burchak o'lchash xatoligi.

Har bir yo'nalish uchun teodolit o'qi aylanishi holatining markazlashmaganligi uchun burchak o'lchash xatoligini sinuslar teoremasi bo'yicha hisoblash mumkin.

$AB'B$ uchburchakdan:

$$\frac{e}{\sin C_1} = \frac{S_1}{\sin \theta_1}, \text{ bundan } C_1 = \frac{e \cdot \sin \theta_1}{S_1}.$$

Burchak C_1 — kichik qiymat, shuning uchun $\sin C_1$ ni $\frac{C_1}{\rho''}$ bilan almashtiramiz, unda

$$C''_1 = \frac{e \cdot \sin \theta_1}{S_1} \rho''.$$

Xuddi shunday ikkinchi yo'nalish uchun ham topamiz:

$$C''_2 = \frac{e \cdot \sin \theta_2}{S_2} \rho''.$$

Teodolit o'qi aylanishi holatining markazlashmaganligi uchun burchak o'lchash xatoligi:

$$C'' = C''_1 + C''_2 = \frac{e \cdot \sin \theta_1}{S_1} \rho'' + \frac{e \cdot \sin \theta_2}{S_2} \rho''.$$

Agar yo'l tomonlari uzunliklari S_1 , S_2 , markazlashtirish elementlari e , va θ ma'lum bo'lsa, bu formula bo'yicha teodolit holatining markazlashmaganligi uchun burchak o'lchashga tuzatma hisoblanadi.

O'rta kvadratik xatolikka o'tamiz. Keltirib chiqarishni soddalashtirish uchun tomonlar uzunligini bir-biriga teng $S_1 = S_2 = S$ va qayrilish burchagi β qiymati 180° ga yaqin deb qabul qilamiz. Unda o'rta kvadratik xatolik:

$$m_m = \frac{e \rho''}{S} [\sin \theta + \sin (180^\circ - \theta)] \text{ yoki } m_m = \frac{2e \rho''}{S} \sin \theta.$$

Agar $\theta = 90^\circ$ yoki 270° bo'lsa, markazlashtirish uchun xato eng katta qiymatga ega bo'ladi.

Agar $\theta = 0^\circ$ yoki 180° bo'lsa, u eng kichik qiymatga ega bo'ladi. Xatolikning o'rta qiymatini hisoblash uchun burchakning $\theta = 45^\circ$ o'rtacha qiymatini olamiz. Unda

$$m_m = \frac{2e \rho''}{S} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ yoki } m_m = \frac{\sqrt{2} e \rho''}{S},$$

agar $S_1 \neq S_2$ bo'lsa, unda $\frac{e \rho'' C}{\sqrt{2} S_1 S_2}$.

Misol. 1. Agar $S = 2$ km; $m_m = 0,8''$ bo'lsa, 4-klass poligonometriya yo'lini o'tkazishda teodolitni qanday aniqlikda markazlashtirish kerak?

$$\text{Yechish. } e = \frac{m_m S}{\sqrt{2} \rho''} = \frac{0,8'' \cdot 2000000 \text{ mm}}{\sqrt{2} \cdot 206265''} = 5 \text{ mm}.$$

2. Agar $S = 250$ m, $m_m = 1,0''$ bo'lsa, yuqori aniqlikdagi poligonometriya (1-razryad) uchun:

$$e = \frac{1,0'' \cdot 250000 \text{ mm}}{\sqrt{2} \cdot 206265''} = 1 \text{ mm bo'ladi.}$$

Xulosa. Yo'l tomoni S qanchalik kichik, θ burchak 90° ga yaqin bo'lsa, teodolitni shunchalik aniq markazlashtirish kerak.

2. Reduksiya xatoligi

A — poligonometrik belgi(znak) markazi.

A' — qarash markasining aylanish o'qi proyeksiyasi.

Vizir markalari vertikal o'qini belgi markaziga noaniq o'rnatish burchak o'lchashda xatolik keltirib chiqaradi. Bu xatolik *reduksiya xatoligi* deyiladi.

Belgilashlar kiritamiz:

Masofa $AA' = e_1$ — reduksiyaning chiziqli elementi.

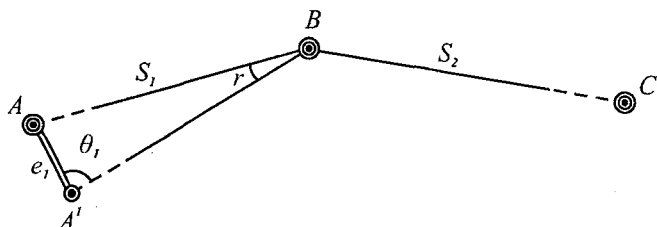
$\angle \theta_1$ — reduksiyaning burchak elementi.

$\angle r$ — vizir markasining aylanish o'qi holatining markazlashmaganligi uchun burchak o'lchash xatoligi.

Faraz qilaylik, vizir markasi A belgi markazi ustiga noaniq o'rnatilgan va ABS burchak o'rniga $A'BS$ burchak o'lchangan bo'lsin.

ABA' uchburchakdan sinuslar teoremasi bo'yicha topamiz:

$$\frac{e_1}{\sin r} = \frac{S_1}{\sin \theta_1},$$



6.8-rasm.

bundan

$$r'' = \frac{e_1 \sin \theta_1}{S_1} = \rho'' . \quad (1)$$

Bu formula yordamida bitta yo'nalish bo'yicha reduksiya xatoligi hisoblanadi.

O'rta kvadratik xatolikka o'tamiz. Soddalashtirish uchun

$$S_1 = S_2 = S ; \angle \theta_1 = 45^\circ \text{ deymiz.}$$

Unda bitta yo'nalishning o'rta kvadratik xatoligi:

$$m'_\rho = \frac{e_1 \rho''}{S} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{e_1 \rho''}{S \sqrt{2}} . \quad (2)$$

Ikkita yo'nalish bo'yicha:

$$m_\rho^2 = m'^2_\rho + m''^2_\rho .$$

Agar $m'_\rho = m''_\rho$ bo'lsa, unda $m_\rho^2 = 2m'^2_\rho$

Bundan:

$$m'_\rho = \frac{m_\rho}{\sqrt{2}} . \quad (3)$$

(2) va (3) formulalarga asosan:

$$m_\rho = \frac{e_1 \rho''}{S} . \quad (4)$$

$$\text{Agar } S_1 \neq S_2 \text{ bo'lsa, unda } m_\rho = \frac{e_1 \rho''}{S} \cdot \sqrt{\frac{1}{S_1^2} + \frac{1}{S_2^2}} . \quad (5)$$

Misol. 1. Agar $S = 2\text{km}$, $m_\rho = 0,8''$ bo'lsa, 4-klass poligonometriya uchun burchak o'lchashdagi reduksiya xatoligi belgilangan chekdan oshib ketmasligi uchun vizir markasini belgi markaziga qanday aniqlikda o'rnatish kerakligini aniqlang.

$$\text{Yechish. } e_1 = \frac{m_\rho S}{\rho''} = \frac{0,8'' \cdot 2000000 \text{ mm}}{206265''} = 7 \text{ mm.}$$

2. Agar $S = 250\text{m}$, $m_\rho = 1,0''$ bo'lsa, yuqori aniqlikdagi poligonometriya uchun

$$e_1 = \frac{1,0'' \cdot 250000 \text{ mm}}{206265''} = 1,2 \text{ mm bo'lad i.}$$

X u l o s a . Yo'l tomonlari uzunliklari qanchalik kichik bo'lsa, vizir markalarini shunchalik aniqroq markazlashtirish kerak.

3. Burchak o'lchashning o'z xatoligi

Burchak o'lchashning o'z xatoligi yo'nalishlarni o'lchash xatoligiga bog'liq. O'z navbatida yo'nalishlarni o'lchash xatoligi vizirlash xatoligiga va sanoq olish xatoligiga bog'liq.

Bitta yo'nalishning o'rta kvadratik xatosi:

$$m_H^1 = \sqrt{m_V^2 + \frac{m_0^2}{2}},$$

bu yerda: $m_V = \frac{60''}{V}$ — vizirlash o'rta kvadratik xatosi;
 $60''$ — normal qarashning kritik burchagi;
 V — trubaning kattalashtirishi.

$$\text{TB1 uchun: } m_V = \frac{60''}{27} = 2.2''.$$

$$\text{T2 uchun: } m_V = \frac{60''}{25} = 2.4''.$$

m_0 — sanoq olish o'rta kvadratik xatosi (TB-1 uchun $m_0 = 1,5'' - 2''$).

Ikkita yo'nalishning o'rta kvadratik xatosi (bitta aylanada):

$$m_\beta'^2 = m_H'^2 + m_H''^2.$$

Agar $m_H' = m_H''$ bo'lsa, unda $m_\beta' = \sqrt{2} m_H'$.

Bitta to'liq usulda olingan burchak o'lchashning o'rta kvadratik xatosi:

$$m_\beta' = \frac{\sqrt{2} m_H''}{\sqrt{2}} \text{ yoki } m_\beta' = m_H'$$

Demak, bitta to'liq usulda olingan burchak o'lchashning o'rta kvadratik xatosi bitta yo'nalishning xatosiga teng.

Odatda burchak to'liq bir nechta usulda o'lchanadi. Bunday holatda n usulda o'lchangan burchakning o'rta kvadratik xatosi bir marta o'lchangan o'rta kvadratik xatolikdan $\sqrt{n}$ marta kichik bo'ladi:

$$m'_{\beta} = \frac{m'_H}{\sqrt{n}}.$$

m'_H qiymatini qo'yib, topamiz:

$$m'_{\beta} = \sqrt{\frac{1}{n} \left(m_v^2 + \frac{m_0^2}{2} \right)}.$$

Misol. 4-klass poligonometriyada kutiladigan burchak o'lchashning o'rta kvadratik xatosini toping. Burchak T2 teodolit bilan to'liq to'qqizta usulda o'lchangan.

Yechish. $m'_{\beta} = \sqrt{\frac{1}{9} \left((2.4)^2 + \frac{2^2}{2} \right)} = 0,93''.$

4. Asbob xatoliklari

Asbob xatoliklari quyidagi xatoliklardan yig'iladi:

- a) limbning bo'laklari;
- b) optik mikrometrning reni;
- d) alidadaning ekssentrisiteti;
- e) kollimatsiya;
- f) asbob o'qi aylanishining egilishi;
- g) asbobning turg'unmasligi.

Asbob xatoliklari sistematik xarakterga ega.

Limb bo'laklari xatoligi ta'sirini kamaytirish uchun usullar orasida limb $\delta = \frac{180^\circ}{n}$ burchakka surib o'lchanadi.

Bu yerda: n — usullar soni.

Alidada aylanish markazi bilan limb markazining ustma-ust tushmasligi *alidada eksentrisiteti* deyiladi.

Ekssentrisitetni aniqlash uchun alidada noldan boshlab har 45° da qo'yib boriladi. Alidadaning har bir holatida qarama-qarshi shtrixlar kesishtiriladi ($0^\circ-180^\circ$, $45^\circ-225^\circ$, $90^\circ-270^\circ$, ...) va sanoq olinadi. Keyin alidada qo'yilganligini xarakterlaydigan shtrix indeks bilan kesishtiriladi va sanoq olinadi.

Agar:

b — shtrixlarni kesishtirganda mikrotmetr bo'yicha sanoq;

a — shtrixni indeks bilan kesishtirganda mikrometr bo'yicha sanoq deb belgilasak, har bir kuzatish qatori bo'yicha farqni hisoblash mumkin:

$$a - b = c,$$

bu yerda: c — shtrix va indeks orasidagi masofa (burchak birligida).

Sanoqlarning ikkilangan farqini hisoblanadi:

$$d = 2(a - b).$$

d miqdorning farqi $40''$ dan kichik bo'lishi kerak. Uning sinusoidadan og'ishi $15''$ dan oshmasligi kerak.

Asbob o'qi aylanishining qiyaligi ushbu tuzatma formula bilan aniqlanadi:

$$\Delta'' = b \frac{\tau''}{2} \operatorname{ctg} z,$$

bu yerda: $b = \frac{(Ch_2 + O'_2) - (Ch_1 + O'_1)}{2}$ — adilak bo'lagidagi asbob aylanish o'qi qiyaligi (TБ1 uchun);

Ch_1 va O'_1 — ChD da adilak pufagining chetlari bo'yicha sanoq;

Ch_2 va O'_2 — xuddi shunday $O'D$ da;

τ'' — adilak bo'lagining qiymati;

z — kuzatilayotgan predmetning zenit masofasi.

5. Tashqi muhitning ta'siri

Tashqi muhit ta'siri tushunchasiga burchak o'lchashga ta'sir qiladigan kompleks omillar kiradi. Bu kompleksga quyidagi omillar kiradi:

- a) yon (боковая) refraksiya;
- b) shamol ta'siri;
- d) temperatura ta'siri;
- e) asbob va vizir moslamalarining tekis yoritilmaganligi.

4-klass poligonometriyada burchak o'lchashda tashqi muhitning ta'siri quyidagidan oshmasligi kerak:

$$m_{\text{tashq.}} = \frac{m_{\beta}}{\sqrt{6}} = \frac{2''}{\sqrt{6}} = \pm 0,8''.$$

6.5. Vizir markalari

Vizir markalari har xil konstruksiyada bo'ladi. Tuzilishiga ko'ra ular elektrik yoritiladigan disk markalariga va oddiyga (щитковые) bo'linadi. Markada adilak, optik shovun va uchta ko'tarish vintlari mavjud.

Vizir markalarini tekshirish:

1. Markaning silindrik adilak o'qi markaning aylanish o'qiga perpendikular bo'lishi kerak.

Markani vertikal o'q atrofida aylantirganimizda punkt markazi tasviri optik shovun to'ri kesishgan nuqta atrofida tekis aylanishi kerak, ya'ni u aylanishda kesishgan iplar markazidan bir xil masofada aylanishi kerak.

Agar bu shart bajarilmasa, tuproq yuziga (yerga) xatolar aylanasi chiziladi, bu figuraning markazi topiladi va to'ring to'g'rilash vintlari yordamida to'ring kesishgan joyi markaz bilan kesishtiriladi.

Agar optik shovun asbob tregeriga mahkamlangan bo'lsa, tekshirishni xuddi yuqoridagiday bajarish mumkin, lekin har doim asbob treger bilan qayta-qayta qo'yishga to'g'ri keladi. Tekshirishni stol ustida ham bajarish mumkin. Asbobni treger bilan stol chetiga gorizont tal qo'yiladi va uning pastki qismini aylantiriladi. Asbobdan 1,5 m masofaga qog'ozga optik shovun o'qining aylanish holati belgilanadi.

2. Vizir marka nishonining simmetrik o'qi marka aylanish o'qi bilan ustma-ust tushishi kerak.

Bu shartni tekshirish uchun markaning yuqori qismiga saqich bilan igna mahkamlanadi. Markadan 5 m masofaga teodolit o'rnatib, markani aylantiriladi va teodolit trubasida ignaning aylanish holati kuzatiladi. Agar igna to'r iplari bessektoridan chiqsa, ignaning holatini bessektordan chiqmaguncha to'g'rilanadi.

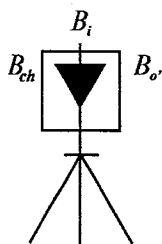
Undan keyin teodolit vizir marka nishonining chap, o'ng chetiga va ignaga qaratilib, gorizont tal doira bo'yicha sanoq olinadi (6.9-rasm).

B_{ch} — vizir marka nishonining chap cheti bo'yicha sanoq.

$B_{o'}$ — vizir marka nishonining o'ng cheti bo'yicha sanoq.

B_i — vizir marka nishonining igna bo'yicha sanoq.

Vizir markasi nishoni ikki chetidan olingan sanoqlar o'rtachasi igna bo'yicha olingan sanoqqa teng bo'lishi kerak, ya'ni



6.9-rasm.

$$B_{o'rt} = B_i$$

$$\text{bu yerda: } B_{o'rt} = \frac{B_{ch} + B_{o'}}{2}.$$

$$\text{Farq topiladi: } \Delta B'' = B_{o'rt} - B_i.$$

Vizir marka nishonining simmetrikligi aniqlanadi:

$$A = \frac{\Delta B''}{\rho''} S,$$

bu yerda: S — teodolitdan vizir markasigacha masofa.

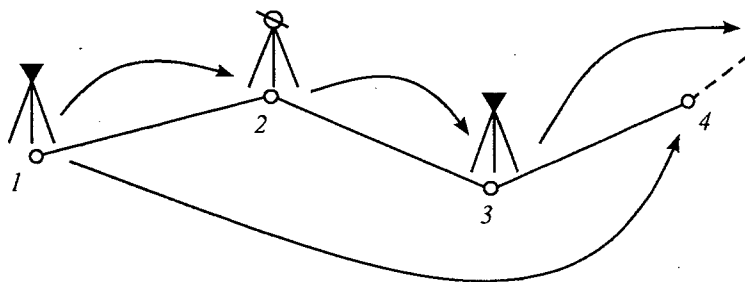
Asimmetriya miqdori 1 mm dan oshmasligi kerak. Uning miqdori katta bo'lsa, marka nishoni to'g'rilanishi kerak.

6.6. Burchak o'lchashning uch shtativ usuli

Markazlashtirish va reduksiya xatolarini yo'qotish maqsadida va burchak o'lchashlarni tezlashtirish uchun uch shtativ sistemasi qo'llaniladi. 1, 2 va 3-punktlarga bir xil taglikdagi uchta shtativ o'rnatiladi (6.10-rasm). Ularni optik markazlashtirgich bilan markazlashtiriladi. 2-punktdagi shtativga teodolit, 1 va 3-punktdagi shtativlarga vizir markalari o'rnatiladi.

2-punktda burchak o'lchangandan keyin teodolit shtativdan olinib, 3-punktga o'tkaziladi. 1-punktda turgan shtativdagi vizir markasi 2-punktda turgan shtativga o'rnatiladi. 1-punktda turgan shtativ esa 4-punktga o'rnatiladi. 3-punktdagi vizir markasi olinib, 4-punktga o'rnatiladi.

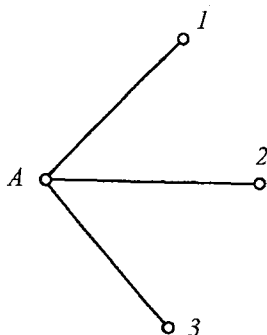
Hamma keyingi burchaklar ham huddi shunday ketma-ketlikda o'lchanadi.



6.10-rasm.

6.7. Gorizontal burchaklarni o'lchash usullari

1. Doira aylantirish (Круговых приемов) usuli



6.11-rasm.

A punktda 1, 2 va 3-yo'nalishlarni o'lchash kerak bo'lsin. Buning uchun A punktga teodolit markazlashtiriladi va ish holatiga keltiriladi (6.11-rasm). Keyinchalik teodolit limbini mahkamlab, soat strelkasi yo'nalishi bo'yicha alidadani aylantirib, qarash trubasi "chap doira" holatida ketma-ket 1, 2, 3- va yana 1-punktlarga qaratiladi. Hamma punktlar bo'yicha sanoq olinadi. Bu jarayon yarim

usulni tashkil qiladi.

