



TIAME
Tashkent Institute of Irrigation and
Agricultural Mechanization Engineers



NICOPA

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



С.А.Тошпўлатов, Ў.П.Исломов, А.Н.Инамов, А.П.Пардабоев

ЗАМОНАВИЙ ГЕОДЕЗИК АСБОБЛАР



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI”
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI**

**Toshpo‘latov Sarvar Anvarovich
Islomov O‘tkir Pirmetovich
Inamov Aziz Nizamovich
Pardaboyev Anvar Pardaboy o‘g‘li**

**ZAMONAVIY GEODEZIK
ASBOBLAR**

DARSLIK

5313400 - "Geodeziya va geoinformatika" ta'lim yo'nalishi talabalari uchun

60722600 - Geodeziya va geoinformatika

60722700 - Yerni masofaviy zondlashda innovatsion texnologiyalar

Toshkent 2022

UDK 520.39. (528.2/.5)

S.A.Toshpo'latov, O'P.Islomov, A.N.Inamov va A.P.Pardaboyevlar zamonaviy geodezik asboblar fanidan darslik. Toshkent. 2022.-253. bet

Darslik "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universitetining 2022-yil 14-maydagi 180a/f-sonli buyrug'iga muvofiq nashr etishga ruxsat berildi. ERASMUS+ dasturining "NiCoPA: Aniq (koordinatali) qishloq xo'jaligi uchun yangi va innovatsion kurslar" loyihasining bevosita ko'magida nashrga tayyorlandi.

Annotatsiya

Ushbu darslik 5313400 - "Geodeziya va geoinformatika", 60722600 - "Geodeziya va geoinformatika" va 60722700 - "Yerni masofaviy zondlashda innovatsion texnologiyalar" ta'lim yo'nalishlari talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, unda talabalar uchun elektron taxometrlar, raqamli nivelirlar, yer usti lazerli skanerlar va dronlarning tuzulishi hamda ishlash prinsiplari, ularni tekshirish uslublari bayon qilingan. Bundan tashqari sun'iy yo'ldosh navigatsiya tizimida ishlatiladigan antennalar, sun'iy yo'ldosh geodezik apparatlari bayon etilgan.

Annotatsiya

Этот учебник предназначен для студентов специальности 5313400 - «Геодезия и геоинформатика», 60722600 - «Геодезия и геоинформатика» и 60722700 - «Инновационные технологии дистанционного зондирования Земли» в которых описывается проектирование и эксплуатация электронных тахеометров, цифровых уровней, поверхностных лазерных сканеров и дронов, а также методы их тестирования. Также описаны антенны, используемые в спутниковых навигационных системах, аппаратуре спутниковой съемки.

Annotation

This textbook is intended for students of 5313400 - "Geodesy and geoinformatics", 60722600 - "Geodesy and geoinformatics" and 60722700 - "Innovative technologies for remote sensing of the Earth" which describes the design and operation of electronic taximeters, digital levels, surface laser scanners and drones. It also describes the antennas used in satellite navigation systems and satellite surveying equipment.

Taqrizchilar: **A.Babajanov** - "TIQXMMI" MTU, "Yerdan foydalanish" kafedrası dotsenti, i.f.n

O.Allanazarov - TDTU, "Marksheydrlik ishi va geodeziya" kafedrası dotsenti

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Kirish

Elektronika sohasini rivojlanishi bilan geodezik asboblarning tubdan yangilanmoqda. Respublikamizda yetakchi yevropa mamlakatlarida ishlab chiqarilgan geodezik asboblarning keng ko'lamda foydalanilmoqda.

Zamonaviy geodezik asboblarning qulayligi, yuqori unumdorligi bilan bir vaqtda, uni ishlatayotgan mutaxassisdan o'lchashlar nazariyasi va amaliyoti bo'yicha chuqur bilimga ega bo'lishni talab qiladi. Xozirgi zamonda elektron geodezik asboblarni tez yangilanishi oqibatida talabalarga zamonaviy bilim va ko'nikmalarni o'z vaqtida berish maqsadga muvofiq deb o'ylaymiz.

Ushbu darslikda elektron geodezik asboblarning tuzilishi, masofa va burchak o'lchashlarni metodik asoslari va metrologik aspektlari yoritilgan. Elektron geodezik asboblarning tadqiq etish masalalarini yetarli darajada, chuqur yoritilishi ushbu asboblardan foydalanuvchi mutaxassislar uchun foydali bo'ladi deb o'ylaymiz.

Xozirgi vaqtda geodeziyada sun'iy yo'ldosh texnologiyalarini keng qo'llanilayotganligini inobatga olib, ushbu darslikda geodezik o'lchashlarda qo'llanilayotgan sun'iy yo'ldosh qurilmalari, sun'iy yo'ldosh to'lqin qabul qilgichlari to'g'risida tushinchalar berilgan.

Geodezik s'yomka ishlarini avtomatlashtirish bilan bir qatorda, s'yomka ishlarida keng ko'lamda bajarish uchun Yerusti lazerli skanerlash qurilmalari, ularni ishlash prinsiplari va o'lchash natijalariga ta'sir etuvchi xato manbalari keltirilgan.

Darslik mazmuni bo'yicha ilmiy-uslubiy ishlarni olib borishda hamda geodeziya va geoinformatika ta'lim yo'nalishida tahsil olayotgan talabalarga "Zamonaviy geodezik asboblarning" fanidan o'rganiladigan geodezik qurilmalarni nazariy va amaliy qismini to'ldirishda darslik sifatida foydalanish uchun tayyorlangan.

1-BOB. ELEKTRON TAXEOMETRLAR

1.1. Tarixiy ma'lumot

Hozirgi vaqtda geodezik asboblarning bozoridagi elektron taxeometrning keng miqiyosda taqdim etilmoqda. Eng mashhur ishlab chiqaruvchi firmalar: Ural optiko-mexanika zavodi (FGUP PO UOMZ), Leica Geosystems AG, Sokkia, Topcon, Nikon Trimble (Trimble 2001 yil fevralda Carl Zeiss va Spectra Precision firmalarini birlashtirdi) – texnik va ekspluatatsion xarakteristikalarini bilan bir-biridan farq qiluvchi turli turdagi geodezik asboblarni taklif qilishmoka. Vaqt o'tgan sari elektron taxeometrlarning funksional imkoniyatlari o'zgarishi va takomillashib borish tarixini ko'rishimiz mumkin.

Birinchi avlod taxeometrlarida (70-80 yillar) masofa o'lchash, yo'nalish va burchaklardan sanoq olish jarayoni avtomatlashtirildi. O'lchash natijalari elektron tabloga chiqarildi, lekin ularni asbobning xotirasida saqlash mumkin emas edi. Taxeometrning 1-avlodiga *TaZM (PO UOMZ)* kiradi. *TaZM* o'rnatilgan mikroprotessor boshkarish, tekshirish vazifasini oddiy hisoblash operatsiyalarini amalga oshiradi: qiya masofa gorizontol qo'yilishi, nisbiy balandlik va koordinatalarni aniqlash.

Keyingi avlod taxeometrlarida (80-yillar oxiri va 90 yillarning birinchi yarmi) o'lchash natijalarini ma'lumotlarni jamlovchi qurilmaga yozish, keyinchalik bu ma'lumotlarni interfeys qurilma (adapter) yordamida kompyuterga uzatish, hamda klaviatura yordamida taxeometrqa xarfli-raqamli ma'lumotlarni yozish imkoni tug'ildi. Ularning tarkibida yangi yuqori tezlikli mikro EXMlarni va algoritmik usullarni qo'llash o'lchash jarayonida asbob xatoliklar ta'siri uchun tuzatmani avtomatik ravishda hisobga olish imkonini berdi. Ikkinchi avlod taxeometrlariga *2Ta5* va *TS 1600 (Leica AG)* taxeometrlari va *Elta (Carl Zeiss)* seriyasidagi asboblarning kiradi.

Hozirgi kunda *3Ta5* taxeometrlari ishlab chiqarilmoqda, unda oldingilaridan farqli *RSMSIA* xotira kartasi mavjudligi va ma'lumotlarni *IBM RS* tipidagi kompyuterlarga bevosita uzatish imkoniyati borligidadir. U dala

o'lchashlarni qayta ishlash uchun dasturlar paketi bilan ta'minlangan, uni uchinchi-avlod asboblari qatoriga qo'shish mumkin.

Uchinchi-avlod taxeometrlari doimiy xotiraga ega bo'lib, (90-yillarning 2-yarimidan hozirgi kungacha) qo'shimcha interfeys qurilmasiz taxeometrda ma'lumotlarni personal kompyuterga va aksincha uzatish imkoniyatiga ega. Asboblarda dala jurnali funksiyasini bajaradi va dalada umumli ishlash imkonini bajaruvchi yordamchi dasturlarga ega, masalan, nuqtalarni joyga ko'chirish dasturi; borib bo'lmas ob'ektning balandligini aniqlash; teskari kesishtirishni bajarish; takrorlash usuli bilan burchak o'lchash; burchak va masofa bo'yicha siljtitish bilan o'lchashlar va x.o. Bu avlod asboblariga quyidagilar kiradi: *TS600 (Leica Geosystems AG)*, *TS600E (geodezik asboblari Yekaterinburg)*, *PowerSet (Sokkia)*, *Elta C (Carl Zeiss)*, *Geodimeter 600M (Spectra precision)*, *DTM-501/531/521 (Nikon)*, *Trimble 3600 Total Station* va boshqalar.

Rejalash ishlarini bajarish vaqtida reykachining turish joyini ko'rsatish uchun *DTM-501/531/521* taxeometrlari, ko'rish trubasining korpusida joylashgan *Limi-Guide* qurilmasi bilan ta'minlangan. Uning optik o'qi kollimatsion tekislikda va ko'rish trubasining o'qiga parallel ravishda joylashadi. *Limi - Guide* nurlanishi kollimatsion tekislikda vertikal bo'yicha doimiy va piri-pirab turuvchi ikkita qizil yorug'lik nurlarga bo'linadi. Nuqtalarni joyga ko'chirishda, yordamchi, qaytargichni uzluksiz va piri-pirovchi signallarni bo'luvchi tekislikda o'rnatishi lozim. Yorqin nurlar asbobdan 100 metr masofagacha aniq ko'rinadi. *Limi - Guide* qurilmasi joyga ko'chirish yo'nalishini ko'rsatishdan tashqari, kechki s'emkada nishonni topishga yordamlashadi va yuqori aniqlikda qaytargich markaziga to'g'rilashni ta'minlaydi.

Zamonaviy taxeometrlar lazerli shovun va ma'lumotlarni kabelsiz kompyuterga uzatish uchun infraqizil portga ega. Agar kompyuter asbobdan 3 metrdan uzoq bo'lmagan radiusda joylashgan bo'lsa, ma'lumotlarni infraqizil port orqali uzatish mumkin. Ish joyidan ma'lumotlarni ofisga uzatish uchun quyidagi

aloqa zanjirini ko'rish mumkin: Taxeometr – mobil telefon, infraqizil port va modem bilan ta'minlangan, - ofiskompyuteri.

Yuqorida zikir etilgan barcha takomilashtirishlar taxeometrlarni mukamallashtiradi va ergonomikasini yaxshilaydi, geodezist ish unumini oshiradi va shu bilan birga bozorda asbobning raqobat bardoshligini oshiradi.

Topografo-geodezik ishlarni bajarishga yangicha yondoshishi 1997 yili bozorda paydo bo'lgan, nishonga avtomatik to'g'rilanuvchi va nishonni kuzatish imkoniyatiga ega bo'lgan motorlashgan taxeometrlardan foydalanish bilan erishildi. Bularga *TSA 1100 – TSA 1800 (Leica Geosystems AG)*, *Elta S (Carl Zeiss)*, *Geodimeter 600 (Spectra Precision)*, *Trimble5600 Total Station* seriyasidagi asboblardan kiradi. Bu taxeometrlar nafaqat topo-geodezik ishlarni bajarishda va ko'plab boshqa soxalarida qo'llaniladi, masalan, yer siljishini kuzatishda, mashina va kemalar harakatini boshqarishda, robot texnikalarini kalibrovkalashda ishlatiladi.

Ko'plab zamonaviy taxeometrlardan, masalan *TRS 1100 (Leica Geosystems AG)* va *PowerSet (Sokkia)* qaytaruvchi plyonkagacha (katafotlarga) masofa o'lchash imkoniyatiga ega.

Geodimeter 468 DR (Spectra Precision), Set 4110 R Sokkia, Trimble 3600 tipida qaytargichsiz masofa o'lchovchi elektron taxeometrlarning ishlab chiqarishga joriy etilishi geodezik ishlar texnologiyasini takomillashishiga olib keldi. Bu asboblardan qaytargichsiz yoki qaytargichli plyonkalarsiz beton, tosh yoki po'lat yuzalarga 80-100 metrgacha bo'lgan masofani o'lchash mumkin. Baland inshootlarni s'emka qilishda tunellarni profillashda, xususiyl egalikdagi ob'ektlarga o'lchashlarda yoki magistrallarda transport oqimi ko'p bo'lganda qaytargichsiz masofa o'lchash usulini qo'llash juda ham qo'l keladi.

Mavzuga oid savollar.

1. Hozirgi vaqtda qanday geodezik priborlar keng qo'llanilmoqda?
2. Taxeometrning birinchi avlodiga qaysi pribor kiradi?
3. Taxeometrning ikkinchi avlodiga qaysi pribor kiradi?

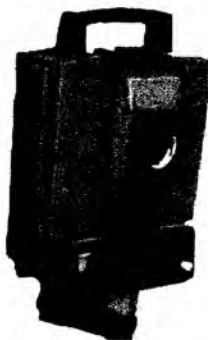
4. Taxeometrning uchunchi avlodiga qaysi pribor kiradi?
5. Qanday priborlarda masofa o'lchash imkoniyatiga ega?

1.2. Elektron taxeometrlarning konstruktiv xususiyatlari

Elektron taxeometrning ishlashi uchun kompensator yoki asbobning aylanish o'qining biro'qli (ikki o'qli) qiyalik datchiki kerak.

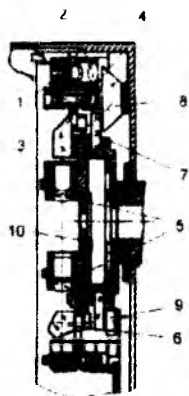
Kompensator, masalan, TaZM (UOMZ), EltaR50-EltaR45 (Carl Zeiss) taxeometrlarda optik teodolitlaridek, asbob aylinish o'qining turli qiyalanishlarida, bir vizir nishonga vizirlangandi vertikal doira bo'yicha sanoqning doyimiyeligini avtomatik ravishda ta'minlaydi. 1.2.2-rasmda TaZM taxeometrining vertikal doirasida kompensator ta'svirlangan.

TaZM ning vertikal burchak indeksi o'zi o'rnatuvchi mayatnik ramkasida, sharikli podshipnik bilan o'qga osilgan, limb shtrixi tasvirini bir tomondan boshqa tomonga uzatuvchi proeksiyalovchi sistema urnatilgan. Vizirlash yo'nalishida taxeometr qiyalanganda, 6 pentaprizmadan, 5 vertikal doira linza ko'prigidan va 4 yopqichli prizmadan tashkil topgan proeksion sistema shovun yo'nalishi holatini egallaydi. 10-mayatnik magnitli dempfer bilan ta'minlangan. Bu kompensatorlik, 3 podshipniklarni ishlatishda podshipniklar bir xil diametrlilik shariklar bilan tayyorlanmaganligi oqibatida uni ishlash amqligi pasayishiga olib keladi.



1.2.1-rasm. TaZM taxeometri

Kollimatsion va unga perpendikulyar (faqat ikki o'qli datchiklarda) tekislikda, bir va ikki o'qli qiyalik datchiklari, asbobning qiyaligi tufayli yuzaga keluvchi tasodifiy xatoliklarni kompensatsiyalaydi. Bu holda o'lchangan gorizontal yo'nalishlar va vertikal burchaklarga, asbobning mikro EXMlari yordamida, natijalar tabloga chiqarilmasdan oldin yoki qayd qilinmasdan burun asbobning vertikal o'qining qiyaligi uchun tuzatma kiritiladi.



1.2.2-rasm. TaZM taxeometrning vertikal doirasidan sanoq olish sistemasi.
 1-yorug'lik diodi, 2-kandensor; 3-podshipnik; 4-yopqichli prizma; 5-vertikal doira ko'prigini linzalari; 6-pentaprizma; 7-vertikal doira; 8-buriluvchi prizma; 9-fotopriyomniklar; 10-kompensator mayatniki.

Asbobning mikro EXM yordamida, tuzatmani hisobga olib vertikal burchak qiymatini hisoblash uchun quyidagi formula qo'llaniladi.

$$V_k = V_0 + i + SZa, \quad (1.2.1)$$

bu yerda V_0 - vertikal doiradan olingan tuzatilmagan sanoq; i - indeks tuzatmasi.

Oxirgi tekshirish jarayonida olingan va asbobning xotirasida saqlanib qolingan asbobning aylanish vertikal o'qining shovun holatida va qarash turabasining vizir o'qining gorizontal holatida vertikal doira bo'yicha sanoqlarning nolga teng emasligi uchun tuzatma; SZa - vizirlash yo'nalishi bo'yicha asbobning qiyalanish burchagi, datchik yordamida o'lchanilgan.

Gorizontal yo'nalishini hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$HZ_k = HZ_0 + HZ_1 + HZ_2 + A. \quad (1.2.2)$$

bu yerda HZ_0 - gorizontol doiradan olingan tuzatilmagan sanoq;

$HZ_1 = c / \cos(V_k)$ - kollimatsion xatolik uchun tuzatma;

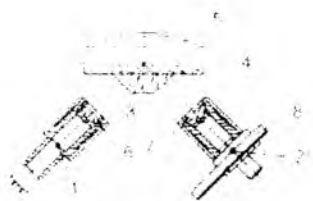
$HZ_2 = SQa \times tg(V_k)$ - gorizontol o'q yo'nalishi bo'yicha asbobning qiyaligi uchun tuzatma;

SQa -taxeometrning gorizontol o'qi yo'nalishi bo'yicha vertikal o'qining qiyalik burchagi;

V_k -vertikal burchak;

A -taxeometrni orientirlashda gorizontol doiraning siljishi. Optik teodolitlarda nuqtaga vizirlashda, nolga yaqin sanoqni o'rnatish, limbni siljitish orqali amalga oshiriladi. Elektron taxeometrlarda limb qo'zg'almas, bo'lib sanoqni nol qilish A tuzatmani kiritish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Elta (Carl Zeiss) seriyasidagi taxeometriklarda bir o'qli va xuddi shunday ikki o'qli qiyalik datchiklaridan foydalaniladi. Ular alidada bilan bog'langan, vertikal sanoq olish blokidan alohida bo'lgan tizimlar shaklida bo'ladi. Yuqorida takidlanganidek, bu holda asbobning qiyaligi uchun tuzatma algebraik yo'l bilan kiritiladi va o'lchash paytida hisobga olinmasligi mumkin, ya'ni qiyalik datchigini asbob klaviaturasidagi komandalar yordamida o'chirish mumkin. Elta 4, taxeometrda bir o'qli datchik sifatida elektrolitli adilak qo'llaniladi. Elta 2 va Elta 3 taxeometrlaridaq o'llaniladigan ikki o'qli qiyalik datchigining sxemasi 2.3-rasmda ko'rsatilgan. Bu datchikda 5 shisha idishga joylashtirilgan 4 suyuqlikni to'liq ichki akslantirish xususiyatlaridan foydalanilgan bo'lib, uning yordamida alidada qiyalik burchagi o'lchaniladi. Suyuqlik sifatida silikonli moydan foydalanilgan.Yorug'lik manbaidan chiquvchi nurlar (yorug'lik dastlakning diametri 100 MKMga teng) 6 ob'ektiv, 3 prizma orqali o'tadi va 4 suyuqlik yuzasidan qaytadi va 8 nurlarni qabul qiluvchi to'rt elementli sezuvchan maydonning 7 obektivida fokuslanadi va 2 ta'svirni shakllantiradi.



1.2.3-rasm. Elta seriyasidagi taxeometrlarining ikki o'qli qiyalik datchiklari.

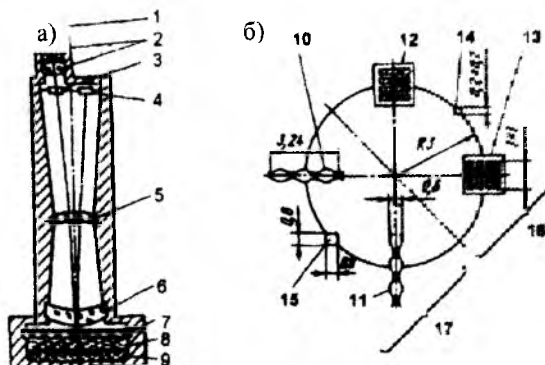
1-yorug'lik manbai; 2-ta'svir shakillanuvchi tekislik; 3-prazma; 4-suyuqlik; 5-shisha idish; 6,7-ob'ektiv; 8-To'rt elementli nurlarni qabullovchi moslama.

Odatda tasvirni qabul qiluvchi sezuvchan maydonda yorug'likmanbaning taqsimlanishi bir tekis emas va barcha yuza bo'ylab fotopriyomnikning sezuvchanligi xam birdek emas, shu sababli fotopriyomnikqurilmasining statik xarakteristikasichiziqli bo'lmaydi. Priyomnik ayrim kanallarni ulashda jamlama-ayirma sxemalariniqu'llash bu xatoliklarni kamaytirish imkonini beradi. Statik xarakteristikani liniarizatsiyalash (chiziqli) kilishmikro EHM yordamida, algebrlik usul bilan amalga oshiriladi. To'rtta maydonchali fotodoid montaj jarayonida ko'rish trubasining gorizonta aylanish o'qiga va vazir o'qiga nisbatan shunday tarzda o'rnatiladiki, asbobning aylanish o'qi vertikal holatdaligida qiyalik datchiki orqali o'lchanuvchi burchaklar kollimatsion va unga perpendikulyar tekislikda nolga yaqin bo'ladi. Datchik «nol o'rnini» noto'g'ri aniqlash tufayli yuzaga keladigan xatolik ikkala yo'nalishda asbobni tadqiqod qilishda aniqlanadi va uning mikro EHMni xotirasiga yoziladi. Elta seriyasidagi asboblarni tadqiq qilishda nolni siljishi (dreyfi) aniqlanilgan, uning yuzaga kelishiga sabab manba nurlanish xaroratining o'zgarishi va nurlanish quvvatining pasayishidir.

Odatda aniqligi $\pm 1''5 \div 3''$ oralig'ida bo'lgan elektron burchak o'lchash asboblari ga ikki o'qli qiyalik datchiklari o'rnatiladi. Bu datchiklarning ishlash diapazoni taxminan $4'$ tashkil etadi, qiyalik burchagini o'lchash xatoligi- $0,5'' \div 1,5''$ ga teng.

«Xyullet Pakkard» firmalarining NR-3820A elektron taxeometrlarida ikki o'qli datchiklar simob gorizonti ko'rinishida bajarilgan, tayanch oynaga nisbatan asbobning vertikal o'qining qiyaligini o'lchaydi. NR-3820A taxeometrda

datchikning konstruksiyasi 1.2.4-rasmda ko'rsatilgan. Vertikal o'qqiyalik burchakini registratsiya qilish uchun sinus-kosinusli interpolyatordan foydalaniladi. Interpolyatorning 10 va 11 sinusoidal teshiqlari, 12 va 13 to'rtta fotodiodlaridan tashkil topgan tizimlari, adilak o'qi va qarash trubasining o'qi bo'yichao'zaro ortogonal ravshida joylashgan. Qiyalik datchigining ishchi holatini nazorat qilish, qiyalik paytida ishchi dialazondan oshuvchi signalni uzuvchi 15 va 13 chegaralovchi tizimlar orqali bajariladi.



1.2.4-rasm. NR-3820A taxometrining vertikal o'qining qiyalik burchaginio'lchovchi qurilma.

1-nurlatgich; 2-kondensor; 3-maska; 4-yorug'likni qabul qiluvchi qism; 5,6-ob'ektivlar; 7-ximoya shishasi; 8-moy; 9-simob; 10,11-sinusoidal teshiklar; 12,13-sinusoidal yorug'likning holatini hisoblovchi ikki guruhdan iborat to'rtadan fotodiodlar; 14-chegaralangan 15-ta'svirining holatini qayd qiluvchi, fototranzistor; 16-yorug'likni qabul qiluvchi qism; 17- maska.

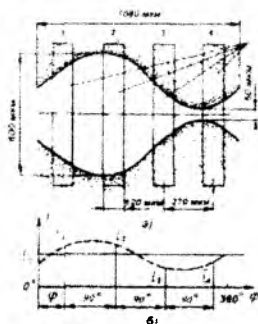
1.2.5, b- rasmdagi diagrammadan ko'rinayaptiki, nurlanish priyomnigidan olinuvchi fototok oqimlariquyidagi ifoda bilan aniqlanadi.

$$I_1 = I_0 + I \sin \varphi \quad (1.2.3)$$

$$I_2 = I_0 + I \sin(\varphi + 90^\circ) = I_0 + I \cos \varphi \quad (1.2.4)$$

$$I_3 = I_0 + I \sin(\varphi + 180^\circ) = I_0 - I \sin \varphi \quad (1.2.5)$$

$$I_4 = I_0 + I \sin(\varphi + 270^\circ) = I_0 - I \cos \varphi \quad (1.2.6)$$



1.2.5-rasm. NR-3820A taxometrining sinus-kosinusli interpolatsioninglash prinsipi:

a)–nurlanish priyomniklarini joylashishi;

b)–nurlanish priyomniklari fototoklarining o'zgarish diagrammasi.

Manbalarning nurlanishi ω chastotada modullashtiriladi; buning natijasida fototok ham vaqt funksiyasi bo'ladi, ya'ni $I(t) = I \sin \alpha t$. Nurlanish priyomniklarini tegishli ulash natijasida fototoklarning farqi hosil bo'ladi.

$$I_1 - I_3 = 2I \sin \varphi \sin \alpha t ; \quad (1.2.7)$$

$$I_2 - I_4 = 2I \cos \varphi \sin \alpha t . \quad (1.2.8)$$

Shunday qilib, olinadigan signallar bir-biriga nisbatan 90° ga siljigan bo'ladi. Ularni qo'shishdan so'ng operatsion kuchaytirgichida, hisoblovchi fotodiodlarning o'zaro holatiga va sinusoidal yo'llarga bog'liq bo'lgan signal olinadi:

$$2I \sin \varphi \cos \omega + 2I \cos \varphi \sin \alpha t = 2I \sin(\alpha t + \varphi), \quad (1.2.9)$$

φ ni ajratish uchun, u fazali detektorda tayanch signal bilan taqqoslanadi. Asbobda qo'llaniluvchi fazometrning ajrata olish kobiliyati 21.6 burchak sekundga to'g'ri keladi, bu esa sinusoidal maskani $\frac{1}{1000}$ davridagi diskretlik bilan interpolatsiyalash imkonini beradi. Ikki o'qli sistemalarda qiyalikni o'lchash xatoligi $\pm 0,1$ mgon ($\pm 0,32''$) dan oshmaydi.

Mavzuga oid savollar.

1. Elektron taxometrlar ishlashi uchun nimalar kerak?
2. TaZM taxometrda qanday proeksiyalovchi sistemai o'rnatilgan?

3. TaZM taxometrlarning qisimlarini tushuntirib bering?
4. TaZM taxometrining vertikal doirasida sanoq olish sistemasi qanday?
5. EXM yordamida tuzatmani hisoblash qaysi formula yordamida topiladi?
6. Gorizontal yo'nalishni hisoblashda qaysi formuladan foydalaniladi?
7. Qiyalik burchak o'lchash xatoligi nechiga teng?
8. Ikki o'qli sistemalarda qiyalik o'lchash xatoligi nechidan oshmasligi kerak?