Keyinchalik qarash trubasi zenit bo'yicha aylantiriladi. Limbning oldingi holatida alidadani soat strelkasining teskari yo'nalishida ketma-ket 1, 2, 3- va yana 1-punktlarga qaratiladi. Har bir qaratishda sanoq olinadi. Bu o'lchash jarayoni ikkinchi yarim usulni tashkil qiladi. Ikkita yarim usul bitta to'liq usulni tashkil qiladi.

Yarim usulning boshlanishida va oxirida qaratilib sanoq olingan A-1 yo'nalish *boshlang'ich yo'nalish* deyiladi.

Har bir yarim usulda boshlang'ich yo'nalishga qayta qaratib sanoq olishni *gorizontni yopish* deyiladi.

**Gorizontal yo'nalishlarni doira aylantirish
usuli bilan o'lchash**

JURNALI

Punkt: _____	t° _____
Sana: _____	Ob-havo _____
Vaqt: _____	Ko'rinish _____

Yo'nal. №	Aylana	Sanoqlar		$\frac{a_1+a_2}{2}$	$2C = DCh - DO'$	$\frac{DCh+DO'}{2}$	Keltirilgan yo'nalishlar
		a_1	a_2				
1	DCh	0°20'16,7"	17,0"	16,8"		0	
					+1,2"	16,2"	0°00'00"
	DO'	180°20'15,4"	15,8"	15,6"			
2	DCh	45°10'30,5"	31,5"	31,0"		+0,2"	
					+4,5"	28,8"	44°50'12,8"
	DO'	225°10'26,1"	26,9"	26,5"			
3	DCh	91°40'50,7"	51,1"	50,9"		+0,3	
					+6,8"	47,5	91°20'31,5"
	DO'	271°40'43,6"	44,6"	44,1"			
4	DCh	0°20'17,5"	18,1"	17,8"		+0,5"	
					+4,2"	15,7"	
	DO'	180°20'13,1"	14,0"	13,6"			

Bog'lanmaslik: $\Delta D_{ch} = +1,0''$, $\Delta D_{o'} = -2,0''$, $\Delta_{o'r} = -0,5''$.

Maksimal o'zgarish: $2C = 6,8''$.

Yo'nalishga tuzatma:

$$\sigma_k = \frac{\Delta_{o'r}}{m} (k-1).$$

$$1. \sigma_1 = +\frac{0,5}{3} (1-1) = 0.$$

$$2. \sigma_2 = +\frac{0,5}{3} (2-1) = +0,2''.$$

$$3. \sigma_3 = +\frac{0,5}{3} (3-1) = +0,3'',$$

bu yerda: m — kuzatiladigan yo'nalishlar soni,

k — kuzatiladigan yo'nalishning tartib bo'yicha nomeri.

Usullar oralig'ida limb quyidagi qiymatga o'zgartiriladi:

$$\sigma = \frac{180^\circ}{n},$$

bu yerda: n — usullar soni.

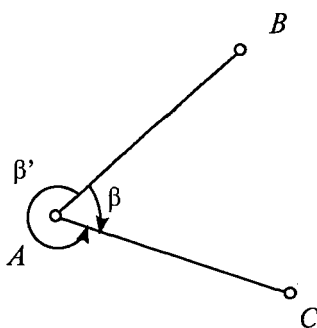
Gorizont bog'lanmasligi $\pm 8''$ dan oshmasligi kerak.

Ikkilangan kollimatsion xatolik $2C$ o'zgarishi $\pm 10''$ dan oshmasligi kerak.

Alohida usullarda keltirilgan yoʻnalishlar oʻzgarishi $\pm 8''$ dan oshmasligi kerak.

Bir xil shtrixlarni kesishtirishda optik mikroskop boʻyicha sanoqlar farqi $\pm 2''$ dan oshmasligi kerak.

2. Qaytarish usuli



6.12-rasm.

Qaytarish usuli bilan har bir burchak oʻlchanadi. A punktga teodolit oʻrnatilib, alidadani soat strelkasi yoʻnalishida aylantiriladi va B punktga qaraladi, sanoq " B_H " olinadi.

Mahkamlangan limbda alidadani soat strelkasi yoʻnalishida aylantirib, C punktga qaratiladi va " C_o " sanoq olinadi (6.12-rasm).

Limb boʻshatiladi, uni alidada bilan birga soat strelkasi yoʻnalishida aylantirib yana B punktga qaratiladi. Bunda sanoq olinmaydi. Limbni mahkamlab, alidadani soat strelkasi yoʻnalishida aylantirib, C punktga qaratiladi va sanoq olinadi. Yuqoridagi oʻlchash jarayoni n marta qaytariladi. Agar C nuqtadagi oxirgi sanoqni " C_o " orqali belgilasak, oʻlchanadigan burchakning miqdori quyidagicha boʻladi:

$$\beta = \frac{C_o - B_b}{n}.$$

Yuqorida koʻrsatilgan jarayon yarim usulni tashkil qiladi.

Ikkinchi yarim usulda truba zenit orqali aylantiriladi, oʻsha usulni saqlagan holda va oʻsha qaytarish sonlarini saqlagan holda β' burchak oʻlchanadi (β ni 360° gacha toʻldiriladi). Bunda C nuqta boshlangʻich, B nuqta oxirgi boʻladi.

Burchak o'lchash natijalarini hisoblash

Burchak o'lchashlar tugagandan keyin stansiyada o'lchashlar natijasi bo'yicha ma'lumot (сводка) tuziladi. Ma'lumotga dala jurnalidan har bir usul uchun keltirilgan yo'nalishlar ko'chirib yoziladi.

O'rtacha yo'nalish hisoblanadi.

Yo'nalishning o'rtachasidan og'ganligi topiladi.

Aniqlikni baholash bajariladi.

A punktda o'rtacha yo'nalishni hisoblash

№№ pr.	Yo'nalishlar					
	1	V	2	V	3	V
1	0°00'00"	0"	44°50'12,8"	+0,1"	91°20'31,6"	+0,6"
2			11,7"	-1,0	30,0	-1,0
3			13,9"	+1,2	32,1	+1,1
4			15,8"	+3,1	29,8	-1,2
5			10,0"	-2,7	31,0	0
6			12,0"	-0,7	31,3	+0,3
	O'rtacha		44°50'12,7"	Σ18,81	91°20'31,0"	Σ14,21

Aniqlikni baholash

Bitta o'lchashning o'rta kvadratik xatosi (Peters formulasi):

$$\mu = K \frac{|V|}{m}.$$

n o'lchashning o'rta kvadratik xatosi:

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{n}},$$

bu yerda: $K = \frac{1,25}{\sqrt{n(n-1)}}$,

V — o'rtacha qiymatdan yo'nalishlar og'ishining yig'indisi absolut qiymati;

m — yoʻnalishlar soni;

n — usullar soni.

Misol.

$$K = \frac{1,25}{\sqrt{6(6-1)}} = 0,22.$$

2-yoʻnalish

$$\mu = 0,22 \frac{8.8}{3} = 0,6'',$$

$$M = \frac{0,6}{\sqrt{6}} = 0,24''.$$

3-yoʻnalish

$$\mu = 0,22 \frac{4.2}{3} = 0,3'',$$

$$M = \frac{0,3}{\sqrt{6}} = 0,12''.$$

7-bob

POLIGONOMETRIYA YO‘LLARINI TAYANCH PUNKTLARGA BOG‘LASH

Poligonometriya yo‘llarini triangulyatsiya yoki yuqori klassli poligonometriya punktlariga bog‘lash poligonometriya yo‘li tomonlariga direksion burchakni uzatish va punktlar koordinatalarini hisoblash uchun bajariladi.

Bog‘lash uchta asosiy holatga bo‘linadi:

1. Bevosita bog‘lash

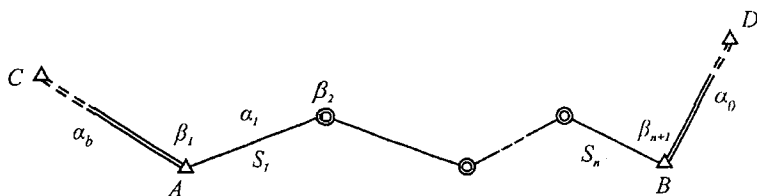
Bu usul poligonometrik yo‘l bevosita tayanch punktga tutashgan bo‘lsa va tutash burchakni o‘lchash va tayanch punktlari va yo‘lning oxirgi(boshlang‘ich) nuqtalari orasidagi masofani o‘lchash imkoniyati bo‘lsa, qo‘llaniladi. Bevosita bog‘lash eng oddiy va ishonchli natijani beradi.

Bevosita bog‘lashda markazlashtirish va reduksiya elementlarini hisobga olish kerak. C punktdan A punktga direksion burchak quyidagicha bo‘ladi (7.1-rasm):

$$\operatorname{tg} \alpha_b = \frac{y_A - y_c}{x_A - x_c}.$$

Keyingi tomonlarning direksion burchaklari:

$$\alpha_1 = \alpha_b \pm 180 + \beta_1.$$



7.1-rasm.

2. Belgi tepasidan yerga koordinatalarni ko'chirish usuli bilan bog'lash

Poligonometriya yo'l nuqtasi tayanch punktiga yaqin, lekin unga teodolit o'rnatib va bevosita tutashgan burchakni o'lchash imkoniyati yo'q. Undan tashqari tayanch punkti va poligonometriya nuqtasi orasidagi masofani bevosita o'lchash mumkin emas. Shuning uchun "belgi tepasidan yerga koordinatalarni ko'chirish" masalasi paydo bo'ladi.

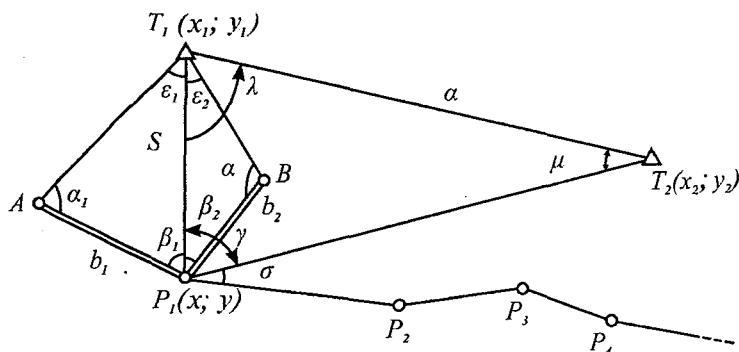
3. Uzoqdagi triangulyatsiya punktlarga bog'lash

Konkret sharoitdan kelib chiqqan holda bu usulni har xil bajarish mumkin:

- to'g'ri va teskari bitta yo'nalishli kesishtirish.
- to'g'ri va teskari ko'p yo'nalishli kesishtirish.

7.1. Belgi tepasidan yerga koordinatalarni ko'chirish

Triangulyatsiya punkti T_1 balandda joylashgan. Uning yaqinida P_1 poligonometriya nuqtasi shunday tanlanadiki, undan triangulyatsiya punkti T_2 ko'rinadigan bo'lsin (7.2-rasm). P_1 punktida ikkita uchburchak AT_1P_1 va BT_1P_1 hosil qilinadi. Bu uchburchaklarning tomonlari b_1 va b_2 bevo-



7.2-rasm.

sita o'lganadi. Bundan tashqari har bir uchburchakda ikkitadan burchak $\alpha_1 \beta_1$ va $\alpha_2 \beta_2$ o'lganadi. Keyin, μ va λ burchaklarni topishga imkon beradigan burchak γ ham o'lganadi. Poligonometrik yo'l tomonlariga direksion burchakni uzatish uchun σ burchak o'lganadi.

Tomonning $T_1 P_1$ uzunligi hisoblanadi:

$$S = b_1 \frac{\sin \alpha_1}{\sin \varepsilon_1} = b_2 \frac{\sin \alpha_2}{\sin \varepsilon_2}. \quad (1)$$

Triangulyatsiya punktlari koordinatalari bo'yicha direksion burchak aniqlanadi:

$$\operatorname{tg}(T_1 T_2) = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}. \quad (2)$$

Triangulyatsiya punktlari orasidagi masofa hisoblanadi:

$$a = \frac{y_2 - y_1}{\sin(T_2 T_1)} = \frac{x_2 - x_1}{\cos(T_2 T_1)}. \quad (3)$$

Direksion burchak hisoblanishining to'g'riligi tekshiriladi:

$$\operatorname{tg}[(T_1 T_2) + 45^\circ] = \frac{(x_2 + y_2) - (x_1 + y_1)}{(x_2 - y_2) - (x_1 - y_1)} = \frac{\Delta x + \Delta y}{\Delta x - \Delta y}. \quad (4)$$

$T_1 T_2 P_1$ uchburchakda μ burchak, keyin λ burchak aniqlanadi:

$$\frac{\sin \mu}{S} = \frac{\sin \gamma}{\alpha},$$

$$\text{undan} \quad \sin \mu = \frac{S}{\alpha} \sin \gamma, \quad (5)$$

$$\lambda = 180^\circ - (\gamma + \mu). \quad (6)$$

$T_1 P_1$ tomonning direksion burchagi hisoblanadi:

$$(T_1 P_1) = (T_1 P_2) + \lambda. \quad (7)$$

T_1 va P_1 punktlari orasidagi koordinata orttirmalari hisoblanadi:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{T_1 P_1} &= S \cos (T_1 P_1), \\ \Delta y_{T_1 P_1} &= S \sin (T_1 P_1). \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

P_1 punkt koordinatalari aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} x_{P_1} &= x_1 + \Delta x_{T_1 P_1}, \\ y_{P_1} &= y_1 + \Delta y_{T_1 P_1}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Tekshirish uchun $P_1 T_2$ tomonning direksion burchagi va farqi hisoblanadi:

$$(T_1 T_2) - (P_1 T_2) = \mu, \quad (10)$$

bu yerda:
$$\operatorname{tg}(P_1 T_2) = \frac{y_2 - y}{x_2 - x}.$$

Direksion burchak poligonometriya yo'li tomoniga uzatiladi:

$$\alpha_1 = (T_1 P_1) \pm 180^\circ + (\gamma + \sigma). \quad (11)$$

Aniqlashni baholash

Bazis uzunligining o'rta kvadratik xatosi:

$$m_b^2 = \mu^2 b^2 + \lambda^2 b^2 \quad (1)$$

S tomonning o'rta kvadratik xatosi:

$$m_s^2 = \left(\frac{m_{b1}}{b_1} \right)^2 S^2 + [(\operatorname{ctg} \alpha_1 + \operatorname{ctg} \varepsilon_1)^2 + \operatorname{ctg}^2 \varepsilon_1] S^2 \frac{m_\lambda^2}{\rho^2}. \quad (2)$$

S_1 va S_2 qiymatlar orasidagi yo'l qo'yiladigan farqi:

$$\text{cheki } (S_1 - S_2) = 2 \sqrt{m_{S_1}^2 + m_{S_2}^2}.$$

S oxirgi o'rtacha qiymatining o'rta kvadratik xatosi:

$$M_s = \frac{1}{2} \sqrt{m_{S_1}^2 + m_{S_2}^2}. \quad (3)$$

Hisoblangan direksion burchakning o'rta kvadratik xatosi:

$$m_{\varphi}^2 = m_{\gamma}^2 (1 + \operatorname{tg} \mu \operatorname{ctg} \gamma)^2 + \operatorname{tg} \mu \left(\frac{m_S}{S} \right)^2 \rho^2. \quad (4)$$

φ_1 va φ_2 qiymatlar orasidagi yo‘l qo‘yiladigan farqi:

$$\text{cheqi } (\varphi_1 - \varphi_2) = 2 \sqrt{m_{\varphi_1}^2 + m_{\varphi_2}^2}.$$

φ oxirgi o‘rtacha qiymatining o‘rta kvadratik xatosi:

$$M_{\varphi} = \frac{1}{2} \sqrt{m_{\varphi_1}^2 + m_{\varphi_2}^2}. \quad (5)$$

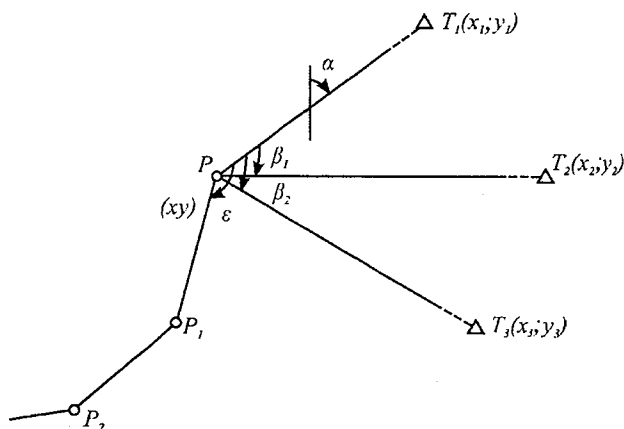
P_1 punkt holatining o‘rta kvadratik xatosi:

$$M_{\rho}^2 = M_S^2 + \frac{M_{\varphi}^2}{\rho^2} S^2. \quad (6)$$

7.2. Uzoqdagi triangulyatsiya punktlariga poligonometriya yo‘lini bog‘lash

Teskari ko‘p yo‘nalishli kesishtirish

Uzoqdagi triangulyatsiya T_1 , T_2 va T_3 punktlariga poligonometrik yo‘l PP_1P_2 bog‘lash talab qilinsin. P punkt-da β_1 , β_2 va ε burchaklar o‘lchanadi (7.3-rasm). O‘lchangan



7.3-rasm.

β_1, β_2 burchaklar va T_1, T_2 va T_3 triangulyatsiya punkt koordinatalari yordamida P punktning koordinatasi aniqlanadi. O'Ichangan burchak ε yordamida esa direksion burchak poligonometriya yo'l tomoniga uzatiladi.

Belgilaymiz: α — PT_1 tomon direksion burchagi.

Chizma bo'yicha yozamiz:

$$y_1 - y = (x_1 - x) \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

$$y_2 - y = (x_2 - x) \operatorname{tg} (\alpha + \beta_1), \quad (2)$$

$$y_3 - y = (x_3 - x) \operatorname{tg} (\alpha + \beta_2). \quad (3)$$

$$\text{Ma'lumki, } \operatorname{tg}(\alpha + \beta_1) = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta_1}{1 - \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta_1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta_1 + 1}{\operatorname{ctg} \beta_1 - \operatorname{tg} \alpha}.$$

Izoh. Tenglama o'ng tomonining maxraji va suratini $\operatorname{ctg} \beta_1$ ga ko'paytiramiz.

Unda (2) tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$y_2 - u = (x_2 - x) \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta_1 + 1}{\operatorname{ctg} \beta_1 - \operatorname{tg} \alpha},$$

$$\begin{aligned} \text{yoki} \quad y_2 \operatorname{ctg} \beta_1 - y_2 \operatorname{tg} \alpha - y \operatorname{ctg} \beta_1 + y \operatorname{tg} \alpha &= \\ &= x_2 \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_1 + x_2 - x \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_1 - x. \end{aligned} \quad (4)$$

Xuddi shunday (3) tenglama uchun:

$$\begin{aligned} y_3 \operatorname{ctg} \beta_2 - y_3 \operatorname{tg} \alpha - y \operatorname{ctg} \beta_2 + y \operatorname{tg} \alpha &= \\ &= x_3 \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_2 + x_3 - x \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_2 - x. \end{aligned} \quad (5)$$

(1) tenglamadan topamiz:

$$y = y_1 + x \operatorname{tg} \alpha - x_1 \operatorname{tg} \alpha;$$

(4) tenglamaga y ning qiymatini qo'yib topamiz:

(*Izoh.* faqat $\operatorname{ctg} \beta_1$ da)

$$\begin{aligned} y_3 \operatorname{ctg} \beta_1 - y_2 \operatorname{tg} \alpha - y_1 \operatorname{ctg} \beta_1 - x \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_1 + x_1 \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_1 + y \operatorname{tg} \alpha &= \\ &= x_2 \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_1 + x_2 - x \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_1 - x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{yoki } y_2 \operatorname{ctg} \beta_1 - y_2 \operatorname{tg} \alpha - y_1 \operatorname{ctg} \beta_1 + x_1 \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_1 + y \operatorname{tg} \alpha &= \\ &= x_2 \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_1 + x_2 - x. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Undan } (y_2 - y_1) \operatorname{ctg} \beta_1 - y_2 \operatorname{tg} \alpha + y \operatorname{tg} \alpha = \\ = (x_2 - x_1) \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_1 + x_2 - x.\end{aligned}\quad (6)$$

Xuddi shunday (5) formulani ham qayta o'zgartiramiz:

$$\begin{aligned}(y_3 - y_1) \operatorname{ctg} \beta_2 - y_3 \operatorname{tg} \alpha + y \operatorname{tg} \alpha = \\ = (x_3 - x_1) \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_2 + x_3 - x.\end{aligned}\quad (7)$$

(7) tenglamadan (6) tenglamani ayiramiz

$$\begin{aligned}(y_3 - y_1) \operatorname{ctg} \beta_2 - (y_2 - y_1) \operatorname{ctg} \beta_1 - (y_3 - y_2) \operatorname{tg} \alpha = \\ = (x_3 - x_1) \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_2 - (x_2 - x_1) \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta_1 + x_3 - x_2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{yoki } \operatorname{tg} \alpha [(x_2 - x_1) \operatorname{ctg} \beta_1 - (x_3 - x_1) \operatorname{ctg} \beta_2 - (y_3 - y_2)] = \\ = (y_2 - y_1) \operatorname{ctg} \beta_1 - (y_3 - y_1) \operatorname{ctg} \beta_2 + (x_3 - x_2);\end{aligned}$$

unda

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(y_2 - y_1) \operatorname{ctg} \beta_1 - (y_3 - y_1) \operatorname{ctg} \beta_2 + (x_3 - x_2)}{(x_2 - x_1) \operatorname{ctg} \beta_1 - (x_3 - x_1) \operatorname{ctg} \beta_2 - (y_3 - y_2)}.\quad (8)$$

Bu formula bo'yicha PT_1 tomonning direksion bur-chagi aniqlanadi.

Keyin P punktning koordinatasi hisoblanadi. Ikkinchi tenglamadan birinchisini ayiramiz:

$$(y_2 - y_1) = x_2 \operatorname{tg} (\alpha + \beta_1) - x_1 \operatorname{tg} \alpha - x [\operatorname{tg} (\alpha + \beta_1) - \operatorname{tg} \alpha]$$

bundan

$$x = \frac{x_2 \operatorname{tg} (\alpha + \beta_1) - x_1 \operatorname{tg} \alpha - (y_2 - y_1)}{\operatorname{tg} (\alpha + \beta_1) - \operatorname{tg} \alpha}.\quad (9)$$

Ordinatalar (1), (2) va (3) formulalar yordamida hisoblanadi:

$$\left. \begin{aligned}y &= y_1 - (x_1 - x) \operatorname{tg} \alpha, \\ y &= y_2 - (x_2 - x) \operatorname{tg} (\alpha + \beta_1), \\ y &= y_3 - (x_3 - x) \operatorname{tg} (\alpha + \beta_2).\end{aligned} \right\}\quad (10)$$

7.3. Direksion burchakning differensial formulalari

Koordinatasi ma'lum bo'lgan A va B punktlar mavjud. Faraz qilaylik, B punkt B' holatga siljidi va bu nuqtaning koordinatasi dx_b va dy_b orttirma oldi. Direksion α burchak $d\alpha$ ga o'zgardi. Oxirgi punkt koordinatasi tomon direksion burchagi o'zgarishi orasidagi bog'liqlikni aniqlash kerak.

$$\text{Ma'lumki, } \operatorname{tg} \alpha = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}.$$

Bu tenglamani differensiallab, topamiz:

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{d\alpha}{\rho''} = \frac{(x_b - x_a) dy_b - (y_b - y_a) dx_b}{(x_b - x_a)^2}. \quad (1)$$

lekin

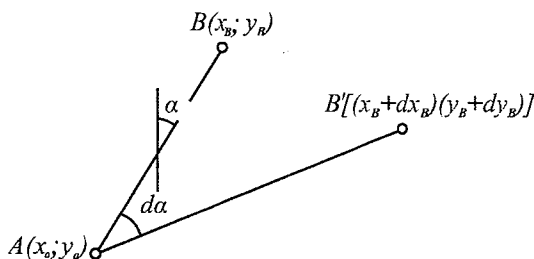
$$\begin{aligned} x_b - x_a &= S \cos \alpha, \\ y_b - y_a &= S \sin \alpha, \end{aligned} \quad (2)$$

shuning uchun (1) tenglama ni quyidagicha yozish mumkin:

$$d\alpha = \cos^2 \alpha \rho'' \left[\frac{S \cos \alpha dy_b - S \sin \alpha dx_b}{S^2 \cos^2 \alpha} \right]$$

yoki

$$d\alpha = \rho'' \left[\frac{\cos \alpha}{S} dy_b - \frac{\sin \alpha}{S} dx_b \right]. \quad (3)$$



7.4-rasm.

Belgilash kiritamiz: $(a) = -\rho'' \sin \alpha,$
 $(b) = \rho'' \cos \alpha.$

Unda (3) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$d\alpha = \frac{(a)}{S} dx_b + \frac{(b)}{S} dy_b. \quad (4)$$

Agar B nuqtaning o'zgarishi bilan A nuqta siljisa, unda direksion burchak differensial formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$d\alpha = -\frac{(a)}{S} dx_a - \frac{(b)}{S} dy_b. \quad (5)$$

Agar tomonning ikki oxirgi uchi o'zgarsa, differensial formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$d\alpha = -\frac{(a)}{S} dx_a - \frac{(b)}{S} dy_a + \frac{(a)}{S} dx_b + \frac{(b)}{S} dy_b. \quad (6)$$

Misol. AB tomonning B nuqtasi koordinatalari $dx_b = 0,04$ m va $dy_b = -0,07$ m ga o'zgardi. AB ning uzunligi $S = 1,534$ km; $\alpha = 216^\circ 37' 48''$. AB tomonning yangi vaziyatdagi direksion burchagini toping.

Echish. Yordamchi qiymatlarni topamiz:

$$(a) = -\rho'' \sin \alpha = -20,6265 (-0,59664) = +12,31,$$

$$(b) = -\rho'' \cos \alpha = 20,6265 (-0,80251) = -16,53.$$

(4) formula bo'yicha topamiz:

$$d\alpha = +\frac{12,31}{1,534} (+0,4) - \frac{16,53}{1,534} (-0,7) = +11,4''.$$

Demak, yangi vaziyatda direksion burchak quyidagiga teng:

$$\alpha = 216^\circ 37' 59,4''.$$

Hisoblashda ρ'' 10000 marta kichraytiriladi. Masofa S kilometrda, dx va dy — detsimetrda ifodalanadi.

7.4. Teskari ko'p yo'nalishli kesishtirish

Bitta yo'nalishli kesishtirishni yechishda P nuqtaning taxminiy koordinatalari x_0 va y_0 olinadi.

Aniqlanayotgan punktdan berilgan punktlarga yo'nalishlarning direksion burchaklari va mos tomonlari hisoblanadi:

$$\operatorname{tg} \alpha_{0i} = \frac{y_i - y_0}{x_i - x_0},$$

$$S_{0i} = \frac{y_i - y_0}{\sin \alpha_{0i}} = \frac{x_i - x_0}{\cos \alpha_{0i}}.$$

Taxminiy burchak qiymatlari hisoblanadi:

$$\beta_{0i} = \alpha_{0i+1} - \alpha_{0i}.$$

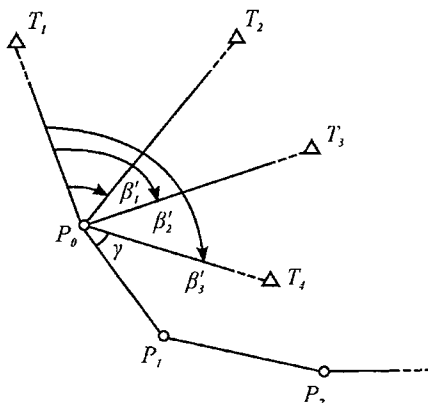
Tuzatmalar tenglamasining ozod hadi hisoblanadi:

$$l_i = \beta_{0i} - \beta'_i,$$

bu yerda: β'_i — burchakning o'lchangan qiymati. $(a)_i$ va $(b)_i$ koeffitsiyentlar hisoblanadi:

$$(a)_i = -\rho'' \sin \alpha_{0i},$$

$$(b)_i = \rho'' \cos \alpha_{0i}.$$



7.5-rasm.

$(a)_i$ va $(b)_i$ qiymatlarni maxsus jadvaldan α_{oi} argument bo'yicha tanlash mumkin.

α_i va β_i qiymatlar topiladi:

$$\alpha_i = -\frac{(a)_i}{S_i} \quad b_i = -\frac{(b)_i}{S_i}.$$

Boshlang'ich tenglamaning koeffitsiyentlari va tekshirish yig'indisi hisoblanadi:

$$\begin{aligned} A_i &= \alpha_{i+1} - \alpha_1, \\ B_i &= b_{i+1} - b_1, \\ S_i &= A_i + B_i + l_i. \end{aligned}$$

Normal tenglamalarning koeffitsiyentlari va ozod hadlari hisoblanadi. Hisoblashni tekshirish quyidagi tenglik orqali bajariladi:

$$\begin{aligned} [AA] + [AB] + [AI] &= [AS], \\ [AB] + [BB] + [BI] &= [BS]. \end{aligned}$$

Normal tenglamalar tuziladi va yechiladi:

$$\begin{aligned} [AA]\delta x + [AB]\delta y + [AI] &= 0, \\ [AB]\delta x + [BB]\delta y + [BI] &= 0. \end{aligned}$$

Taxminiy koordinatalarga ehtimoliy tuzatmalar δx va δy hisoblanadi:

$$\delta x = \frac{[AB][BI] - [BB][AI]}{[AA][BB] - [AB]^2} = \frac{D_x}{D},$$

$$\delta y = \frac{[AB][AI] - [AA][BI]}{[AA][BB] - [AB]^2} = \frac{D_y}{D}.$$

P_0 punkt koordinatasining oxirgi qiymati aniqlanadi:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + \delta x, \\ y &= y_0 + \delta y. \end{aligned}$$

Izoh. Agar S masofa kilometrda ifodalansa, hisoblashni soddalashtirish uchun, qiymatlar $(a)_i$ va $(b)_i$ 10 000

marta kichraytiriladi, unda tuzatmalar detsimetrda olinadi. Unda oxirgi koordinatalar quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\begin{aligned}x &= x_0 + 0,1 \delta x, \\y &= y_0 + 0,1 \delta y.\end{aligned}$$

O'lchangan burchaklarga tuzatmalar aniqlanadi:

$$V_i = A_i \delta x + B_i \delta y + l_i.$$

Tekshirish uchun hisoblanadi:

$$[VV] = [ll] + [Al]\delta x + [Bl]\delta y.$$

Ikkita olingan qiymatlar orasidagi farq $[VV]$ qiymatdan 2% ga farq qilishi mumkin.

Burchaklarning oxirgi qiymati topiladi:

$$\beta_i = \beta_i' + V_i.$$

Aniqlikni baholash bajariladi.

O'lchangan burchakning o'rta kvadratik xatosi:

$$m_\beta = \pm \sqrt{\frac{[V^2]}{n-2}},$$

bu yerda: n — yo'nalishlar soni.

Koordinatalarning o'rta kvadratik xatosi:

$$m_x = \frac{m_\beta}{10\sqrt{P_y}}, \quad m_y = \frac{m_\beta}{10\sqrt{P_x}},$$

bu yerda: $P_x = \frac{D}{[BB]}$, $P_y = \frac{D}{[AA]}$ — koordinatalar vazni.

7.5. Bir yo'nalishli to'g'ri kesishtirish

Poligonometrik $P P_1 P_2 \dots$ yo'lni uzoqdagi 1 va 2-triangulyatsiya punktlariga bog'lash talab qilinsin. Buning uchun 1 va 2-punktlarda burchaklar β_1 va β_2 lar o'lchanadi. Direksion burchakni yo'lning tomonlariga uzatish uchun aniqlanayotgan punktda yopishgan burchak γ o'lchanadi (7.6-rasm).

Boshlang'ich punktlar koordinatlari $(x_1; y_1)$ va $(x_2; y_2)$ ma'lum.

$$\begin{aligned} \text{Yozamiz: } \Delta x_{13} &= d_{13} \cos \alpha_{13} = x - x_1, \\ \Delta y_{13} &= d_{13} \sin \alpha_{13} = y - y_1. \end{aligned} \quad (1)$$

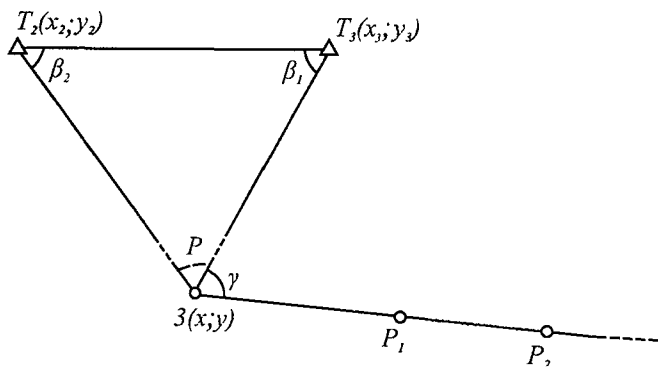
$$\alpha_{13} = \alpha_{12} - \beta_1, \text{ bu yerda } \operatorname{tg} \alpha_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}. \quad (2)$$

(1) va (2) formulalarga asosan topamiz:

$$\begin{aligned} x - x_1 &= d_{13} \cos (\alpha_{12} - \beta_1), \\ y - y_1 &= d_{13} \sin (\alpha_{12} - \beta_1) \end{aligned} \quad (3)$$

yoki

$$\begin{aligned} x - x_1 &= d_{13} (\cos \alpha_{12} \cos \beta_1 + \sin \alpha_{12} \sin \beta_1), \\ y - y_1 &= d_{13} (\sin \alpha_{12} \cos \beta_1 - \cos \alpha_{12} \sin \beta_1). \end{aligned} \quad (4)$$



7.6-rasm.

Ma'lumki,

$$\begin{aligned}\Delta x_{12} &= x_2 - x_1 = d_{12} \cos \alpha_{12}, \\ \Delta y_{12} &= y_2 - y_1 = d_{12} \sin \alpha_{12},\end{aligned}$$

bundan

$$\left. \begin{aligned}\cos \alpha_{12} &= \frac{x_2 - x_1}{d_{12}}, \\ \sin \alpha_{12} &= \frac{y_2 - y_1}{d_{12}}.\end{aligned}\right\} \quad (5)$$

(4) va (5) formulalarga asosan:

$$\begin{aligned}x - x_1 &= d_{13} \left(\frac{x_2 - x_1}{d_{12}} \cos \beta_1 + \frac{y_2 - y_1}{d_{12}} \sin \beta_1 \right), \\ y - y_1 &= d_{13} \left(\frac{y_2 - y_1}{d_{12}} \cos \beta_1 - \frac{x_2 - x_1}{d_{12}} \sin \beta_1 \right).\end{aligned}$$

yoki

$$\left. \begin{aligned}x - x_1 &= \frac{d_{13}}{d_{12}} \sin \beta_1 \left(\frac{x_2 - x_1}{\sin \beta_1} \cos \beta_1 + y_2 - y_1 \right), \\ y - y_1 &= \frac{d_{13}}{d_{12}} \sin \beta_1 \left(\frac{y_2 - y_1}{\sin \beta_1} \cos \beta_1 - x_2 - x_1 \right).\end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Uchburchakdan kelib chiqadi:

$$\frac{d_{13}}{d_{12}} = \frac{\sin \beta_2}{\sin [180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)]} = \frac{\sin \beta_2}{\sin (\beta_1 + \beta_2)} = \frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_1 \cos \beta_2 + \cos \beta_1 \sin \beta_2}.$$

Bu tenglamaning ikki tomonini $\sin \beta_1$ ga ko'paytiramiz.

$$\frac{d_{13}}{d_{12}} \sin \beta_1 = \frac{\sin \beta_1 \cdot \sin \beta_2}{\sin \beta_1 \cos \beta_2 + \cos \beta_1 \sin \beta_2}$$

yoki

$$\frac{d_{13}}{d_{12}} \sin \beta_1 = \frac{1}{\frac{\sin \beta_1 \cos \beta_2}{\sin \beta_1 \sin \beta_2} + \frac{\cos \beta_1 \sin \beta_2}{\sin \beta_1 \sin \beta_2}} = \frac{1}{\operatorname{ctg} \beta_2 + \operatorname{ctg} \beta_1}. \quad (7)$$

(7) formulani (6) ga qo'yamiz:

$$x - x_1 = \frac{1}{\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2} [(x_2 - x_1) \operatorname{ctg}\beta_1 + y_2 - y_1],$$

$$y - y_1 = \frac{1}{\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2} [(y_2 - y_1) \operatorname{ctg}\beta_1 - x_2 + x_1],$$

$$\text{bundan } x = \frac{x_2 \operatorname{ctg}\beta_1 - x_1 \operatorname{ctg}\beta_1 + y_2 - y_1 + x_1 \operatorname{ctg}\beta_1 + x_1 \operatorname{ctg}\beta_2}{\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2},$$

$$y = \frac{y_2 \operatorname{ctg}\beta_1 - y_1 \operatorname{ctg}\beta_1 - x_2 + x_1 + y_1 \operatorname{ctg}\beta_1 + y_1 \operatorname{ctg}\beta_2}{\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2}.$$

Oxirida topamiz:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{x_1 \operatorname{ctg}\beta_2 + x_2 \operatorname{ctg}\beta_1 + (y_2 - y_1)}{\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2}, \\ y &= \frac{y_1 \operatorname{ctg}\beta_2 + y_2 \operatorname{ctg}\beta_1 - (x_2 - x_1)}{\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

(8) tenglama kotangens formulasi (Yung formulasi) deyiladi.

Aniqlikni baholash

Aniqlanayotgan nuqtaning o'rta kvadratik xatosi:

$$m_p = d_{12} \frac{m''_{\beta}}{\rho''} \frac{\sqrt{\sin^2\beta_1 + \sin^2\beta_2}}{\sin^2\rho},$$

bu yerda: d_{12} — kesishtirish bazisi.

m''_{β} — o'lchangan burchakning o'rta kvadratik xatosi,

$$\rho = -206265.$$

7.6. To'g'ri ko'p yo'nalishli kesishtirish

To'g'ri bir yo'nalishli kesishtirishni yechishdan aniqlanayotgan P punktning taxminiy koordinatalari x_0 va y_0 olinadi (7.7-rasm).