1.3. Zamonaviy zaryadli bog'lovchi asboblari

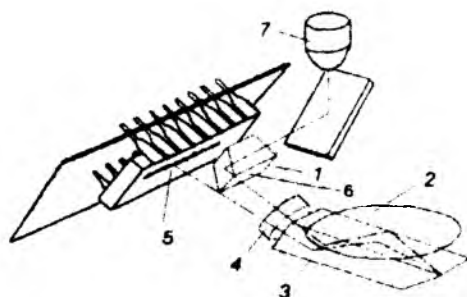
Zamonaviy zaryadli bog'lovchi asboblari (ZBA) texnologiyasi *Leica Geosystems AG* formasining TRS 1100 taxometrlarini qiyalik datchiklarida foydalanilgan. Bu datchiklar konstruksiyasining o'ziga xosligi bilan farq qiladi. Ular bitta chiziqli ZBA yordamida, asbobning vertikal o'qi qiyaligini ikkita yo'nalishda, vizir o'qi yo'nalishida va unga perpendikulyar yo'nalishida o'lchash imkoniyatini beradi. 1.3.1-rasmda datchik konstruksiyasining sxematik ko'rinishi keltirilgan 2 suyuqlik yuzasi shartli gorizont hisoblaniladi. 2- suyuqlik yuzasida ikki martda singandan so'ng, chiziqli ZBA'dagi 6-prizma birqirrasiga tushurilgan, 1-shtrixlar tasviri 7-yorug'lik diodlari bilan yoritilib, 3 va 4 komponentlardan tashkitl topgan optik sistema bilan shakillanadi.



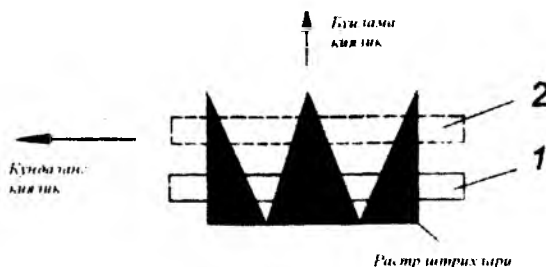
1.3.1 -rasm. TPS1100(Leica GeosystemsAG) taxometri

Shtrixlarning uchburchak shaklidagi rastrini qo'llash tufayli qiyalikning ikkita komponenti ZBA da qayd etiladi. 1.3.2-rasmda 1 - rastr tasvirlangan.

Alidada bo'ylama qiyalanganda shtrixlar orasidagi masofa o'zgaradi, ko'ndalang qiyalanganda ZBAning sezuvchan yuzasi bo'ylab barcha ta'svirlar og'irlik markazi siljiydi. Ikki karra sindirishni qo'llanilganda asbob aylanish o'qining qiyalanishigadatchik sezgirligi oshadi. Datchik kichik hajmga ega va asbobni aylanish vertikal o'qiga simmetrik ravishda joylashadi. Shu sababli asbobni tez burganda suyuqlikning sindiruvchi yuzasi gorizontal holatdan chetlashmaydi va datchikning ishlash aniqligiga teodolit tagligining harorat deformatsiyasini ta'siri kamayadi.



1.3.2-rasm. TPS1100(Leica GeosystemsAG) taxometrining qiyalik datchiki



1.3.3-rasm. TPS1100(Leica GeosystemsAG) taxometrining qiyalik datchikni ZBA sezuvchan yassi yuzasida rastr shtrixlarining ta'sviri

Geodezik asboblarda yo'nalish va burchaklarni o'lchashda, ko'pchilik optik-elektron tizimlarning ishlash prinsipidan turlicha bo'lishiga qaramay ular ishorasiz (absolyut) hisoblanadi.

Absolyut o'lchashda nolinni yo'nalish, asbobni ulash laxzasidagi alidadaning holatiga bog'liq bo'lmaydi va uni o'chirgandan so'ng ham xotirada saqlanadi. Absolyut o'lchash sistemalarining quyidagi tiplari mavjud:

- kodli;
- vaqt impulsli (dinamik);
- limbni markirovkalash bilan yig'uvchi (inkremental) sistemalar.

Bu sistemalarni tuzilish prinsiplarini ko'rib chiqamiz.

Yo'nalish va burchaklarni o'lchashning kodli sistemalari.

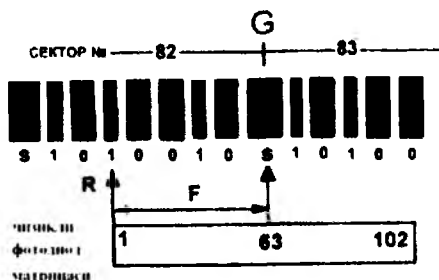


1.3.4-rasm. Wild T3000 elektron taxometri

O'lchashning kodli sistemalarida optik sistemalaridagi kabi, o'lchanuvchi miqdor bevosita limbdan sanaladi. Wild T (Leica Geosystems AG) elektron taxometrlari va ularning modifikatsiyalari, hamda T3000 va TS 400 Ye (Geodezik asboblari. Yekaterinburg) taxometrlari kodli sistemalarga ega. Bu asboblarda o'lchash sistemasi limbdan tashkil topgan bo'lib, unga ikkilik kod tushirilgan, yorug'lik diodi va optik sistemalari fotodiodli matritsada doira bo'laklarining tasvirini shakillantiradi.

Wild T3000[61] asboblarda taxminiy sanoq olish uchun limb 128 ta sektorga bo'lingan, 5 keng shtrixlar ularning chegaralari hisoblanadi (2.8-rasm). 128 ta sektorning har bir o'zining nomeriga ega. Nomerlar, 5 shtrixlar orasiga joylashgan, yettita qo'shimcha shtrixlar yordamida ikkilik kod bilan yozilgan.

Shakllantiruvchi shtrix kodlar, eni bo'yicha bir-biridan o'zining qiymatiga («0» yoki «1») bog'liq xolda farqqiladi. Chiziqli fotodiod matritsaning 102 ta elementlarida bitta sektorning tasviri hosil bo'ladi. Har bir diod $25 \times 15 \text{ mkm}^2$ yuzali sezuvchan sathga ega. Diodlar markazlari orasidagi masofa 25 mkm ga teng. Tasvir qayta ishlanib sektor nomeri aniqlangandan so'ng $400 \text{ gon} / 128 = 3,125 \text{ gon}$ ($2^\circ 48' 45''$) aniqlikda taxminiy sanoq olinadi. Ikkita qo'shni sektorlar kodlarining uzilgan qismlaridan sektor nomerini aniqlashni maxsus usul Wild (Leica AG) firmasida ishlab chiqilgan sektorni chegaralovchi, fotodiod matritsasidagi eng chapdagi S shtrix holatini aniqlash orqali aniq o'lchash bajariladi.



1.3.5-rasm. Wild TS 1600 elektron taxeometrlarda yo'nalishlardan sanoq olish prinsipi.

Aniq sanoq olish uchun S keng shtrix bilan birga, ikkilangan kodni shakllantiruvchi barcha shtrixlar xizmat qiladi. Bu shtrixlarni chizish xatoligi ta'sirini kamaytiradi. Raqamli ko'rinishga keltirilgan, fotopriyomnikning sezuvchi yuzasi orasida, nurlanish oqimining taqsimlanishi to'g'risidagi informatsiya, limbga tushirilgan kodga aniq to'g'ri keluvchi, asbobning xotirasida saqlanuvchi etalon taqsimlanish bilan hisoblagichda taqqoslaniladi. U holda chiziqli fotodiodli matritsalar chiqishdagi $x(k\Delta t)$ va asbobning mikro EHMi xotirasidagi $x(k\Delta t + \tau)$ etalon signallar orasidagi korrelyatsiya funksiyasi hisoblaniladi:

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N x(k\Delta t) \cdot x(k\Delta t + \tau), \quad (1.3.1)$$

bu yerda N - fotopriyomnikdagi elementlar soni; τ - signallar orasidagi qayd qilingan siljish; Korrelyatsiya funksiyasi shunday holatda $x(k\Delta t)$ va $x'(k\Delta t + \tau)$ funksiyalar bir-biri mos kelganda o'zining maksimal qiymatiga erishadi. Bu holatda τ ning qiymati, chiziqli fotodiodli matritsaning chap chekkasiga nisbatan S shtrix-indeks xolatini aniqlaydi. 2.8-rasmdagi holat, chiziqli fotodiod matritsalar yordamida o'lchangan F qiymatga to'g'ri keladi. Limbning xolatiga to'g'ri keluvchi R sanoqquyidagicha aniqlanadi.

$$R = (G - F) \times 400 / 128 = (83 - 63 / 102) \times 400 / 128 = 257,444 \text{ } \mu\text{gon}. \quad (1.3.2)$$

Uholda yo'nalish o'lchash o'rta kvadratik xatoligi $0,5 \text{ } \mu\text{gon}$ ($1,6''$)ni tashkil etadi.

2-nishonga aniq to'g'rilash yoki qo'zg'almas burchak maydonida nishon holatini o'lchash;

3-zarur holda, asbobni mo'ljalga olish sistemasidagi burchak maydonida nishonning burchak holatini izlash (kuzatish).

Yuqorida keltirilgan operatsiyalarni joriy etishni misolda ko'rib chiqamiz. Dastlabki mo'ljalga olish jarayonini avtomatlashtirish, geodezik asboblarni mikroelektrodvigatallar (MED) bilan ta'minlash hisobiga erishiladi. MED alidadani gorizont tekislikda aylantiradi va qarash trubasini gorizontga nisbatan yuqoriga pastga qiyalatadi.

Avtomatik sistemalarda mo'ljalga olishda (ASMO) aktiv, passiv va kombinatsiyalangan nishonlardan foydalaniladi. Geodimetr 6005 (Spectra Precision) asboblarda aktiv markalarni avtomatik ravishda izlash, gorizont bo'yicha 360° chegarasida va vertikal bo'yicha $\pm 15^\circ$ chegarasida yoki oldindan berilgan qidirish sektori ichida amalga oshiriladi. Elta S 10/Elta S20/Elta (Carl Zeiss) taxometrlari Quiklock qurilmasiga ega bo'lib, u yuqori tezlikda dastlabki mo'ljalga olish uchun mo'ljallangan. Quiklock to'rtta komponentdan tashkil topgan:

1) Quiklock uzatuvchi datchiki, asbobi olib yurish dastasida joylashgan. Uzatuvchi datchikni nishonni tez aniqlash uchun, vertikal lazer tekisligini hosil qiladi.

2) Qaytargich tepasidagi vizirlash nuqtasida joylashgan Quiklock qabullovchi qurilma bo'ladi va u bilan birga kombinatsiyalashga nishonni hosil qiladi.

3) Radioaloqaning ikkita bloki bo'lib, ulardan bittasi asbob ichida, ikkinchisi vizirlash nuqtasida joylashadi.

4) Qabullovchi - uzatuvchi Finelock sistemasi nishon holatini vertikal yo'nalishda aniqlash uchun xizmat qiladi.

Bu to'rtta komponentning ishlash quyidagi tarzda amalga oshadi. Asbob vertikal o'q atrofida aylangan paytda 360° diapozonda lazer tekisligida skanirlash amalga oshadi. Skanirlash burchak tezligi $90^\circ/s$ ga teng. Vizirlash nuqtasidagi qabul qiluvchi qurilma uzatuvchi datchikning nurlarini qayd qiladi va bunda signal radioaloqa orqali asbobga uzatiladi. Asbob qabul qiluvchi qurilma va qaytargich yo'nalishiga buriladi. Qaytgan signalni qayd qilingan laxzaga to'g'ri keluvchi, gorizontal burchakning aniq qiymati aniqlaniladi. Uzatuvchi Quiklock qurilmasi o'chiriladi. Vertikal tekislikka to'g'rilash Finelock yordamida qarash trubasini qiyalatish yo'li bilan amalga oshiriladi. Vertikal yo'nalishda izlash jarayoni gorizontal yo'nalishda qaytargichni izlash kabi amalga oshiriladi. Shundan so'ng qaytargich aniqlanishiga to'g'rilash sistemasining o'lchash maydonida ko'ringanda, vizir o'qi va tripelprizma markazi yo'nalishi orasida muvofiqlashuvchi kichik burchak avtomatik ravishda o'lchaniladi. Ko'p xollarda tasvirni qabullovchi va analizator sifatida foydalanuvchi ZBA-kamera yordamida, qaytargich markazi va ZBA-kamerasining «Nol-punkti» orasidagi chiziqli muvofiqlashuv o'lchanadi. Chiziqli muvofiqlashuv mikroEHM yordamida nishonga to'g'rilashning avtomatik sistemasida geometrik-optik nisbatlarni va qaytargichlarga bo'lgan masofani hisobga olib, burchak o'lchoviga o'tkaziladi. Elta S seriyasida taxometrlarda qabullovchi-uzatuvchi FineLock qurilmasi 1 kilometr

masofaga o'rnatilgan tripelprizmaga avtomatik ravishda aniqlanishga to'g'rilash uchun xizmat qiladi. FineLock ni qo'llanganda nishonga to'g'rilash aniqligi 1" ga erishiladi. Ish avtomatik lazerli sistemada nishonga to'g'rilashni ishlab chiqish va tadqiqod qilishga bag'ishlangan bo'lib, unda nishonga to'g'rilash sistemadagi xususiy xatoliklarining ta'siri va ularni natijalovchi xatoliklarini baholash taxlillar keltirilgan.

Bunday sistemalardagi asosiy xatoliklarga qo'yidagilarni kiritish mumkin.

-avtomatik nishonga to'g'rilash sistemalarining ZBA-kamerasi «nol-punkti» bilan qarash trubasini vizir o'qining mos tushmasligi;

-ta'svirlarni avtomatik ravishda nishonga to'g'rilash sistemalarida tasvirlangan analizatori va qabul qiluvchi qurilmaning ajrata olish qobiliyatining cheklanganligi tufayli yuzaga keluchi xatolik;

Nishonga to'g'rilash jarayonini avtomatizatsiyalash hisobga taxeometrlarning funksional imkoniyatlarining oshishiga, bu esa uni ichiga o'rnatilgan qo'shimcha blok va qurilmalar sonining ko'payishiga va ularning konstruksiyalarini murakkablashishiga olib keldi. Elta S10 / Elta S20 taxeometrlarining trubasida turli vazifalarni bajaruvchi to'rtta sistema joylashgan:

-ko'rish trubasida 1 ob'ektiv, 3-slektiv qaytaruvchi ko'zgu, 4 yorug'likni bo'luvchi kub-prizma, 5 fokuslovchi komponent, 6 o'chiriluvchi Abbs prizmasi, 8 okulyar, 7 tekislikda iplar to'rining kesishmasi joylashgan;

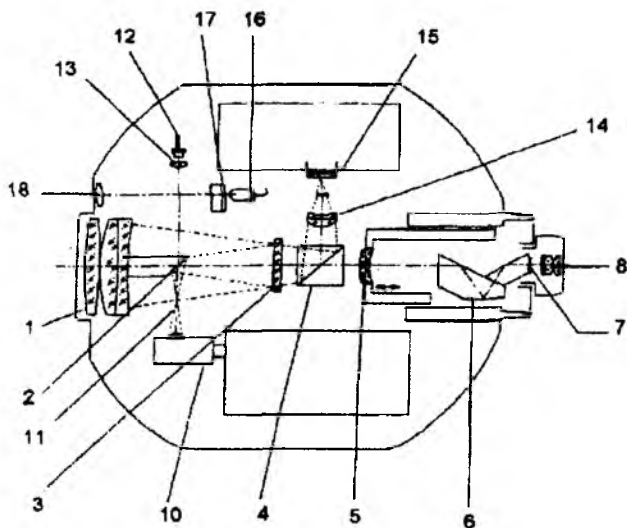
-10 svetodalmerli blok, uning nurlari 2-prizma yuzasidan, 3 slektiv ko'zgodan qaytariladi, va to'g'ri va teskari yo'l orqali ob'ektivdan o'tadi. Taxeometrda birlashgan uzatuvchi-qabullovchi svetodalmer kanallari mavjud.

-uzatuvchi va qabullovchi kanallarni o'z ichiga olgan FineLock aniq nishonga to'g'rilash qurilmasi, 12 lazerli dioddan 2 prizma yuzasida qaytadi va yorug'lik tarqalishi 0,5° atrofida bo'lgan nurlar to'plami 1-ob'ektiv orqali o'tadi.

1-ob'ektivning markaziy qism uzatuvchi kanalda, chetlari esa qabullovchi kanalda ishlatiladi.

Tripelprizmadan qaytgan nurlar teskari yo'lda 1 ob'ektiv orqali o'tadi. 12 lazer diodi nurlari uchun shafof 3 ko'zgdan o'tkazib yuboriladi, yorug'likni bo'luvchi 4 kub-prizma qirrasidanqaytadi va 15 fotopriyomnik qurilmani sezuvchi maydonidagi 14 optik sistemada fokuslanadi;

-nuqtalarni joyga ko'chirish jarayonini osonlashtiruvchi PositionLight qurilmasi, 16 ikki yorug'lik diodlari, 17 bo'luvchi kanatdan, nurlar to'plami tarkalishi 3°atrofida shakillantiruvchi 18 ob'ektivdan tashkil topgan bo'lib, kollimatsion tekislikda vertikal bo'yicha qizil va ko'k sektorlarga bo'lingan. Nuqtalarni joyga ko'chirishda, yordamchi texnik,qaytargichni ranglarni bo'linish tekisligida o'rnatish lozim.



1.3.6-rasm. Avtomatik ravishda nishonga to'g'rilanadigan EltaS10/EltaS20 (Carl Zeiss) taxometri qarash trubasining tuzilishi.

Svetodlnomerni va Finelock qurilmasi qabullovchi-uzatuvchi kanallarning optik o'qlari kollimatsion tekislikda bo'lishi va qarash trubasining vizir o'qi o'qda joylashishi, hamda rejalash Positionlight ishlarini bajarish paytida reykachining joylashish o'rnini ko'rsatuvchi qurilmaning optik o'qi, vizir o'qiga parallel bo'lishi kerak. Svetodalnomerkonstruksiyasining murakkablashishi tufayli, aloxida

bloklarni mantaj qilish jarayonida sozlash va tekshirish operatsiyalari ko'payadi, hamda ishlatish jarayonida ularning gtometrik sxemasini o'zgarishiga asbobning sezuvchanligi oshadi.

Avtomatik ravishda nishonga to'g'rilash jarayoni tufayli kuzatuvchining sub'ektiv xatosi yo'qoladi, (u 0,9"÷3,5" gacha bo'lishi mumkin), operatorning charchashi kamayadi, ko'p sonli masofa va burchak o'lchashni bajarish paytida qarash trubasini fokuslash monoton operatsiyalari va iplar to'ring kesishish nuqtasini tripelprizma markazi bilan birlashtirishni yo'qolishihisobiga ishlab chiqarish unumdorligi oshadi. Kuzatuvchining bevosita ishtirokisiz kompyuter yordamida boshqarish bilano'lchashga, hamda xarakatlanuvchi ob'ektlar koordinatalarini aniqlashning imkoni tug'iladi. Avtomatik ravishda nishonga to'g'rilash sistemasinitezkorligiga bog'liq holda geodezik asboblari turli masalalarni yechish uchun qo'llanilmoqda (2.1-jadvalga qarang).

Avtomatik ravishda nishonga to'g'rilash yordamida taxeometrlarning qo'llanilishi.

1.3.1-jadval

Qo'llanish sohasi	Ob'ektni xarakatlanish tezligi
O'pirishlarni (siljishlarni) kuzatish	~ 1 +10 mm/yil
Qurilish texnikasini boshqarish	~ 1 +100 m/soat
Robototexnikani kalibrash	~ 1 ÷10 m/s

Mavzuga oid savollar

1. Qaysi turkumdagi asboblarga zaryadli bo'luvchi asboblari deyiladi?
2. Absalyut o'lchash sistemalarining tiplari qanday?
3. Qanday sistemalarga kodli sistemalar deyiladi?
4. Wild T3000 asboblari sanoq olishda limb nechiga bo'lingan?
5. Wild T3000 asboblari qanday sanoq olinadi?
6. Yo'nalish o'lchash o'rta kvadratik xatoligi necha sekundag teng?

7. Komponentning skanerlash burchagi necha gradusga teng?
8. FineLock ni qo'llaganda nishonga to'g'irlash necha sekundga teng?
9. Asosiy xatoliklarga qaysilar kiradi?

1.4. Elektron taxeometrning asbob xatoligi va ularning modellashtirish bilan bog'liq bo'lgan masalalar

Ananaviy usul bilan asbobning aniqligi ko'rilganda ananaga ko'ra uning elementlarining, uzellarining va qurilmalarining xususiy xatolik to'plami va ularning o'zaro joylashishi taxlil qilinadi [7,12]. Elektron taxeometr xatoliklarining ta'sirini taxlil qilish muammosiga kirish uchun 2.12-rasmda berilgan ularning klassifikatsiyasini ko'ramiz. Taxeometrlarni barcha xatoliklarini bir necha guruhlarga ajratishimiz mumkin: asbobning geometrik sxemasini buzilishi va orientirlash xatosi; nishonga to'g'irlash xatosi; yo'nalish va burchaklarini hisoblash sistemalarining xatosi; svetodalnomer blokining xatosi; qaytargich yoki ob'ektning qayttaruvchi yuzasidan kelib chiqadigan xatolik. Rasmda alohida bloklar bilan belgilangan, asbob vertikal o'qi qiyalik datchikining xatosi, avtomatik ravishda nishonga to'g'irlash sistemasining xatosi; qaytargichdan kiradigan xatolik, dinamik va xarorat tasiridan kelib chiqadigan – defarmatsion xatolik. Kuzatuv rejimida, o'lchash aniqligiga ta'sir etuvchi xatoliklarni hisobga olish zarur. Ya'ni: doiraviy prizma bilan kiritiluvchi qiyalik datchigidagi suyuqlik sindiruvchi yuzaning tebranishi tufayli asbobning vertikal o'qining qiyaligini noaniq aniqlashdagi xatolik; svetodalnomer lazer tutami ko'ndalang kesimida fazali frontning bir jinsli emasligidan kelib chiqadigan xatolik.

Oxirgi xatolik ta'sirida, kuzatuv rejimida tripelpriзмali qaytargich markaziga aniq to'g'irlashni amalga oshirib bo'lmaydi.

Alohida bloklarning yuqorida keltirilgan klassifikatsiyalarida belgilangan va tashkil etuvchi xatoliklar ta'siriga tegishli axborotlarni va boshqa texnik adabiyotlarda topish mumkin. To'liq bo'lmagan xatoliklarning klassifikatsiyasi, oldingi bo'limlardagi materiallarni umumlashtirish va sistematisatsiyalash va

elektron taxeometirning natijalovchi asbob xatoliklarini aniqlash bilan bog'liq masalalarni ko'rib chiqishga o'tish maqsadida tuzilgandır.

Natijalovchi xatoliklarni umumiy holda, doimiy sistematik xatoliklar, o'zgaruvchi sistematik xatoliklar va tasodifiy xatoliklarning yig'indisi ko'rinishida yozish mumkin [7].

$$\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta_{si} \pm \sqrt{\sum_{j=1}^m \Delta_{sj}^2 + \sum_{i=1}^p k_i^2 \sigma_i^2}, \quad (1.4.1)$$

bu yerda Δ_{si} - i - burchak o'lchovchi asbobning doimiy sistematik tashkil etuvchi xatoliklari; n - doimiy sistematik tashkil etuvchilar soni; Δ_{sj} - j -inchi aniqlangan taqsimot funksiyasining chekli qiymati; m - o'zgaruvchi sistematik tashkil etuvchilar soni; σ_i - asboblarning tasodifiy i -chi tashkil etuvchi xatoliklarining o'rta kvadratik chetlashishi;

p -tasodifiy tashkil etuvchilarning soni; k_i - tasodifiy tashkil etuvchi xatoliklar urta kvadratik chetlashishidan V_i chekli xatolikka o'tishni hisobga oluvchi koeffitsient.

Doimiy sistematik xato, konkret elektron taxeometr bilan o'lchaganda (uni ayrim qisimlarining o'zaro holatida qilinganda) o'zgarmas bo'lib qoladi va ko'pchilik xollarda maxsus tadqiqotlardan aniqlanishi va o'lchash natijalariga tegishli tuzatmalarni kiritish yo'li bilan tuzatilishi (bartaraf etilishi) mumkin. O'zgaruvchan sistematik tashkil etuvchi xatoliklar har bir yangi o'lchashda turlicha bo'ladi va ma'lum determinatsiyalangan bog'liqlik bo'yicha, ma'lum diapozonda qiymati o'zgaradi. Bu bog'liqlik bo'yicha 1,2-jadvaldan foydalanib, tegishli o'zgaruvchi sistematik xatoliklarining ehtimoliy zichlik taqsimot funksiyasini aniqlash mumkin, ya'ni uni tasodifiy xatolikdek qarash mumkin. Elektron taxeometrning tasodifiy tashkil etuvchi xatoliklar qator mustaqil xatoliklari yig'indisidan iborat bo'ladi.

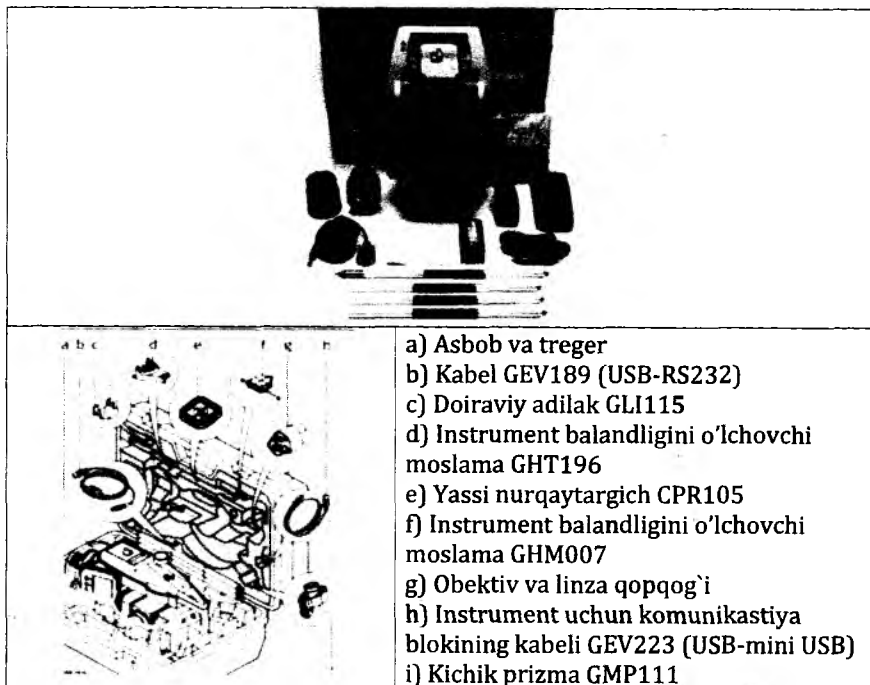
Geodezik asboblarning xatoligi, asbobini loyihalashda xatoliklarning maksimal va ehtimoli ta'sirlarini hisoblash orqali aniqlanadi. Asboblarning ayrim detallarini tayyorlash parametrlari va qo'yimlarini olish uchun o'lchamli

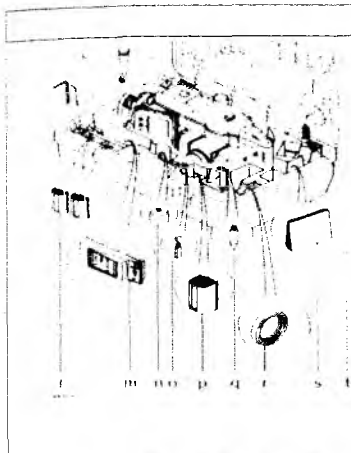
zanjirlarhisoblanadi. Bunday hisoblarning misollarini havoladagi adabiyotlarda topish mumkin.

1.5. Leica TS 06 Plus elektron taxeometrda topografik s'yomka ishlarini bajarish

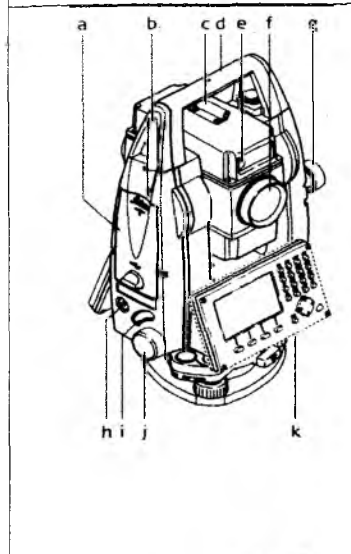
Hozirgi vaqtda geodezik qurilmalar bozorida elektron taxeometrlar keng miqyosda taqdim etilmoqda. Jumladan Leica kompaniyasining maxsulotlarini misol qilib keltirish mumkin. Leica kompaniyasi jaxon bozorida o'z mavqeyiga ega bo'lib, ishlash aniqligi va interfeys soddaligi bilan boshqa kompaniyalar maxsulotlaridan ajralib turadi. Shvetsariyada faoliyat olib borayotgan mazkur kompaniya xozirda yarim robotik va robotik rejimida ishlovchi geodezik qurilmalari bilan butun jaxonni xayratga solib kelmoqda. Bundan tashqari xozirda bir paytni o'zida robotik elektron taxeometr va GNSS vazifasini bajaruvchi qurilma taqdim etib raqobatdosh kompaniyalarni ortda qoldirmoqda.