Aniqlanayotgan punktdan berilgan punktlarga yo'nalishlarning direksion burchaklari va mos tomonlari hisoblanadi:

$$\operatorname{tg} \alpha_{0i} = \frac{y_0 - y_i}{x_0 - x_i},$$

$$S_i = \frac{y_0 - y_i}{\sin \alpha_{0i}} = \frac{x_0 - x_i}{\cos \alpha_{0i}}.$$

Boshlang'ich tenglamaning ozod hadlari hisoblanadi:

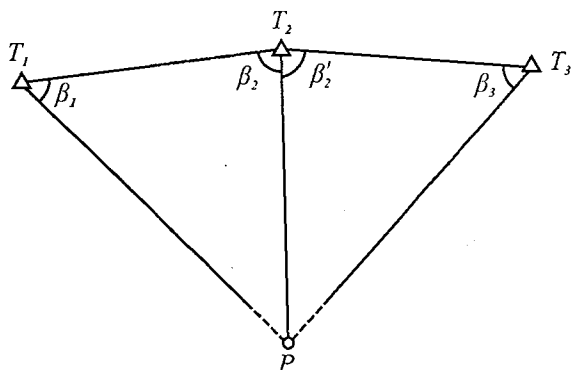
$$l_i = \alpha_{0i} - \alpha'_i,$$

bu yerda: α'_i — hisoblangan burchaklar bo'yicha direksion burchak.

Koeffitsiyentlar aniqlanadi:

$$(\alpha)_i = -\rho'' \sin \alpha_{0i}, \quad (b)_i = \rho'' \sin \alpha_{0i}$$

α_i va b_i qiymatlar topiladi:



7.7-rasm.

$$\alpha_i = \frac{(a)_i}{S_i}, \quad b_i = \frac{(b)_i}{S_i}.$$

Normal tenglamalarning koeffitsiyentlar va ozod hadlari hisoblanadi. Hisoblashni tekshirish uchun ushbu tenglik xizmat qiladi:

$$\begin{aligned} [aa] + [ab] + [al] &= [aS], \\ [ab] + [bb] + [bl] &= [bS]. \end{aligned}$$

Normal tenglamalar tuziladi va yechiladi:

$$\begin{aligned} [aa]\delta x + [ab]\delta y + [al] &= 0, \\ [ab]\delta x + [bb]\delta y + [bl] &= 0. \end{aligned}$$

Taxminiy koordinatalarga ehtimoliy δx va δy tuzatmalar kiritiladi:

$$\begin{aligned} \delta x &= \frac{[ab][bl] - [bb][al]}{[aa][bb] - [ab]^2} = \frac{D_x}{D}, \\ \delta y &= \frac{[ab][al] - [aa][bl]}{[aa][bb] - [ab]^2} = \frac{D_y}{D}. \end{aligned}$$

P punktning oxirgi koordinatasi hisoblanadi:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + 0,1 \delta x, \\ y &= y_0 + 0,1 \delta y. \end{aligned}$$

"O'lchangan" direksion burchakka tuzatma kiritiladi:

$$V_i = a_i \delta x + b_i \delta y + li.$$

Tekshirish uchun hisoblanadi:

$$[VV] = [ll] + [al]\delta x + [bl]\delta y.$$

Bu ikkita qiymat orasidagi farq $[VV]$ qiymatdan 2% atrofida farq qilishga yo'l qo'yiladi.

Tenglashtirilgan direksion burchak topiladi:

$$\alpha_i = \alpha'_i + V_i$$

Aniqlikni baholash bajariladi:

O'lchangan burchakning o'rta kvadratik xatosi:

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[V^2]}{n-2}},$$

bu yerda: n — o'lchangan burchaklar soni.

Koordinatalarning o'rta kvadratik xatosi:

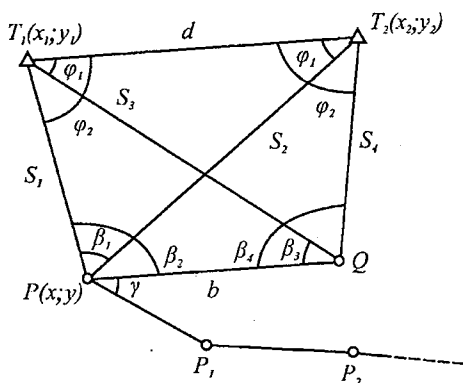
$$m_x = \frac{m_{\beta}}{10\sqrt{P_x}}; \quad m_y = \frac{m_{\beta}}{10\sqrt{P_y}},$$

be yerda:

$$P_x = \frac{D}{[bb]}; \quad P_y = \frac{D}{[aa]} \text{ — koordinatlar vazni.}$$

7.7. Ganzen usuli bo'yicha poligonometrik yo'lni bog'lash

Poligonometriya yo'l $P, P_1, P_2, \dots$ ni uzoqdagi punktlar T_1 va T_2 ga bog'lash talab qilinsin. Buning uchun joyda qo'shimcha Q nuqta tanlanadi. PQ tomonning uzunligi ixtiyoriy uzunlikda (1000—1500 m) olinadi. P punktda burchak β_1, β_2 va γ , Q punktda esa β_3 va β_4 burchaklar o'lchanadi (7.8-rasm).



$b' = RQ$ — shartli bazis.

7.8-rasm.

Uchburchaklar T_1PQ va T_2PQ yechiladi va shartli tomonning uzunligi topiladi:

Uchburchak T_1PQ dan:

$$\text{Shart. } S_1 = \frac{b \sin \beta_3}{\sin(\beta_2 + \beta_3)} = S'_1,$$

$$\text{Shart. } S_3 = \frac{b \sin \beta_2}{\sin(\beta_2 + \beta_3)} = S'_3.$$

Uchburchak T_2PQ dan:

$$\text{Shart. } S_2 = \frac{b \sin \beta_4}{\sin(\beta_4 + \beta_2 - \beta_1)} = S'_2,$$

$$\text{Shart. } S_4 = \frac{b \sin(\beta_2 - \beta_1)}{\sin(\beta_4 + \beta_2 - \beta_1)} = S'_4.$$

Uchburchaklar T_1QT_2 va T_1PT_2 yechiladi va $\varphi_1, \varphi_2, \psi_1, \psi_2$ burchaklar aniqlanadi.

Uchburchak T_1QT_2 dan:

$$\varphi_1 + \psi_2 = 180^\circ - (\beta_4 - \beta_3),$$

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi_1 - \psi_2}{2} = \frac{S'_4 - S'_3}{S'_4 + S'_3} \operatorname{tg} \frac{\varphi_1 + \psi_2}{2}.$$

Uchburchak T_1PT_2 dan:

$$\psi_1 + \varphi_1 = 180^\circ - \beta_1,$$

$$\operatorname{tg} \frac{\psi_1 - \varphi_2}{2} = \frac{S'_1 - S'_2}{S'_1 + S'_2} \operatorname{tg} \frac{\psi_1 + \varphi_2}{2}.$$

Shartli tomon uzunligi T_1T_2 hisoblanadi:

$$\text{Shart. } d = \frac{S'_1 \sin \beta_1}{\sin \psi_1} = \frac{S'_4 \sin(\beta_4 - \beta_3)}{\sin \varphi_1} = d.$$

T_1T_2 tomonning haqiqiy uzunligini topamiz. Buning uchun oldin T_1T_2 tomonning direksion burchagi topiladi:

$$\operatorname{tg}(T_1T_2) = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1},$$

$$d = \frac{y_2 - y_1}{\sin(T_1T_2)} = \frac{x_2 - x_1}{\cos(T_1T_2)}.$$

$T_1 T_2$ tomonning direksion burchagi va $\varphi_1, \varphi_2, \psi_1, \psi_2$ burchaklar bo'yicha figuraning hamma tomonlarining direksion burchagi hisoblanadi. Yopishgan burchak γ orqali direksion burchak yo'lining tomonlariga uzatiladi.

Shartli birlikdan haqiqiyga o'tish koeffitsiyent aniqlanadi:

$$\frac{d}{d'} = K.$$

Shartli bazis PQ haqiqiy uzunligi hisoblanadi:

$$PQ = b'k.$$

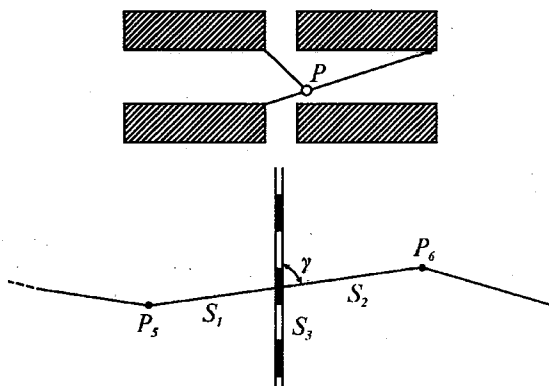
S_1, S_2, S_3, S_4 tomonlarning haqiqiy uzunliklari ham huddi shunday aniqlanadi.

Koordinatalar orttirmasi va P punktning koordinatasi topiladi.

7.8. Poligonometrik yo'lni joydagi doimiy predmetga bog'lash

Poligonometrik yo'lni joydagi doimiy predmetga bog'lash punktlarni qidirib topishni yengillashtirish uchun qilinadi.

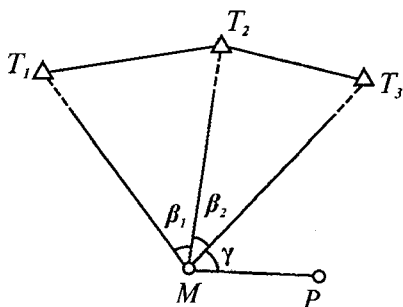
Bog'lash usullari joyning sharoitiga bog'liq.



7.9-rasm.

Punktlarni qidirib topish

Punktlarni qidirib topish usuli ularni qanday qilib bog'laganliklariga bog'liq. Agar poligonometriya qurilgan joylarda o'tkazilgan bo'lsa, bino va inshootlarga bog'langanlik ma'lumotlari bo'yicha qidirish kerak. Dala sharoitida punktlarni qidirib topish quyidagicha bajariladi. P —



7.10-rasm.

qidirilayotgan punkt bo'lsin (7.10-rasm).

Qidirilayotgan punktning joyida M nuqta tanlanadi hamda β_1 va β_2 burchaklar o'lchanadi. Teskari kesishtirish formulasi bo'yicha M punktning koordinatasi aniqlanadi.

M va P nuqtalarning koordinatalari bo'yicha MP tomon uzunligi va uning direksion burchagi aniqlanadi. (MT_3) va (MP) direksion burchagini bilgan holda γ burchak topiladi:

$$\angle \gamma = (MP) - (MT_3).$$

Keyinchalik asbob trubasi T_3 nuqtaga qaratiladi va ali-dadani γ burchak qiymatiga aylantiriladi. Trubaning vizir o'qi bo'yicha vexe qo'yiladi. Topilgan tomon yo'nalishi bo'yicha hisoblangan MP tomonning uzunligi o'lchanadi va joyda nuqtaning o'rni topiladi.

8-bob

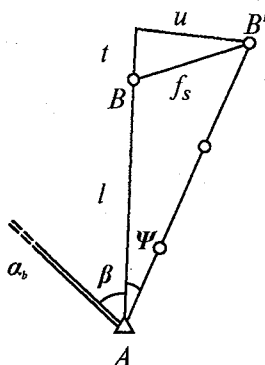
POLIGONOMETRIYADA TENGLASHTIRISH HISOBLARI

Poligonometriyani oddiy usulda tenglashtirishda quyidagi miqdordagi xatolikka yo'l qo'yishimiz mumkin (4-klass):

$$\frac{f_s}{[S]} = \frac{1}{25000} \rho'' = \pm 8,2'',$$

ya'ni poligonometriya yo'li o'qi 8,2" ga siljiydi. Ma'lumki, bu miqdor 4-klass poligonometriyada burchak o'lchash aniqligidan yuqori ($m_\beta = \pm 2''$). Shuning uchun poligonometriya yo'li odatda eng kichik kvadratlar usuli bo'yicha tenglashtiriladi (korrelat usuli).

Cho'zilgan poligonometrik yo'llarni tenglashtirishda oldin yo'l o'qi qayrilish qiymati aniqlanadi:



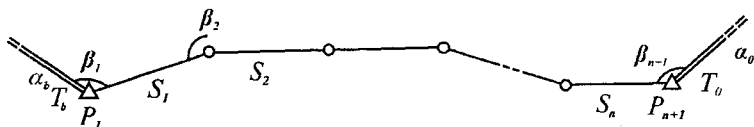
8.1-rasm.

$$\psi'' = \frac{u}{l} \rho''.$$

Agar $\psi'' < m_\beta''$ bo'lsa, unda poligonometrik yo'l oddiy usulda tenglashtiriladi. Agar $\psi'' > m_\beta''$ bo'lsa, yo'l eng kichik kvadratlar usuli bilan tenglashtiriladi. Bu yerda m_β'' — o'lchangan burchakning o'rta kvadratik xatosi.

8.1. Yolg'iz poligonometrik yo'lni korrelat usuli bilan tenglashtirish

Yolg'iz poligonometrik yo'l $P_1, P_2, \dots, P_{n+1}$ mavjud. Tayanch punktlar $T_{bosh.}$ va T_{oxir} koordinatalari, direksion



8.2-rasm.

α_{bosh} va α_{oxir} burchaklari ma'lum. $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{n+1}$ burchaklar o'rta kvadratik xato m_β aniqlikda o'lchangan (8.2-rasm). Tomonlar $S_1, S_2, \dots, S_n$ o'rta kvadratik xatolik $m_s = \mu \sqrt{S}$ aniqlikda o'lchangan (sistematik xatoliklarning ta'sirisiz).

Ma'lumki, shartli tenglamalar soni ortiqcha o'lchashlar soniga teng. Bizning misolimizda n tomon, $n+1$ burchak o'lchangan. Demak, hamma o'lchashlar soni:

$$n + (n + 1) = 2n + 1.$$

Yo'lda hamma punktlar soni $(n+1)$ ta, lekin bulardan ikkitasining koordinatalari ma'lum. Shuning uchun, yo'ldagi noma'lum nuqtalar soni $(n + 1) - 2 = n - 1$ ga teng.

Har bir nuqta uchun x va y ni aniqlash kerak. Demak, hamma noma'lumlar soni $2(n - 1)$ ga teng.

Ortiqcha o'lchashlar soni

$$2n + 1 - 2(n - 1) = 3 \text{ ga teng.}$$

Bundan ko'rinib turibdiki, yolg'iz poligonometrik yo'lni korrelat usuli bilan tenglashtirishda doimo uchta shartli tenglama mavjud bo'ladi:

1. Direksion burchaklar sharti.
2. Abssissalar sharti.
3. Ordinatalar sharti.

Odatda hisobni soddalashtirish uchun ikki guruhli tenglashtirish usuli qo'llanadi. Oldin birinchi tuzatmalar hisoblanadi:

$$V'_\beta = -\frac{f_\beta}{n+1}.$$

Ular o'Ichangan burchaklarga kiritiladi.

Koordinatalar orttirmalari va taxminiyl koordinatalar hisoblanadi. Yo'lning og'irlik markazi koordinatalari hisoblanadi:

$$x_0 = \frac{[x]}{n+1}; \quad y_0 = \frac{[y]}{n+1}.$$

Markaziy koordinatalar hisoblanadi:

$$\varepsilon_i = x_i - x_0; \quad \eta_i = y_i - y_0.$$

Tekshirish. $[\varepsilon] = 0$; $[\eta] = 0$ (cheki 0,5 n , bunda n — qo'shiluvchilar soni).

Shartli tenglamalar tuziladi:

1. $[V''_{\beta}] = 0$,
2. $[V_s \cos \alpha] + \frac{1}{\rho} [V''_{\beta} \eta] + f_x = 0$,
3. $[V_s \sin \alpha] - \frac{1}{\rho} [V''_{\beta} \varepsilon] + f_y = 0$,

bu yerda V''_{β} — burchakka ikkinchi tuzatma.

f_x va f_y — to'g'rilangan burchaklar bo'yicha olingan koordinatalar orttirmalari bog'lanmasligi.

Shartli tenglamalardan normal tenglamalarga o'tiladi. Ma'lumki, normal tenglamalar soni shartli tenglamalar soniga teng.

1. $\left[\frac{aa}{p} \right] K_1 + \left[\frac{ab}{p} \right] K_2 + \left[\frac{ac}{p} \right] K_3 = 0$.
2. $\left[\frac{ab}{p} \right] K_1 + \left[\frac{bb}{p} \right] K_2 + \left[\frac{bc}{p} \right] K_3 + f_x = 0$.
3. $\left[\frac{ac}{p} \right] K_1 + \left[\frac{bc}{p} \right] K_2 + \left[\frac{cc}{p} \right] K_3 + f_y = 0$.

Normal tenglamalar koeffitsiyentlari ushbu formulalar bo'yicha hisoblanadi:

$$\begin{aligned}\left[\frac{aa}{p}\right] &= \frac{n+1}{p}; \\ \left[\frac{ab}{p}\right] &= q[\eta] = 0; \quad \left[\frac{ac}{p}\right] = -q[\varepsilon]; \\ \left[\frac{bb}{p}\right] &= \frac{q}{\rho}[\eta^2] + [\Delta x \cos \alpha] = A; \\ \left[\frac{bc}{p}\right] &= \frac{q}{\rho}[\eta\varepsilon] + [\Delta x \sin \alpha] = C; \\ \left[\frac{cc}{p}\right] &= \frac{q}{\rho}[\varepsilon^2] + [\Delta y \sin \alpha] = B,\end{aligned}$$

bu yerda: $P_{\beta i} = \frac{\mu^2}{m_{\beta}^2} = P$, $q = \frac{1}{P\rho}$ (teskari vazn).

Koeffitsiyentlarni hisoblashni tekshirish:

$$\Delta x_i \cos \alpha_i + \Delta y_i \sin \alpha_i = S_p,$$

$$\Delta x_i \sin \alpha_i = \Delta y_i \cos \alpha_i,$$

$$[(\eta + \varepsilon)^2] = [\eta^2] + [\varepsilon^2] + 2[\eta\varepsilon].$$

Olingan koeffitsiyentlarga asosan normal tenglamalarni quyidagicha yozish mumkin:

$$1. \frac{n+1}{p} \cdot k_1 = 0.$$

$$2. AK_2 + CK_3 + f_x = 0.$$

$$3. CK_2 + BK_3 + f_y = 0.$$

Bu normal tenglamalarni yechib, korrelatlar topiladi:

$$K_1 = 0.$$

$$K_2 = \frac{Cf_y - Bf_x}{AB - C^2}.$$

$$K_3 = \frac{Cf_x - Af_y}{AB - C^2}.$$

Burchaklarga ikkinchi tuzatmalar hisoblanadi:

$$\begin{aligned}
 V''_{\beta_1} &= q(\eta_1 K_2 - \varepsilon_1 K_3), \\
 V''_{\beta_1} &= q(\eta_2 K_2 - \varepsilon_2 K_3), \\
 &\dots\dots\dots \\
 V''_{\beta_{n+1}} &= q(\eta_{n+1} K_2 - \varepsilon_{n+1} K_3).
 \end{aligned}$$

Ikkinchi tuzatmalarni tekshirish:

$$[V_\beta] = 0.$$

Direksion burchaklarga tuzatmalar hisoblanadi:

$$\begin{aligned}
 V_{\alpha_1} &= V''_{\beta_1} \\
 V_{\alpha_2} &= \sum_1^2 \cdot V''_{\beta} \\
 &\dots\dots\dots \\
 V_{\alpha_n} &= \sum_1^n \cdot V''_{\beta}.
 \end{aligned}$$

Tomonlarga tuzatmalar hisoblanadi:

$$\begin{aligned}
 V_{S_1} &= \Delta x_1 K_2 + \Delta y_1 K_3, \\
 V_{S_2} &= \Delta x_2 K_2 + \Delta y_2 K_3, \\
 &\dots\dots\dots \\
 V_{S_n} &= \Delta x_n K_2 + \Delta y_n K_3.
 \end{aligned}$$

Tekshirish. $[V_S] = [\Delta x] K_2 + [\Delta y] K_3$.

Koordinata orttirmalariga tuzatma hisoblanadi:

$$\begin{aligned}
 V_{\Delta x_1} &= V_{S_1} \cos \alpha_1 - \frac{V_{\alpha_1}}{\rho} \Delta y_1, \\
 V_{\Delta y_1} &= V_{S_1} \sin \alpha_1 + \frac{V_{\alpha_1}}{\rho} \Delta x_1, \\
 &\dots\dots\dots \\
 V_{\Delta x_n} &= V_{S_n} \cos \alpha_1 - \frac{V_{\alpha_n}}{\rho} \Delta y_1, \\
 V_{\Delta y_n} &= V_{S_n} \sin \alpha_n - \frac{V_{\alpha_n}}{\rho} \Delta x_n.
 \end{aligned}$$

Tekshirish. $[V_{\Delta x}] = -f_x$
 $[V_{\Delta y}] = -f_y$.

(Cheki: $0.5\sqrt{n}$; n — qo'shiluvchilar soni)

Bu tuzatmalar punktlarning taxminiy koordinatalariga kiritiladi va oxirgi qiymati topiladi.

Tenglashtirilgan qiymatlarning aniqligini baholash

Tenglashtirilgan elementlar(burchak, direksion burchak, tomon uzunligi, abssissa va ordinata) funksiyasining o'rta kvadratik xatosi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$M_u = \mu \sqrt{\frac{1}{P_u}},$$

bu yerda: $\mu = \sqrt{\frac{P \frac{f^2 \beta}{n+1} + P [V_{\beta}^2] + [\frac{1}{3} V_S^2]}{3}},$

μ — vazn birligidagi o'rta kvadratik xatolik.

$$\frac{1}{P_u} = \left[\frac{FF}{P} \right] - P \frac{\left[\frac{aF}{P} \right]^2}{n+1} - \frac{\left[\frac{bF}{P} \right]^2}{A} - \frac{\left\{ \left[\frac{CF}{P} \right] - \frac{C}{A} \left[\frac{bF}{P} \right] \right\}^2}{B - \frac{C^2}{A}},$$

$\frac{1}{P_u}$ — funksiyaning teskari vazni.

$\left[\frac{FF}{P} \right], \left[\frac{aF}{P} \right], \left[\frac{bF}{P} \right]$ va $\left[\frac{CF}{P} \right]$ — miqdorlarning qiymat-

lari.

Elementlar nomi	β_i	α_i	S_i	x_i	y_i
$\left[\frac{FF}{P} \right]$	$\frac{1}{P}$	$\frac{i}{P}$	S_i	$\frac{q}{\rho} [(y_{i+1} - y)^2]_1^i + [S \cos^2 \alpha]_1^i$	$\frac{q}{\rho} [(x_{i+1} - x)^2]_1^i + [S \sin^2 \alpha]_1^i$

Elementlar nomi	β_i	α_i	S_i	x_i	y_i
$\left[\frac{aF}{P}\right]$	$\frac{1}{P}$	$\frac{i}{P}$	0	$-q[(y_{i+1}-y)] \frac{i}{P}$	$q[(x_{i+1}-x)] \frac{i}{P}$
$\left[\frac{bF}{P}\right]$	$q\eta_i$	$q[\eta] \frac{i}{P}$	Δx_i	$-\frac{q}{\rho} [(y_{i+1}-y)\eta] \frac{i}{P} +$ $+ [S \cos^2 \alpha] \frac{i}{P}$	$\frac{q}{\rho} [(x_{i+1}-x)\eta] \frac{i}{P} +$ $+ [S \sin \alpha \cdot \cos \alpha] \frac{i}{P}$
$\left[\frac{CF}{P}\right]$	$-q\varepsilon_i$	$-q[\varepsilon] \frac{i}{P}$	Δy_i	$\frac{q}{\rho} [(y_{i+1}-y)\varepsilon] \frac{i}{P} +$ $+ [S \sin \alpha \cdot \cos \alpha] \frac{i}{P}$	$-\frac{q}{\rho} [(x_{i+1}-x)\eta] \frac{i}{P} +$ $+ [S \sin \alpha \cdot \cos \alpha] \frac{i}{P}$

8.2. Chebotarev usuli bilan cho‘zilgan poligonometriya yo‘lini tenglashtirish

Tenglashtirish hisoblarini bajarishdan oldin berilgan yo‘l cho‘zilgan ekanligini aniqlash kerak.

Bog‘lanmasliklar f_β , f_x , f_y , f_S va $\frac{f_S}{[S]}$ yuqorida ko‘rsatilgandik yechiladi. Yo‘lning bo‘ylama va ko‘ndalang xatoliklari hisoblanadi:

$$t = \frac{f_x[\Delta x] + f_y[\Delta y]}{L},$$

$$u = \frac{f_x[\Delta x] + f_y[\Delta y]}{L},$$

$$L = \sqrt{[\Delta x]^2 + [\Delta y]^2}.$$

Shartli tenglamalar tuziladi:

1. $[V''_\beta] = 0$,
2. $[V_S] + t = 0$,
3. $-\frac{1}{\rho} [\varepsilon' V''_\beta] + U = 0$.

Normal tenglamalarga o'tiladi:

1. $\frac{n+1}{\rho} k_1 = 0.$
2. $[S] K_2 + t = 0.$
3. $\frac{q}{\rho} [\varepsilon'^2] K_3 + U = 0.$

Korrelatlar topiladi:

$$\begin{aligned} K_1 &= 0, \\ K_2 &= -\frac{t}{[S]}, \\ K_3 &= -\frac{U}{q[\varepsilon'^2]} \rho. \end{aligned}$$

Burchaklarga ikkinchi tuzatmalar hisoblanadi:

$$V''_{\beta i} = \varepsilon'_i q K_3,$$

bu yerda: $\varepsilon'_i = \frac{L}{n} \left(i - \frac{n}{2} - 1 \right),$

n — yo'lning tomonlar soni,

q — funksiyaning teskari vazni.

Agar yo'l hamma tomonlarining uzunligi bir xil bo'lsa, unda

$$V''_{\beta i} = \Delta \theta \rho'' b_i,$$

bu yerda: $\Delta \theta = -\frac{U}{[S]}; \quad b_i = \frac{6(n+2-2i)}{(n+1)(n+2)}.$

Ikkinchi tuzatmalarni tekshirish:

$$[V''_{\beta}] = 0.$$

Direksion burchak tuzatmalari hisoblanadi:

$$V''_{\alpha i} = \Delta \theta \rho'' \alpha_i.$$

Bu yerda: $\alpha_i = \frac{6i(n+1-i)}{(n+1)(n+2)}.$

Tomonlarga tuzatma hisoblanadi:

$$V'_{Si} = S_i K_2.$$

Tekshirish. $[V_S] = -t.$

Koordinata orttirmalariga tuzatmani hisoblanadi:

$$V_{\Delta x_i} = K_2 \Delta_{xi} - \Delta \theta \alpha_i \Delta y_i,$$

$$V_{\Delta y_i} = K_2 \Delta_{yi} - \Delta \theta \alpha_i \Delta x_i.$$

Tekshirish. $[V_{\Delta x}] = -f_x,$
 $[V_{\Delta y}] = -f_y.$

Juda cho'zilgan formada bo'lmagan yo'lni tenglashtirishda bu tekshirishlar tenglamalari amal qilmasliklari mumkin. Bunday holatda qoldiq bog'lanmaslik quyidagicha yo'qotiladi.

Yangi miqdorlar hisoblanadi:

$$\partial' = \frac{f_x(a\Delta x) + f_y(a\Delta y)}{[\Delta x][a\Delta x] + [\Delta y][a\Delta y]},$$

$$\Delta Q' = \frac{f_y(\Delta x) + f_x(\Delta y)}{[\Delta x][a\Delta x] + [\Delta y][a\Delta y]}.$$

Bunda quyidagi munosabatlar saqlanishi kerak:

$$\frac{\partial}{\partial'} \approx 1 \pm 0,1,$$

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta \theta'} \approx 1 \pm 0,1,$$

$$\Delta \theta = -\frac{U}{[S]}.$$

Agar bu munosabatlar saqlanmasa, unda yangi miqdorlar ∂' va $\Delta \theta'$ bilan yangi ikkinchi tuzatmalar hisoblanadi.

Tenglashtirilgan qiymatlarning aniqligini baholash

Burchaklarning oʻrta kvadratik xatosi:

$$m_{\beta_i} = m_{\beta} \sqrt{1 - \frac{1}{n+1} - \frac{3(n-2i+2)^2}{n(n+1)(n+2)}}.$$

Direksion burchaklarning oʻrta kvadratik xatosi:

$$m_{\alpha_i} = m_{\beta} \sqrt{1 - \frac{i^2}{n+1} - \frac{3i^2(n-i+1)^2}{n(n+1)(n+2)}}.$$

Tomonning oʻrta kvadratik xatosi:

$$m_{S_i} = \mu \sqrt{S_i \left(1 - \frac{1}{n}\right)}.$$

Boʻylama siljishning oʻrta kvadratik xatosi:

$$m_{t_{i+1}} = \mu \sqrt{S_{o'r} \left(i - \frac{i^2}{n}\right)}.$$

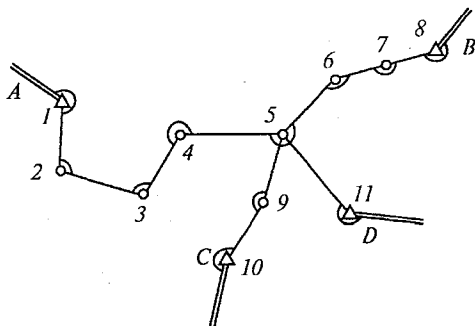
Koʻndalang siljishning oʻrta kvadratik xatosi:

$$m_{u_{i+1}} = \frac{m_{\beta}}{\rho''} S_{o'r} \sqrt{\frac{i(i+1)(2i+1)}{6} - \frac{i^2(i+1)^2}{4(n+1)} - \frac{i^2(i+1)^2(3n-2i+2)^2}{12n(n+1)(n+2)}}.$$

8.3. Poligonometrik toʻrlarni tenglashtirish

8.3.1. Bitta tugun nuqtali poligonometriya toʻrini tenglashtirish

Direksion burchak sharti. Berilgan toʻrda toʻrtta yoʻl mavjud (8.3-rasm). Hisoblash har bir yoʻl boʻyicha oʻlchangan burchaklar yigʻindisini hisoblashdan boshlanadi. Keyinchalik tomonlardan bittasini tugun tomon sifatida tanlanadi (tugun tomon ogʻirlik markaziga yaqin boʻlishi kerak).



8.3-rasm

Har bir yo'l bo'yicha tugun tomonning direksion burchagi hisoblanadi:

$$\alpha'_i = \alpha_{bosh.} + \sum \beta_i - 180 (n+1).$$

Tugun tomonning direksion burchagining ehtimoliy qiymati hisoblanadi:

$$\alpha_0 = \frac{\alpha'_1 P_1 + \alpha'_2 P_2 + \alpha'_3 P_3 + \alpha'_4 P_4}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4},$$

bu yerda: α'_i — direksion burchakning taxminiy qiymati,

$$P_i = \frac{C}{(n+1)_i}.$$

Yo'llarga tuzatmalar topiladi:

$$[V_\beta]_i = \alpha_0 - \alpha'_i.$$

Tekshirish. $[P_\beta V_\beta] = 0.$

Yo'lining hamma burchaklariga tuzatma teng qilib tarqatiladi. Koordinatalarning orttirmalari va tomonning direksion burchaklari hisoblanadi. Har bir yo'l bo'yicha tugun nuqtalarning koordinatalari hisoblanadi:

$$\begin{aligned} X'_i &= x_{bosh.} + [\Delta x]_i, \\ Y'_i &= y_{bosh.} + [\Delta y]_i. \end{aligned}$$

Tugun tomonning koordinatlari ehtimoliy qiymati hisoblanadi:

$$x_0 = \frac{x'_1 P_{S1} + x'_2 P_{S2} + x'_3 P_{S3} + x'_4 P_{S4}}{P_{S1} + P_{S2} + P_{S3} + P_{S4}},$$

$$y_0 = \frac{y'_1 P_{S1} + y'_2 P_{S2} + y'_3 P_{S3} + y'_4 P_{S4}}{P_{S1} + P_{S2} + P_{S3} + P_{S4}}.$$

bu yerda: x'_i va y'_i — koordinatalarning ehtimoliy qiymati,

$$P_{Si} = \frac{C}{[S]_i}.$$

Koordinatalar orttirmasiga tuzatma hisoblanadi:

$$[V\Delta x]_i = x_0 - x'_i,$$

$$[V\Delta y]_i = y_0 - y'_i.$$

Tekshirish. $[P_S V_{\Delta x}] = 0$; $[P_S V_{\Delta y}] = 0$.

8.3.2. Ikkita tugun nuqtali poligonometriya to'rini ekvivalent almashtirish usuli bilan tenglashtirish

Berilgan murakkab to'rni bitta tugun nuqtali to'rga almashtiramiz. Buning uchun tugun nuqtani tanlaymiz. Bizning misolimizda 5 nuqta tugun nuqta bo'ladi, chunki u og'irlik markazining yaqinida joylashgan. Keyinchalik 3, 4 va 5 bitta ekvivalent yo'l bilan almashtiriladi (8.4-rasm).

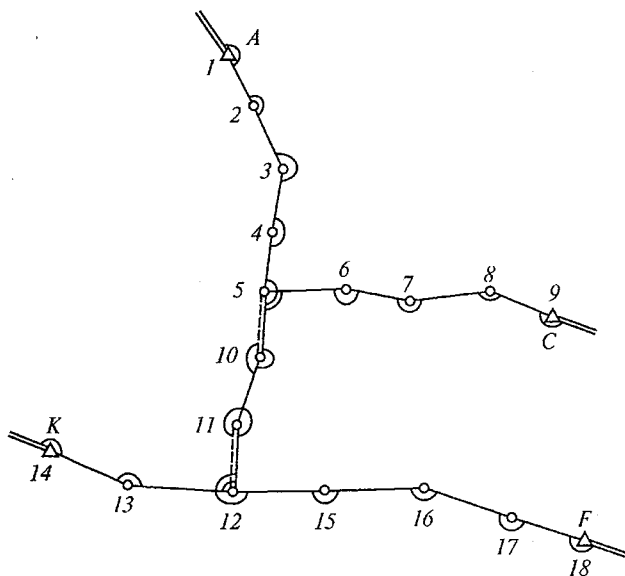
Buning uchun oldin 4 va 5 yo'l bo'yicha (12—11) tugun tomonning taxminiy direksion burchagi hisoblanadi:

$$\alpha'_{(12-11)} = \frac{\alpha'_4 P_4 + \alpha'_5 P_5}{P_4 + P_5},$$

bu yerda: $P_i = \frac{C}{(n+1)_i}$.

Ekvivalent (4,5) yo'lining vazni topiladi:

$$P_{4,5} = P_4 + P_5.$$



8.4-rasm.

Ekivalent (4,5) yoʻlining burchaklar soni aniqlanadi:

$$(n+1)_{4,5} = \frac{C}{P_{4,5}}.$$

(4,5) va (3) yoʻllarni qoʻshib, bitta ekvivalent yoʻl olinadi.

Ekvivalent yoʻlining burchaklar soni:

$$(n+1)_{4,5+3} = (n+1)_{4,5} + (n+1)_3.$$

Ekvivalent yoʻlining vazni (4,5 + 3):

$$P_{4,5+3} = \frac{C}{(n+1)_{4,5+3}}.$$

Natijada bitta tugun nuqtali toʻr olamiz. Keyin har bir yoʻl boʻyicha (5–10) tugun tomonning direksion burchagi hisoblanadi.

Tugun tomonning direksion burchagining ehtimoliy qiymati topiladi:

$$\alpha_{(5-10)} = \frac{\alpha'_{4,5+3} P_{4,5+3} + \alpha'_1 P_1 + \alpha'_2 P_2}{P_{4,5+3} + P_1 + P_2},$$

bu yerda: $\alpha_{(4,5+3)} = \alpha_{(12-11)} + \sum \beta_3 \pm 180(n+1)_3$.

Burchaklar tuzatmasi hisoblanadi:

$$V_{[\beta]_i} = \alpha_{(5-10)} - \alpha'_i.$$

Ekvivalent yo'lga tuzatma:

$$V_{[\beta]_{4,5+3}} = \alpha_{(5-10)} - \alpha'_{4,5+3}.$$

Uchinchi yo'lga tuzatma:

$$V_{[\beta]_3} = \frac{V_{[\beta]_{4,5+3}}}{(n+1)_{4,5+3}} (n+1)_3.$$

Tugun (12—11) tomonning direksion burchagining ehtimoliy qiymati topiladi:

$$\alpha_{(12-11)} = \alpha'_{(12-11)} + V_{[\beta]_3}.$$

4 va 5 yo'llarning burchaklariga tuzatma aniqlanadi:

$$V_{[\beta]_4} = \alpha_{(12-11)} - \alpha'_4,$$

$$V_{[\beta]_5} = \alpha_{(12-11)} - \alpha'_5.$$

Bu tuzatmalar yo'lining hamma burchaklariga teng qilib tarqatiladi va hamma tomonlarining direksion burchagi hisoblanadi. Koordinatalar orttirmasi hisoblanadi. Koordinatalar orttirmalari ham burchaklar qanday qilib tenglashtirilgan bo'lsa, xuddi shunday qilinadi.

Aniqlikni baholash

Vazn birligida o'rta kvadratik xatolik:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[PV]^2}{n-k}},$$

bu yerda: n — hamma yo'llarning soni, k — tugun nuqtalarning soni.

To'r tugun elementi tenglashtirilgan qiymati o'rta kvadratik xatosi:

$$M_{\text{teng}} = \frac{\mu}{\sqrt{P}}.$$

Tugun nuqta vaziyatining o'rta kvadratik xatosi:

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}, \quad (*)$$

bu yerda: M_x va M_y — absissa va ordinatalarning o'rta kvadratik xatosi.