"Leica TS 06 Plus" elektron taxeometrining qisimlari

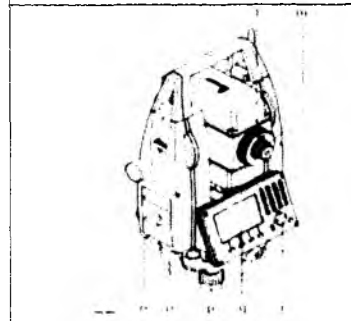




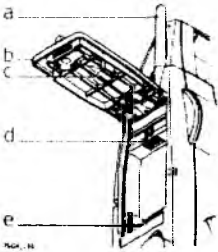
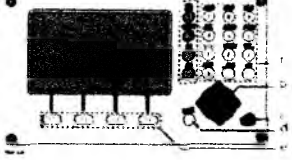
- j) Yustirovkalash moslamasi
- k) Okkulyar nasadkasi GFZ3
- l) Akkumlyatorlar GEB211
- m) Quvvatlovchi moslamalar GKL211
- n) Yassi va kichik prizmalar uchun GAD105 markali adapter
- o) Priborning kommunikasion blokidagi foydalanish USB-fleshka MS1 xotirasi
- p) Akkumlyatorlar GEB221
- q) Kichik prizmalar uchun uch vazifasini bajaruvchi moslama
- r) Okkulyar va linza uchun qarshi og'irlik moslamasi
- s) Foydalanish yo'riqnomasi
- t) Kichik veshka GLS115



- a) USB fleshka va USB kabel uchun xotira bloki
- b) Bluetooth antenasi
- c) Optik vizir
- d) Priborni ko'tirib yurish uchun vintlar yordamida qotirilgan ushlab moslamasi
- e) Lazerliy mayoq EGL
- f) Integrallashgan linzalar (EDM). Lazer nurlarining tarqalish joyi
- g) Vertikal xolatga tuzatma kirituvchi mikrometr vinti
- h) Priborni yokish yoki o'chirish tugmasi
- i) Interaktiv sanov olish tugmasi
- j) Gorizontol xolatga tuzatma kirituvchi mikrometr vinti
- k) Boshqarish moslamasi



- l) Obektivni fokkuslovchi xalqa
- m) Okkulyarni fokkuslovchi xalqa
- n) Blok akkumlyator qopqog'i
- o) Port RS232
- p) Ko'taruvchi va tushiruvchi vintlar
- q) Displey
- r) Klaviatura

	<ul style="list-style-type: none"> a) Bluetooth antennasi b) Blok akkumlyator qopqog'i c) USB fleshkani maxkamlovchi moslama d) USB fleshka uchun port e) USB port instrumentni ulash uchun
	<ul style="list-style-type: none"> a) Tezkor kalit tugmalari b) Navigator c) ENTER tugmasi d) ESC tugmasi e) F1 - F4 funktsional tugmalar f) Alifboli va raqamli tugmachalar

Topografik s'yo'mka ishlarini bajarish tartibi: Belgilangan xududni topografik s'yo'mka qilish uchun, eng avvalo xududda rekognostsirovka (xududni kuzatish va/yoki razvetka qilish) ishlari olib boriladi va xududning abris(tasavvurdagi xomaki chizma)si chiziladi.

Xudud to'liq o'rganib bo'linganch, baza o'rnatish uchun eng maqbul joy tanlanadi. Maqbul joydan turib qaralganda, xududning eng ko'p qismi ko'rinishi lozim. Baza o'rnatishda maxalliy (shartliy) koordinatalar tizimidan yoki davlat koordinatalar tizimidan foydalanilishiga qarab s'yo'mka turlari belgilanadi. Masalan: Maxalliy (shartliy) koordinatalar tizimida ma'lum bir burchakka nisbatan orientirlanadi (ориентир по углом, 1.5.1-rasm) va gorizontal burchaklar 0 (nol) qiymatiga tenglab olinib X,Y va H qiymatlari ixtiyoriy tarzda kiritiladi. Agarda GPS yoki GNSS priyomniklari yordamida aniqlangan koordinatalar mavjud bo'lsa u holda (ориентир по координатам, 1.5.2-rasm) koordinatalar tizimiga asoslanib X,Y va H qiymatlari priyomnikdan olingan qiymat bo'yicha kiritiladi va orientir olinadi.



1.5.1-rasm. Burchak bo'yicha orientirlash



1.5.2-rasm. Koordinata bo'yicha orientirlash

Baza o'rnatish uchun maqbul joy tanlangach, mazkur nuqtaga shtativ o'rnatiladi. Taxeometr treger yordamida shtativga maxkamlanadi (1.5.3-rasm). Taxeometrdan tushayotgan lazer nuri yordamida pribor nuqtaga markazlashtiriladi. Info tugmasi yordamida priborning quvvati va xotirasi tekshiriladi (1.5.4-rasm). So'ngra doiraviy adilak pufakchalari markazga keltiriladi. (1.5.5-rasm)



1.5.3-rasm. Treger yordamida priborni shtativga maxkamlash

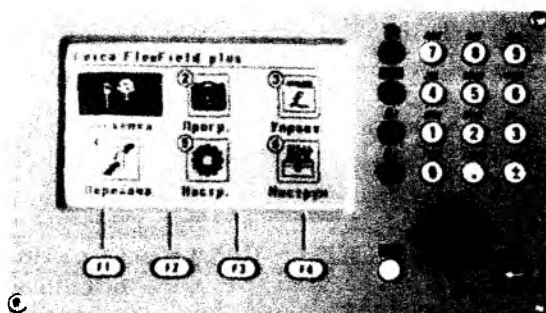


1.5.4-rasm. Info tugmasi yordamida priborning quvvati, xotira maydoni va xokazolarni tekshirish



1.5.5-rasm. Doiraviy adilak pufakchasini markazlashtirish

Bosh menyudan «Управления» bandi tanlanadi va «Проект» qatori tanlanadi so'ngra yangi «Проект» yaratiladi. Hosil bo'lgan darchadan «Проект»ga ishning mavzusidan kelib chiqib nom beriladi va enter tugmachasi bosiladi. Natijada hosil bo'lgan navbatdagi darchaga «Далее» ya'ni F4 tugmachasi ikki marotaba bosiladi va displayda «Данный записано» va «Проект зарегистрировано» yozuvlari nomayon bo'ladi. (1.5.6-rasm)

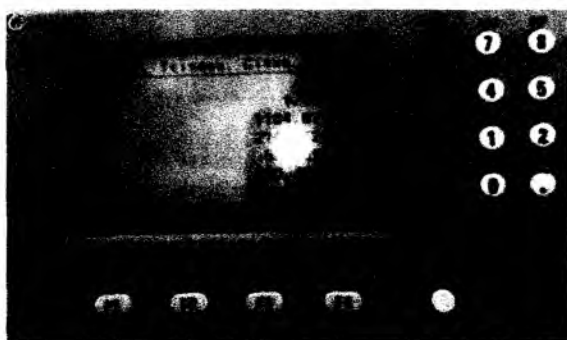


1.5.6-rasm. Bosh menyuyu

Bosh menyudan «Твердая точка» bandiga kirilib hosil bo'lgan ishchi darchaga mazkur turgan nuqtaning ma'lumotlari kiritiladi. (1.5.7-rasm)

Masalan: nomi T1, X=1000, Y=2000, H=500

va F4 tugmachasini bosish yordamida keyingi T2 nuqtaning ma'lumotlarini kiritish so'raladi. Agarda shartli koordinatalar asosida ish olib borilayotgan bo'lsa T2 nuqtasi kiritilmaydi va 2 marotaba ESC tugmachasini bosib darchadan chiqit ketiladi.



1.5.7-rasm. Ishchi darcha

Bosh menyudan programmaga kirilib ustanovka stanyiya qatori tanlanadi va F4 tugmachasi bosilib zapus qilinadi. Xosil bo'lgan navbatdagi darchadan s'yomka metodiga ko'ra orientiro po uglu metodi tanlanadi (shartli koordinatalar tizimi bo'lganligi sababli) keyingi qatordagi stanstiya bandidan F2 tugmachasini bosib «Чулка» buyrug'idagi mavjud yaratilgan T1 nuqtasi F4 tugmachasi yordamida yuklab olinadi. Instrument balandligi o'lchanadi va metr birligida

kiritiladi. F4 tugmachasi yordamida «Далее» funkstiyasi bajariladi va shimoliy qutbga yoki qo'zg'almas ob'ektga nisbatan orientirlanib h gorizontol burchagimizni 0 (nol) qiymatiga tenglab olamiz. So'ngra F2 tugmachasi yordamida «Установка» funkstiyasi bajarilib, «Станция ориентир установлено» yozuvi ostida info namoyon bo'ladi. (1.5.8-rasm)



1.5.8-rasm. Yangi qo'zg'almas nuqta koordinatarini kiritish oynasi

Bosh menyudan programmi bandiga kirilib s'yomka qatoriga kiriladi va F4 tugmachasi yordamida «Заныск» amali bajarildi. Natijada hosil bo'lgan darchadan nur qaytargichning balandligi kiritiladi va kerakli bo'lgan nuqtalarning bo'sahasidan nur qaytargich yordamida belgilanadi. Pribor bilan vizir yordamida nur qaytargich nishonga olinadi va «Все» tugmachasini bosib ma'lumotlar aniqlash jarayoni amalga oshiriladi. (1.5.9 va 1.5.10 rasmlar)



1.5.9-rasm. Pribor bilan vizir yordamida nur qaytargichni nishonga olish

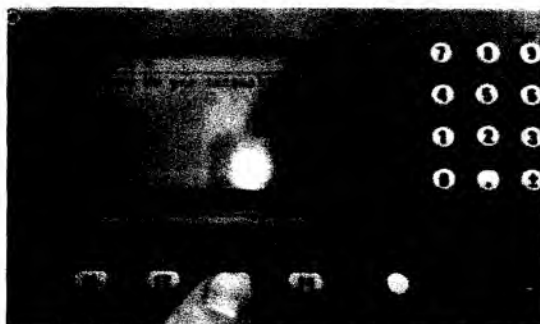


1.5.10-rasm. Ishchi darchadan orientir olingan nuqtalarning qiymatini BCE tugmachasi yordamida hisoblash

S'yomka ishlarini yakunlab navbatdagi baza nuqtasiga ko'chish uchun. ESC tugmachasini bosish yordamida proektan chiqib ketiladi va pribor tregeri

shtativdan maxkamlagich vinti yordamida bo'shatiladi va navbatdagi kuzatuv nuqtasiga o'tiladi.

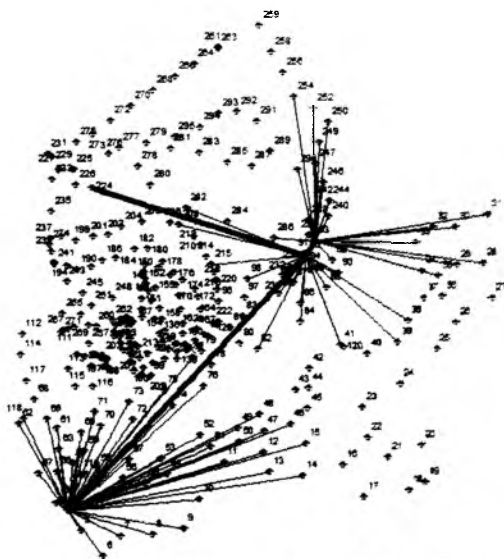
O'rnatilgan bazani ko'chirish: Navbatdagi kuzatuv nuqtasiga o'tilgach, shtativ yerga maxkamlanadi va pribor treger yordamida shtativga maxkamlanadi. Bosh menyudan Prog bandiga kiriladi va ustanovka stanstiya qatori tanlanadi. F4 tugmachasi yordamida zapusk beriladi. Metodga ko'ra «*Ориент по координат*» (mavjud shartli ravshda aniqlab olingan koordinatalar qiymatiga asoson amalga oshiriladi) qatori tanlanadi. Navbatdagi qatordan F2 tugmachasi bosilib «*Список*» buyrug'i bajariladi va mazkur turilgan nuqtaning qiymatlari F4 «*Далее*» tugmachasi yordamida yuklab olinadi. *h* instrument balandligi qaytadan o'lchanib kiritiladi hamda yana bir bor F4 tugmachasi yordamida «*Далее*» amali bajariladi. Natijada «*Введите точки ориентировани*» nomi ostida darcha hosil bo'ladi, unga ko'ra orientir olinmoqchi bulgan nuqtaning raqami va qiymatlari F2 tugmachasi yordamida topiladi va F4 «*Далее*» tugmachasi yordamida yuklab olinadi. Qiymatlar kiritib orientir olinayotgan nuqtaga qaratiladi va BCE tugmachasi bosiladi. Natijalar darchasi hosil bo'ladi va bundan F4 tugmachasini bosib «*Вычислит коорд. станции*» amalga oshiriladi. Takroran F4 tugmachasini bosib, ustanovka ishlari olib boriladi. Ustanovkaga ko'ra orientir olingan nuqtaning mavjud qiymatlari va qaytadan orientir olingan nuqtaning qiymatlari taqqoslanadi. Ish tartibiga ko'ra F3 tugmachasini bosib qiymatlarning o'rtacha xisobi yuklab olinadi. (1.5.11-rasm)



1.5.11-rasm. Qiymatlarni taqqoslash darchasi

Natijada displayda «Станция и ориентация установлены» infosi namoyon bo'ladi. So'ngra bosh menyudan s'yomka bandi tanlanib topografik s'yomka ishlari F4 tugmachasini bosish orqali davom ettiriladi.

Yuqorida keltilgan ketma-ketliklarni bajarish natijasida xududlardagi topografik-geodezik dala qidiruv ishlari amalga oshiriladi va maxsus dasturiy ta'minotlarda tenglashtirish ishlari (reduksiya va markazlashtirish xatoliklarini tarqatish ishlari)ni amalga oshirish bosqichi olib boriladi.(1.5.12-rasm)



1.5.12-rasm. Tenglashtirish jarayoni



1.5.13-rasm. Abris yordamida xududning planini tuzish jarayoni



1.5.14-rasm. Xududning uch o'lchamli modelini qurish jarayoni

Tenglashtirish ishlari yakuniga etgach abris asosida xududning plani va interpolyastiya usuli yordamida xududning relefli modeli quriladi. Amalda bajarilgan ishlarning natijalariga tayanib uch o'lchamdagi model qurish imkoniyatini beradi. (1.5.13 va 1.5.14 rasmlar)

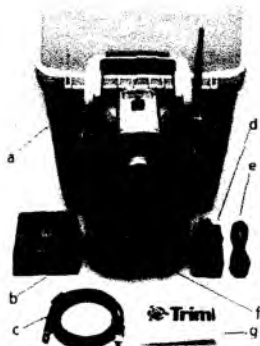
Mavzugu oid savollar

1. Zamonaviy elektron taxeometrлар deb nimaga aytiladi?
2. Zamonaviy elektron LEICA TS 06 PLUS taxeometrning qismlarini tushuntirib bering?
3. Zamonaviy Elektron taxeometr bilan topografik s'yomka ishlarini bajarish tartibi qanday?
4. Zamonaviy elektron taxeometrda o'rnatilgan baza qanday ko'chiriladi?
5. Taxeometr o'zi nima?
6. Nechi xil koordinata sistemalari mavjud?
7. Taxemetrik s'yomka qay tartibda bajariladi?
8. Taxemetrik s'yomka ishlarida birinchi bazadan ikkinchi bazaga o'tish qay tartibda amalga oshiriladi?
9. GPS yordamida koordinatalar qanday aniqlanadi?
10. GNSS yordamida koordinatalar qanday aniqlanadi?

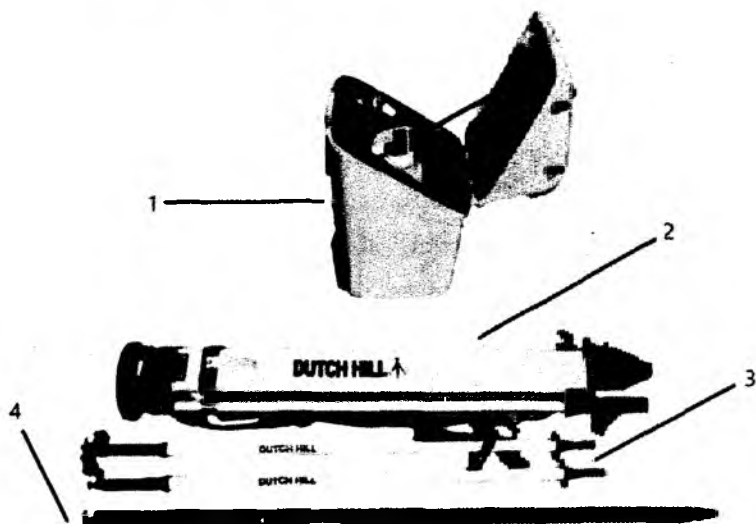
1.6. Trimble S3 elektron taxeometrda topografik s'yomka ishlarini bajarish

Trimble kompaniyasidam jaxon bozorida o'z mavqeyiga ega bo'lgan kompaniyalar qatoriga kiradi. Amerika qo'shma shtatlarida faoliyat olib borayotgan mazkur kompaniya xozirda yarim robotik va robotik rejimida ishlovchi geodezik qurilmalari bilan Leica kompaniyasi singari butun jaxonni xayratga solib kelayotgan yana bir kompaniya sanaladi. Trimble geodezik qurilmalaridam bir paytni o'zida robotik elektron taxeometr va GNSS vazifasini bajaruvchi qurilma mavjud.

“Trimble S3” elektron taxseometrining qismlari



- a) TRIMBLE DR S3 taxseometrining qutisi
- b) Zaryadlovchi qurilma
- c) Kabel
- d) Zaryadlovchi qurilma stabilizatori
- e) Elektr shauri
- f) Asbob va treger
- g) Ma'lumotlar to'plami

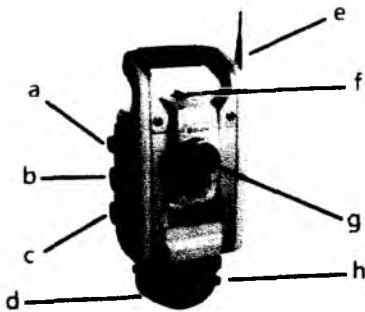


1) TRIMBLE DR S3 taxeometrining qutisi.

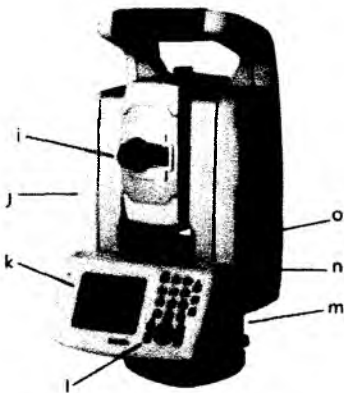
2) TRIMBLE taxeometr shtativi.

3) Yordamchi tirgaklar (qo'shimcha).

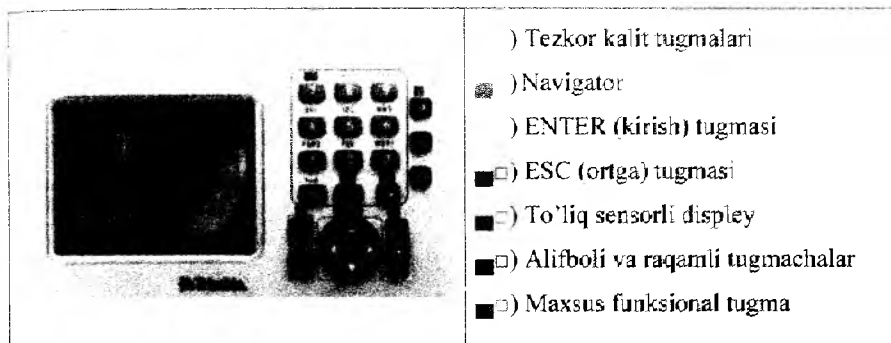
4) Nur qaytargichning (otrajarel) maxsus jihozi.



- a) Tasvirni fokuslovchi vint
- b) Asbobni vertikal burishga mo'ljallangan vint
- c) Optik vizir
- d) Treger (asbob va shtativni mahkamlovchi detal)
- e) Qabul qilgich (controller bilan aloqa o'rnatish uchun)
- f) Orientirlovchi vizir
- g) Obyektiv
- h) asbobni stansiyaga markazlashtiruvchi vertikal vizir



- i) Asbob okulyari (iplar to'rini fokuslovchi vint)
- j) Akkumulyator joylash qutisi
- k) Sensorli monitor
- l) Klaviatura paneli
- m) Asbob ma'lumotlarini eksport (import) qilishiga mo'ljallangan kabel porti
- n) Sensorni boshqarish uchun maxsus ruchka
- o) Qurilmani yoqish va o'chirish tugmasi



-) Tezkor kalit tugmalari
-) Navigator
-) ENTER (kirish) tugmasi
-) ESC (ortga) tugmasi
-) To'liq sensorli displey
-) Alifboli va raqamli tugmachalar
-) Maxsus funksional tugma

Topografik s'ymka ishlarini bajarish tartibi: Topografik syomka qilinishi lozim bo'lgan hudud aniqlangach, birinchi navbatda hudud rekonostsirovka (ko'zban kechirib chiqish) qilinadi. Hudud o'rganib, so'ng uning abrisi (homaki chizma, sxema) shakllantirilishi maqsadga muvofiq.

Yuqoridagi amallar ketma-ketligi bajarilishi bilan navbat eng ko'ruvchanlik yuqori, ravshan nuqta tanlanadi. Joy tanlash talabi quyidagilardan iborat:

- Shtativni yerga mahkamlash (nayzalari sanchilish) imkoni mavjud bo'lishi;
- Syomka qilinishi lozim bo'lgan hududning ko'plab harakterli nuqtalari ko'rinishi;
- Ushbu nuqtadan keyingi huddi shu talablarga javob beruvchi nuqta ya'ni stansiyani yaqqol ko'ra olishi va h.k.

Stansiyani o'rnatish jarayonida shartli koordinatalar yoki davlat koordinatalar tizimidan foydalanilishiga qarab syomka turi tanlanadi.

Shartli koordinatalar tizimida foydalanish chog'ida, geodezistda koordinatalar to'g'risida aniq raqamlar mavjud bo'lmaganligi sababli stansiyaga ixtiyori qiymat berish mumkin. Shu tariqa taxometrning "ориентир по углу" bandi tanlanadi. Ishning keying bo'sqichiga o'tiladi.

GPS yoki GNSS qabul qilgichlar yordamida aniqlangan, koordinatalar (X,Y,H) mavjud bo'lsa, u xolda (kamida 2 nuqta koordinatasi) kiritaladi va "ориентир по координат" bandi orqali taxometrning keying sahifasiga o'tiladi.



1.6.1-rasm. Burchak bo'yicha orientirlash



1.6.2-rasm. Koordinata bo'yicha orientirlash

Eng optimal tanlangan nuqtaning ustki qismiga shtativ joylashtiriladi va mahkamlanadi. Taxeometr o'z tregeri orqali shtativga o'rnatiladi va mahkamlovchi vint bilan qotiriladi(1.6.3-rasm). Tregerda joylashgan vertikal vizir yordamida aniq belgilangan nuqtaning markaziga keltiriladi. Ushbu jarayon o'z nomi bilan asbobni stansiyaga markazlashtirish deb nomlanadi. Tregerda joylashgan doiraviy adilakning pufakchasi markazlashtiriladi. Doiraviy adilakni markazlashtirish shtativdagi vimtlar yordamida amalga oshirilgani maqsadga muvofiq.



1.6.3-rasm. Uskunaning tarkibiy qismlari



1.6.4-rasm. Doiraviy adilak pufakchasini markazlashtirish

Taxeometr ishchi xolatga keltirilgach akkumulyator uskunaga joylanadi va ishga tushirish tugmasi bosiladi. Uskuna ishga tushganidan so'ng Trimble Access dasturiga kiriladi. Dasturda quyidagi oynaga duch kelasiz (1.6.5-rasm).



1.6.5-rasm. Trimble taximetrlari ishga tushirilganda hosil bo'luvchi ilk oyna



1.6.6-rasm. Trimble Access dasturining bosh menyusi



1.6.7-rasm. "Съёмка" bo'limining menyusi

Ushbu menyuning "Съёмка" bo'limiga kirasiz (1.6.6-rasm). Ushbu meyu orqali loyihalar ustida amallar bajarish (проекты), ma'lumotlarni yozish (ввод), hisob-kitoblar (расчеты), syomka (съёмка), razbivka (разбивка), va uskuna (инструмент) bo'limlari orqali vazifa turi tanlanadi. "Съёмка" tugmasi bosilib yangi loyiha ochiladi (создать проект). Unga nom beriladi.

"Съёмка" menyusining "Съёмка" bandiga kirganingizda "Установка на станции" qatori tanlanadi. So'ng ekranda doiraviy ailak paydo bo'ladi. Shu orqali stansiya yakuniy o'rnatish bosqichidan o'tadi. Adilak 3 soniyadan kam xatolik ko'rsatgunga qadar tuzatish kiritiladi, uskuna balandligi nur qaytargich yordamida aniqlanadi va "высота инструмента" qismiga yoziladi. Keyin turgan stansiya ma'lumotlari kiritiladi.

Masalan: nomi ST1, X=5000, Y=5000, H=400

Navbat bazis chizig'ini o'rnatishga yetib keldi. Bazis chizig'i "ориентир по углу" metodi uchun foydalaniladi. Ushbu chiziq shimo'lg qaratib yoki ixtiyoriy

bo'lishi mumkin. Bazisni o'rnatish uchun ixtiyoriy nuqtaga nur qaytargich vertikal xolatda qo'yiladi, ko'rish trubasi orqali prizma topiladi, nuqta nomi (Masalan: ST2) va prizmaning balandligi (aksariyat xollarda 1.500m) kiritiladi. Enter tugmasi bosilgach avtomatik tarzda taxeometr hisoblashni boshlaydi, natijalar bilan tanishtiradi hamda "установка станции завершена" ishorasi bo'ladi.



1.6.8-rasm. Ishchi darcha

So'ng "Съёмка" menyusining "Съёмка" bandiga kirib "Съёмка точек" qatori tanlanadi. Xosil bo'lgan oynada bo'sh kataklar ma'lumotlar bilan to'ldirib chiqiladi. (1.6.8-rasm) Masalan: Имя точки: 1

Код: (bo'sh qoldiriladi)

Высота отражателя: 1,500 м

Nur qaytargich dastlabki xarakterli nuqtaga olib boriladi. Ko'rish trubasi orqali prizmaning markazi topiladi. Quyi o'ng burchakda "Начать" tugmasi hosil bo'ladi va bosiladi. Shu bilan nuqta ma'lumotlari mikroprotsessorda aniqlanib, 2-3 soniya ichida masofa, gorizontal va vertikal burchaklar haqidagi ma'lumotlarni ekranga chiqaradi (1.6.8-rasm). "Начать" tugmasining o'rnida "сохранить" tugmasi xosil bo'ladi va bosilib, xotiraga olinadi. Keyingi nuqta ma'lumotlari avtomatik ravishda taxeometr tomonidan tuztiladi. Vizir va ko'rish trubasi orqali prizma topilib yana "Начать" tugmasi bosiladi. Shu tariqa joyga qarab bir qancha nuqtalarda ushbu jarayon takrorlanadi. Vizual nuqtalar xotiraga olingach

navbatdagi ko'chish nuqtasi topiladi (dastlabki talablar asosida) va vaqtichalik belgi bilan tasvirlanib, ST3 nomi bilan yuqori aniqlikda o'lchanadi.

Mazkur stansiyadagi syomka ishlari yakuniga yetgach, "ёxod" tugmasi bilan loyihadan chiqib ketiladi. Treger shtativdan mahkamlovchi vitni yechish orqali ajratiladi, shtativ ham yig'iladi va navbatdagi stansiyaga yo'l olinadi.