Bitta o'lchashning o'rta kvadratik xatosi

$$m = \frac{\mu}{\sqrt{C}}.$$

8.3.3. Poligonometriya to'rlarini ketma-ket yaqinlashtirish usuli bilan tenglashtirish

Tugun tomonlar direksion burchaklarini tenglashtirish

Tugun (11—12) tomonning direksion burchak ehtimoliy qiymati 3, 4, 5 yo'llar direksion burchak qiymati o'rta vazni kabi hisoblanadi:

$$\alpha_{(11-12)} = \frac{\alpha'_3 P_3 + \alpha'_4 P_4 + \alpha'_5 P_5}{P_3 + P_4 + P_5}.$$

Tugun (5—10) tomonning direksion burchak ehtimoliy qiymati 1,2 va 3 yo'llar bo'yicha hisoblanadi:

$$\alpha_{(5-10)} = \frac{\alpha'_1 P_1 + \alpha'_2 P_2 + \alpha'_3 P_3}{P_1 + P_2 + P_3},$$

bu yerda: $\alpha'_i - i$ yo'l bo'yicha hisoblangan tugun tomonning direksion burchagining taxminiy qiymati;

$P_i - i$ yo'lining burchaklar vazni.

Bu formulalarda hamma elementlar ham ma'lum emas. Shuning uchun tugun tomonning direksion burchaklarining ehtimoliy qiymati ketma-ket yaqinlashtirish usuli bilan topiladi. Birinchi yaqinlashtirishda formulalarning noma'lum qismi nolga tenglashtiriladi va tugun tomonning direksion burchagining taxminiy qiymati hisoblanadi.

Birinchi yaqinlashtirishda olingan direksion burchak taxminiy qiymatlari ikkinchi yaqinlashtirishda formulalariga qo'yiladi.

Hisoblash oxirgi ikkita yaqinlashtirishda direksion burchak natijalari bir xil bo'lmaguncha davom ettiriladi. Tugun tomonlari direksion burchaklari ehtimoliy qiymatlari olingandan keyin yo'llarning o'lchangan burchaklariga tuzatma aniqlanadi:

$$V_{|\beta|_i} = \alpha_0 - \alpha'_i,$$

bu yerda: α'_i — tugun tomonning direksion burchagining ehtimoliy qiymati. Tuzatmalarni tekshirish tugun tomonlari bo'yicha bajariladi:

$$[P' V_\beta] = 0,$$

bu yerda: P' — yo'lining keltirilgan vazni.

Bu tuzatmalar o'lchangan burchaklarga kiritiladi. Yo'l tomonining direksion burchagi aniqlanadi va koordinatalar orttirmasi hisoblanadi. Absissa va ordinata sharti direksion burchak sharti kabi tenglashtiriladi. (Misol [2] da).

8.3.4. Poligonometriya to'riini Popovning poligonlar usulida tenglashtirish (Normal tenglamalarni yechish)

Mustaqil poligonlar soni hisoblanadi:

$$r = n - k = 5 - 2 = 3,$$

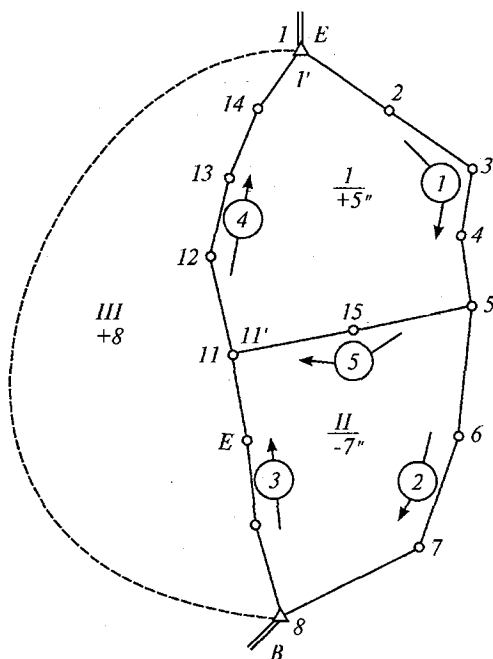
bu yerda: n — hamma o'lchashlar soni, k — noma'lumlar soni.

Yoki $r = S + N - 1 = 2 + 2 - 1 = 3,$

bu yerda: S — tutash poligonlar soni, N — tayanch punkt-lar soni.

Shartli tenglamalar sonini hisoblanadi:

$$D = 3 (S + N - 1) = 9.$$



8.5-rasm.

Bulardan direksion burchaklar sharti:

$$D\alpha = S + N - 1 = 3.$$

Demak, direksion burchaklar shartida shartli tenglamalar soni mustaqil poligonlar soniga teng.

Koordinatalar sharti:

$$D_{xy} = 2(S + N - 1) = 6.$$

Direksion burchaklar sharti bo'yicha tenglashtirish

Poligonlar bog'lanmasligi hisoblanadi va mos poligonlarga yoziladi. Har bir yo'l bo'yicha burchaklar soni hisoblanadi. Bunda yopishgan burchaklar koeffitsiyenti 0,5 teng ekanligini e'tiborga olish kerak.

Yo'l №	Burchaklar soni
1	4
2	3
3	3
4	4
5	2

Normal tenglamalar tuziladi. Normal tenglamalar soni mustaqil poligonlar soniga teng.

To'r chizmasi bo'yicha normal tenglamalarni tuzish qoidasi:

1. *Kvadratik koeffitsiyentlar qiymati mos poligonlar burchaklar yig'indisiga teng. Kvadratik koeffitsiyentlar doimo musbat.*

2. *Simmetrik koeffitsiyentlar qiymati ikki poligon uchun umumiy bo'lgan yo'l burchaklari yig'indisiga teng. Simmetrik koeffitsiyentlar doim manfiy.*

3. *Poligonlar bog'lanmasligi normal tenglamalar ozod hadi hisoblanadi.*

Normal tenglamalar:

1. $10K_1 - 2K_2 - 4K_3 + 5 = 0.$

2. $-2K_1 + 8K_2 - 3K_3 - 7 = 0.$

$$3. -4K_1 - 3K_2 + 7K_3 + 8 = 0.$$

Normal tenglamalarni yechib korrelyatlar topiladi.

Har bir yo'l uchun o'lchangan burchaklarga tuzatmalar kiritiladi:

$$[V]_1 = n_1 k_1.$$

$$[V]_2 = n_2 k_2.$$

$$[V]_3 = n_3 (k_2 - k_3).$$

$$[V]_4 = n_4 (k_1 - k_3).$$

$$[V]_5 = n_5 (k_1 - k_2).$$

Alohida burchaklarga tuzatmalar hisoblanadi:

1. Bitta poligonga taalluqli yo'lda joylashgan burchak:

$$V_{\angle 2} = V_{\angle 3} = V_{\angle 4} = K_1,$$

$$V_{\angle 6} = V_{\angle 7} = K_2.$$

2. Ikki ta poligonga taalluqli yo'lda joylashgan burchak:

$$V_{\angle 45} = K_1 - K_2,$$

$$V_{\angle 9} = V_{\angle 10} = K_2 - K_3,$$

$$V_{\angle 12} = V_{\angle 13} = V_{\angle 14} = K_1 - K_3.$$

3. Tugun nuqtada joylashgan burchak:

$$V_{\angle 5'} = K_1 - 0,5 K_2,$$

$$V_{\angle 5''} = K_2 - 0,5 K_1,$$

$$V_{\angle 1'} = K_1 - 0,5 K_3,$$

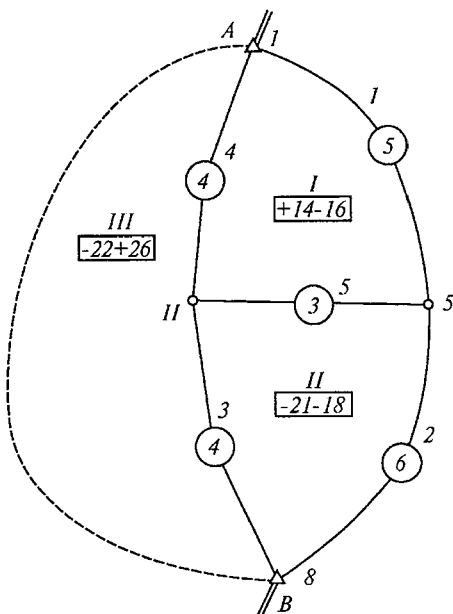
$$\dots\dots\dots$$

$$V_{\angle 11'} = K_1 - 0,5 (K_2 + K_3).$$

Tuzatmalarni tekshirish: $[V]_i = -f_{\beta i}.$

Abssissa sharti bo'yicha tenglashtirish

O'lchangan burchaklar bo'yicha koordinatalar orttirmasi hisoblanadi va har bir poligon bo'yicha orttirmalar bog'lanmasligi topiladi. Bu bog'lanmasliklar o'z ishorasi bilan mos poligonlarga yoziladi (x — chapdan, y — o'ngdan).



8.6-rasm.

Yo'llar uzunligi topiladi va ular mos yo'llarga yoziladi. Yo'llar uzunligini metrda yoki kilometrda olish mumkin. Odatda yo'l uzunligi 10 yoki 100 ga qisqartirilgan metrlarda olinadi.

8.6-rasm bo'yicha normal tenglamalar tuziladi. Normal tenglamaning kvadrat koeffitsiyentlar poligon perimetriga teng.

Simmetrik koeffitsiyentlar ikkita yopishgan poligonning umumiy tomoni bo'lgan yo'l uzunligiga teng. Koordinata orttirmalari bog'lanmasligi normal tenglamalar ozod hadi hisoblanadi.

1. $12K_1 - 3K_2 - 4K_3 + 14 = 0.$
2. $-3K_1 + 13K_2 - 4K_3 - 21 = 0.$
3. $-4K_1 - 4K_2 + 8K_3 - 22 = 0.$

Bu normal tenglamalarni yechib, korrelatlar topiladi. Koordinatalar orttirmalariga tuzatma hisoblanadi:

- 1 yo'l uchun $[V_x]_1 = l_1 k_1$,
- 2 yo'l uchun $[V_x]_2 = l_2 k_2$,
- 3 yo'l uchun $[V_x]_3 = l_3 (k_2 - k_3)$,
- 4 yo'l uchun $[V_x]_4 = l_4 (k_1 - k_3)$,
- 5 yo'l uchun $[V_x]_5 = l_5 (k_1 - k_2)$,

bu yerda: l_i — yo'llar uzunligi.

Tuzatmalarni hisoblashni tekshirish poligon bo'yicha bajariladi.

$$[V_{\Delta x}] = -f_x.$$

Bu tuzatmalar yo'l tomonlari uzunligiga proporsional tarqatiladi va qayrilish punktlar abssissasi hisoblanadi. Ordinata sharti bo'yicha ham huddi shunday qilib tenglashtiriladi.

8.3.5. Poligonometriya to'rini Popovning tugunlar usuli bilan tenglashtirish

Bu usul poligonometrik to'rlarni parametrik usul bilan tenglashtirish usuliga mos keladi. Berilgan to'rda 5 ta yo'l va 2 ta tugun nuqta bor. Tugun tomon sifatida (4—5) va (9—12) tomonlar tanlangan.

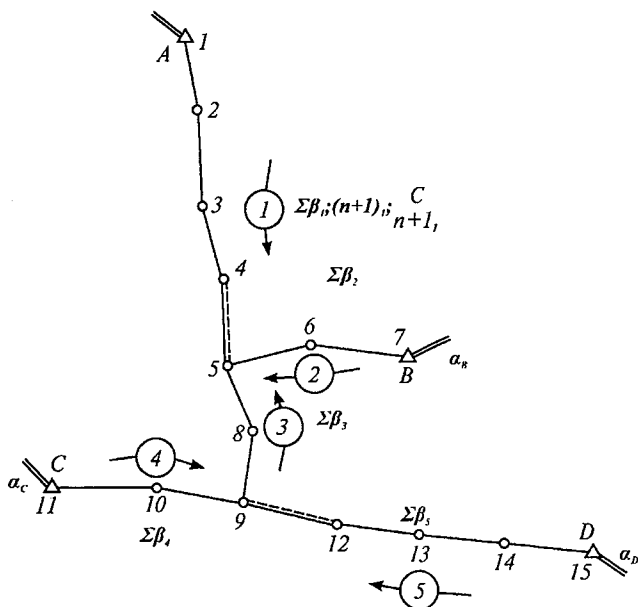
Direksion burchak sharti bo'yicha tenglashtirish

Tenglashtirish to'r chizmasi bo'yicha bajariladi (8.7-rasm). Boshlang'ich direksion burchaklar, yo'lning o'lchangan burchaklar yig'indisi, burchaklar soni va uning vazni yozib olinadi. Burchaklar vazni quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$P_i = \frac{C}{(n+1)_i}.$$

Tugun tomonning direksion burchagi taxminiy qiymati hisoblanadi (odatda direksion burchak qisqa yo'llar bo'yicha hisoblanadi):

$$\alpha_i = \alpha_{bosh.} + \sum \beta_i \pm 180^\circ (n+1)_i.$$



8.7-rasm.

Tugun nuqtaning burchak vazni hisoblanadi:

$$P_{\beta 5} = P_1 + P_2 + P_3.$$

Yo'llarning burchak xatoligi hisoblanadi:

$$f_{\beta i} = \alpha_{bosh.} + \sum \beta_i \pm 180^\circ (n+1)i - \alpha_i.$$

Topilgan xatoliklar mos vaznga ko'paytiriladi:

$$(f_{\beta i} P_i).$$

Tugun nuqtaning burchak xatoliklari hisoblanadi:

$$F_{\beta 5} = f_{\beta 1} P_1 + f_{\beta 2} P_2 + f_{\beta 3} P_3.$$

Normal tenglamalar tuziladi:

$$1. P_{\beta 5} x_5 - P_3 x_9 - F_{\beta 5} = 0.$$

$$2. -P_3 x_5 + P_{\beta 9} x_9 - F_{\beta 9} = 0.$$

Bu normal tenglamalarni yechib, tugun tomon taxminiy direksion burchaklariga x_5 va x_9 tuzatmalar topiladi. Bu tuzatmalar tugun tomoni direksion burchagi taxminiy qiymatiga kiritiladi va tugun tomoni direksion burchagi ehtimoliy qiymati topiladi:

$$\alpha_{eht} = \alpha_i + x_i.$$

Yo'llarning qoldiq bog'lanmasligi hisoblanadi:

$$f'\beta_i = \alpha_{bosh} + \sum \beta - 180^\circ (n+1)i - \alpha_{eht}.$$

Qoldiq bog'lanmaslik teskari ishora bilan teng qilib o'lchangan burchaklarga tarqatiladi va boshqa tomonlarning direksion burchagi topiladi.

Abssissa va ordinata shartlari uchun ham xuddi shunday tenglashtirish bajariladi.

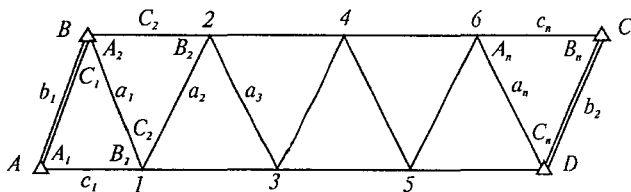
9-bob

PLAN OLISH TAYANCH TO'RINI BARPO QILISH

Katta hududda topografik plan olish (syomka qilish) maqsadida plan olish tayanch to'rini barpo etishda 1 va 2-razryadli triangulyatsiya qo'llaniladi. Quyidagi namunal shakllardagi triangulyatsiya eng ko'p uchraydi:

1. Uchburchaklar qatori.
2. Geodezik to'rtburchak.
3. Markaziy sistema.

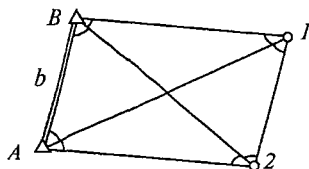
Triangulyatsiyaning ikki tomonlari orasidan
uchburchaklar qatori



9.1-rasm.

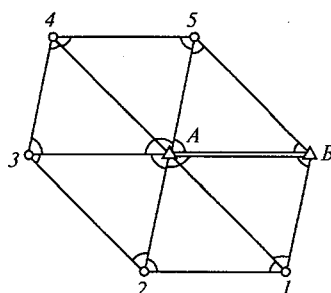
b_1 va b_2 — boshlang'ich (bazis) tomonlar;
 $\angle A_1, B_1, A_2, B_2, \dots, A_n, B_n$ — bog'lovchi burchaklar;
 $\angle C_1, C_2, \dots, C_n$ — oraliq burchaklar;
 $a_1, a_2, \dots, a_n$ — bog'lovchi tomonlar;
 $c_1, c_2, \dots, c_n$ — oraliq tomonlar.

Geodezik to'rtburchak



9.2-rasm.

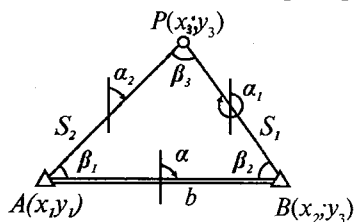
Markaziy sistema



9.3-rasm.

1 va 2-razryadli triangulyatsiya aniqligini baholash.

Tenglashtirilgan burchaklarning aniqligi



9.4-rasm.

Belgilaymiz: $\angle \beta_1, \beta_2, \beta_3$ — o‘lchangan burchaklar.

B_1, B_2, B_3 — burchakning haqiqiy qiymatlari

1 va 2-razryadli triangulyatsiyaning xarakteristikasi

K o'rsatkichlari	1-razryad	2-razryad
Uchburchak tomonlarining uzunligi, km	0,5–5	0,25–3
Nisbiy o'rta kvadratik xatoligi		
Bazis tomoni	1:50000	1:20000
Zaif tomoni	1:20000	1:10000
Uchburchakdagi chekli bog'lanmaslik	20"	40"
Burchak o'lchashning o'rta kvadratik xatosi	5"	10"
T2 teodolit bilan burchak o'lchash usullar soni	3	2
T5 teodolit bilan	4	3
Burchakning minimal qiymati	30"	30"
Bazis tomonining minimal uzunligi, km	1	1
Bazis tomonlari orasidagi uchburchaklar soni	10	10

$A(x_1; y_1)$ va $B(x_2; y_2)$ nuqtaning koordinatalari ma'lum.

Berilganlar xatosiz deb hisoblaymiz (A va B nuqtaning koordinatalari, b tomonning uzunligi va direksion burchagi α)

Yassi uchburchak burchaklari uchun yozamiz:

$$B_1 + B_2 + B_3 - 180^\circ = 0,$$

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 - 180^\circ = f_\beta,$$

$$(\beta_1 + \alpha\beta_1) + (\beta_2 + \alpha\beta_2) + (\beta_3 + \alpha\beta_3) - 180^\circ = 0,$$

$$\alpha\beta_1 + \alpha\beta_2 + \alpha\beta_3 + (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 - 180^\circ) = 0.$$

Shuning uchun:

$$\alpha\beta_1 + \alpha\beta_2 + \alpha\beta_3 + f_\beta = 0. \quad (1)$$

Uchburchakning bog'lanmasligi teskari ishora bilan hamma burchaklarga teng tarqatiladi:

$$V_1 = V_2 = V_3 = -\frac{f_\beta}{3}. \quad (2)$$

Unda tenglashtirilgan burchaklar

$$\beta_1 + V_1; \quad \beta_2 + V_2; \quad \beta_3 + V_3$$

o'z xatoligiga ega bo'ladi:

$$\alpha\beta_1 - V_1; \quad \alpha\beta_2 - V_2; \quad \alpha\beta_3 - V_3.$$

Belgilaymiz: $\alpha\beta'_1 - V_1 = \alpha\beta'_1$.

(1) va (2) formulaga asosan topamiz:

$$\begin{aligned} \alpha\beta'_1 = \alpha\beta_1 - V_1 &= \alpha\beta_1 + \frac{1}{3} f_\beta = \alpha\beta_1 + \frac{1}{3} (-\alpha\beta_1 - \alpha\beta_2 - \alpha\beta_3) = \\ &= \alpha\beta_1 - \frac{1}{3} (\alpha\beta_1 + \alpha\beta_2 + \alpha\beta_3) \end{aligned}$$

yoki

$$\alpha\beta'_1 = \frac{2}{3} \alpha\beta_1 - \frac{1}{3} \alpha\beta_2 - \frac{1}{3} \alpha\beta_3. \quad (3)$$

O'rta kvadratik xatolikka o'tamiz:

$$m_{\beta_1}^2 = \frac{4}{9} m_{\beta_1}^2 + \frac{1}{9} m_{\beta_2}^2 + \frac{1}{9} m_{\beta_3}^2.$$

Agar $m_{\beta_1} = m_{\beta_2} = m_{\beta_3} = m_{\beta}$ deb hisoblasak,

$$m_{\beta_1}'^2 = \frac{2}{3} m_{\beta}^2, \text{ bundan } m_{\beta_1}' = m_{\beta} \sqrt{\frac{2}{3}}.$$

Xuddi shunday, boshqa burchaklar uchun ham topamiz:

$$m_{\beta_1}' = m_{\beta_2}' = m_{\beta_3}' = m_{\beta}' \sqrt{\frac{2}{3}}. \quad (4)$$

Bundan ko'rinib turibdiki, uchburchak burchaklarining vazni tenglashtirishdan keyin taxminan bir yarim barobar ko'tariladi.

9.1. Direksion burchaklar aniqligi

Tenglashtirgandan keyin:

$$\alpha_2 = \alpha - (\beta_1 + V_1),$$

bundan

$$d\alpha_2 = -d\beta_1.$$

(4) formulaga asosan yozamiz:

$$m_{\alpha_2} = m_{\beta} \sqrt{\frac{2}{3}}. \quad (5)$$

Agar direksion burchak α xatoga ega bo'lsa, unda:

$$m_{\alpha_2}^2 = m_{\alpha}^2 + \frac{2}{3} m_{\beta}^2.$$

Xuddi shunday, uchburchakning boshqa tomonlari uchun ham ega bo'lamiz.

9.2. Tomon uzunliklarining aniqligi

Tenglashtirgandan keyin S_1 tomon uchun:

$$S_1 = b \frac{\sin(\beta_1 + V_1)}{\sin(\beta_3 + V_3)}. \quad (7)$$

Logarifmlaymiz:

$$\ln S_1 = \ln b + \ln \sin (\beta_1 + V_1) - \ln \sin (\beta_3 + V_3).$$

Differensiallaymiz:

$$\frac{dS_1}{S_1} = \operatorname{ctg}\beta'_1 \frac{d\beta'_1}{\rho} - \operatorname{ctg}\beta'_3 \frac{d\beta'_3}{\rho}, \quad (8)$$

bu yerda: β'_1 va β'_3 — tenglashtirilgan burchaklar.

Quyidagi $d\beta'_1 = \frac{2}{3} d\beta_1 - \frac{1}{3} d\beta_2 - \frac{1}{3} d\beta_3$ formula asosida yozamiz:

$$\frac{dS_1}{S_1} = \operatorname{ctg}\beta'_1 \frac{\frac{2}{3} d\beta_1 - \frac{1}{3} d\beta_2 - \frac{1}{3} d\beta_3}{\rho} - \operatorname{ctg}\beta'_3 \frac{\frac{2}{3} d\beta_3 - \frac{1}{3} d\beta_1 - \frac{1}{3} d\beta_2}{\rho}$$

$$\begin{aligned} \text{yoki } \frac{dS_1}{S_1} &= \frac{2}{3\rho} \operatorname{ctg}\beta'_1 d\beta_1 - \frac{1}{3\rho} \operatorname{ctg}\beta'_1 d\beta_2 - \frac{1}{3\rho} \operatorname{ctg}\beta'_1 d\beta_3 - \\ &- \frac{2}{3\rho} \operatorname{ctg}\beta'_3 d\beta_3 + \frac{1}{3\rho} \operatorname{ctg}\beta'_1 d\beta_1 + \frac{1}{3\rho} \operatorname{ctg}\beta'_3 d\beta_2 = \\ &= \frac{1}{3\rho} (2\operatorname{ctg}\beta'_1 + \operatorname{ctg}\beta'_3) d\beta_1 + \\ &+ (\operatorname{ctg}\beta'_3 - \operatorname{ctg}\beta'_1) d\beta_2 - (\operatorname{ctg}\beta'_1 + 2\operatorname{ctg}\beta'_3). \end{aligned} \quad (9)$$

O'rta kvadratik xatolikka o'tamiz:

$$\begin{aligned} \left(\frac{m_{S_1}}{S_1} \right)^2 &= \frac{m_\beta^2}{9\rho^2} [(2\operatorname{ctg}\beta'_1 + \operatorname{ctg}\beta'_3)^2 + \\ &+ (\operatorname{ctg}\beta'_3 - \operatorname{ctg}\beta'_1)^2 + (\operatorname{ctg}\beta'_1 + 2\operatorname{ctg}\beta'_3)^2], \end{aligned}$$

bundan

$$\begin{aligned} \left(\frac{m_{S_1}}{S_1} \right)^2 &= \frac{m_\beta^2}{9\rho^2} [4\operatorname{ctg}^2\beta'_1 + 4\operatorname{ctg}\beta'_1 \operatorname{ctg}\beta'_3 + \\ &+ \operatorname{ctg}^2\beta'_3 + \operatorname{ctg}^2\beta'_3 - 2\operatorname{ctg}\beta'_1 \operatorname{ctg}\beta'_3 + \operatorname{ctg}^2\beta'_1 + \\ &+ \operatorname{ctg}^2\beta'_1 + 4\operatorname{ctg}\beta'_1 + \operatorname{ctg}\beta'_3 + 4\operatorname{ctg}^2\beta'_3] = \\ &= \frac{m_\beta^2}{9\rho^2} [6\operatorname{ctg}^2\beta'_1 + 6\operatorname{ctg}^2\beta'_3 + 6\operatorname{ctg}\beta'_1 + \operatorname{ctg}\beta'_3] \end{aligned}$$

$$\text{yoki } \left(\frac{m_{S_1}}{S_1} \right)^2 = \frac{2m_\beta^2}{3\rho^2} (\text{ctg}^2 \beta'_1 + \text{ctg}^2 \beta'_3 + \text{ctg} \beta'_1 \text{ctg} \beta'_3). \quad (10)$$

Boshlang'ich tomon uzunligi xatoga ega bo'lsa, unda

$$\left(\frac{m_{S_1}}{S_1} \right)^2 = \left(\frac{m_b}{b} \right)^2 + \frac{2m_\beta^2}{3\rho^2} (\text{ctg}^2 \beta'_1 + \text{ctg}^2 \beta'_3 + \text{ctg} \beta'_1 \text{ctg} \beta'_3). \quad (11)$$

Xuddi shunday, S_2 tomon uchun ham quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\left(\frac{m_{S_1}}{S_1} \right)^2 = \left(\frac{m_b}{b} \right)^2 + \frac{2m_\beta^2}{3\rho^2} (\text{ctg}^2 \beta'_1 + \text{ctg}^2 \beta'_3 + \text{ctg} \beta'_1 \text{ctg} \beta'_3). \quad (12)$$

Bu formulalar foydalanish uchun qulay ko'rinishga keltiriladi:

Buning uchun $t = \lg \sin \beta$ funksiyani olamiz:

Differensiallaymiz: $\left(\ln x' = \frac{1}{x}; \lg x' = \mu \frac{1}{x}; \right)$

$$dt = \mu \text{ctg} \beta = \frac{d\beta}{\rho},$$

bu yerda: dt — burchak 1" ga o'zgarganda logarifmning o'zgarishi. Uni δ_β orqali belgilaymiz. Unda

$$\delta_\beta = \mu \text{ctg} \beta \frac{1}{\rho}.$$

$$\text{Bundan} \quad \text{ctg} \beta = \frac{\delta_\beta}{\mu} \rho. \quad (13)$$

δ_β ning qiymati bevosita jadvaldan topiladi.

$y = \lg x$ funksiyani olamiz.

Differensiallaymiz: $dy = \mu \frac{dx}{x}.$

Bunga asosan yozamiz:

$$m_{\lg S_1} = \mu \frac{m_{S_1}}{S_1}. \quad (14)$$

Bundan 11, 13 va 14 formulalarga asosan ushbuga ega bo'lamiz:

$$m_{\lg S_1}^2 = m_{\lg b_1}^2 + \frac{2}{3} m_{\beta}^2 (\delta_{\beta_1}^2 + \delta_{\beta_3}^2 + \delta_{\beta_1} + \delta_{\beta_3}). \quad (15)$$

Xuddi shunday, S_2 tomon uchun ham yozamiz:

$$m_{\lg S_2}^2 = m_{\lg b}^2 + \frac{2}{3} m_{\beta}^2 (\delta_{\beta_2}^2 + \delta_{\beta_3}^2 + \delta_{\beta_2} + \delta_{\beta_3}). \quad (16)$$

$\frac{2}{3} (\delta_{\beta_2}^2 + \delta_{\beta_3}^2 + \delta_{\beta_2} + \delta_{\beta_3})$ ifoda uchburchakning geometrik aloqa xatosi deyiladi (yoki qatorning oxirgi tomoni-ning "teskari vazni"). Bu xatolikning qiymati uchburchakning shakliga bog'liq: β_1 va β_2 , burchaklar qanchalik kichik bo'lsa, xatoliklar shunchalik katta bo'ladi.

9.3. Uchburchak uchi koordinatalari aniqligi

Faraz qilaylik, P nuqta dS_1 va $d\alpha_1$ xatolik ta'sirida q qiymatga siljidi. 9.5-rasmdan ko'rinib turibdi:

$$r = S_1 \frac{d\alpha_1}{\rho},$$

$$q = \sqrt{dS_1^2 + r^2}$$

yoki

$$q^2 = dS_1^2 + S_1^2 \frac{d\alpha_1^2}{\rho^2}. \quad (17)$$

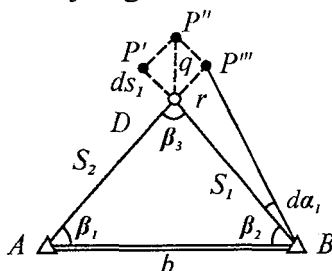
Burchaklarni o'lchash n marta bajarilgan bo'lsin.

$$q'^2 dS_1'^2 + S_1^2 \frac{d\alpha_1'^2}{\rho^2},$$

$$q''^2 dS_1''^2 + S_1^2 \frac{d\alpha_1''^2}{\rho^2},$$

.....

$$q^{n2} dS_1^{n2} + S_1^2 \frac{d\alpha_1^{n2}}{\rho^2}.$$



9.5-rasm.

Bundan

$$\frac{[q^2]}{n} = \frac{[qS_1^2]}{n} + S_1^2 \frac{[q\alpha^2]}{n} \cdot \frac{1}{\rho^2}$$

yoki

$$M_\rho^2 = m_{S_1}^2 + S_1^2 \frac{m_\alpha^2}{\rho^2}. \quad (18)$$

(18), (11) va (6) formulalarga asosan, ba'zi soddalash-tirishdan keyin yozamiz:

$$M_\rho^2 = \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 S_1^2 + S_1^2 \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} + \quad (19)$$

$$+ \frac{2}{3} S_1^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} (1 + \operatorname{ctg}^2 \beta'_1 + \operatorname{ctg}^2 \beta'_3 + \operatorname{ctg} \beta'_1 \cdot \operatorname{ctg} \beta'_3).$$

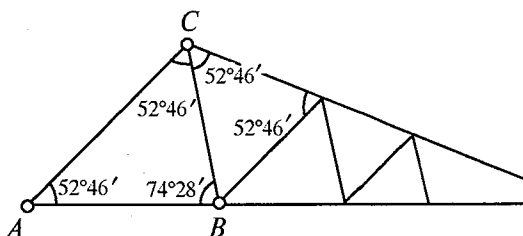
Agar berilganlar xatosiz bo'lsa, unda:

$$M_\rho^2 = \frac{2}{3} S_1^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} (1 + \operatorname{ctg}^2 \beta'_1 + \operatorname{ctg}^2 \beta'_3 + \operatorname{ctg} \beta'_1 \cdot \operatorname{ctg} \beta'_3). \quad (20)$$

9.4. Uchburchakning eng qulay shakli

Uchburchakning qulay shaklini geometrik aloqa for-mulasi yordamida aniqlash mumkin (qator oxirgi tomon-ining "teskari vazni").

Misol. $R = (\delta_{\beta_1}^2 + \delta_{\beta_3}^2 + \delta_{\beta_1} \delta_{\beta_3}).$



9.6-rasm.

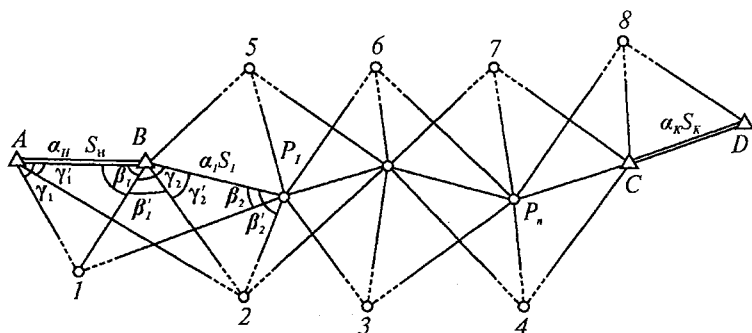
Uchburchak burchaklariga har xil qiymat beramiz va uchburchakning geometrik aloqasi xatoligini topamiz. Minimal xatolikni bog'lovchi burchaklarning $52^{\circ}46'$ va $74^{\circ}28'$ qiymatlarida olamiz. Bunda $R=3,8$ oltinchi darajali logarifm birligi. Lekin olingan natija qoniqtirmaydi, chunki uchburchak qatorlarining yo'qolishiga olib kela-di. Shuning uchun to'r qatorlarini teng tomonli yoki teng tomonlga yaqin uchburchakdan qilib barpo qilish kerak.

Teng tomonli uchburchakda $R=4,4$ oltinchi darajali logarifm birligi. "Eng qulay" o'rniga teng tomonli uch-burchakni qo'llashda aniqlikni yo'qotish 8% ni tashkil qilar ekan.

9.5. Yon kesishtirish usuli bilan punktlar koordinatasini aniqlash

Bu usulning mohiyati quyidagidan iborat: B va C ta-yanch punktlar orasida plan olish punktlarini barpo qi-lish maqsadida $P_1, P_2, \dots, P_n$ yo'l o'tkazish talab qilinsin.

Joyda $P_1, P_2, \dots, P_n$ nuqtalarni shunday hisobda tanla-nadiki, o'zaro ko'rinadigan yaqin punktlardan tashqari yordamchi 1, 2, 3, ..., 8 yon nuqtalar ham ko'ringan bo'lishi kerak (9.7-rasm).



9.7-rasm.

Yordamchi nuqtalar joydagi predmetlar yoki maxsus o'rnatilgan geodezik belgilar bo'lishi mumkin. $P_1, P_2, \dots, P_n$ hamma punktlaridan va boshlang'ich punktlar A, B, C, D dan ketma-ket qo'shni punktlarga va 1, 2, 3, ..., 8 yon nuqtalar bo'yicha hamma yo'nalish o'lchanadi.

Agar boshlang'ich tomonning uzunligi va direksion burchagi S_n, α_n va S_k, α_k ma'lum bo'lsa, hamma uchburchaklarni yechish mumkin va hamma tomonlarning direksion burchagini topish mumkin. Keyinchalik boshlang'ich punktlar koordinatalari, direksion burchaklari va yo'l tomonlarining uzunliklari ma'lum bo'lsa, $P_1, P_2, \dots, P_n$ yo'l va 1, 2, 3, ..., 8 yon nuqta punktlarining koordinatalarini va koordinata orttirmalarini hisoblash mumkin.

Yo'lning har bir tomonini ikki marta hisoblash mumkin:

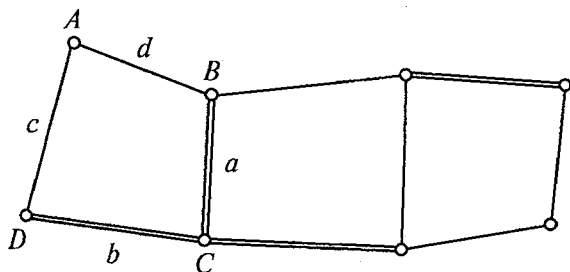
$$S_1 = S_H \frac{\sin \gamma_1 \sin(\gamma_2 + \beta_2)}{\sin \beta_2 \sin(\gamma_1 + \beta_1)} = S_H \frac{\sin \gamma_1' \sin(\gamma_2' + \beta_2')}{\sin \beta_2' \sin(\gamma_1' + \beta_1')}.$$

9.6. Diagonalsiz to'rtburchaklar usulida punktlar koordinatasini aniqlash

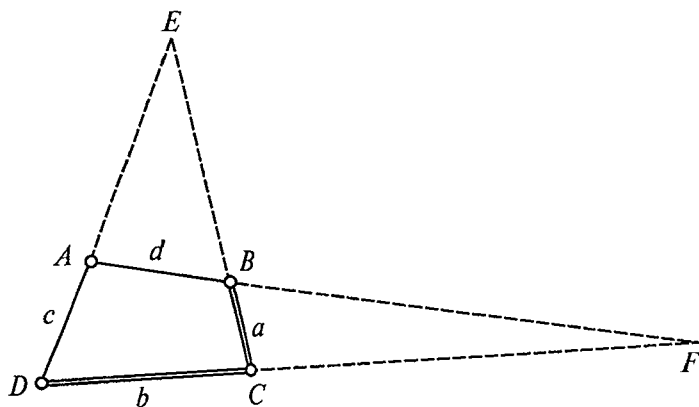
a va b — o'lchangan tomonlar.

c va d — aniqlanadigan tomonlar.

$\angle A, B, C$ va D — o'lchangan burchaklar (9.8-rasm).



9.8-rasm.



9.9-rasm.