1.6.9-rasm. "Установка на станции" darchasi

O'rnatilgan bazani ko'chirish: Topografik syomkani bajarishda eng muhim bo'g'in bu stansiyani ko'chirish hisoblanadi. Chunki, syomkaning qo'pol hatoliklari shu yerda bajarilishi mumkin. Agar ko'chish jarayonida xatoga yo'l qo'yilsa, barcha jarayon bekor bo'lishi hamda, ishlar boshdan boshlanishi kerak. Amalni bexato bajarish quyidagicha bajarilmog'i lozim: eng avvalo, syomkaning 1-2-3-bosqichlari ketma-ketlikda bajariladi. So'ng, hududning kuzatish doirasi keng va dastlabki stansiyaga ko'rinuvchi nuqta tanlanadi. Ushbu nuqta ob'yektning boshqa tomonida, relyefning kuzatish imkoni mavjud yerda bo'lishi mumkin. Ma'qul deb topilgan nuqtaga vaqtinchalik (mustahkam) belgi qo'yiladi. Belgining ustiga nur qaytargich imkon darajasida tekis (vertikal tik xolatda) tutib turish kerak. Taxeometr ko'rish trubasida ko'chiluvchi nuqtada turgan nur qaytargich nishonga olinadi va s'yomka qilinishi kerak bo'lgan nuqta nomi kiritiladi.

Taxeometr xotirasiga olingan STn nuqtasiga taxeometrni olib borib, o'rnatiladi va nuqtaga o'rnatiladi. Uskuna gorizontol xolatga keltiriladi. Uskunada

amaldagi loyiha (*проект*) tanlanadi hamda “*установка на станции*” bandiga kiriladi. U yerda dastlab, “*имя станции*” qatori tanlanadi, so’ng, nuqtaning nomi ro’yxatdan qidirib topiladi (ko’chish nuqtasi eng oxirida s’yomka qilingan bo’lsa ro’yxatning oxirida joylashadi). Shu nuqta tanlanadi va “*имя задней точки*” bandiga o’tiladi. Keyingi bandda yana majud nuqtalar ro’yxatiga kiriladi, avvalgi bekat nomi tanlanadi (STn-1) va nur qytargich oldingi bekat ustiga joylashtiriladi. Taxeometr nur qaytargichni nishonga olinadi hamda “*Начать*” tugmasi bosiladi. 2-3 soniya ichida taxeometr ma’lumotlarni xotirasiga saqlaydi va mavjud xatolik qiymatini ko’rsatib beradi. Xatolik qiymati 5” dan kam bo’lgan taqdirda “*запись*” tugmasi bosiladi va “*установка на станции*” yakunlanadi. Keyin “*Съёмка*” menyusining “*Съёмка*” bandiga kirib “*Съёмка точек*” qatori tanlanadi. Jarayon davom ettiriladi. Shu ketma-ketlikda n ta ko’chish bajariladi. Ko’chishlar soni cheklanmagan, biroq, yodda tutish joizki, yakunda birinchi stansiyaga bo’lgan xolda ish yakunlansa xatolik miqdori juda kichik bo’ladi.



1.6.10-rasm. Hududning taxeometr xotirasida saqlangan kartasi.

Mavzugu oid savollar.

1. “Trimble S3” elektron taxeometrining qisimlarini tushuntirib bering?
2. Rekognosirovka deganda nimani tushunasiz?
3. Joy tanlash talablari nimalardan iborat?
4. “orientir po uglu” bandi bilan qanday ishni bajarish mumkin?
5. Xududdagi koordinatalarqanday qurilmalar bilan aniqlanadi?

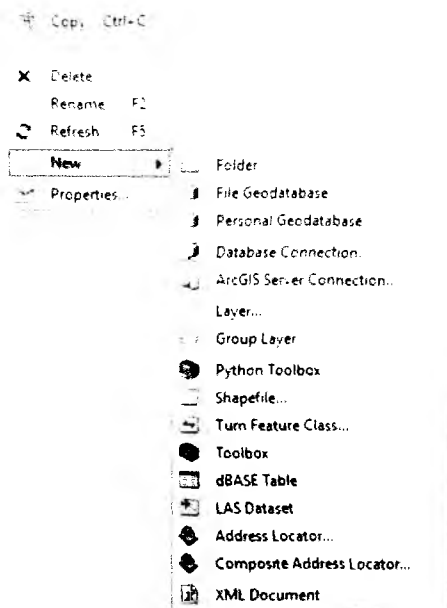
6. Burchak va koordinata bo'yicha orientirlash farqlarini tushuntirib bering?
7. Taxeometr shitativga qanday o'rnatiladi?
8. Elektron taxeometr qanday ishchi holatga keltiriladi?
9. Elektron taxeometrda sanoq olish ketma ketligini tushuntirib bering?
10. Prizmaning markazi qanday topiladi?

1.7. Taxeometrik s'yomka natijalarini ArcGIS dasturi yordamida qayta ishlash

Yuqoridagi amallarni bajarilgan xolatda topografik s'yomkaning dalaishlari o'z yakuniga yetadi. Ushbu ma'lumotlarni taxeometr xotirasiga saqlab, kameral ishlar amalga oshiriladi. Kameral ishlar hududning **topografik xartasini** dasturiy ta'minotda qayta ishlash jarayoni hisoblanadi. Kameral ishlarni bajarishda, ArcGIS dasturidan keng foydalaniladi. Dastur **geografik axborot tizimi** bilan ishlashda o'zning bir qator ustunliklariga ega hisoblanadi. Chunki dastur orqali hududning to'liq tafsilotlari keltirilishi mumkin.

Dala ishlari natijalarini qayta ishlashga keladigan bo'lsak, eng avvalo, uskunada bajarilgan loyiha eksport qilinadi. Trimble taxeometrlarining eksport qilish jarayoni sodda va ko'p formatliligi bilan ajralib turadi. U orqali bercha dasturlarga mos keluvchi formatni tanlashingiz mumkin. Bu esa o'z navbatida vaqtni tejashga yordam beradi. ArcGIS dasturida ma'lumotni qayta ishlash uchun "ESRI uchun" yoki ".shp" fayl tipi tanlanadi va eksport qilinadi. Kompyuter yordamida ushbu fayl saqlangan joyidan topiladi va kompyuterning istalgan joyiga saqlab qo'yilishi mumkin.

Eksport jarayoni yakunlangach, ArcGIS dasturining ArcCatalog bandiga kiriladi. Unda yangi loyiha (Geodatabase) tashkil etiladi va uning ichida qatlamlar yaratiladi. Dasturda asosiy 3 ta (foydalanish miqyosiga qarab undan ko'p) qatlamlar yaratiladi. Bular: nuqtali; chiziqli va maydoni (multinuqta, aralash va boshqalar).



1.7.1-rasm. baza va qatlam yaratish tartibi.

Ushbu qatlamlar orqali nuqtali, chiziqli va maydonli tasvirlarni chizish imkoniyati paydo bo'ladi.



Chiziqli



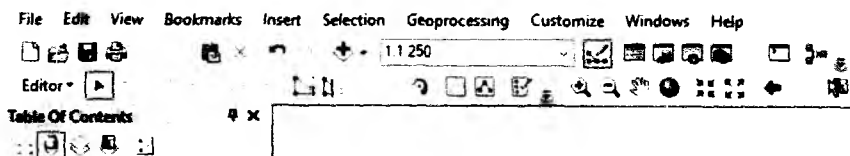
Maydonli



Nuqtali

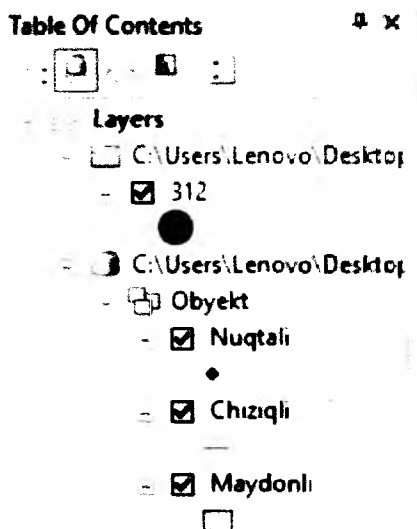
1.7.2-rasm. Asosiy qatlam turlari.

Qatlamlar tashkil etilgach, ArcMap ilovasi ishga tushiriladi. ArcMap ilovasi asosiy ishni bajaruvchi hisoblanadi. Tasvirni chizish aynan u yordamida bajariladi.



1.7.3-rasm. ArcMap ilovasining asosiy jihozlar paneli.

1.7.3-rasmda ko'rsatilgan panel orqali, taxometrdan olingan shp fayl dasturga import qilinadi. Barcha import qilingan ma'lumotlar ro'yxati ishchi oynaning chap tomonidan joy oladi (1.7.4-rasm).

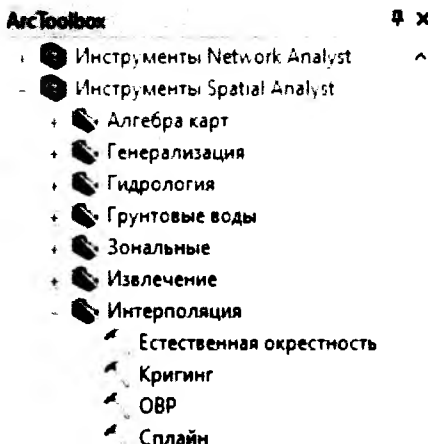


1.7.4-rasm. Mavjud qatlamlar tarkibi.

Shu tartibda qatlamlar shakllantirilgach, asosiy chizish qismiga o'tiladi. Chizishning eng muhim tarkibiy qismi bu – abris hisoblanadi. Unda barcha ma'lumotlar aniq ko'rish uchun qulay va bexato shakllantirilgan bo'lsa, kameral ishlarning sifati ham shunchalik yuqori bo'ladi. Chizish jarayoni abrisdagi nuqtalarni tutashtirish tartibida bajariladi. Binoning burchaklari poligon qatlami bilan tutashtirib chiqilsa, bino egallagan maydon, tasviri hosil bo'ladi. Ariqlar, elektr tarmog'i va/yoki boshqa tarmoqlar nuqtalarini tutashtirish orqali esa, chiziqli qatlam shakllantiriladi. Yakka tartibdagi daraxtlar yoki boshqa aloxida ob'yektal keltirilgan nuqta ustida esa ma'lum shartli belgi keltirilgan nuqtali qatlamlar tashkil etilishi mumkin. Shu tariqa barch xarakterli nuqtalar o'z mazmuniga ko'ra tasvirlab, bir-biri bilan bog'lab chiqilib yakuniy bosqichga o'tiladi. Eng so'nggi bosqichda, chizilgan umumiy plan yoki kartaning relyef

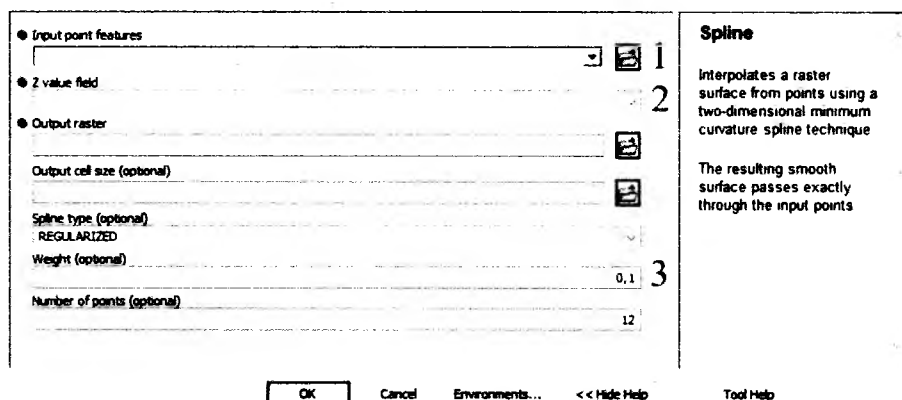
ma'lumotlari uskunalar paneli orqali avtomatik shakllantiriladi. Relyef quyidagi tartibda tasvirlanadi:

ArcToolbox oynasi ochiladi va "Инструменты Spatial Analyst" qutisiga, so'ng, "Интерполяция" qatoriga kiriladi, hamda, "Сплайн" belgisi ochiladi.



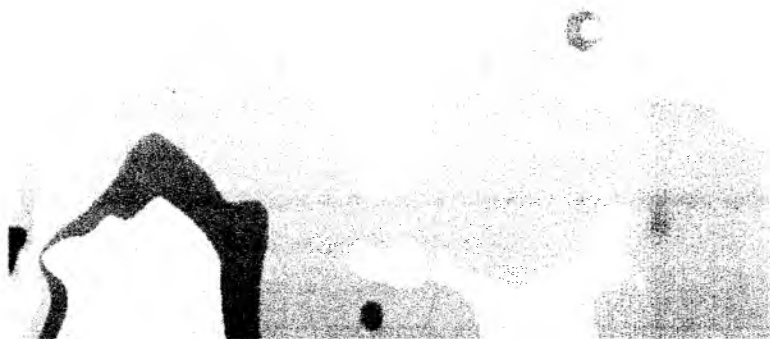
1.7.5-rasm. ArcToolbox oynasi. Relyef hosil qilish metodikasi.

Hosil bo'lgan yangi oynaning birinchi ilovasiga taxeometrdan import qilingan fayl kiritiladi (1-qator. 1.7.6-rasm), davomidan (2-qatorga), ro'yxat orqali "elevation" ya'ni, yer egriligi bandi tanlanadi. 3-keltirilgan qatorga chiziqning qalinligi kiritiladi va "ok" tugmasi bosiladi.



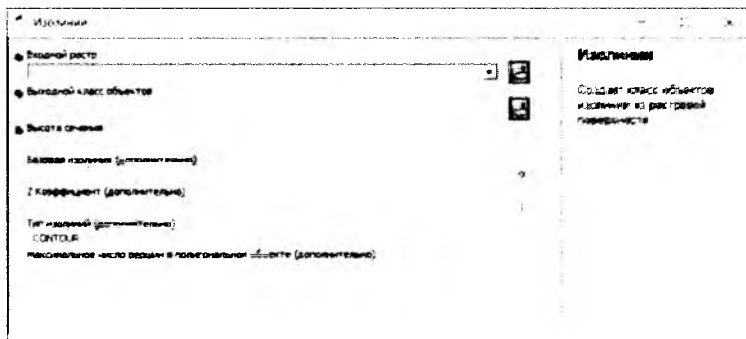
1.7.6-rasm. ArcToolbox oynasi. Relyef hosil qilish metodikasi. «Сплайн» uskunasi faollashtirilgan oynasi.

ArcMap ilovasining asosiy oynasida relyefli qatlam hosil bo'ladi (1.7.7-rasm).



1.7.7-rasm. Spline uskunasi bilan olingan sirt qatlami

Spline uskunasi orqali olingan qatlam tamoman relyef sifatida foydalanishga yaramaydi, chunki relyef tasviri asosan gorizontallardan tashkil topgan bo'lishi maqsadga muvofiqdir. Rasmda keltirilgan qatlam asosida yana bir, yakuniy amalni bajargan holda, gorizontallar ko'rinishidagi relyef qatlamini yasash imkoni vujudga keladi. Ushbu usul uchun yana "ArcToolbox" uskunalar paneliga murojaat qilamiz. Unda yana "Инструменты Spatial Analyst" uskunalar to'plamiga, aniqrog'i, "Поверхность" uskunasi ochiladi. Unda quyidagi oyna xosil bo'ladi (1.7.8-rasm). Asosiy qilinadigan ish bu splayn xosil qilingan qatlamni splayn splayn xosil qilingan qatlamni tanlashdan iborat.



1.7.8-rasm. "Изолинии" sahasi

“Входной растр” qatoriga biz tayyorlagan relyef qatlamini belgilaymiz va “OK” tugmasini bosamiz. Shu tariqa, gorizontallardan tashkil topgan relyef ko'rinishi alohida qatlam sifatida yuzaga keladi. Avvalgi sirt sohasida turgan ishorani olib tashlasak, yoki, sirt qatlamini o'chirib tashlansa, tayyor gorizontallar to'plami hosil bo'ladi (1.7.9-rasm).

1.7.9-rasm. Hududning gorizontallar bilan tasvirlangan qatlamidan ko'chirma.

Topografik planlarni xar qaysi taxeometr yordamida yaratishning asosi yuqorida keltirib o'tilgan uslubiyotdan kelib chiqadi. Hududning dastlabki (homaki) abrisini chizish va uni s'yomka jarayonida to'ldirib borish esa, jarayonning tezligini hal qiluvchi asosiy omildir. Bugungi kunda ishlab chiqarishda taxeometrik s'yomka jarayonini yanada takomillashtirish, foydali ish koeffitsentini oshirish maqsadida bir qancha tajribaviy amaliyotlar sinab ko'rilmogda. Jumladan, abrisiz s'yomka qilish, avtomatik s'yomka rejimidan foydalanishni kengaytirish borasidagi turlicha yondashuvlar ham tobora ko'payib bormogda. Shu bilan bir qatorda yerni o'lchash, hududning topografik planini yaratishda masofadan turib zondlash atamasi ham yonma-yon qo'llash odatiy tusga kirib ulgurdi. Yaqin kelajakda esa GPS va GNSS ham umumiy foydalanishdagi uskunalarga aylanib qolsa ajab emas.

Shu tartibda taxeometrik s'yomka va olingan ma'lumotlarni dasturiy ta'minotda qayta ishlashga oid kurs o'z yakuniga yetadi.

Mavzuga oid savollar.

1. Taxeometrik s'yomka natijalari qaysi dasturda qayta ishlanadi?
2. Kameral ishlarini bajarishda qaysi dasturdan foydalaniladi?
3. ArcGIS dasturida ma'lumotlarni qayta ishlashda qanday tipli fayil tanlanadi?
4. ArcGIS dasturining ArcCatalog bandida qanday ishlar bajariladi?
5. ArcGIS dasturining qatlam turlari nechta?
6. Qanday sohaga "Izolinii" soha deyiladi?
7. ArcToolbox oynasida relef qanday xosil qilinadi?
8. ArcMap ilovasida qanday funuksiyalar bajariladi?

2-BOB. RAQAMLI NIVELIRLAR

2.1. Raqamli va lazerli nivelirlar

Geodezik ishlab chiqarish unimdorligini oshirish maqsadida geometrik nivelirlash jarayonini avtomatlashtirish xohish ancha oldin paydo bo'lgan. Nivelirlash reykasidan sanoq olishni avtomatlashtirishning texnik murakkabligini asosiy sababi sanoq olinishi (o'qilishi) kerak bo'lgan shkala balan indeks (iplar to'ri) orasida bevosita kontakt yo'qligidadir.

Bu muammoni yechish uchun ikki yo'l tanlandi: birinchi yo'l sanoq olish reyka tomonidan bajariladi, bunda nivelir tomonidan beriladigan aktiv-lazer nuri yordamida vizir chizig'i shakllantiriladi yoki ikkinchi yo'l reykanadan sanoq olish asbobning o'zida joriy qilinadi, buning uchun ZBA-qabullovchi qurilmadan foydalaniladi, u o'z navbatida reykadagi ta'svirni raqamli ko'rinishga keltiradi va uni boshqa predmetlardan ajratib oladi. Fazoda aktiv vizir chizig'ini lazerli nivelirlar hosil qiladi. Bu asboblarning komplektiga lazer dog'ining markazini aniqlash uchun fotodiodlarga ega bo'lgan reykalarning kiradi. Bunday usulda o'lchashda ajrata olish qobiliyati reykaning nurlanishini qabullovchi qurilmalar orasidagi masofaga bog'liq bo'ladi va bu aniqligi jihatidan yuqori bo'lmaydi. Tekislikni hosil qiluvchi lazer niveliri bilan stansiyada nisbiy balandliklarni aniqlash o'rta kvadratik xatoligi $\pm 3\text{mm}$ va undan ko'pni tashkil qiladi, agar reyka qancha bo'lgan masofa 100 metr va undan kichik bo'lsa. Lazerli nivelirlar qurilishda geodezik ishlarni bajarish uchun qo'llaniladi. 90 yillar oxirida hisoblash (sanoq olish) qurilmasi asboblarni o'zida o'rnatilgan birinchi raqamli nivelirlar qatoriga Wild firmasining NA 2000 niveliri kiradi, bu nivelir bilan to'g'ri va teskari yo'nalishda (ikki yo'l bilan) bir kilometr masofada nivelirlash xatoligi $\pm 1,5\text{ mm}$ ga teng.

Raqamli nivelirlarning asosiy afzalliklari:

-o'lchashlarning avtomatlashishi operatorning charchashini kamayishiga olib keladi, reykanadan sanoq olishdagi tasodifiy xato xoli bo'linadi. Atmosferaning pastki qatlamlarida havoni titrashi (tebranishi) paytida o'lchash natijalarini

avtomatik ravishda o'rtachasini hisoblaydi va ushbu sharoitda sanoq olish aniqligini oshiradi;

-asbob to'liq avtonom holda ishlashi mumkin. Deformatsiyalarni va vertikal yo'nalishida kichik siljishlarni doimiy nazorat qilishda unga tengi yuq;

-avtomatik ravishda o'lchash natijalarini qayd qilinishi dala jurnalida ma'lumotlarni yozishda yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan xatoliklardan (notug'ri yozishlardan) xoli buladi. Asbobga o'rnatilgan dastur yordamida nisbiy balandlik zudlik bilan hisoblanadi va tabloda yoziladiva ongda hisoblashga xojat bulmaydi;

-nivelirlash reykasini yoritilishi geodezik ishlarni nafaqat kun davomida, balki oqshom va kechqurinlari ham bajarish imkoniyatini beradi.

Raqamli nivelirlar bilan dinamik rejimda ham o'lchash mumkin, masalan, vertikal bo'yicha yo'nalishlarni to'g'ri chiziqligini nazorat qilishda [59]. Buning uchun karetkaga o'rnatilgan reykani, arqon tortgichlar yordamida uncha katta bo'lmagantezlikda (masalan, $V_{\max}=2,4$ mm/s) yo'naltiruvchi bo'ylab surish vaqtida har 10 sekunda raqamli nivellir yordamida sanoq olish mumkin. Bunda ob'ektni nafaqat vertikal bo'yicha, gorizonta bo'yicha ham tashkil etuvchi surilish komponentlarini kuzatish mumkin, bunda 3.1 rasmda keltirilgan oddiy przmalar sistemasidan foydalaniladi.

NA2000/NA2002 (Leica Geosystems AG), DiN22 (Trimble), DL-102c (Topcon), SDL30(Sokkia) raqamli nivelirlari II-IV klass nivelirlash, topografik va kartografik ishlar, transport magistrallarini qurilishda geodezik ishlarni bajarish, tunnellar qurilish va tog' ishlari, quvurlarni yotqazish va kanalizatsiya o'tkazish, deformatsiyani kuzatish va insonnibevosita qatnashishsiz boshqa o'lchashlarni bajarishga mo'ljallangan.

Yuqori aniqlikdagi nivelirlashlarda NA3000/NA3003 (LeicaGeosystemsAG) va DiNi12/DiNi 12T (Tpimble) raqamli nivelirlardan foydalanish imkoniyatlari kengdir. Bu- I va II klassdagi nivelirlashlar: cho'kishni o'lchash; ustun, poydevor va o'qlar holatini nazorat qilish. 2.1.1 jadvalda raqamli

nivelirlarning aniqligi va foydalaniladigan reykalarni tiplariga qarab, ularni turli variantlarda qo'llash imkoniyatlari keltirilgan.



2.1.1-rasm. SDL30(Sokkia) raqamli niveliri



2.1.2-rasm. DiN22 (Trimble) raqamli niveliri

Raqamli nivelirlarning qo'llanilishi

2.1.1-jadval

1km ikkilangan yo'l uchun o'rta kvadratik xato	Raqamli nivelirlarning tiplari (markalari)	qo'llanilishi		
		qurilishda geodezik o'lchashlar	Geodezik ishlar	Sanoatda
1	2	3	4	5
0,3	Dini12/Dini12T, (Trimble) +invarreyka	-	-	++)
0,4	NA 3003 (Leica Geosystems AG) +invarreyka	-	+	++
0,7	Dini22 (Trimble) + invar reyka	-	++	++
0,9	NA 2002 (Leica Geosystems AG) +invarreyka	+	++	++
1,0	DL-102C (Topcon) +fibertovushli reyka	+	++	-
	Dini12/Dini12T, (Trimble) + nivelirlash reykas			
	SDL30 (Sokkia) +fibertovushli reyka			
1,2	NA 3003 (Leica Geosystems AG) + nivelirlash reyka	+	++	-
1,3	Dini22 (Trimble) + nivelirlash reyka	++	++	-
1,5	NA 2002 (Leica Geosystems AG) + nivelirlash reyka	++	++	-

*) "++" - tavsiya etiladi; "+" - qo'llash mumkin; "-" - mujajalar magan

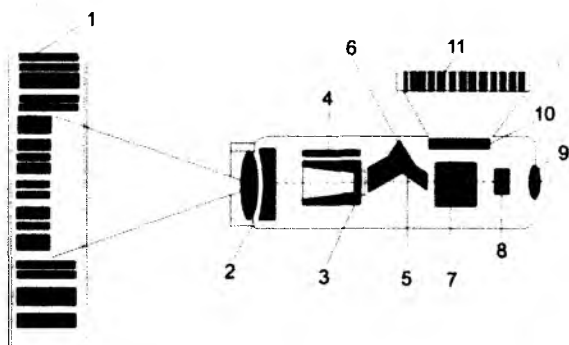
Mavzuga oid savollar.

1. Qanday yeivelirlashag geometrik nivelirlash deyiladi?
2. Lazer niveliri bilan stansiyada nisbiy balandlikni aniqlash necha mm dan oshmasligi kerak?
3. NA 2000 nivelirining xatoligi necha mm ga teng?

4. Raqamli nivelirlarning asosiy avzalliklari nimalardan iborat?
5. Raqamli nivelirlarning qaysilari II-IV klass nivelirlashlarda bajariladi?
6. I va II nivelirlashlarda qanday raqamli nivelirlardan foydalaniladi?
7. DiN22 (Trimble) nivelirining funuksiyalarini tushuntirib bering?
8. DiN22 (Trimble) niveliri qaysi sohalarda qo'llaniladi?
9. Qanday reykalarga invar reykalor deyiladi?
10. Invar reykalor qanday geodezik ishlarda qo'llaniladi?

2.2. Leica Geosystems AG firmasi raqamli nivelirlarining konstruksiyasi va hisoblash prinsipi.

2.2.1-rasmda NA 2002 nivelirning sxemasi keltirilgan. ZBA-qabul-lovchi qurilma yordamida nivelirlash reyka shkalasi kodini hisoblash amalga oshadi. NA2002/NA3003 raqamli nivelirlarining optik elementlari asosan oddiy nivelirdan olingan, shuning uchun reykadanko'z bilan qarab (vizual) sanoq olish mumkin. Avtomatik rejimda o'lchash vaqtda reyka shkalasini kodli shtrixlarning tasviri yorug'likni bo'luvchi blok orqali ZBA-qabullovchi qurilmaning sezuvchi maydoniga proeksiyalanadi.

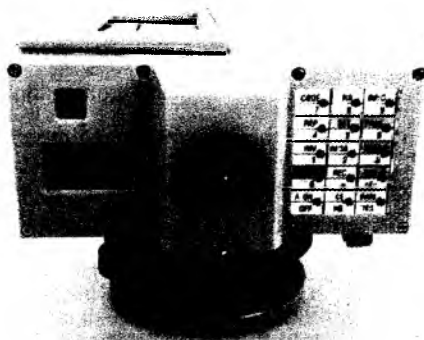


2.2.1-rasm. NA 2002 ((LeicaGeosystemsAG) raqamli niveliri.

1-shtrix-kodli nivelirlash reykas; 2-ob'ektiv; 3-fokuslovchi komponent; 4-fokuslovchi komponent holatini datchigi; 5-kompensator bloki; 6-kompensator holatini nazorat qiluvchi blok; 7-yorug'likni bo'luvchi blok; 8-iplar to'ri; 9-okulyar; 10-ZBA-qabullovchi qurilma; 11-nivelirlash reykas kodining ta'sviri.

Yorug'likni bo'luvchi blok tushuvchi nurlarni spektral zonada infraqizilva ko'rinuvchi nurlarga ajratadi. Bu vaqtda spektorning infraqizil zonasida yotuvchi

nurlar, yorug'likni bo'luvchi qirrasidan qabullovchi qurilma tomoniga qaytadi, ko'rinuvchi qismi esa hech qanday to'siqsiz yorug'likni bo'luvchi blokdan o'tkaziladi va iplar to'ringing tekisligida reykaning ta'sviri shakillanadi.



2.2.2-rasm. NA2002 (Leica Geosystems AG) raqamli niveliri

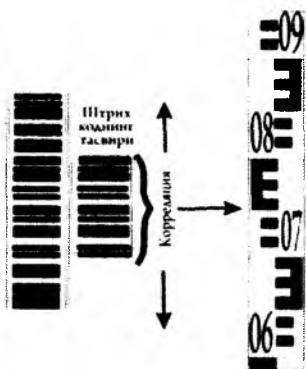
Shu tufayli, bir tomondan kuzatuvchi yorug'lik quvatini yo'qolishini his qilmaydi, boshqa tomondan spektrning infraqizil zonasida katta sezuvchanlikga ega bo'lgan ZBA-qabullovchi qurilmaning sezuvchi maydonida, yetarli intensivlikga ega bo'lgan nurlar tushadi. ZBA-qabullovchi qurilma 256 fotosezuvchan elementlardan (piksellardan) tashkil topgan bo'lib, ular orasidagi masofa 25 mkmga teng. Nivelir optik sistemasining ko'rish maydonining burchagi 2° ga teng, shuning uchun vizirlashning eng kichik masofasi 1,8 metrga teng ZBA-qabul qiluvchi qurilmaning sezuvchi maydoniga reykaning 61millimetri, 100 metr masofada 3,5 metr uzunlikga teng uchastkasi proeksiyalanadi.

1,8 metrdan 100 metrgacha bo'lgan diapazonida qarash turubasini qayta fokuslashda fokuslovchi komponent 14 millimetrga suriladi. Fokuslovchi komponentning holatini bilib, reykagacha bo'lgan masofani taqriban hisoblash mumkin. Reykagacha bo'lgan masofani d_f va fokuslovchi komponent holati s , $d_f = k/s$ ifoda bilan bog'langan, bu yerda k -optik sistemaning doimiyi. Fokuslovchi komponentning holati elektron datchikida qayd etiladi. O'lchash vaqtida elektron sistema bilan asbob qiyaligi kuzatiladi, yoki aniqroq qilib aytganda kompensatorning sezuvchi elementining qiyaligi kuzatiladi. ZBA-qabullovchi

qurilma shtrix kodlar ta'svirini analog-videosignal ko'rinishiga o'zgartiradi, videosignal kuchaytiriladi va raqamli ko'rinishiga o'zgaradi. 256-yorkinlik gradatsisiga ega bo'lgan, diskret signal 256-pikselli ZBA-qabullovchiga kelib tushadi.

O'lchashni boshlashdan oldin kuzatuvchi qarash trubasini reykaqa to'g'rlaydi va fokuslashni bajaradi. Nivelir korpusida joylashgan «Pusk» knopkasini bosilgandan so'ng o'lchash jarayoni avtomatik rejimda (tartibda) davom etadi. Fokuslovchi komponent holat datchigining ko'rsatishi (ma'lumoti) avtomatik ravishda o'qib olinadi, kompensator sezuvchi elementining holati aniqlanadi, signal intensivligiga bog'liq holda ZBA-qabullovchi qurilmani alohida piksellarining zaruriy to'yinganlik darajasiga erishish uchun integrarlashish vaqti aniqlanadi, qo'pol va aniq optimizatsiyalash bajariladi.

Raqamli nivelirning ishlashi korrelyatsiya prinsipiga asoslangan. Bu holda asbobning xotirasiga yozilgan shtrixli kod, ZBA-qabullovchi qurilma yordamida shakillanuvchi signal bilan tenglashtiriladi (2.2.3-rasm). Raqamli nivelirlarda korrelyatsiya qo'llanilishi, ikkita parametрни ya'ni balandlikni va masshtabni optimizatsiyalaydi.



2.2.3-rasm. Leica Geosystems AG firmasi nivelirlarida shtrix-kodli reyklar bo'yicha hisoblash pitsipi.

Bir tomondan «asbob-reyka» balandliklarining farqi reyka kod shtixlarining siljishidek ko'rsatiladi, boshqa tomondan esa kod shtrixlar ta'svirining masshtabi «asbob-reyka» masofa funksiyasi kabi o'zgaradi. Raqamli

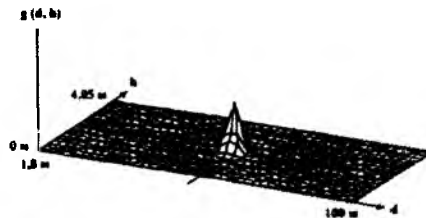
nivelirlarda ikki o'lchamli korrelyatsion funksiya quyidagi formula shaklida yoziladi.

$$g_{PQ}(d, h) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^n Q_i(y) * p_i(d, y+h) \quad (2.2.1)$$

Bu yerda $g_{PQ} - Q$ va P signallar orasidagi korrelyatsiya funksiyasi; $Q(u)$ - ZBA-qabullovchi qurilmaning chiqishidan olingan signal. $P(d, u, +h)$ - asbobning mikro EHM xotirasiga yozilgan, tayanch signal.

2.2.4-rasmda o'lchanuvchi zona ichida korrelyatsiya jarayonning tipiq kechishi ko'rsatilgan. ZBA-qabullovchi qurilma chiqishida olingan signal, yuqori darajada tayanch signal bilan ustma-ust tushganda, korrelyatsiya funksiyasining yaqqol ifodalangan cho'qqisini ko'rish mumkin bo'ladi. g_{PQ} maksimum koordinatadan, d_0 masofa va h_0 balandlik aniqlanadi.

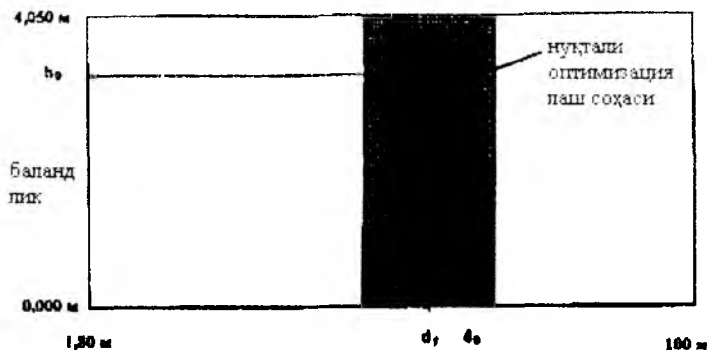
Korrelyatsiya funksiyasining maksimum holatini topish uchun, masofaning mumkin bo'lgan qiymatlarning ($d=1,8..100$ m) va o'lchanuvchi balandliklarning ($h=0.. 4,05$) atrofida qidiruv amalga oshiriladi. Korrelyatsiyani oshirish mumkin bo'lgan barcha qiymatlarni mukammal qidirishi uchun 50000 ga yaqin korrelyatsiya koeffitsentlarini hisoblash zarur, (2.2.4) formula esa 5×10^4 marta qo'llanilishi kerak. Qo'pol va aniq optimizatsiyalashda hisoblashning turli usullarini qo'llash evaziga hisoblash operatsiyalarini qisqartirishga erishildi.



2.2.4-rasm. Korrelyatsiya funksiyasi.

Ko'pol optimallashtirish jarayonida, masofa va balandliklar qiymatlarining chegaralangan atrofda korrelyatsion funksiyani maksimal qiymatlarining taqribiy koordinatalarini qidiruv amalga oshadi (2.2.5-rasm). Qidiruv atrofi fokuslovchi komponentning holatiga bog'liq holda aniqlanadi. Bunday yondashish

tufayli koordinat maksimumini qidiruv jarayonida o'tkaziladigan hisoblashlar soni 80% ga kamayaadi.



2.2.5-rasm. Leica GeosystemsAG forma nivelirlarida korrelyatsion funksiyasining maksimal qiymatini qidirish soxasi.

ZBA-qabullovchi qurilma pikselidagi signalning intensivli bo'sag'a darajasidan oshadi, analog-raqamli o'zgartiruvchida «1» qiymatini oladi, aks holda «0» qiymatini oladi. Raqamli nivelirning mikroprotsessori yordamida, matematik jihatdan quyidagi formula bilan yozuluvchi korrelyatsiya bajariladi:

$$g_{PQ}(d, h) = \frac{1}{N} \sum_0^{N-1} Q_i(y) \oplus P_i(d, h-d), \quad (2.2.2)$$

Bu yerda $g_{PQ}(d, h)$ -korrelyatsiya funksiyasi; Q -ZBA-qabullovchi qo'rilmadan olingan signal; R -asbobning mikro EHM xotirasiga yozilgan, tayanch signal; \oplus - mantiqiy operatsiya belgisi.

Mantiqiy operatsiyaning joriy etilishiga misol:

$P=00111100011...00011100100100100$

$Q=1100110010...00100100100111100$

$g_{PQ}(d, h) = 0000101110...1100011111100111$

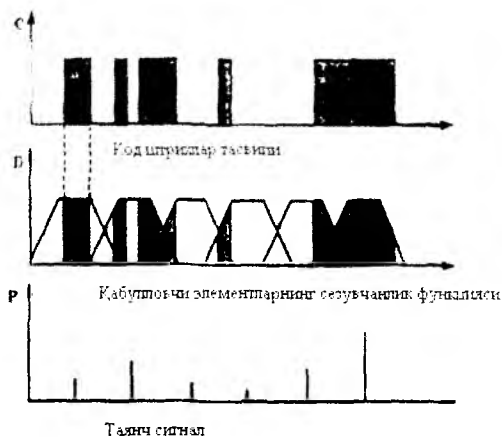
Korrelyatsiya koeffitsienti rastrning har bir «masofa-balandlik»tugun nuqtasida hisoblanadi. Tayanch signalining o'lchangan signal bilan ustma-ust tushish joyida korrelyatsiyaning eng cho'qqisi hosil bo'ladi, u korrelyatsiyaning boshqa koeffitsentlaridankelib chiqadigan shovqinlaridan yaqqol ajralib turadi.

Aniq optimizatsiyalash yordamida yuqori aniqlikda reyka yuziningtasvirini, raqamli nivelir ZBA-qabullovchi qurilmasi va reyka kodi masshtabiga nisbatan siljishi aniqlanadi. Aniq optimizatsiyalash uchun berilgan qidiruv soxasida (2.2.5-rasm), ZBA-qabullovchi qurilmadan olingan signal, ZBA-qabullovchi qurilma elementlarining nurlanish darajasi to'g'risidagi ma'lumotlardan aniq foydalanish evaziga tayanch signallar bilan korreliirlanadi. Barcha 256 ta yorqinlik gradatsiyasidan foydalaniladi. O'lchanilgan va tayanch signallar turli amplitudalarga ega bo'lgan holda korrelyatsiya funksiyasi normallashtiriladi.

$$\rho_{PQ}(d, h) = \frac{\frac{1}{N} \sum_0^{N-1} Q_i \cdot P_i - \bar{Q} \cdot \bar{P}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_0^{N-1} Q_i^2 - \bar{Q}^2} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_0^{N-1} P_i^2 - \bar{P}^2}} \quad (2.2.3)$$

Normallashtirish tufayli korrelyatsiya koeffitsientlar doimo $\pm 1,0$ interval ichida bo'ladi. Bu optimallashtirish oxirida o'lchashdan olingan natijalarga baho berish imkonini baradi. NA3003 niveliri NA2002 niveliridan shunisi bilan farq qiladiki, birinchisida qidiruv zonasi 40% ga zichroq bo'lgan panjaraga ega.

Optimallashtirishdan so'ng ZBAqabullovchi qurilmaning alohida elementlariga tushuvchi nurlanish intensivligining farqlari tahlil qilinadi va hisobga olinadi. Nivelir va reyka orasida xalal beruvchi va shtrix kodni ayrim qismlarini to'silganligi oqibatida shtrix kodni noaniq bo'lgan uchastkalari hisoblash jarayonida payqab-aniqlab olinadi va shundan so'ng korrelyatsiya jarayonida qatnashmaydi. Kod tasvirining qaysi joyida to'siq joylashganligini ahamiyati yo'q. Nivelirlash paytida kod shtrixlarning boshqa ob'ektlari bilan qisman qoplanishi, ko'rish maydonidagi tasvir o'lchamini 20% dan oshmasligi lozim. Ishlab chiqish jarayonida, tushuvchi nurlarning intensivligiga qarab qabullovchi qurilmaning alohida elementlarining (piksellarining) trapesiya shaklida sezuvchanligi hisobga olinadi (2.2.6-rasm).



2.2.6-rasm. Kabullovchielementlarining sezuvchanlik funksiyasi bilan shtrix kodlar ta'svirining yig'masi.

Tayanch signal, ZBA-qabullovchi qurilmaning xotirasida saqlanayotgan sezuvchan elementlari funksiyasi $D(u)$ bilan $s(d,u-h)$ kod shtrixlarining yig'ma tasviri shaklida bo'ladi. Tayanch signal quyidagi matematik ifoda bilan aniqlanadi:

$$P_i(d, h) = \int_{-\infty}^{+\infty} c(d, y-h) dy * D_i(y) dy, \quad (2.2.4)$$

bu yerda $P(d, h)$ - i peksel uchun tayanch qiymati; $D_i(y)$ - piksellarda funksining sezuvchanligi; $c(d, y-h)$ - kod; h - balandlik; u - kod va qabullovchi qurilmaning nisbiy holati; d - masofa.

Nivelirlash reyklariga oq (sariq) va qora yo'lli (shtrixli) binarli kodtushiriladi. 4050mm uzunlikdagi reykanı 2000 shtrixdan iborat kodi bo'ladi. Bundan ko'rinadi-ki asosiy shtrixlar eni

$$4050/2000=2.025\text{mm}$$

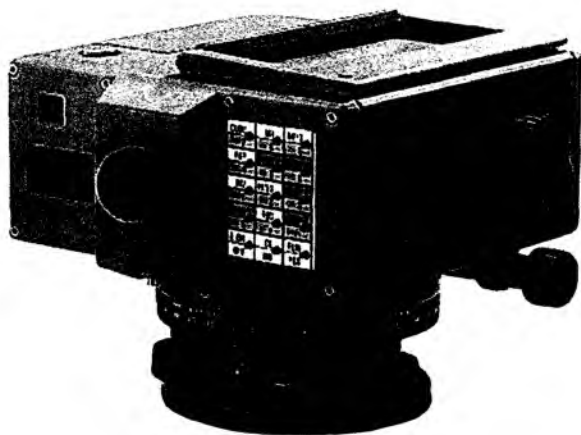
Nivelir asbobining xatoligi shtrix kodlarning holatini aniqligiga va tasvirdagi shtrix kod mashtabiga, optik sistemani tasvirni shakllantirish sifatiga, nivelir vertikal o'qi og'ganda vizir o'qini gorizontol holatini turg'un bo'lishiga, asbob elektron traktida shovqinni kvantlanishi va diskretlanishiga bog'liq.

Asbobaniqligini belgilovchi bu ichki faktorlar nivelirni konstruksiyalashda va tasvir ishlovini konsepsiyasini yaratishda inobatga olingan. Yuqori aniqlikdagi NA3003 nivelirlaridan vizir o'qini qolgan og'ishiga tuzatma kiritiladi, bu tuzatma oldingi va ketingi reykalardan foydalanib, o'lchash amalga oshirilayotganda yelkalar farqi orqali topiladi. Shtrix kodlarni yaqqol tasvirga ko'rish trubasini fokuslash va orientirlash tasiri raqamli nivelirlarda o'lchash natijalarini aniqligiga juda ham kam (minimal) ta'sir ko'rsatadi. Fokuslovchi linzani holati korrelyatsiya funksiyasini maksimumini qidirish sohasini aniqlaydi, shuning uchun yaxshi fokuslash o'lchash vaqtini qisqartiradi. Transport magistrallari yaqinida o'lchash bajarilganda kompensatorning titrashi korrelyatsiya jarayoniga o'zining ta'siri bo'yicha atmosferaning titrashi kabi bir xildadir. Yuqori aniqlikdagi nivelirlashda, shamolni, avtomobil xarakatini va boshqa faktorlarni hisobga olish zarur, ular kompensatorning titrashini keltirib chiqaradi va shunday qilib, vizir o'qi holatining turg'inligiga ta'sir ko'rsatadi. «Takroriy o'lchash» dasturi bo'yicha bir necha o'lchash ketma-ket bajariladi. Ularning soni va olingan o'rta kvadratik xatolik tabloda ko'rsatiladi. Takroriy o'lchash yuqorida aytilgan ta'sirlarni minimallashtiradiva o'lchash sifatini baholash imkonini beradi.

Nivelirlash reykalarni yoritish muxim ahamiyatga ega. Yorug'lantirish darajasiga bog'liq holda (quyosh, bulutli, oqshom) ZBA-qabullovchi qurilmada zaryad to'plash vaqti o'zgaradi. Bu o'zgarish yaxshi yorug'lantirishda 4msek, kichik yorug'lantirishda 2 sekundgacha bo'ladi. O'lchash sistemasi bilan yoritishning bir jinsli emasligi inobatga olinadi. Agar o'lchash sun'iy yoritilish evaziga bajarilsa, nurlanish manbasining spektral tarqalishi quyoshniki bilan mos kelishi talab etiladi. Leica Geosystems AG firmasi reykalarni yoritish uchun GEB 89 manbani tavsiya etadi, undan 40 metrda oshmaydigan masofalarda ishlarni bajarish uchun foydalanish mumkin.

Xaroratning o'zgarishi tufayli sodir bo'luvchi termooptik aberratsiyalar, optiko-mexanik konstruksiyada asbob vizir o'qi xolatini o'zgarishiga olib keladi. Xarorat datchiki hozirgi vaqtdagi aktual xaroratini mikroprotsessorga beradi va

asbobni tadqiqoti natijalari bo'yicha asbobning xotirasida saqlanilgan ma'lumotlarni hisobga olish bilan o'lchangan balandlik qiymatiga tuzatma kiritiladi.



2.2.7-rasm. NA 3003 (Leica Geosystems AG) raqamli niveliри

NA 3003 nivelirini NA 2002 niveliriga qaraganda aniqligini oshirish quyidagi takomillashtirishlar tufayli amalga oshadi:

- yuqori aniqlikdagi kompensatorni qo'llash;
- kichik texnologik dopusklar(qo'nimlar);
- ZBA-qabullovchi qurilmaning sezuvchan elementlari orasidagi masofalarga kiritilgan aniqliklarni inobatga olgan holda korrelyatsiya jarayonini o'tkazish;
- xaroratning o'zgarishi tufayli vizir o'qi holatining o'zgarishini avtomatik korreksiyalash.

Mavzuga oid savollar.

1. NA 2002 ((LeicaGeosystemsAG) raqamli nivelirini nechta qismlardan iborat?
2. ZBA qabullovchi qurilma nechta fotosezuvchan elemetlardan tashkil topgan?

3. Nivelir optik sistemasining ko'rish maydoni necha gradusga teng?
4. Vizirlashda eng kichik masofa necha m ga teng?
5. ZBA qabul qiluvchi qurilmaning sezuvchi maydoniga necha metr uzunlikka teng uchastka proeksiyalanadi?
6. Normallashtirish korrelyatsiya koyfitsenti necha interval ichida bo'ladi?
7. NA3003 va NA2002 nivelirlarining farqlanishi qanday?
8. NA3003 nivelirida qidiruv zonasi necha foyizgacha bo'ladi?
9. Tasvir o'lcham necha foizdan oshmasligi kerak?
10. Reykalarni yoritishda GEB 89 manbayini necha matrdan oshmaganda qo'llash mumkin?

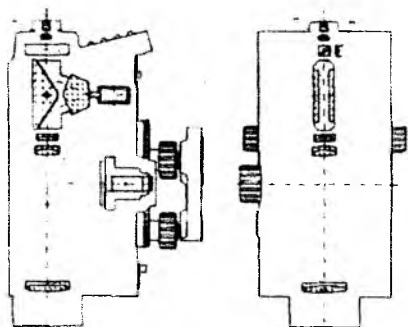
2.3. Trimble firmasining raqamli nivelirlarining konstruksiyasi va sanoq olish prinsiplari.

2.3.1-rasmda DiNi 10/20 nivelirining optik-mexanik sxemasi keltirilgan (yon tomondan kesimda ko'rinishi va yuqoridan ko'rinishi). Ko'rish trubasi qaratilgan reykaning kesmasi, ob'ektiv yordamida va kompensatorning harakatlanuvchi va harakatlanmaydigan elementlarining mayatnik osilgichiga osilgan fokuslovchi linzalari, hamdayorug'likni bo'luvchi linzalar orqali iplar to'ri tushirilgan tekislikda va ZBA-qabullovchi qurilmalarda proeksiyalanadi.



2.3.1-rasm. DiNi 10/20 niveliri

Okulyar yordamida 1-pozitsiyada iplar to'ri tekisligida reykaning tasvirini kuzatish mumkin. Ko'rish trubasini fokuslab, iplar to'ri maydonida reykaning yaqqol-aniq ta'svirini hosil qilishga erishiladi, xuddi shu vaqtda va ZBA-qabullovchi qurilmaning sezuvchan maydonida 2-pozitsiyada, kodning aniq tasviri shakllanadi. DiNi nivelirlarida qabullovchi qurilmaning sezuvchan maydonida tasvirni shakillantirish uchun ko'rinuvchi nurlar qo'llaniladi. ZBA-qabullovchi qurilmadagi signallar tez ishlaydiganuvchi analog-raqamli o'zgartiruvchilarga uzatiladi. Olingan raqamli qiymatlar asbobning xotirasida saqlanadi nivelirlash reykalari kodlarining raqamli tasvirlari, tasvirlarni qayta ishlash dasturlari yordamida qayta ishlanadi.



2.3.2-rasm. DiNi 10/20 nivelirining optiko-mexanik sxemasi.

Nivelirning normal ishlashini ta'minlash uchun yelkaning D_{max} maksimal uzunligida ZBA-qabullovchi qurilmaning sezuvchanlik maydonidagi shtrix kod tasviri, ZBA-bitta sezuvchan elementining (pikselning) o'lchamlardan katta bo'lishi kerak. Faqat shu holda, tasvirlarning elementlari bilan signallarni interpolirlash yo'li bilan shtrix kod holati yuqori aniqlikda aniqlanadi.

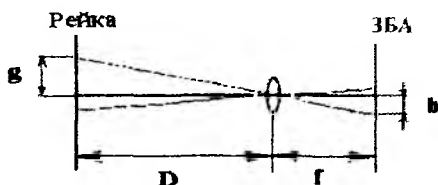
Nivelirda quyidagi shart bajarilishi lozim (2.3.3-rasm)

$$g \cdot f \geq D_{max} \cdot p \cdot OV, \quad (2.3.1)$$

bu yerda p -bitta pikselning o'lchami; D -reykadan nivelirgacha bo'lgan masofa; f -ko'rish trubasi ob'ektivining fokus masofasi; g -nivelirning optik

o'qidan rekaning shrix kodigacha bo'lgan masofa; b -optik o'qdan shu shtrix ta'svirigacha bo'lgan masofa; OV -talab etilgan nisbat

ZBA-qabullovchi qurilma sezuvchan maydonidagi shtrix kod ta'svirining kengligi



2.3.3-rasm. Nivelir ob'ektivi orqali o'tuvchi nurlarning yo'li

2.3.4-rasmda asbob va reyka orasidagi masofa 100 metrga teng bo'lgan holat uchun ZBA-qabullovchi qurilmaning chiqishidagi signal keltirilgan.



2.3.4-rasm. Reykagacha bo'lgan masofa 100 metr bo'lganda ZBA-qabullovchi qurilmaning chiqishidagi signal.

Kodni to'liq va ma'lumotlarni to'raligicha payqab-aniqlab olish uchun «yelkaning» minimal uzunligida nivelirning qabullovchi qurilmasining sezuvchan maydoniga kod shtrixlarining yetarli soni proektsiyalangan bo'lishi lozim. Buning uchun quyidagi shart bajarilishi kerak bo'ladi.

$$N \cdot g \cdot f \leq D \cdot \min \cdot P \cdot z, \quad (2.3.2)$$

bu yerda z - ZBA-qabullovchi qurilmadagi peksillarning soni; N -so'zdagi shtrixlar soni; 2.3.5-rasmda, nivelir va reyka orasidagi masofa 3 metr bo'lgan holat uchun ZBA-qabullovchi qurilma chiqishidagi signal keltirilgan.

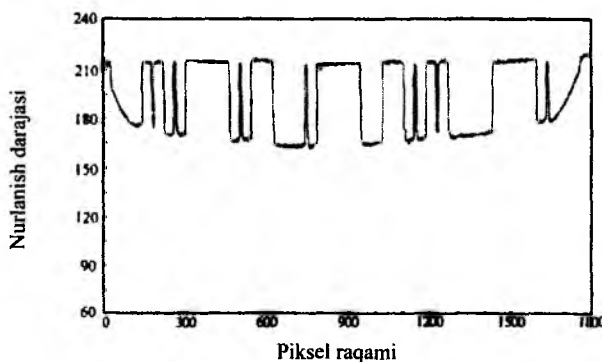
Trimble firmasi nivelirlarining reyklarida ikkili kod tushirilgan, uning raqamlari «0» va «1» qora va oq yo'llarning navbatlanishi kabi joriy etiladi. Reykaning uzunligi kod shtrixlarining soni bilan bog'liq holda ifodalanadi.

$$h = (2^N - 1) \cdot q, \quad (2.3.3)$$

bu yerda N -kod shtrixlarining soni; q -bitta shtrixning kengligi. Bu ifodada 2 hisoblash sistemasining asosi hisoblanadi. Buni logorifmlab so'zdagi zaruriy razryadlar miqdorini aniqlash mumkin.

$$N = \frac{\log\left(\frac{L}{g} + 1\right)}{\log 2} \quad (2.3.4)$$

Odatda nivelirlash reykasining uzunligi L 3 metrga teng, reyka kodi shtrixining kengligi q 2 smga teng, demak hisoblar bo'yicha, $N \approx 7,5$ yoki so'z uzunligi $N \cdot q \approx 15$ sm. DiNi nivelirlarining texnikaviy xarakteristikada, reyka bo'yicha avtomatik ravishda sanoq olish kanalining optik sistemasining burchak maydoni 0,3 metrning 100 metrga nisbati bo'yicha aniqlanadi, demak, katta yelka uzunliklarida ishonchlilikni ta'minlash uchun ikkita so'zni aniqlash orqali bajariladi.



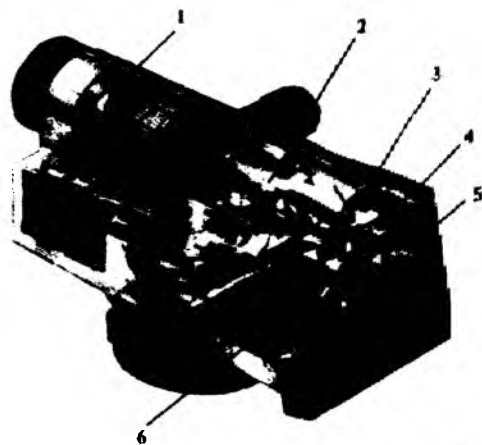
2.3.5-rasm. Reykagacha bo'lgan masofa 3 metr bo'lganda ZBA-qabullovchi qurilmaning chiqishidagi signal

DiNi 12 nivelirida bitta o'lchash vaqti 3 sekundni tashkil etadi, DiNi 22 - niveliri bilan - 2 sekundga yaqin. Bunga reykaning yoritishga bog'liq bo'lgan, ZBA-

sezuvchi maydonni yoritish davomiyligini aniqlashga ketgan vaqt, hamda kompensatorning harakatlanuvchi elementlarning tebranish tufayli sodir bo'luvchi ta'svirni titrashining ta'sirini minimallashtirish uchun ko'p sonli o'lchash natijalarini o'rtachasini chiqarishga va havoning konveksiyasiga ketgan vaqt kiradi.

DiNi 10T / DiNi 12T modifikatsiya raqamli nivelirlarda (2.3.6-rasm) gorizontaal yo'nalishlarini aniqlash uchun sanoq olishning absolyut optiko-elektronli sistemasidan foydalaniladi. Bu tipdagi nivelirlar nivelir taxometr qatoriga kiradi. Hisoblashning absolyut sistemasi $\pm 5'$ xatolik bilan burchak o'lchashni amalga oshirish imkonini beradi.

Trimble firmasining (oldingi SarlZeiss) raqamli nivelirlarida reyka bo'yicha balandlik hisoblashni ikkita turli, masofaga bog'liq bo'lgan kodlar qo'llaniladi. Nivelirdan 3 metrdan 100 metrgacha bo'lgan masofada o'rnatilgan reyka bo'yicha sanoq olish uchun standart kod, 1,2 metrdan 4 metrgacha bo'lgan masofalarda yaqin oblast(atrof) kodi qo'llaniladi.



2.3.6-rasm. DiNi 12T nivelirining umumiy ko'rinishi.