To'rtburchakdagi burchaklar 30° dan 150° gacha atrofda bo'lishi kerak. Har bir to'rtburchakda burchaklar tenglash-tiriladi. Buning uchun burchak bog'lanmasligi topiladi:

$$\angle A + \angle B + \angle C + \angle D - 360^\circ = f_\beta.$$

Bog'lanmaslik teskari ishorada to'rtburchakning ham-ma burchaklarga teng taqsimlanadi. Keyin d va c tomon-larning uzunligi aniqlanadi. Formulani keltirib chiqarish uchun $ABCD$ to'rtburchakni ko'rib o'tamiz (9.9-rasm).

c va a tomonlarni E nuqtada kesishguncha davom et-tiramiz. Hosil bo'lgan DEC uchburchakdan CE tomonni topamiz

$$CE = b \frac{\sin D}{\sin(C+D)},$$

$$BE = CE - CB = b \frac{\sin D}{\sin(C+D)} - d.$$

Hisoblangan BE tomon bo'yicha d tomonni aniqlash mumkin:

AEB uchburchakdan yozamiz:

$$\frac{d}{BE} = \frac{\sin(C+D)}{\sin A}.$$

Bundan:

$$d = BE \frac{\sin(C+D)}{\sin A}.$$

$$d = \left(b \frac{\sin D}{\sin(C+D)} - a \right) \frac{\sin(C+D)}{\sin A}.$$

Bundan: $d = b \frac{\sin D}{\sin A} - a \frac{\sin(C+D)}{\sin A},$

chunki $\sin(C+D) = -\sin(A+B)$, undan topamiz:

$$d = \frac{b \sin D + a \sin(A+B)}{\sin A}.$$

Xuddi shunday, C tomon uchun quyidagini olamiz:

$$C = \frac{a \sin B + b \sin(D+A)}{\sin A}.$$

10-bob

AEROSURATLARNI BOG‘LASH HAQIDA TUSHUNCHA

Topografik karta olish maqsadida aerosuratlarni keyinchalik qayta ishlash uchun ularni davlat geodezik to‘ri tayanch punktlariga bog‘lash talab qilinadi. Aerosuratlarni bog‘lash planli, balandli va planli-balandli bo‘lishi mumkin. Stereotopografik plan olishni bajarish uchun bitta aerosuratda to‘g‘ri burchakli koordinatalari hisoblangan 3—4 planli asos nuqtalari bo‘lishi kerak. Bu nuqtalarning vaziyati davlat geodezik to‘ri punktlari koordinatalariga nisbatan aniqlanadi.

Aerosuratlar tanish (опознавательный) nuqtalarning to‘g‘ri burchakli koordinatalarini aniqlash aerosuratlarni planli bog‘lash deyiladi, tanilgan nuqtalarning o‘zi esa — planli tanilgan (опознак) nuqtalar deyiladi.

Nuqtalarni planli tanish mohiyati shundan iboratki, bevosita joyda ravshan ifodalangan kontur nuqta tanlanadi, aerosuratda uni rasmiylashtiriladi va joyda mahkamlanadi.

Hamma triangulyatsiya va poligonometriya punktlari ham taniladi. Tanishni tanlashda joyda shunday nuqtalar tanlanadiki, aerosuratning hamma yopadigan qismida ushbu nuqtalar aniq ko‘rinadigan bo‘lishi kerak. Shuning uchun dalaga chiqishda aerosuratlarning hamma komplektini o‘zi bilan olish kerak.

Tanilgan kontur nuqtani bitta aerosuratda ingichka igna bilan teshiladi (teshik diametri 0,2 mm dan oshmasligi kerak).

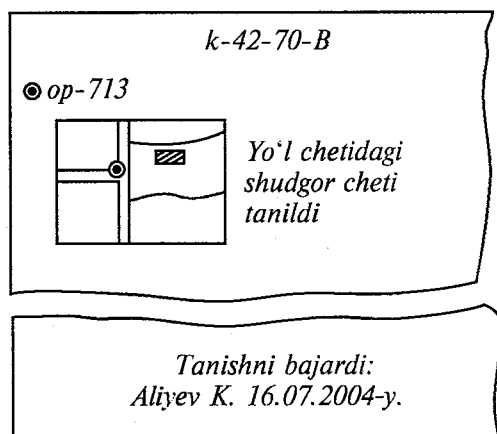
Loyihalashtirilgan planli tanishdan tashqari alohida aerosuratlarda tekshirish tanishlar ham bajariladi.

Triangulyatsiya va poligonometriya punktlari aerosuratda tasvirlangan bo'lmasa, unda ularni aerosuratda aniq ko'ringan konturlardan o'lchash yoki kesishtirish usuli bilan taniladi.

Agar joyda aniq ko'rinadigan konturlar kam bo'lsa (ochiq joy, cho'l, bir xil tafsilot va hokazo), aerosuratga olishdan oldin joyda tanishlarni markirovka qilinadi. Triangulyatsiya va poligonometriya punktlari ham markirovka qilinadi.

Tanishni rasmiylashtirish aerosuratning teskari tomoniga bajariladi. Aerosuratda teshilgan nuqtaning teskari tomonidagi teshikni qalam bilan diametri 3 mm bo'lgan aylana bilan o'raladi va yoniga tanishning nomeri yoki punktning nomi yozib qo'yiladi (agar u triangulyatsiya yoki poligonometriya punkti bo'lsa). Planli tanishning nomeri aerosuratning nomeri hisoblanadi.

Teshikdan ozgina uzoqda tanilgan nuqtaning joylashish abrisi tuziladi va nima tanilgan bo'lsa, yozib qo'yiladi. Bundan tashqari aerosuratning teskari tomonining shimol qismiga qalam bilan trapetsiyanig nomenklaturasi, plan olish masshtabi, aerosuratning janubiy qismiga esa



10.1-rasm.

qachon va kim tanishni bajarganligi yozib qo'yiladi (10.1-rasm).

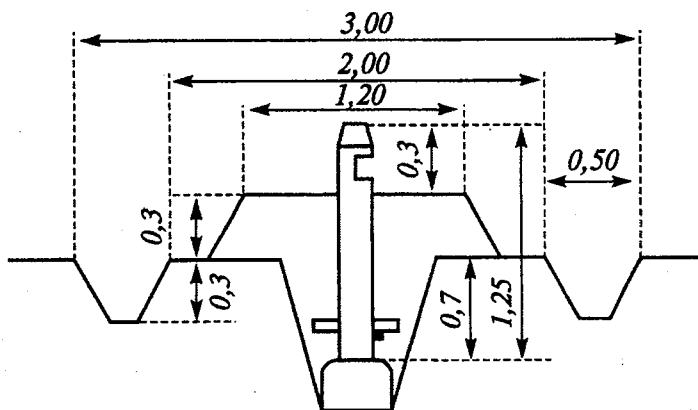
Aerosuratning bet tomonini rasmiylashtirish tush bilan bajariladi. Tanilgan va teshilgan triangulyatsiya va poligonometriya nuqtalari qizil rangda tomonlari 10 mm bo'lgan teng tomonli uchburchak bilan rasmiylashtiriladi. Uchburchakdan chap tomonda punkt nomi, o'ng tomonda kasrning suratiga qizil tush bilan markazning balandligi, kasrning maxrajiga qora tush bilan yerning absolut balandligi yozib qo'yiladi. U 0,1 m gacha yaxlitlanadi. Agar punktlarni tanish kesishtirish yoki kontur nuqtalardan o'lchash orqali bajarilgan bo'lsa, uchburchak shartli belgisi punktirlab qo'yiladi.

Aerosuratda planli tanilgan va teshilgan punktlar qizil rangda 10 mm aylana bilan rasmiylashtiriladi. O'ng tomonda kasrning suratiga qizil tush bilan tanishning nomi, kasrning maxrajiga qora tush bilan yerning absolut balandligi yozib qo'yiladi.

Agar planli tanishlarning koordinatalarini geodezik aniqlash imkoni bo'lmasa, uning yonidan koordinatalar aniqlanishi mumkin bo'lgan yordamchi nuqta belgilanadi. Bunday yordamchi nuqtalar aerosuratda 6 mm diametrli aylana bilan qizil rangda "yord." deb yozib rasmiylashtiriladi.

Tekshirish tanishlari ham xuddi planli tanishlar kabi rasmiylashtiriladi, lekin alohida aerosuratlarda tekshirish tanishning nomeri oldidan "tekshir." deb yozib qo'yiladi. Joyda tanishlar vexa yoki ustunlar bilan mahkamlanadi. Uzoq saqlanadigan tanishlar pastki va yuqori markazli qilib yerga mahkamlanadi. Pastki markaz o'lchami $30 \times 30 \times 20$ sm, og'irligi 10—20 kg katta tosh yerga 70 sm ga ko'miladi.

Markazning yuqori qismi bo'lib 1,25 m uzunlikda, 12-15 sm diametrli ustun xizmat qiladi. Ustunning yuqori qismiga mix qoqiladi. Ustunning yuqori qismi konus



10.2-rasm. (o'lchamlar m da).

shaklida yo'niladi va unga kuydirish va o'yish bilan tanishning nomeri yoziladi. Yog'och ustun shunday o'rnatiladiki, ustunning yuqori qismiga qoqilgan mixning boshi bilan ustunning pastki qismi markazidan o'tgan o'q shovun chizig'i bilan ustma-ust tushishi shart (10.2-rasm).

Planli tanishlarning koordinatalari sharoitga qarab har xil usul bilan bajariladi. Bu usullar quyidagicha:

- Qutbiy usul.
- Teskari kesishtirish.
- Kombinatsiyalangan kesishtirish.
- Analitik to'rlar.
- Teodolit yo'llari.

DAVLAT TOPOGRAFIK PLAN OLISH USULLARI

Har xil masshtabdagi topografik plan va kartalarni tuzish uchun quyidagi topografik plan olish usullari qo'llaniladi:

1. **Stereotopografik usul.** Ochiq joylarni (tekis va tepaliklardan iborat), tog'li va tog' etaklaridagi joylarni (qiyalik, jarliklar) planga olish. (Agar joy nuqtasining balandligini fotogrammetrik aniqlash mumkin bo'lsa).

2. **Kombinatsiyalangan usul.** Daraxt va o'rmon o'simliklari bilan qoplangan tekis joylarni planga olish. (Daraxt shoxlarining qalinligi tufayli joy nuqtasining balandligini fotogrammetrik aniqlash imkoni bo'lmasa).

3. **Menzula usuli.** Katta bo'lmagan maydonlar va uchastkalarni toza asosga planga olish. (Joy aerofotosurat bilan ta'minlanmagan bo'lsa yoki aerosurat olish imkoniyati bo'lmasa).

4. **Fototeodolit usuli.** Juda baland tog'li joylar, o'tish va borish imkoni bo'lmagan joylar, aerosurat olganda soyalar tushadigan joylarni planga olish.

Stereotopografik usul asosiy va qulay usullardan hisoblanadi. U eng kam vaqt sarflanishning va bajariladigan geodezik ishlarning talabdagi aniqligini ta'minlaydi.

Masalan, stereotopografik plan olishda 100 km^2 joyni 1:25000 masshtabda IV kategoriya qiyinchilikda planga olishda 27 dala va 6 kun kameral ish kuni; menzula usulida 133 dala texnik kun; kombinatsiyalangan usulda esa 80 dala va 6 kun kameral ishlari talab qilinadi.

Demak, stereotopografik plan olishda qiyin dala ishlari 30% vaqtni, kombinatsiyalangan usul 90% vaqtni,

menzula usuli 100% vaqtni talab qiladi. Bu birinchi usulning katta iqtisodiy qulayligini ko'rsatadi.

Kombinatsiyalangan plan olish usuli

Kombinatsiyalangan plan olish(fotoplanda) quyidagi tartibda bajariladi:

1. Joyni aerosuratga tushiriladi.
2. Aerosuratni davlat geodezik turi tayanch punktlariga bog'lashni amalga oshiriladi.
3. Aerosuratlarni transformatsiya qilinadi. Trapetsiya territoriyasida transformatsiya qilingan aerosuratlardan fotoplan ulanadi.
4. Dala sharoitida trapetsiyaning fotoplanida deshifrovka va relyefni planga olish bajariladi.

Relyeflar bilan tasvirlangan va deshifrovka qilingan fotoplan kartaning originali uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Kombinatsiyalangan plan olishning stereotopografik plan olishdan farqi shuki, fotoplanni deshifrovka qilish va relyeflarni planga olish menzula bilan plan olish kabi bevosita dalada bajariladi.

ADABIYOTLAR

1. *В.Г. Селиханович*. Геодезия. Ч. II. — М., "Недра", 1981.
2. Практикум по геодезии. Под ред. В.Г. Селихановича. — М., "Недра", 1983.
3. Справочник геодезиста. В 2-х книгах. — М., "Недра", 1991.
4. *Ю.К. Неумывакин, А.С. Смирнов*. Практикум по геодезии. — М., Картгеоцентр-Геодезиздат, 1995.
5. *Д.О. Жўраев*. Геодезик ўлчашларни математик қайта ишлаш назарияси. 1-қисм: Ўлчашлар хатоликлари назарияси. Ўқув қўлланма. Т., ТАҚИ, 2000.
6. *Д.О. Жўраев*. Геодезик ўлчашларни математик қайта ишлаш назарияси. 2-қисм: Энг кичик квадратлар усули. Ўқув қўлланма Т., ТАҚИ, 2000.
7. *Д.О. Жўраев, Д.Р. Носирова*. Геодезия. Ўқув қўлланма. 1-қисм. Т., ТАҚИ. 2002.

MUNDARIJA

KIRISH	3
1-bob. Barometrik nivelirlash	5
1.1. Barometrik nivelirlashning mohiyati va uni bajarish uchun qo'llaniladigan asboblardir	5
1.2. Qisqartirilgan barometrik formulalar	9
1.3. Barometrik jadvallar	13
1.4. Taxminiy altitud(balandlik) jadvali	15
1.5. Barometrik nivelirlash usullari	18
1.5.1. Marshrut bo'yicha nivelirlash	18
1.5.2. Maydonni nivelirlash	19
1.6. Barometrik nivelirlash aniqligi	21
2-bob. Davlat nivelir to'ri sxemasi haqida umumiy ma'lumot	23
2.1. Nivelir belgilari va ularni mahkamlash	24
2.2. III va IV klass nivelirlash asboblari	25
2.3. H3 nivelirini tekshirish.	27
2.4. H3 nivelirini tadqiq qilish	29
2.5. Trubani fokuslashda vizir o'qi vaziyatining doimiyligini tadqiq qilish	31
2.6. Dalnomerning koeffitsiyentini aniqlash	34
2.7. Reykalarni tekshirish	35
2.8. Reykalarni tadqiq qilish	35
2.9. IV klass nivelirlash	41
2.10. III klass nivelirlash	45
2.11. Nivelirlash xatoliklarining manbalari	47
3-bob. Nivelir to'rlaridagi tenglashtirish hisob ishlari	50
3.1. Yolg'iz nivelir yo'lini tenglashtirish	50
3.1.1. Yolg'iz nivelir yo'lining tenglashtirilgan qiymati aniqligini baholash	52
3.2. Bitta tugun nuqtali nivelir to'rini tenglashtirish	53
3.3. Nivelir to'rini ekvivalent almashtirish usuli bilan tenglashtirish	55
3.4. Ketma-ket yaqinlashtirish usuli	60
3.5. Nivelir to'rini Popovning tugunlar usuli bilan tenglashtirish	64
3.6. Nivelir to'rini Popovning poligonlar usuli bilan tenglashtirish (to'rning chizmasida)	69
3.7. Nivelir to'rini Popovning poligonlar usuli bilan tenglashtirish (normal tenglamalarni tuzish va yechish)	73
4-bob. Poligonometriya	76
4.1. Planli davlat geodezik to'ri haqida tushuncha	76
4.2. Poligonometriyaning mohiyati	77
4.3. Burchak va tomon o'lchashlari xatoliklarining ta'siri (asosiy hisoblash formulalari)	79
4.4. Yo'lining bo'yлама va ko'ndalang xatoliklari	80
4.5. Har qanday formadagi poligonometriya yo'li nuqtasi oxirgi vaziyatining o'rta kvadratik xatosi	86
5-bob. Poligonometriyada tomon o'lchashlari	95
5.1. Bazis o'lchash asbobi	95

5.2.	Alohida xatoliklar uchun yo'l qo'yish chekini hisoblash ...	101
5.3.	Poligonometriya tomonini svetodalnomer bilan o'lchash .	108
6-bob.	Poligonometriyada burchak o'lchashlari	116
6.1.	T2 Teodoliti	116
6.2.	T2 teodolitini tekshirish	120
6.3.	Optik teodolit T2 ni tadqiq qilish	122
6.4.	Burchak o'lchash xatoliklari manbalari	124
6.5.	Vizir markalari	135
6.6.	Burchak o'lchashning uch shtativ usuli	137
6.7.	Gorizontal burchaklarni o'lchash usullari	138
7-bob.	Poligonometriya yo'llarini tayanch punktlarga bog'lash	143
7.1.	Belgi tepasidan yerga koordinatalarni ko'chirish	144
7.2.	Uzoqdagi triangulyatsiya punktlarga poligonometriya yo'lini bog'lash	147
7.3.	Direksion burchakning differensial formulalari	150
7.4.	Teskari ko'p yo'nalishli kesishtirish	152
7.5.	Bir yo'nalishli to'g'ri kesishtirish	155
7.6.	To'g'ri ko'p yo'nalishli kesishtirish	158
7.7.	Ganzen usuli bo'yicha poligonometrik yo'lni bog'lash	160
7.8.	Poligonometrik yo'lni joydagi doimiy predmetga bog'lash	162
8-bob.	Poligonometriyada tenglashtirish hisoblari	164
8.1.	Yolg'iz poligonometrik yo'lni korrelat usuli bilan tenglashtirish	164
8.2.	Chebota'rev usuli bilan cho'zilgan poligonometriya yo'lini tenglashtirish	170
8.3.	Poligonometrik to'rlarni tenglashtirish	173
8.3.1.	Bitta tugun nuqtali poligonometriya to'rini tenglashtirish	173
8.3.2.	Ikkita tugun nuqtali poligonometriya to'rini ekvivalent almashtirish usuli bilan tenglashtirish	175
8.3.3.	Poligonometriya to'rlarini ketma-ket yaqinlashtirish usuli bilan tenglashtirish	178
8.3.4.	Poligonometriya to'rini Popovning poligonlar usulida tenglashtirish (Normal tenglamalarni yechish)	180
8.3.5.	Poligonometriya to'rini Popovning tugunlar usuli bilan tenglashtirish	184
9-bob.	Plan olish tayanch to'rini barpo qilish	187
9.1.	Direksion burchaklar aniqligi	190
9.2.	Tomon uzunliklarining aniqligi	190
9.3.	Uchburchak uchi koordinatalari aniqligi	193
9.4.	Uchburchakning eng qulay shakli	194
9.5.	Yon kesishtirish usuli bilan punktlar koordinatasini aniqlash	195
9.6.	Diagonalsiz to'rtburchaklar usulida punktlar koordinatasini aniqlash	196
10-bob.	Aerosuratlarni bog'lash haqida tushuncha	199
Davlat topografik plan olish usullari		203
Kombinatsiyalangan plan olish usuli		204
Adabiyotlar		205

D. O. Jo‘rayev

GEODEZIYA

2 - qism

Muharrir X. Alimov

Badiiy muharrir M. Kudryashova

Texnik muharrir U. Kim

Musahhihlar Sh. Oripova, M. Rahumbekova

Kompyuterda tayyorlovchi A. Yuldasheva

Bosishga 28.03.2006-y. da ruxsat etildi. Bichimi $84 \times 108^{1/32}$
«Tayms» garniturada ofset bosma usulida bosildi. Shartli b. t. 10,92.

Nashr. t. 8,39. Adadi 500. K—182-raqamli buyurtma.

Bahosi shartnoma asosida

O'zbekiston Respublikasi Matbuot va axborot agentligining «O'zbekiston»
nashriyot-matbaa ijodiy uyida bosildi.

Toshkent, 700129. Navoiy, 30.