1-ob'ektiv, 2-fokuslovchi linza, 3-havoli dempferli kompensator, 4-bo'luvchi prizma, 5-okulyar, 6 - ZBA-qabullovchi qurilma.

Ikkala holatda ham, absolyut vabir xil(ikki ma'noli bo'lmagan) balandlik hisoblash imkonini beruvchi kodlar to'g'risida gap boradi. Standart kodbinarli

hisoblanadi, «Soʻz» kodi 8 bit yoki 1 bayt oʻlchamga ega. Har bir bit 2 santimetr kenglikga ega boʻladi va bir xil miqdorli ikkita qismdan tashkil topgan boʻlib, ularning har biri 1 sm kenglikga ega. Bular tufayli bitlar hosil boʻladi, ular bir xil oq/oq yoki qora/qora yoʻllardan yoki turli yoʻllardan tashkil topgan-oq/qora yoki qora/oq bitlardan tashkil topdi. 1ga -qora yoki oq bir xil rangli bit, 0 ga ikkita turli rang qora/oq yoki oq/qora toʻgʻri keladi.

Reykaning barcha uzunligi boʻyicha turli qiymatga ega boʻlgan «soʻz» ketma-ket tushiriladi, ular detektirlash va qabullovchi qurilmaning chiqishidagi signalni keyinchalik analog-raqamli oʻzgartirish yoʻli bilan nivelirning ZBA-qabullovchi qurilmasining sezuvchan maydonida proeksiyalangandan soʻng bir maʼnoda aniqlanishi mumkin. Buning uchun, toʻla i bayt qiymatini aniqlash imkoniyatiga doimo ega boʻlish kerak, predmet maydonidagi kodni deshifrlash oblastiga 30 santimetr reykaning kesmasi toʻgʻri keladi, yaʼni «Soʻz» oʻlchamida ikki marta oshadi. 3 metrli reykaning har bir B_{i+n} bitiga tartib raqami biriktiriladi, masalan, 0,1,2, ..., 149. Baytga toʻgʻri keluvchi maydon ichkarisida, qoʻpol sanoq olishda, har bir bitning oʻrtacha holati aniqlanadi:

$$H_{\text{maydon}}^{i+0} = 2,0 \cdot (B_i + 0,5) [cM], \quad (2.3.5)$$

$$H_{\text{maydon}}^{i+1} = 2,0 \cdot (B_{i+1} + 0,5) [cM], \quad (2.3.6)$$

$$H_{\text{maydon}}^{i+2} = 2,0 \cdot (B_{i+2} + 0,5) [cM], \quad (2.3.7)$$

$$H_{\text{maydon}}^{i+n} = 2,0 \cdot (B_{i+n} + 0,5) [cM]. \quad (2.3.8)$$

Barcha qoʻpol sanoqlar har bir qoʻrilayotgan bitni oʻrta chizigʻi holatiga toʻgʻri keladi. Aniq sanoq barcha n bitlarning qatnashidan hosil boʻladi. Barchasidan oldin, bit taʼsviri masshtabi quyidagi formula boʻyicha hisoblanadi:

$$M = 2,0 \cdot n \cdot (b_n - b_0)^{-1}, \quad (2.3.9)$$

bu yerda b_0 va b_n baytda o'lchamida reyka maydonini chegaralovchi, optik o'qdan bitning ichki kantigacha (ZBA-qabullovchi qurilmaning sezuvchi maydonida) tasvir tekisligidagi masofa.

Barcha masofalar b_0, b_1, b_2, b_n topgandan so'ng, har bir bit n (0,1,2,n) holatiga to'g'ri keluvchi, balandliklarning aniqlik qiymatlari aniqlanishi mumkin:

$$H_{\text{aMK}}^{i+0} = M_b \cdot (b_1 + b_0) \cdot 0,5 [cM], \quad (2.3.10)$$

$$H_{\text{aMK}}^{i+1} = M_b \cdot (b_2 + b_1) \cdot 0,5 [cM], \quad (2.3.11)$$

$$H_{\text{aMK}}^{i+2} = M_b \cdot (b_2 + b_2) \cdot 0,5 [cM], \quad (2.3.12)$$

$$H_{\text{aMK}}^{i+n} = M_b \cdot (b_n + b_{n-1}) \cdot 0,5 [cM]. \quad (2.3.13)$$

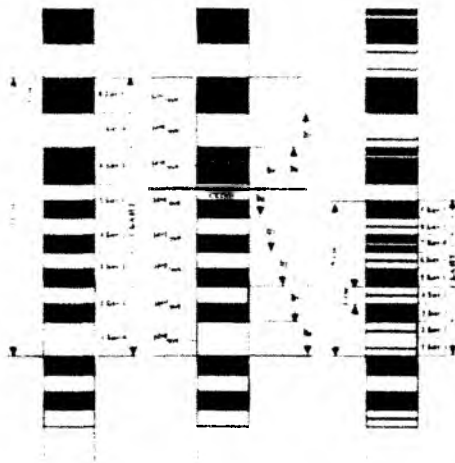
n raqamidan so'ng har bir bitgacha qo'pol va aniq o'lchashlardan foydalanish optik o'qgacha bo'lgan balandlikning qiymatini hisoblaniladi:

$$H^{i+n} = H_{\text{ynon}}^{i+n} - H_{\text{aMK}}^{i+n} [cM], \text{ barcha } n = 0, 1, 2, \dots, n \text{ lar uchun.}$$

Balandliklar, H^{i+n} olingan balandliklarning o'rtacha qiymati kabi hisoblanadi.

$$H = [H^{i+0} + H^{i+1} + H^{i+2} \dots + H^{i+n}] / (n+1) [cM] \quad (2.3.14)$$

Kodda «So'z» (1 bayt) yaqin masofa uchun 9 bitdan tashkil topadi, bunda 1 bitning kengligi 1sm. Bit «0» qiymatiga ega bo'ladi, agarda u oq yoki qora bittasi bilan 1 sm oqo'rta chiziqli bo'lsa. Agar bit oq yoki qora 1 smda bittasi qora chiziqli bo'lsa, bit «1» qiymatga ega bo'ladi. 9 santimetr o'lchamgacha baytning kamayishi tufayli, reyka gacha masofa kichik bo'lganda, ob'ektivning ko'rish maydoniga reykaning kichik uchastkasi tushgan holda ham so'zning qiymatini aniqlashning imkoni bo'ladi. Kichik masofalarda vizirlashda balandlikni aniqlash maqsadida ta'svirni qayta ishlash birinchi holatdagi kabi usul bilan amalga oshiriladi. 2.3.7-rasmda uzoq va yaqindan hisoblash uchun kodlarni birlashtirish bilan Trimble firmasining kodli nivelirlash reykalarning ta'svirlari berilgan.



**2.3.7 – rasm. Trimble firmasining raqamli nivelirlari reyklarining kodlari
Mavzuga oid savollar.**

1. Trimble firmasining raqamli nivelirida sanoq olish prinsiplari qanday?
2. ZBA qabullovchi qurilmalar qanday proeksiyalanadi?
3. 1-pozitsiyada iplar to‘ri tekislikda reykaning tasvirini qanday kuzatish mumkin?
4. DiNi 12 nivelirida o‘lchash vaqti necha sekundga teng?
5. DiNi 22 nivelirida o‘lchash vaqti necha sekundga teng?
6. Absalyut sistemasida burchak o‘lchash xatoligi necha sekundga teng?
7. DiNi 12T niveliri nechta qsmlardan iborat?
8. Standart kodbinarlari necha baytga teng?
9. Kodni deshifrlash necha santimetr ga to‘g‘ri keladi?
10. Qo‘pol sanoq olishda xar bir bitning o‘rtacha holati qanday aniqlanadi?

2.4. TOPCON firmasi nivelirlarida joriy etilgan reyka bo‘yicha hisoblash prinsiplari

ZBA - qabullovchi qurilma chiqishida shakillanuvchi signal, vizirlashning gorizontaI nurining balandligi , hamda nivelir va reyka orasidagi masofa to‘g‘risidagi ma‘lumotlarni o‘zida saqlashi lozim. Bunga erishish uchun kod quyidagi prinsiplarga javob berish lozim:

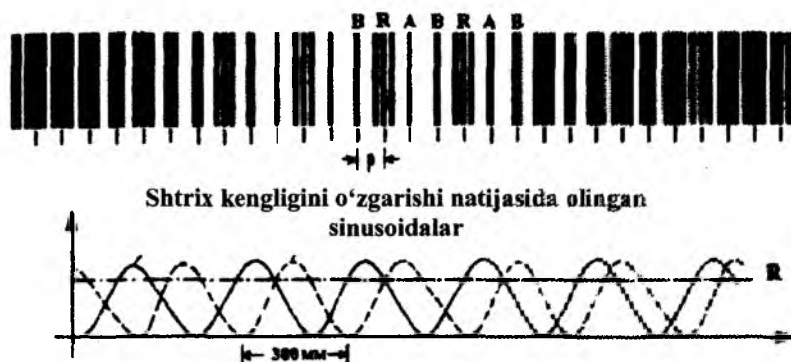
-reykagacha bulgan masofadan qat'iy nazar vizir o'qi qo'pol holatini aynan aniqlashi;

-vizir o'qi holatini imkoni boricha aniqlashni reyka vertikal yo'nalishida 0,01 mmga siljiganni nivelir sezishi kerak;

-o'lchanuvchi signal masofa to'g'risidagi informatsiyani berishi kerak.

2.4.1-rasmda nivelirlash reykasiga tushirilgan kod uchastkasi keltirilgan bo'lib, unda R, A va B uchastkalar davriy ravishda takrorlanadi. Bu uchastkalar 3 metrli uzunlikda $p=10\text{mm}$ interval bilan reykabo'ylab quyidagi tartibda navbatlanadi.

$$R(0), A(0), B(0), -R(1), A(1), B(1) - R(2), A(2), B(2) - R(99), A(99), B(99). \quad (2.4.1)$$



2.4.1-rasm. TOPCONDL-101/102 firmasining nivelirida hisoblash uchun foydalaniladigan kod

R kodi uchastkasi oq yoki sariq yo'llar bilan ajralib turuvchi 2 millimetr kenglikga ega bo'lgan 3 ta bir xildagi shtrixlardan tashkil topgan. Balandlik to'g'risidagi ma'lumotlar A va V kodning uchastkalarini saqlaydi. A va V kod uchastkalarida har bir shtrix yo'llarning kengligi 0 dan 10 mmgacha $\approx 330\text{ mm}$ davr bilan, A uchastka uchun va V kod uchastkasi uchun $\approx 300\text{ mm}$ davr bilan sinusoida bo'yicha o'zgaradi. Kod shtrixlarining minimal kengligi-1 mmga teng. 4 metrli o'lchash oblasti ichida A va V signallar orasida fazali siljish birxilligini ta'minlash uchun, bu kod uchastkalari π ga teng faza bo'yicha bir-biriga nisbatan reykaning asosida siljirilgan, bu vizir o'q holatini aniqlanishini ta'minlaydi. Signal

taxlil qilinganda Fure- almashtirishi bajariladi, buning natijasida signal turli chastatalari bilan uchta tashkil etuvchiga bo'linadi. Masofa va balandlik, bu uchta komponentlarning chastota va fazalarning farqlari bo'yicha aniqlanadi.

Reykagacha masofa qancha katta bo'lsa, asbobning qabul qiluvchi kanalining ko'rish maydoniga shuncha katta reykaning maydoni tushadi. Shu sababli, davriy shakillanuvchi R uchastkalarda joylashgan signallar chastatasi ko'payadi. Bu ma'lumotlarni qarash trubasining optik xarakteriskalarini bilan bog'lab, nivelirdan reykagacha bo'lgan masofani hisoblash quyidagi formula yordamida bajariladi:

$$z = p \cdot l / f, \quad (2.4.2)$$

bu yerda P - reyka kodlarning uchastkalari orasidagi masofa; l - ta'svirdagi kod uchastkalari orasidagi masofa; f - ob'ektivning fokus masofasi.

Balandlikniqo'pol sanog'i, A va V signallar fazasining farqlaridan ZBA - qabullovchi qurilmadagi signalni Fure- almashtirishdan so'ng aniqlanadi. Aniq sanoq, vizirlashning gorizontal chizig'i holatiga to'g'ri keluvchi fazalar kodini o'lchash yo'li bilan bajariladi. Nivelirlash reykalari bo'yicha yakuniy sanoqqo'pol va aniq sanoqlarni ustma-ust tushirish yo'li bilan olinadi.

TOPCOND-101 niveliri bilan avtomatik rejimda o'lchashda «yelka» uzunligi 2 metrdan 60 metrgacha intervalda bo'lishi lozim.

Mavzuga oid savollar

1. Kod shtrixlarining minimal kengli nechi mm ga teng?
2. Nivelir vertikal reyka yo'nalishda necha mm ga siljiganini sezishi kerak?

2.5. Raqamli nivelirlarning reykalari

Raqamli nivelirlar reyka bo'yicha hisoblash prinsiplari bilan reykalalar esa shtrix-kodlari bilan farqlanadi. Shuning uchun, LeicaGeosystemAG firmasining nivelirlari bilan ishlaganda, shu firmaning nivelirlari uchun mo'ljallangan reykalarni qo'llash lozim, TOPCON firmasi nivelirlaridan foydalanilganda TOPCON firmasining reykalaridan foydalanish lozim va hakoza. 1 km ikkilangan

yo'lni nivelirlashda nisbiy balandligini aniqlash o'rta kvadratik xatolig o'lchashda qo'llaniladigan reykarlar materiallarining sifatiga bog'liq bo'ladi.

Ishlab chiqaruvchi firmalar nafaqat yuqori aniqlikda o'lchashga erishishga intiladilar, bir vaqtda reykarlar yengil va mustahkam bo'lishini ta'minlashga xarakat qiladilar. Hozirgi kunda mustahkamligi va og'irligi va chiziqli kengayish koeffitsientining kichikligi -10 PPM (mm/km) bilan juda yaxshi munosabatga ega bo'lgan -shishatola (fiberglas) yangi materiali paydo bo'ldi. 2.5.1-jadvalda raqamli nivelirlarni asosiy texnik xarakteristikalari reyka tiplarini hisobga olib keltirilgan.

Odatda reykaning bir tomoniga, avtomatik ravishda hisoblash uchun binarli kodlar, boshqa tomoniga esa, vizual hisoblash uchun shkala tushiriladi. 2.5.2-jadvalda NA 2002/NA 2003 nivelirlari bilan birgalikda qo'llanuvchi reykaning xarakteristikalari, ularning materialiga bog'liqlikda keltirilgan.

Reyka tipini inobatga olish bilan raqamli nivelirlarning texnikaviy xarakteristikalari.

2.5.1-jadval

Nivelirlarning tiplari	1 km ikkilangan yo'l uchun nisbiy balandlikdarni o'lchash o'rta kvadratik xato		Masofa o'lchash aniqligi	
	Shtrix kodli prezision invar reyka	Shtrix kodli Fiberglas reyka	Shtrix kodli prezision invar reyka	Shtrix kodli Fiberglas reyka
Trimble firmasining nivelirlari				
DINI 12/ DINI 12T	0,3 mm	1,0 mm	0,5 D x 0,001 m	1,0 D x 0,001 m
DINI 22	0,7 mm	1,3 mm		
Torson firmasining nivelirlari				
DL-101c	0,4 mm	-	1 sm + 5 sm	
DL-102c	-	1,0 mm		
Sokkia firmasining niveliri				
SDL 30	-	1,0 mm	-	10 metrgacha ± 10 mm atrofida, 10 metrdan katta bo'lganda - 0,1% x D
LeicaGeosystem AG firmasining nivelirlari				
NA 3003	0,4 mm	1,2 mm	50 m-20 mm	
NA 2002	0,9 mm	1,5 mm	100 m-50 mm	

**Wild NA 2002 / NA 2003 raqamli nivelirlarning reykalarning
xarakteristikalari.**

2.5.2.-jadval

Material	Yog'och	Alyuminiy	Fiberglass	Invar	Invar/fiberglass	Invar/aluminiy
Ishchi uzunlik	4,00 m	4,00 m	4,05 m	60 sm	92 m/ 182 sm	1,94 m 3,00 m
Transportirovka qilgandagi uzunligi	1,04 m	1,1 m	1,58 m	0,65	0,95 m/ 1,85 m	2,00 m
Chiziqli kengayish koeffitsienti	10-20 ppm/°C	24 ppm/°C	<10 ppm/°C	<1 ppm/°C	<1 ppm/°C	<1 ppm/°C
Nivelirdan reyka gacha bo'lgan masofa diapazoni	1,8÷100 m	1,8÷100 m	1,8÷100 m	1,8÷20 m	1,8÷30m/ 60 m	1,8÷60 m
Og'irligi	4,0 kg	3,9 kg	5,0 kg	0,3 kg	1,9 kg	3,5 kg

Mavzuga oid savollar

1. Temaga savollar
2. Qanday reykalarga raqamli nivelir reykalari deyiladi?
3. Reykalar qanday bir-biri bilan farqlanadi?
4. TOPCON firmasining niveliridan foydalanganda qanday reykanan foydalaniladi?

2.6. Raqamli nivelir va reykalarni tadqiqod qilish va tekshirish usullari va vositalari

Nivelir o'lchash aniqligi nafaqat nivelirlarning xatoligi bilan, shtrix kodli reykalarning sifati bilan ham aniqlanadi. Bu reykalarga tushirilgan kodlar o'zining nazariy modeli bilan imkoni boricha aniq mos kelish kerakligini bildiradi. Bu hammadan ham invar shtrix-kodli reykalarga tegishlidir.

Nivelirlash reykalari tekshirish o'tkazishda «Nivelirlash reykalari tekshirish usullari» *MIBGEI 02-89* nizomiga amal qilinadi. Tekshirish jarayonida reykalarning tashqi holatlari tekshirilgandan so'ng quyidagilar aniqlanadi.

- reykaning shkala yuzasining to'g'richiziqi (egilish strelkasi);
- reyka shkala bo'ylama o'qining tavan yuzasiga perpendikulyarligi;

-shkalasi shtrixlarining kengligi va uzunligi;

-invar yo'llarning termik kengayish koeffitsenti;

-reyka shkalasining alohida intarvallari uzunligining nominal qiymatidan chetlashishi;

-shtrixlarning reyka shkalasining bo'ylama o'qiga perpendikulyarligi;

Oddiy nivelirlash reykalaridan sanoq olgandan,shtrix kodli reykalardan vizual sanoq olib bo'lmaydi. Undan tashqari, raqamli nivelirlardahisoblash (sanash) jarayonida turli kenglikdagi ko'plab shtrixlarning ketma-ketligi qatnashadi, shuning uchun bitta kod shtrixi holatining hatoligi, balandlikni hisoblash aniqligiga bevosita ta'sir etmaydi. Shtrix kodlarni rekaga tushirish aniqligini aniqlashda tayyorlash jarayonini barcha talablarga rioya etilganligi aniqlanadi. Yuqori aniqlikdagi shtrix-kodli reykalarni tekshirish uchun ikkita usul taklif etiladi:

-kodlarning alohida shtrixlarini holati va ularning kengliklarini tekshirish, ya'ni tayyorlash jarayonida shtrixlarni tushirish aniqligini va invar reykaning chiziqli kengayish koeffitsentini aniqlash. Bu holda kodlarning alohida shtrixlarining holati, ularning haqiqiy qiymatini nazariysi bilan taqqoslash orqali nazorat qilandi;

-raqamli nivelir yordamida reykaning olingan sanoqlarning farqlarini, lazerli interferometr yordamida olingan etalon farqlarni taqqoslash yo'li bilan «nivelir-reyka» o'lchash sistemasining aniqligi baholanadi.

Mavzuga oid savollar

1. Nivelirlash reykalarni tekshirish qanday nizomga asoslanadi?
2. Shtrix kodli reykalarni tekshirish necha usulda bajariladi?

2.7. Reyka kodining alohida shtrixlar holatini tekshirish.

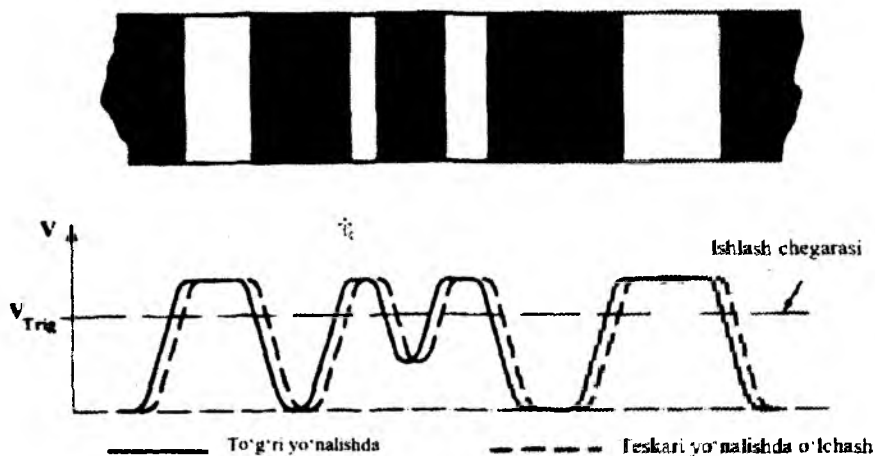
Invar reykalarni tekshirish uchun qo'llaniluvchi Lverma NRW (Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, Germaniya) vertikal interferension komparatorining tuzilish sxemasi 3.14-rasmda keltirilgan.tekshirilayotgan reyka salazkaga (chiqib-tushuvchi qurilmaga)

qotiriladi. Qadamli uzatma yordamida yo'naltiruvchi bo'ylab chuqurligi 7 metrli shaxtada salazkalar siljiriladi. Qo'zg'almas mikroskop yordamida reyka tasvirining taxlili uchun ikkita fotodiodli yorug'lik bo'luvchi blokdan va interferometr dan foydalaniladi, birinchi qayd qilingan shtrixning o'rtasiga nisbatan reyka kod shtrixining o'rta holati avtomatik ravishda qayd qilinadi. Birinchi kod shtrixning holati 0,000 mmga teng deb olinadi. LVerma NRW komparatori + 4 S dan + 45 S gacha xarorat oralig'idagi harorat kamerasida joylashadi va invar reyka bo'laklari xatoliklarni aniqlash va ularning temperatura ta'siridagi deformatsiyasini aniqlash uchun qo'llanilishi mumkin.

Chunki invarni chiziqli kengayishining harorat koeffitsenti yaxshi ma'lum, shuning uchun reyka uzunligining harorati o'zgarishining hisobi algebraik yo'l bilan bajarish mumkin. Invar yo'llarga bo'yoqqatlamni noto'g'ri tushirishda «tortilish» tufayli yuzaga keluvchi hatoliklar ma'lum. Invar reyka korpusini tayyorlash sifatiga va invar yo'llarni korpusga maxkamlash usuliga ham ko'p narsalar bog'liq. Odatda korpus aluminiydan tayyorlanadi. NEDO firmasining yuqori aniqlikdagi reykalarda invar yo'llar «juda yumshoq» o'rnatuvchi ship bilan korpusga mahkamlanadi, bunday mahkamlash harorat o'zgarganda deformatsiyaga olib kelmaydi. Plastmassakorpusli eng reykalar ham mavjud. Ular vazn bo'yicha yengil, ammo plastmassali korpusga invar polosani chekkalarini tiralishi, chiziqli kengayish temperatura koeffitsentlarining katta farqlari tufayli deformatsiyani (egilishni) yuzaga keltiradi. Lverma NRW komparatori yordamida haryili 230 ga yaqin nivelirlash reykalari tekshiriladi, ulardan 90% kodli reykalardir.

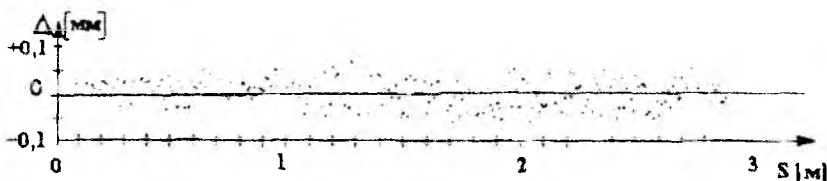
80-yillar oxirida ishlab chiqilgan, tariflangan komparatorning kamchiligi shundan iboratki, faqat katta bo'lmagan kenglikdagi shtrixlar holatini qayd etuvchi mikroskopga egadir. Shu sabablikodli reykalarni tekshirishda, shtrixlar turli kenglikda bo'lganligi uchun barcha shtrixlarni tushirish sifatini baholab bo'lmaydi. Tekshirish paytida, reykaning uzunligi bo'yicha paydo bo'ladigan faqat sistematik tashkil etuvchi xatoliklari aniqlanadi.

Invar reykalarni tekshirish uchun Bundesver Myunxen Unversitetining (Universität der Bundeswehr München) geodezik laboratoriyasida gorizontol komparatordan foydalaniladi. faqat bir fotoqabullovchiga ega bo'lganbu komparatorning mikroskopi yordamida kod shtrixlarining chetlarini holati, ya'ni yorqin kod yuzasidan qora kodga o'tish va aksincha qorakod yuzasidan yorqinga o'tish aniqlanadi. Reykaning surilishi to'g'ri va teskari, ya'ni ikki yo'nalishda amalga oshiriladi. Fotoqabullovchi qurilma chiqishda to'g'ri va teskari yo'llarda qayd qilinuvchi ikkita kuchlanishning VTrig (2.7.1-rasm) o'rtachasiga to'g'ri keluvchi, shtrix chekkasining o'rta holatlari hisoblanadi.



2.7.1-rasm. Skanirlash natijasida olingan uchastkani, fotoqabullovchi qurilma chiqishidagi reyka uchastkasiga tushirilgan kod va signali

Kod shtrixlari chekkalarining holati aniqlangandan so'ng uning o'rta chizig'ining holati hisoblanadi va bu holat haqiqiy qiymat bilan taqoslanadi. Taqqoslashlarning natijasi, shtrixlarni haqiqiy qiymatidan og'ishi Δ (2.7.2-rasm) grafikda x o'qi bo'yicha qo'yilgan. Olingan funksiya birinchi darajasi $Q(S)$ $v+s$ polinom bilan shunday tarzda approksimatsiyalanadiki $Q_1(S)$ ni $\Delta(S)$ dan chetlashishi berilgan S balandliklar to'plamidan eng kichik bo'lsin.



2.7.2-rasm. № 9148 NA2000 invar reykaning tekshirish natijalarining grafik shakldagi ko'rinishi. Polinom koeffitsientlari: $b = 0,018 \text{ } 0,002 \text{ mm}$ $s = -0,013 \text{ } 0,001 \text{ mm/m}$.

Ushbu usul, barcha shtrix kodlarni reyka tushirishni to'g'riligini baholash imkonini beradi, ya'ni ularning siljishini va kengliklarining o'zgarishini aniqlaydi. Shtrixlar holatining haqiqiy holatidan chetlashish cheki DiN 18717 standartga muvofiq, Germaniya xududlari uchun $\Delta S = \pm(0,02 + s \cdot 2 \cdot 10^{-3})$ [mm]. Reykalarni tekshirish uchun mo'ljallangan interferensiyalar komparatori o'lchashlarni $\sigma_m \leq 1 \text{ ppm}$ (mm/km) o'rta kvadratik chetlashish bilan bajarish imkoniyatini beradi. 3 metr uzunlikdagi reykalarni to'g'ri va teskari yo'nalishda tekshirishga ketgan vaqt 20 minutdan oshmaydi.

2.7.2-rasmda «Raqamli nivelir-kodli reyka» sistemalarini tekshirishda qo'llaniladigan qurilmaning sxemasi berilgan. Yo'naltiruvchiga gorizont ravishda joylashtirilgan kodli reyka, berilgan ixtiyoriy intervallarda elektrivod yordamida siljilishi mumkin. Reykani siljitish intervallari interferometr yordamida o'lchanadi. Interferometrli sistemaning o'lchovchi kanalidagi nurlar yo'lini to'smaydigan qilib, tekshiriluvchi raqamli nivelir P-shakldagi taglikka o'rnatiladi.

5 metr masfada gorizont ravishda joylashgan reyka bo'yicha sanoq olishni ta'minlash uchun nivelirning gorizont vizir nuri, ko'z gudan qaytgandan so'ng o'zining yo'nalishini 90° ga o'zgartiradi. Sistemada diametri 25 sm bo'lvan ko'zgu qo'llaniladi, uni tayyorlash xatoligidan sodir bo'luvchi to'liq inli aberratsiyasi, yorug'lik to'liqini uzunligining yigirmanchi qismidan oshmaydi ($\lambda/20$). Ko'zgu va reyka orasidagi masofa $\approx 0,5$ metr.

Bunday parametrlarda, sistemada ko'zgu bilan nivelirning qabullovchi kanalining ko'rish maydonida chegaralanish sodir bo'lmaydi va balandlikning (0 dan 3 metrgacha) barcha diapazonlarida nivelir bilan o'lchashni o'tkazish imkoniyati ta'minlanadi. Tekshirish paytida haqiqiy qiymat (etalon) sifatida, lazerli interferometr yordamida aniqlanuvchi, reykaning siljish miqdori qabul qilinadi. Haqiqiy qiymat, raqamli nivelir yordamida bajariladigan, reyka bo'yicha olingan sanoqlar farqi kabi olingan miqdor bilan taqqoslanadi. Tekshirish to'la avtomatik rejimda bajariladi, chunki tadqiqod qilinayotgan nivelirdan ma'lumotlarni seriya portiga va interferometrdan o'lchash jarayonlarini boshqaruvchi kompyuterga uzatish va bu ma'lumotlarni keyinchalik qayta ishlash jarayonlari avtomatlashtirilgan. Bu qurilmada NA 3000 nivelirini tekshirish natijalariga ko'ra o'rta kvadratik xato $\pm 0,04$ millimetrdan oshmadi.

«Nivelir-kodli reyka» sistemalarining reykalarni vertikal holatda tekshirish afzalroqdir masalan, LVermA NRW tipidagi komparatorini qo'llash orqali. Vertikal holatda joylashgan komparatorida reyka ishchi holatda joylashadi, vizir nurini 90°ga chetlashishi uchun ko'zgodan foydalanish zarurati bo'lmaydi, u ham tekshirish paytida o'zining holatini o'zgartirishi va to'lqimli aberratsiya sababli qo'shimcha xatoliklarni keltirib chiqarish mumkin.

Mavzuga oid savollar

1. 3 metr uzunlikdagi reykalarni to'g'ri va teskari yo'nalishda tekshirishga qancha vaqt ketadi?
2. Reyka bo'yicha sanoq olishda gorizontal vizir nuri necha gradusga o'zgaradi?
3. Sistema diametri necha sm bo'lgan ko'zgu qo'llaniladi?

2.8. Raqamli nivelirlarni tadqiq qilish va tekshirish.

Kompensatorli nivelirlarni tekshirish va tadqiq qilish operatsiyalari ishlarda berilgan batafsil yoritilgan.

«Nivelirlar tekshirish uslublari» MIBGEI 07-90 "Nivelirni. Metodika poverki»ga muvofiq asboblarni tekshirishning asosiy shartlari quyidagilardan iborat:

- tashqi ko'rikdan o'tkazish, komplektligini, nivelirning xarakatlanuvchi uzellarining o'zaro harakatini va ishga yaroqligini, shtativ mustahkamligini, kompensatorning ishga yaroqligini tekshirish;

- doiraviy adilakni to'g'riligini tekshirish;

- dalnomer koeffitsentini va dalnomer iplar to'ri assimetriyasini aniqlash;

- qarash trubasini qayta fokuslashda vizir o'qini siljishini (holatini o'zgarishini) aniqlash;

- kompensatorni tekshirish;

- stansiyada nisbiy balandlikni o'lchash o'rta kv. xatosini aniqlash;

- 1 km ikkilangan nivelirlash yo'lda nisbiy balandlikni o'lchash o'rta kvadratik xatosini aniqlash.

Raqamli nivelirlar normal ishlashi uchun qator shartlarga rioya qilishnishi lozim:

- qarash trubasi va qabullovchi optika-elektron sistema o'qlarining o'qdoshligi;

- qarash trubasini qayta fokuslashda kodli reykaning tiniq ta'svirini iplar to'ri tekisligida va shu bilan bir vaqtda ZBAqabullovchi qurilmaning sezuvchan tekisligida shakllantirish;

- vizirlash chizig'ining gorizontal emasligi tufayli sodir bo'luvchi xatolik minimal bo'lishli kerak. Kompensatorni harakatlanuvchi elementining tebranishini yaxshi dempfilanishini ta'minlash va yetarli kompensatsiyalanmasligi (yoki ortiqcha kompensatsiyalanishi) tufayli kelib chiquvchi xatolikni sanoqlarga ta'sirini minimallashtirish.

Bu shartlarning bajarilishi asbobni yig'ish jarayonida erishiladi. Yig'ish uchun quyidagi uskunalardan foydalaniladi: kompensator va dalnomer iplari bilan ta'minlangan kollimator; shtrix-kod imitatori; nivelirni mahkamlash uchun qurilma; ZBA-qabullovchi qurilmani va bo'luvchi prizmani o'rnatish (sozlash) uchun texnologik mikroskop. Nivelirni yig'ish doiraviy adilakni puxta sozlashdan boshlanadi. So'ngra nivelirning qarash trubasini kollimatorning iplar to'riga

to'g'rilanadi. Shundan so'ng kompensator blokini o'rnatish va sozlash amalga oshiriladi. Shu bilan birga yetarli bo'lmagan kompensiyalash (ortiqcha kompensatsiyalash) va gorizantal tekislik va vizirlash chizig'i orasidagi i burchak to'g'rilanadi. i burchaknito'g'rlash iplar to'rini siljitish yo'li bilan amalga oshiriladi. Shtrix-kodlar imitatori va texnologik mikroskop yordamida, yorug'likni bo'luvchi prizmani siljitish bilan, o'qdoshlikka va bir vaqtda yorug'lik dastasini qabullovchi qurilmaning sezuvchan yuzasida va nivelirning iplar to'rida fokuslanishiga erishiladi. Yig'ish tugagandan so'ng, komp'yuter yordamida reykanı qora va oq shtrixlari kontrol uchun o'qib olinadi. Bazisda dalnomerning doimiysi aniqlanadi va asbob mikro EXM ining xotirasiga yoziladi. i burchak aniqlanadi, uni tuzatish uchun tuzatma hisoblanadi, u ham kompyutor yordamida asbobning xotirasiga yoziladi. Raqamli nivelirlarni ayrim tadqiqotlarini va tekshirishlarini ko'rib chiqamiz.

Raqamli nivelirlarni avtomatlashtirilgan hisoblash sistemasini ajrata olish qobilyatini tekshirish uchun, LVerMA NRW tipidagi vertikal interfrension komparatoridan foydalaniladi. Nivelir va reyka orasidagi masofa 11 metr qilib olindi. Nivelir reykası vertikal yo'nalishda 0,02 mm oraliq bilan siljıtıldı. Xar bir intervalda (oralıqda) olingan sanoq "u" o'qi bo'yicha qo'yilgan "x" o'qi bo'yicha esa reykanı siljitish intervalı (oralıg'i) qo'yilgan. Bog'lıqlik zinapoya ko'rinishiga ega, o'lchash natıjaları 0,1 mm gacha yaxlitlangan. Nivelir tablosida 0,01mm aniqlikda berilgan o'lchash natıjaları aniqlik jixatidan past.

O'lchash bajariladigan joylardagi xarorat sharoiti transporda tashish haroratidan yoki asbobni saqlash harorati farq qiladi, shu sababli texnik adabiyotlarda o'lchash boshlangunga qadar, asbobni «iqimlanishi» (haroratga moslanishi) uchun bir oz kutishni tavsiya etiladi. Bu holda shunday savol tug'iladi, kutishning qancha vaqti optimal (maqbul) hisoblanadi? Atrof muhit sharoitini o'zgarishi tufayli o'lchash aniqligini pasayishining sababini, kompensatorni xarakatlanuvchi elementidan izlash mumkin. Kompensator qismlarida haroratning notekis o'zgarishi vizir chizig'ini qiyalik burchagini

o'zgarishiga olib keladi. Harakatni o'zgarishta'sirini aniqlash uchun, tadqiqot qilinadigan NA 3000 niveliri 40 li haroratda 10 soatga yaqin ushlab turilgan. Asbob termokameradan chiqarilgandan so'ng 20,5^oS li doimiy haroratdagi xonada, muntazam har 0,5 minut oralig'ida harakatlanmaydigan joyga o'rnatilgan reykadan o'lchash bajarilgan. 3.19 rasmda 120 minut davomida olingan o'lchash natijalari keltirilgan. Rasmdan ko'rishimiz mumkinki vizir chizig'ining holati 0,6....., 0,7 mm gacha o'zgargan. Demak vizir chizig'ini holatini stabilizatsiyalash uchun 100 minutdan ortiq kutish kerak bo'ladi, 5 minut vaqt oralig'ida, 1^oS ga to'g'ri keladi, deb xulosa qilishimiz mumkin.

Kompensator bilan nivelirning vizirlash chizig'ini gorizontal holatda o'rnatish aniqligi kompensatorning sezuchanligiga bog'liq. Sezuvchanlik o'z navbatida kompensator detallarini tayyorlash va yig'ish sifatiga, optik elementini (podveskasini) osuvchi iplarni tayyorlash texnologiyasiga va sifatiga, ularga mahkamlangan optik elementning massasiniosuvchi iplarining ko'ndalangkesimiga to'g'ri nisbatda bo'lishiga bog'liqdir. NA 3000 kompensatorining sezuvchanlik ostonasi -0,25"0,28", NA 2000 nivelirini kompensatorini sezuvchanlik ostonasi 0,33' ni tashkil etadi. Sezuvchanlikostonasi kollimator yordamida vizual kuzatish orqalianiqlash mumkin.

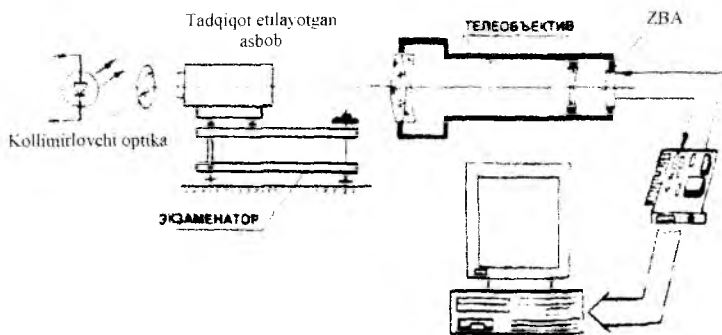
Osiluvchi sistemalarni tayyorlash va sozlash xatoliklaridan yuzaga keluvchi kompensatsiyalash («ortiqcha kompensatsiya» yoki «yetarli bo'lmagan kompensatsiya») qoldiq xatoligi kompensatorini ishlash chegarasi $\pm 10'$ ga teng bo'lgan NA 3000 niveliri, - ishlash chegarasi $\pm 12'$ ga teng bo'lgan NA 2000 nivelirini tadqiqotlarior'tkazildi. O'lchash to'g'ri va teskari yo'nalishdabajarildi. Agar asbobning qiyaligi chekli qiymatdan oshsa unda asbobning tablosida xatoga yo'l qo'yilganligi to'g'risida ma'lumot paydo bo'ldi.

Kompensatsiya qoldiq xatoligi sistematik xarakatlarga ega, qoldiq xatolik nivelirning qiyalik burchagiga proporsional. Ushbu rasmlarda keltirilgan egri chiziqlarda gisterezisga (elastik natijaga) sarflanuvchiishni xarakterlovchi gisterezisli halqalar yo'q, bundan kelib chiqadiki osish uchun yuqori darajada

egiluvchan materiallar qo'llaniladi va kompensatsiya sifatiga gisterezis ta'sir ko'rsatmaydi. Zamonaviy nivelirlarda osish uchun to'g'ri burchakli kesimga (torsionlar) ega lentalar qo'llanilishi asboblarni yon tomonga og'ishida osiq sistemalarining burilishini kamaytirishga imkon yaratadi va shunday qilib, kompensator bloki qaytaruvchi yuzasining qo'shimcha og'ishini yo'qotadi.

Hozirgi vaqta korxonalarining metrologik bo'limlarida ishlash diapozonini nazorat qilish vizir o'qini o'zi o'rnatish xatoligini, kompensator ishlashidagi sistematik xatolarni, nivelir kompensatorlarining xarakteristikasini nazorat qilish uchun optikmexanik tekshirish qurilmalaridan keng foydalaniladi. Odatda qurilma fokus masofasi $f=500$ mmdan kichik bo'lmagan kollimatordan, hamda o'lchov vintining bo'lak qiymati $1'' \div 5''$ ga teng bo'lgan mexanik ekzamenatordan tashkil topgan. Kompensatorning optik o'qi va nivelirning vizir nuri orasidagi burchaklarni muvofiqligining buzilishini o'lchash jarayoni hozirgacha avtomatlashtirilmagan.

Raqamli kollimator, kompyuterbilan birgalikda kollimator optik o'qi va nivelirning vizir o'qi orasidagi burchaklarning muvofiqligining buzilishini talab etilgan aniqlikdagi o'lchashni ta'minlovchi, kompyuter dasturi, o'lchash natijalarini taxlil qilish, nivelir kompensatorlarni tekshirish uchun avtomatlashgan ishchi o'rinni barpo etish imkonini beradi, uning sxemasi 3.22-rasmda keltirilgan. Iplar to'rini yorug'lashtirish uchun nurlatish manbai sifatida nurlanish to'lqin $\lambda=635nm$ ga teng bo'lgan yarim o'tkazgichli lazer diodidan foydalaniladi. ZBAni kompyuterga oson o'lanishi raqamli kollimatorning o'lchovchi elementi sifatida ZBAdan foydalanish imkonini beradi; nivelir iplar to'rining kesishishi ta'svirining koordinatasini ZBAning sezuvchi elementini o'lchamiga bog'liq xolda videosignalni qayta ishlash orqali 0,01 aniqlikda aniqlash mumkin.



2.8.1-rasm. Nivelirlar kompensatorlarini tekshirish uchun avtomatlashtirilgan ishchi o'rin.

Mavzuga oid savollar

- 2.8.1. Nivelir tekshirish uslublarida MIBGEI 07-90 niveliri shartlari qanday?
- 2.8.2. Nivelir va reyka orasidagi masofa necha metr qilib olinadi?
- 2.8.3. Nivelir reykasini vertikal yo'nalishda necha mm oraliq bilan siljiltiladi?
- 2.8.4. NA 3000 niveliri 40gradusda necha soat ushlab turilgan?

2.9. Geometrik nivelirlash aniqligiga magnit maydonlarini ta'sirini tadqiq qilish.

Atrof muhitning ta'siri nivelirlar bilan bajariluvchi ishlar aniqligini keskin pasaytiradi. Bunday faktorlarga, avtomagistrallarda transport harakatining ko'pligi sababli yuzaga keluvchi vibratsiya, mustahkam bo'lmagan grunt (qor, batqoq, yer); asbob va reykaning notekisqizishi; refraksiyaning ta'siri; nivelir kompensatorining sezuvchan elementiga, vizirlovchi nurlar o'tayotgan havo muhitiga va reykaning invar polosasiga ta'sir etuvchi magnit maydoni h.o. Bu faktorlarning barchasini nivelirlashni bajarishda hisobga olish zarur, asosan yuqori aniqlikda nivelirlashda masalan, Davlat I klass nivelirlash to'rlarini kengaytirishda, geodinamik poligonlarda yer qobig'i harakatini o'rganishda, zaryadli zarralarni chiziqli va halqali tezlatgichlarda, Issiqlik elektr markazlar va AES (Atom elektr stansiyalar) turbogeneratorlarini, radioteleskoplarni, raketa-kosmik texnikalarini namunali ishlashini sinashga mo'ljallangan uzoq masofali

rel'sli yo'llarini nivelirlashda va boshqa turli noyob ob'ektlarni montaj qilishda va h.o.

Ishlar geometrik nivelirlash aniqligiga magnit maydonini ta'sirini tadqiq qilishga bog'ishlangan. Magnit maydoning ta'sirini asosan uchta modelga ajratiladi:

1. Nivelirning kompensatoriga magnit maydon ta'siri tufayli, qarash trubasining chiqishida vizir nur vertikal va gorizontal tekislik tomonlarga og'adi, buning natijasida reykanan sanoq olishdahatolik kelib chiqadi va geometrik nivelirlash prinsipi buziladi.

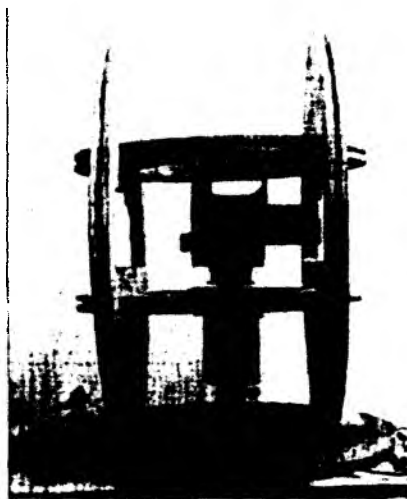
2. Magnit maydon ta'siridahavo muxiti tuzilishining o'zgarishi (molekulalarning orientatsion qutblanishi-dimaydon) vizir nurining geometriyasini buzadi, to'g'ri chiziqni o'zgartirib qandaydir murakkab egri chiziqlarga olib keladi.

3. Reykaga magnit maydon ta'siridareyka palosasi, qutblarga tortiladi qandaydir radiusli yoy shakliga keladi, bu esa reyka bo'lagining nominal qiymatini o'zgartiradi va o'lchash natijalariga qo'shimcha hatoliklar kiritadi.

Geometrik nivelirlash jarayonida proeksiyalantiruvchi to'g'ri gorizontal nurlar yordamida iplar to'rini kesishish markazini (nuqtani) reykaga tushirilgan shkalaga preksiyalanishi sodir buladi. Magnit maydon ta'siri ostida nuqtaning xaqiqiy proeksiyasi o'rniga uni xato xolati bo'ladi. Magnit maydon vektorini o'zgarishi iplar to'ri kesishishining(nuqtaning) ko'plab proeksiyalash sodir bo'lishiga sabab bo'ladi. Konstruksiya elementlarida elektr toki o'tkazuvchi va o'tkazmaydigan birikmalarga bog'lik holda, umuman magnit maydon tasiriga nivelir va kompensatorning sezuvchanligi turlicha bo'ladi. Doimiy va o'zgaruvchan magnit maydonining mikdorlari va xarakterigabog'lik xolda sezuvchanlik turli bo'ladi. Yerning magnit maydoni va su'niy magnit maydonlar tasiri ostida geometrik nivelirlashda kelib chiqadigan sistematik tashkil etuvchi xatolarni aniqlash maqsadida dalada tadqiqotlar o'tkaziladi. Yerning magnit maydoni ta'siri ostida yuzaga keluvchi xatoliklarni o'rganishda, adilakli va

kompensatorli nivelirlardan foydalanib, (1000 *km*gacha) katta uzunlikda parallel yo'llar bo'yicha nivelirlash usulidan foydalanildi. Shuni ta'kidlash kerakki bunda yo'l qancha uzun bo'lsa, xatoliklarni aniqlash shunchalik aniq bo'ladi. Xatoliklarning azimutal bog'lik ekanligi ta'kidlandi: Shimoliy-janubiy yo'nalishda u $\pm 2 \text{ mm/km}$, sharqiy-g'arbiy yo'nalishda esa xatolik yo'q desa xam bo'ladi.

Sanoat ob'ektlaridan kelib chiqadigan su'niy magnit maydonlar ta'sirini tadqiqotni o'tkazish uchun magnit maydon manbalari mavjud xududlardagi maxsus geopoligonlardan foydalanildi. Geopoligonlarning ayrimlarida magnit maydonlar vizir nuriga ta'siri natijasida xatoliklar kelib chiqishi aniqlandi bu esa o'z navbatida tadqiqotchilarni elektromagnit refraksiyasi, mavjudligi to'g'risidagi faktorlarni to'g'ri ekanligi tasdiqladi. NA-1 (kompensatorsiz) niveliri uchun elektromagnit refraksiya ta'sirida kelib chiqadigan maksimal xatolik 4,9mmni tashkil etdi.



2.9.1-rasm. Nivelirlarni magnit maydon ta'siri ostidagi sezuvchanligini tadqiqot qilishga mo'ljallangan qurilma

Barcha nivelir xar qanday xolda turli darajada magnit maydon ta'siriga uchraydi, shuning uchun ishlab chiqarishda, ishni boshlashdan oldin, asboblarni tug'risidagibatafsil tavsifga ega bo'lish zarur. Bu dastavval yukori aniklikdagi va anik nivelirlarga tegishlidir. Shuning uchun, maxsus qurilmalar yordamida asboblarning magnit maydonini sezuvchanligini, aniqlash maqsadida laboratoriya tadqiqotlari (sertifikatsiyalash) o'tkaziladi. Amaliyotda magnit maydonini xosil kilish uchun Gelmgols g'altagidan yoki doimiy magnitlardan foydalaniladi. Misol

tariqasida magnit maydoniga asboblarning sezuvchanligini tadkik kilish uchun,

bir-biriga perpendikulyar o'rnatilgan ikki juft Gelmgols g'altagidan tayyorlangan, qurilmaning konstruksiyasini kurib chiqamiz.

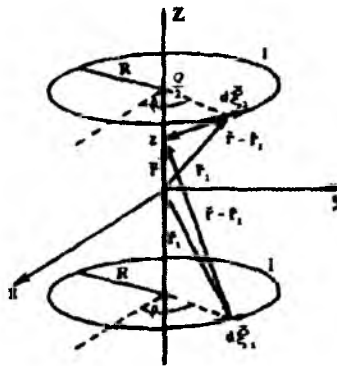
Vakkum o'tkazgichda I tok bilan magnit induktiv V maydoni Bio-Savar-Laplas qonuniga muvofiq quyidagicha bo'ladi.

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \int_{(s)} \frac{ds \cdot (r - r')}{|r - r'|^3}, \quad (2.9.1)$$

bu yerda - o'tkazuvchining uzunligi, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tn} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$ - magnit doimiysi; $r - r'$ - o'tkazuvchi elementdan z-maydonda ko'rilyotgan nuqtaga o'tkazilgan radius - vektor.

Magnit maydonlarning superpozitsiya prinsipiga asosan, ikkita doiraviy o'ramlar R-radiusi I tok bilan ixtiyoriy z nuqtada bu o'ramlar o'qidagi magnit maydon induksiyasi quyidagicha bo'ladi (2.9.2-rasm)

$$B = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \int \frac{ds_1 \cdot (r - r'_1)}{|r - r'_1|^3} + \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \int \frac{ds_2 \cdot (r - r'_2)}{|r - r'_2|^3}. \quad (2.9.2)$$



2.9.2-rasm. Gelmgols ikkita g'altaginingo'zaro parallel joylashishi

Hisoblar bo'yicha ikkita simli g'altakning joylashishi optimal bo'ladi, agar ularning radiusiga teng oraliqdagi masofada ular bir-biri bilan parallel ravishda joylashgan bo'lsa. Bonn universitetida barpo etilgan qurilmada, gorizontal

ravishda joylashgan kichik g'altaklar yordamida vertikal yo'nalishdagi magnit maydonlar, katta g'altaklar yordamida esa gorizontal yo'nalishdagi magnit maydonlar xosil qilinadi. G'altaklar asosga montaj qilingan bo'lib, taglikka nisbatan 10^{-4} qadam bilan burilishi mumkin. Shu tufayli, xamda tok kuchini uzgartirish bilan magnit maydon induksiyasini o'zgartirish imkoniyati yaratiladi. Simmetriya o'qlari yaqinida magnit maydonni bir jinsli deb hisoblash mumkin. Magnit maydonni hosil qilish texnik ma'lumotlari keltirilgan bo'lib, unda uning magnit induksiyasining sonli qiymati 3 Gauss bo'ladi. Bu holda g'altakning qizishi 5° dan oshmaydi. G'altak simlari dan o'tuvchi elektr tokining kuchi taxminan 0,02 Aga teng bo'ladi.

Geometrik nivelirlash aniqligiga magnit maydonlarning ta'sirini o'rganish bo'yicha o'tkazilgan nazariy tadqiqotlar jarayonida sistematik tashkil etuvchi xatolarning asosiy manbasi kompensatorning sezuvchan elementini Yerning magnit maydonining qutblariga tomon tortilishi ekanligi isbotlandi. Bu xatolar ta'sirini kamaytirish yoki yo'qotish uchun o'lchash natijalariga tuzatma kiritish yoki antimagnit ekranlar o'rnatish orqali erishish mumkin. Ichiga kompensator joylashtirilgan, silindr yoki sfera shaklida permalloyadan yasalgan yopiq ekran eng maqbuli xisoblanadi. Yuqorida keltirilgan qurilmalar yordamida Bonn Universitetida bajarilgan Ni1 ($N^{\circ}=115838$) nivelirining amaliy tadqiqotlari shuni ko'rsatdiki, magnit maydoni ta'siri hisobiga o'lchashlarga kiritiluvchi $1,27 \pm 0,02$ mm/km xatolik, kompensatorni ekranlash natijasida $0,03 \pm 0,01$ mm/km qiymatgacha kamayadi.

Doimiy magnitlarni qo'llash bilan laboratoriya sharoitida o'tkazilgan, NA 2000 nivelirining tadqiqoti, shuni ko'rsatdiki magnit maydonning ta'sir darajasi magnit induksiya vektorining yo'nalishiga bog'lik bo'ladi va $1,9 \div 5,5$ mm/kmgacha xatolikni keltirib chiqarishi mumkin.

Sezuvchan elementning burilishi va magnitlanishi tufayli kelib chiqadigan xatolik kichik bo'lib va i burchak xatoligidek bo'ladi. O'rtadan turib nivelirlash xisobiga ularni o'lchash natijalariga ta'sirini yo'qotish mumkin.

Ferromagnit jismlarning qutblarga tortilish xususiyati, reykaning invar yo'liga xam ta'sir etadi va bu reykaning egilishiga olib keladi, natijada reyka shkalasi bo'laklarining o'lchamlari shkala nominal qiymatiga to'g'ri kelmaydi. Xisoblargaqaraganda Yer magnit maydonining ta'siri, 3 metrli reykalarni 0,09 mmgacha nominal qiymatidan chetlashishiga olib keladi. Yer magnit maydonidan bir necha marta katta bo'lgan su'niy magnit maydonlarda chetlashishlarning miqdori oshadi.

Magnit maydon ta'siri ostida, kompensator sezuvchan elementini mexanik osilmasining egiluvchanlik xususiyati o'zgaradi, bu esa o'z navbatida mexanik kompensatsiya koefitsientining o'zgarishiga olib keladi. Kichik diapazonda ishlovchi kompensatorlarga bu faktorning ta'siri kam bo'ladi.

Magnitostriksiya - kompensatorni sezuvchan elementini osilma metall qismlarini va reykaning invar yo'lining uzayishiga olib keladi.

Magnit maydon ta'siri ostida iplarning uzayishi, lentalarining uzayishi, elastik prujanalarning uzayishi mexanik kompensatsiya koefitsientining o'zgarishiga olib keladi. Konkret hisoblarning ko'rsatishicha, ingichka metall ipli osilmalarda vizir nuri o'zgarishi juda kichik vauni hisobga olmasa ham bo'ladi, elastik prujina osilmalarda o'zgarishi sezirarli bo'lib $0,01 \pm 0,06$ ni tashkil etadi. Magnitostrikatsion effekt natijasida nivelirlash reykasini invar yo'llarning uzayishini nisbiy balandlikni o'lchashda, asosan boshlang'ich va oxirgi nuqtalarning otmetkalari katta farqqiluvchi nivelirlash yo'llarida hisobga olish zarur bo'ladi. (2500 mm nisbiy balandlik uchun u 0,025 mmga teng).

Mavzuga oid savollar.

1. Nechi xil nivelirlash turlari mavjud?
2. Geometrik nivelirlash qay tartibda bajariladi?
3. Magnit maydonning ta'siri nechta modelga ajratiladi?
4. Magnit maydonini xosil qilishda magnit induksiyasi necha Gauss ga teng bo'ladi?
5. Elektr tokining kuchi necha A ga teng?

3. SPUTNIK APPARATURALARI

3.1. Sputnik priyomniklari

Sputnik navigatsiya sistemasi signalida ishlaydigan har bir priyomnik ishga tushirilgandan so'ng navigatsiya sputniklari signalini qabul qilib, uni qayta ishlash yo'li bilan navigatsiya axboratini rasshifrovkalaydi (shifrini ochadi) va qabul qabul qilingan axboratni koordinata qiymatlari, xarakat tezligi va vaqtga aylantiradi. Fazoviy koordinatalrni va vaqtni himoblash uchun to'rtta sputnikni kuzatish yetarli bo'ladi.

Priyomnik o'chirilganda uni elektron xotirasida oxirga holatni (pozitsiyani) koordinatasi saqlanadi. Priyomnikni keyinga o'lashda, bu koordinatalar uni dastlabki holati bo'ladi. Bundan tashqari, priyomnikni doimiy xotirasida sputnik orbitasining holati, soat parametrlari va ishlab turgan barcha sputniklarni vaziyati, ya'ni oxirgi almanaxi saqlanib qoladi. Yangi navigatsion yechimda, bu malumotlardan qaysi sputniklar ufiqdan yuqorida ekanligi, qaysi sputniklar yaqinlashib kelayotganligini ya'ni ularning holatni (koordinatasini) aniq aniqlash uchun foydalaniladi. Priyomnik o'chirilganda ham priyomnikni kvars soati yurishni davom etadi, bu esa vaqtni kerakli darajada aniq baholash imkoniyatini beradi. Priyomnik qayta ishga tushirilganda yangi yechimlarni olish uchun aktivatsiyalanadi. Priyomniklar va boshqa uskunalar doimiy ravishda takomillashib, yangilanib turishini inobatga olsak, alohida biron bir priyomnikni batafsil bayon etish noo'rin bo'ladi. Shuning uchun sputnik priyomniklarini soddalashtirilgan umumiy tuzilishini beramiz. Priyomniklar to'g'risidagi batafsil ma'lumotlarni Shebshaevich va boshqalar, 1993; Teunissen et al., 1998; Misra and Enge, 2001; Rizos, 1999 lar va boshqa maxsus adabiyotlardan topish mumkin.

Zamonaviy priyomniklarning o'lchamlari, bahosi, vazifasidan qat'iy nazar u beshta asosiy qurilmaga bo'linishi mumkin:

- 1) antenna va uning elektronikasi;
- 2) kuzatgich konturi bo'lgan radiochastotali blok;
- 3) navigatsion mikroprotssessor;

4) ta'minot bloki;

5) komanda berish va nazorat displey bloki.

Ko'pgina priyomniklarda ma'lumotlarni saqlash va ma'lumotlarni kiritish-chiqarish qurilmalari bo'ladi.

Qo'shimcha ravishda priyomniklar komplektiga ma'lumotlarni to'plagich, radiomodemlar, metrologik sistemalar, shtativlar, shtangalar, markazlashtirgichlar, ruletkalar, kabellar va x.k. qurilmalarni kiritish mumkin.

GPS priyomnik antenasi ufq yuqorisidagi, tanlangan, sputniklarni L1 va/yoki L2 chastotadagi o'ng tomonlama doiraviy polyarizatsiyalangan radioto'lqinlarni qabul qilishga mo'ljallangan. Elituvchi chastotalarning modullashtirilgan to'lqinini antenna elektr tokiga aylantiradi, uning tarkibida standart va aniq kodlar, modulyatsiyalashgan navigatsiya ma'lumotlar oqimi bo'ladi.

Mavzuga oid savollar.

1. Fazoviy koordinatalarini vaqtini hisoblashda nechta suputnik kuzutishga yetarli bo'ladi?
2. Zamonaviy priomniklar vazifasidan qattiq nazar nechta asosiy qurilmaga bo'linishi mumkin?

3.2. Antennalar

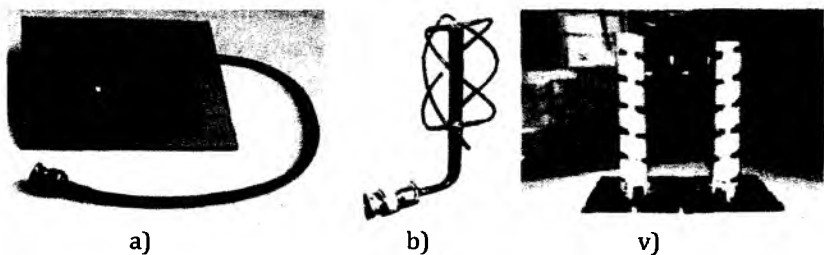
Antenna kamshovqinli oldkuchaytirgich orqali qabul qilgan L-diapazondagi signallarni quvvatini oshiradi, bu bilan elektron qurilmalar tomonidan signalni qayta ishlash osonlashtiriladi. Oldkuchaytirgichdagi filtrlar qatori foydali signallarni o'tqazib, tashqi-begona siganlarni kuchsizlantiradi. Ayrim hollarda oldkuchaytirgich antenna korpusiga o'ranatiladi, uni ta'minotini ta'minlash uchun koaksial kabel ishlatiladi, u antenna bilan priyomnikni ulaydi. Bunday antennalar aktiv (faol) antennalar deyiladi.

Geodezik o'lchashlarda ishlatiladigan GPS antennalari mustaxkam, tuzilishi jihatidan sodda bo'lib, turg'un elektrik fazaviy markazlari bo'lishi,

ko'pyo'lilikga barqaror va yarim sfera ustining barcha yo'nalishlarida bir xil yaxshi tavsifli yo'nalishlar diagrammasi bo'lishi kerak.

Kuchsiz signallarni ushlab, ularni priyomnikka uzatish uchun antenning o'lchamlari va shakli katta ahamiyatga ega. Ma'lum bir polosadagi chastota signallarni o'tkazib yuborib, antenna faqat bir yoki ikki chastotada ishlashi mumkin. GPS va GLONASS signallarini qabul qilish uchun antenalar o'ng tomonlama doiraviy polarizatsiya bilan bo'lishi kerak. Turli tipdagi antenalar ishlab chiqilgan, misol uchun, yakka maydonli va ikki maydonli konfiguratsiyadagi, kvadriflyar (to'rt ipli o'ram bilan) spiralli, tirqishli va mikropoloskali.

Bikirligi, konstruktiv jihatdan soddaligi, kichik vazn va o'lchamga egaligi, yasash osonligi va arzonligi sababli mikropoloskali antenalar keng tarqalgan. Mikropoloskali antenna dielektrik bilan ajratilgan, ikkita o'tkazuvchi qatlamdan iborat bo'ladi (3.2.1.a-rasm). Antenning pastki o'tkazuvchi qatlam tekisligi yerga ulanadi.



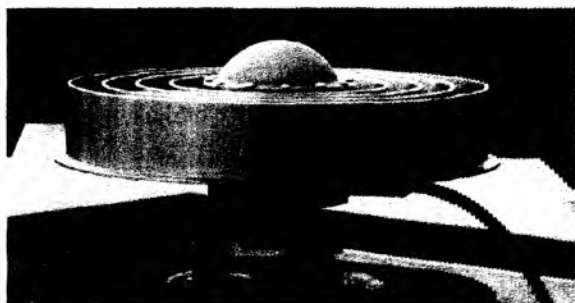
3.2.1-rasm. a) mikropoloskali; b) vint ko'rinishdagi (burama)(glikal); v) o'ng tomnlama va chap tomonlama polarizatsiyali vint ko'rinishdagi (burama) antenalar.

Antenalar doira yoki to'rtburchak ko'rinishida bo'lishi mumkin. U bir yoki bir nechta elementlardan iborat bo'lib, asosidan dielektrik (elektr o'tkazmaydigan) narsa bilan ajratiladi. Mikropoloskali antenalar bir yoki ikki chastotali bo'lib, past profilli ekanligi ularni turli maqsadlarda ishlatishda nihoyatda qulay hisoblanadi. Bunday antenalar yerga ulanadigan yuzasi yassi yoki buklangan metall plastinalar ko'rinishda tayyorlanadi, bu antenadan pastda

bo'lgan yerdan yoki suv yuzasidan qaytgan signallarni ajratib, kesib tashlash vazifasini bajaradi. Bu ajratuvchining o'lchamlari antenna o'lchamida ancha katta bo'ladi. Mikropoloskali antennalar diagramma yo'nalishiga ega bo'lib, o'ng tomon qutblanishidagi barcha signallarni qabul qilish imkonini yaratadi, bu esa o'z navbatida signallarni ko'pyo'lliligi bilan kurashishda qo'shimcha vosita bo'ladi, SRNT (sputnik radionavigatsiya tizimi) signallarini akslanishi natijasida ularni qutblanishi o'zgaradi.

Mikropoloskali antennalar ichida keng tarqalgan antennalardan biri choke ring - "yumshatuvchi (drossel) xalqalar" (5.3-rasm). Bunday antennalar signallarning ko'pyo'lliligi bilan kurashishda juda samarali.

Xalqasimon antenning yerga ulangan yuzasi bir nechta konsentrik devorchalar yoki xalqalardan iborat bo'lib, ular antenna markazi atrofida doiraviy asosga o'rnatiladi, xalqalar orasida "doiraviy nov" shakli hosil bo'ladi.



3.2.2-rasm. Shoke-ring tipidagi Dorne Margolin Model T antenasi

Yerga ulangan antenna yuzasini ishlash prinsipi quyidagicha bo'ladi. Antenna qabul qiladigan signalni tarkibi antennaga to'g'ridan to'g'ri tushayotgan va akslangan qismlardan iborat bo'ladi. Kichik balandliklarda signalni kuchini ozgina pasayishini inobatga olmaganida novlar to'g'ri signallarga ta'sir etmaydi; katta balandliklar uchun yerga ulangan yuza ekranlanuvchi yassi yuzadek ishlaydi. Novlar pastdan akslangan (qaytayotgan) signallarga ko'proq ta'sir etadi. Akslanayotgan signallarni elektromagnit maydonni yerga ulangan antenna atrofidagi birlamchi va ikiilamchi to'lqinlar maydonining yig'indisi sifatida qarash mumkin. Yerga ulangan antenna tekisligini vazifasi akslangan birlamchi va

ikkilamchi signallarni birini ikinchisi bilan tayinli ravishda so'ndirishdan iborat, lekin shu bilan bir vaqtda to'g'ri signalni ustunligichcha qoldirish. Agar birlamchi va ikkilamchi signallarning amplitudalari bir hil bo'lib, fazalari 180° ga farq qilsa, u holda akslanayotgan signallarni ikki tashkil etuvchilari antenna chiqishida so'nadi, va shu bilan signallarni ko'pyo'lliligi bosiladi. Shunday qilib, halqasimon antenna faqat ayrim rezonans rejimdagi chastotalarga optimal ta'sir etadi.

Bunday yerga ulangan antenna yuzasida ko'pyo'llikni to'liq bosish ma'lum burchak ostidagi balandliklarda bo'ladi, boshqa balandliklarda ko'pyo'llilik qisman bosiladi. Ko'pyo'llikni bosilishi zenit (tik) balandliklarda maksimum, ufiqqa yaqin balandliklarda minimum bo'ladi. Choke ring antennalari faqat bir chastota uchun loyihalashtiriladi. Agar antenna L1 diapozon uchun loyihalashtirilgan bo'lsa, unda L2 diapozonga ta'sir etmaydi va aksincha, agar L2 diapozonga loyihalashtirilgan antenna bo'lsa, u holda L1 diapozoniga foydasi sezilarli bo'lmaydi. Oxirgi vaqtlarda L1 va L2 chastotalarni alohida optimallashtiradigan ikki chastotali choke ring antennalari paydo bo'ldi.

Vintsimon spiral: vintsimon (gelikal) , bifilyar, kvadrifilyar va boshqa tipdagi turli antennalarda kesuvchilar (ajratuvchilar) ishlatilmagan.

Vintsimon antenna umumiy o'qda ortogonal orientirlangan ikkita bifilyar spiral o'ramdan iborat.

Yuqorida qayd etilgan antennalar kabi u barcha yo'nalishli diagrammaga ega bo'lib, o'ng tomonlama aylanma polyarizatsiyalangan signallarni qabul qilishga mo'ljallangan. Ko'pyo'llilik ta'siri katta bo'lishiga qaramasdan, bu tipdagi antennalar kichik va o'rta balandliklardagi sputniklarning signallarini kuchaytirish koeffitsienti katta.

Odatda GPS priyomniklarining antennalarini turli xildagi shikastlanishlardan saqlash uchun radioshaffof, signallarni susaytirishi kichik bo'lgan, plastik qobug' (yopma) bilan himoyalangan. Bu signallar juda ham sust, ularning kuchi geostatsionar TV sputniklarniki kabi. GPS signallarini strukturasi va priyomnik signalni toraytirish qobiliyatida efrni umumiy

shovqin fonidan GPS signalini ajratish antenalariga emas, priyomniklarga bog'liq. Shunday bo'lishiga qaramasdan antenna kam shovqinli oldkuchaytirgich bilan signalni kuchlantirib, so'ngra priyomnikka uzatiladi.

Priyomnikni ichki qurilmalaridan o'tishida GPS signallari ma'lum darajada so'nadi. Antenna va priyomniklarni ayrim kombinatsiyalari yetarli darajada sezgir bo'lib, yog'och imoratlar, avtomobilni pribor shitida, samolyot deraza o'yig'ida signallarni qabul qiladi, lekin imkoniyati boricha antenna yuqorisi to'liq ochiq, atrofida devor va to'siqlari bo'lmagan joyga o'rnatish tavsiya etiladi. Daraxtlarning qalin va ayniqsa nam barglari bo'lgan ochiq osmonli joylarda antennalar va priyomniklarning turli kombinatsiyalarida ham signallarni qabul qilish (sputniklarni kuzatishni) qiyinlashadi. Agar tarmoqlantirgich (splitter) dan foydalanilsa, bitta antenna ikkita yoki bir nechta priyomnikka xizmat qilishi mumkin. Tarmoqlantirgich oldkuchaytirgichga barcha priyomniklar ichidan faqat bittasi orqali doimiy tokni o'tkazishi lozim va priyomnik portlari orasidagi ma'lum darajadagi o'zaro izolyatsiyani ta'minlashi, ya'ni ular orasida hech qanday halal beruvchi bo'lmasligi kerak.

Uzatish liniyalari. Antenna qabul qilgan signallar priyomnikka koaksial liniya (kabel) orqali uzatiladi. Kabel uzunligiga bog'liq ravishda signal o'tishi susayadi, susayish darajasi ishlatilayotganda kabel tipiga va uzunligiga bog'liq. Uzun uzatish liniyalaridan kam yo'qotishga ega bo'lgan kabellar zarur, aks holda kam shovqinli qo'shimcha oldkuchaytirgichlar o'rnatish kerak bo'ladi. Signallar antennalardan priyomnikka borguncha ozgina kechikish xosi qiladi. Bu kechikish barcha sputniklardan kelayotgan bir vaqtdagi signallar uchun birday, shuning uchun u priyomnik soat shkalalarini bir xil siljishidek ta'sir etadi. [Teunissen et al., 1998; Langley, 1998a].

Mavzuga oid savollar.

1. Antenalarda uzatish liniyalari qanday bajariladi?
2. Qanday tipdagi antenalar ishlab chiqarilgan?
3. Antenalar nechi chastotada ishlashi mumkin?

3.3. Radiochastota bloki

GPS/GLONASS priyomnikidagi radiochastota blokining ishi bu antennaga kelayotgan radiochastotani oraliq chastotalar deb ataluvchi pastroq chastotaga aylantirishdan iborat, sababi, ularni priyomnikni boshqa bloklarida boshqarish oson. Tayanch chastotalar generatori, yuqori chastotali signallarni hosil qilish uchun ko'paytirgich, kerak bo'lmagan chastotalarni bostirish filtrlari va aralastirgichlar (qorishtirgichlar) radiochastota blokining asosiy elementlari hisoblanadi.

Kirish signali bilan priyomnikni tarkibiy qismi bo'lgan yordamchi generator (geterodin) generatsiyalagan toza sinusoidal signalni qorishtirgichda ko'paytirish yo'li bilan oraliq chastota olinadi.

Ko'pchilik sputnik priyomniklarida elektron soatlarni regulyatori (boshqarib tartibga solish) vazifasini kvarsli aniq generatorlar bajardi. Ayrim geodezik priyomniklarda lokal generator o'rniga standart atom (rubidiy bo'g'lari, seziy nurlari yoki vodorod mazeri) chastotalaridan foydalaniladi. Qorishtirgichda kelayotgan a_1 , a_2 amplitudali va turli f_1 , f_2 chastotali ikki to'liqin ko'paytiriladi. Soddalashtirilgan xolda bu quyidagini beradi

$$y = y_1 y_2 = a_1 \cos(f_1 t) a_2 \cos(f_2 t) = \frac{a_1 a_2}{2} [\cos(f_1 - f_2) t + \cos(f_1 + f_2) t]. \quad (5.1)$$

Natijada kichik chastotali $f_1 - f_2$ va yuqori chastotali $f_1 + f_2$ tarkibli murakkab tebranish hosil bo'ladi. Past chastotali filtrdan o'tgandan so'ng to'liqin tarkibidagi yuqori chastota bosiladi. Chastotalar farqi $f_1 - f_2$ urishlar chastotasi yoki *oraliq chastotalar* deyiladi. Unga yuqori chastotali signallarga nisbatan oson ishlov beriladi. Oraliq signallar tarkibida yuborilayotgan signalni barcha modulyatsiyalar bo'ladi, faqat elituvchi chastota o'zgaradi. Elituvchi chastotani qadama-qadam pasaytirishda ko'pchilik priyomniklar bir necha etapdan foydalanadilar. Signallarni kuzatish sistemasida oxirgi oraliq chastota ishchi chastota bo'lib qoladi.

Kuzatish sistemasi. GPSni umumyo'naltirilgan antenasi ufqdan yuqorida bo'lgan barcha sputniklarning signalini qabul qiladi. Kodlar psevdouzoqliklari va

elituvchi fazani o'lchash uchun, priyomnik har bir sputnikni signalini farqlay olishi kerak. Signallarni farqlash priyomnikda qator signallarning qator kanallarini qo'llash bilan erishiladi. Sputniklardan yuboriladigan alohida kanallarga birlashtirilgan noyob S/A-(standart) yoki R-kod bo'lagi bo'yicha turli sputniklardan kelayotgan signallar oson farqlab olinadi.

Priyomnikdagi kanalni ikkita asosiy usulni biri yordamida foydalanish mumkin. Priyomnikda alohida ajratilgan kanallar bo'lishi mumkin, bu kanallardan foydalanib, ayrim sputniklar to'xtovsiz kuzatilishi mumkin. Punktning uchta koordinatasi va priyomnik soatiga tuzatmalarni aniqlash uchun to'rtta sputnikka bunday L1 kanallardan kamida to'rtta zarur. Qo'shimcha kanallar ko'p sputniklarni kuzatish yoki L2 chastotada kuzatish olib borish imkoniyatini beradi, bu kuzatishlar ionosferadagi ushlanib qolishni (kechikishni) aniqlash uchun zarur.

Boshqa konsepsiya bo'yicha, bir yoki bir nechta ketma-ket kanallardan foydalaniladi. Ma'lum vaqt oralig'ida ketma-ket kanal alohida sputnikni "eshitadi" va uning signalini o'lchaydi, so'ngra boshqa sputnik signalini o'lchashga o'tadi. Uch o'lchamli xolat to'g'risidagi ma'lumotni olish uchun priyomnikni alohida kanali to'rtta sputnik izidan borishi kerak. Priyomnik birinchi fiksatsiyasidan (vaziyatni belgilashidan) oldin har bir sputnik signalida xech bo'lmaganda 30 sekundga ushlanib (to'xtab) turishi zarur, bu vaqtda yo'ldoshning navigatsiya xabarlaridan ma'lumotlarni to'plab oladi. Agar ikkita ketma-ket kanal bo'lsa, birinchi fiksatsiya vaqti bilan, yangi holatni aniqlash orasidagi vaqtni kamaytirish mumkin.

Multipleks kanal ketma-ket kanalni xususiy holi hisoblanadi. Multipleks kanali priyomnik barcha sputniklarni bir vaqtda ketma-ket eshitib chiqish bilan ulardagi barcha xabarlarini to'playdi. Ko'p kanalli priyomnikdagidek, multipleks priyomniklar uchun birinchi fiksatsiyaga 30 sekund yoki undan kam vaqt kerak.

Bir kanalli priyomnik arzon, lekin uni sust ishlashi sababli qo'llanishi chegaralangan. Aloxida-bo'lingan kanallari bo'lgan priyomnik yuqori sezgirlikka

ega, sababi ular signallar bo'yicha ko'proq o'lchashni amalga oshiradi, lekin ularni kanallari orasida vaqt bo'yicha siljish mavjud bo'ladi, shuning uchun ularni sinchiklab kolibrlash (bir o'lchamga keltirish) kerak. Odatda kalibrovka priyomnikni mikroprotessorida qilinadi. Ko'pchilik geodezik priyomniklarda har bir chastota uchun 8tadan 12tagacha alohida (bo'lingan) kanallari bor, shuning uchun ko'rinish zonasidagi barcha sputniklarning signallarini kuzatishi mumkin.

Priyomnik o'zini kuzatish kanallarini psevdouzoqlikni o'lchash va navigatsion ma'lumotlarni olish uchun ishlatiladi. Bu esa *kuzatish zanjirlari* yordamida bajariladi. Kuzatish zanjiri tuzilmasi priyomnikni chastota yoki vaqt bo'yicha o'zgarayotgan signalga sozlash yoki uni kuzatish imkoniyatini beradi. Bu qurilma teskari aloqali bo'lib, unda kirish (tashqi) signali, lokal yaratilgan (ichki) signal bilan solishtiriladi. Agarda signallar mos kelmasa, o'zaro ularning farqi, signal xatosi generatsiyalanadi. Bu signal ichki signalni siljitish bilan tashqiy signal bilan mos tushirish uchun ishlatiladi, shu yo'l bilan xatoni nolgacha kamaytiriladi yoki minimumga keltiriladi. GPS priyomniklarda ikki turdagi kuzatish zanjiri ishlatiladi, bulardan biri kechikishni ushlab (kodlar bo'yicha kuzatish) va ikkinchisi elituvchilarni kuzatish zanjirlari Sputnikdan kelayotgan signaldagi psevdodatosodifiy shovqinni shu algoritmda priyomnikda generatsiyalangan aynan shunday signal bilan ustma ust tushirishda kechikishni ushlab zanjiridan foydalaniladi.

O'xshash signal yo'ldoshdan kelganda, alohida chip laxzada ketma-ket generatsiyalanishi uchun vaqt bo'yicha kodni generatsiyalagan priyomnik chiplarni siljitish yo'li bilan bir-birini qoplashga erishadi.

Kechikishni ushlab zanjirida korrelyatsion komparator ikki oqimdagi kodlarni to'xtovsiz kross-korrelyatsiyadan o'tkazadi. Bu qurilma ko'paytirish va qo'shish jarayonini bajaradi, u kodlar oqimi ustma-ust bo'lganda nisbatan katta oqimni hosil qiladi. Agar chiqish past bo'lsa, unda xato signal generatsiyalanadi va

kodlar ketma-ketligini kopiyasi kirayotgan signallarga ustma-ust bo'lmaguncha kodlar generatori tuzatib turiladi.

Barcha sputniklardan PRN-kodlar bir biriga ortogonal qilib tanlanganligi sababli, boshqa sputniklardan kelayotgan signallar kuzatish jarayoniga asosan ta'sir etmaydi. Foydalanilayotgan ikkita turli sputniklar, kodlar ketma-ketligi solishtirilayotganda, korrelyatorlar har doim juda ham past chiqish xosil qiladi, bu ortogonallik xususiyatini bildiradi.

R-kod ketma-ketligi juda ham uzunligi sababli, sputnik signalini ushlashi uchun kodlar generatorini joyga to'g'ri o'rnatishda yordam zarur bo'ladi, u bu yordamni S/A kodni birinchi kuzatishda priyomnik uchun to'liq imkoniyatli bo'lgan navigatsiya xabaridagi HOW so'zidan oladi. Kodlar ketma-ketligini ustma-ust tushirish zarur bo'lgan vaqt siljishi (kod fazasi) aslida signalni sputnikdan priyomnikgacha tarqalishi uchun zarur bo'lgan vaqtga teng. Bu vaqt oralig'ini yorug'lik tizimiga ko'paytirish sputnikgacha bo'lgan masofani yoki uzoqlikni beradi. Sputnik va priyomnikdagi soatlar umumiy xolda sinxronlashtirilmaganligi sababli ularni yurishi turlicha bo'ladi, xuddi shunday, uzoqlikni o'lchashida ham siljish bo'ladi.

Bu uzoqliklarni siljishiga psevdouzoqlik deyiladi. Sputnik kodlar ketma-ketligidagi chiplar aniq ma'lum vaqtda generatsiyalanadi, sputnik va priyomnik kodlarini ustma-ust tushishi ham signalni generatsiyalanish paytida sputnik soati hisobida beradi.

Kuzatish zanjiri kodni egallagan xaxoti, lokal yaratilgan signal bilan aralashtirish yo'li bilan va hosil bo'lgan signalni filtrlab sputnik signalidan

PRN-kodni yo'qotishi mumkin. O'tkazish kengligini taxminan 100Gsga qisqartirish bilan, bu jarayon signalni toraytiradi. Kichik antennani kuchaytirishini cheklanganligini rostdash, xuddi shu jarayon orqali GPS priyomnik signal va shovqin nisbatini kerakli darajasiga erishadi.

So'ngra oraliq chastotani toraytirilgan signali fazani egallash zanjiriga boradi, joydagi priyomnik generatori signalning fazasi bilan oraliq chastota

fazasini yoki urish chastotasi signali bilan ustma-ust keltirish bilan, u sputnik navigatsion xabaridan bitlarni ajratib oladi yoki demodullaydi. Agar generator signalining fazasi noto'g'ri bo'lsa, bu fazani egallash zanjirida demodulyator orqali aniqlanadi va generatorga kelgan signal korrekcirovka qilinadi. Sputnik signali bilan priyomnik generatoridagi signallar ustma-ust kelgandan so'ng, u sputnikgacha bo'lgan uzoqlikni o'zgarishga mos ravishda elituvchi fazani o'zgarishini izidan boradi.

Elituvchi faza urishini o'lchash, aslida, o'tgan sikllar sonini sanashdan va lokal generator egallagan signalini kasr fazasini o'lchashdan iborat bo'ladi. Sputnikgacha bo'lgan uzoqlikni o'lchash bilan o'lchangan fazani masofa birligiga o'zgartirish bir ma'noli (qiymatli) emas. GPS priyomnigi bir elituvchi siklni boshqasi bilan ajrata olmaganligi sababli bir qiymatli emaslik hosil bo'ladi, va natijada u birinchi bor signalni egallaganda, boshlang'ich faza to'liq siklini ixtiyoriy sonini chamlaydi. Agarda fazani kuzatish pozitsionerlash maqsadida ishlatilasa, unda boshlang'ich bir qiymatlik emaslik priyomnik koordinatasini aniqlash yo'li bilan matematik yechimga erishiladi. Priyomnik egallagan signalni saqlab turishi davrida bir qiymatlilik emaslik doimiyligi sababli, elituvchi fazani o'zgarish tezligi bunday bir qiymatli emaslikdan xoli. Bu kattalikka sputnik signalini *dopler siljishi* deyiladi, va u priyomnik samoletda, kemada va boshqa xarakatdagi ob'ektlarda bo'lganda ularni xarakat tizmini aniqlash uchun ishlatiladi.

Mavzuga oid savollar.

1. Radiochastota bloki deganda nimani tushunasiz?
2. Bir sputnikda signal nechi sekundgacha ushlab turiladi?

3.4. Kodlar bo'yicha o'lchash

Sputniklarni kuzatish ufq yuqorisidagi sputnik priyomniklarini aniqlashdan boshlanadi. Sputniklarni ko'rinishini baholash joriy xolatini bashorati bo'yicha amalga oshiriladi. Bashoratlash uchun sputnik priyomnikida saqlanayotgan uning *almanaxi* to'g'risidagi ma'lumotlarga, ya'ni tezligi va vaqtiga

asoslanadi. Priyomnikda xech qanday ma'lumot bo'lmasa, yoki xolatini baholovchi kattaliklar, tezligi va vaqti aniq bo'lmasa, u xolda priyomnik "osmonni tadqiq" etadi, bu bilan tasodifan bo'lsa ham sputnik xolatini va signalni egallashni aniqlashga xarakat qiladi. So'ngra priyomnik navigatsion xabarni dekodirovkalaydi va guruxdagi barcha boshqa sputniklarning almanaxi to'g'risidagi axborotni o'qiydi. Elituvchi chastotani kuzatishda elituvchi fazalarni kuzatish zanjiridan foydalaniladi, bir vaqtni o'zida kod kuzatish zanjiri S/A-yoki R-kodlarni kuzatishda ishlatiladi. Sputnik signalini qabul qilish va kuzatib borish uchun ikkala kuzatish zanjiri birgalikda (geterativ) takrorlash usulida, bir birini to'ldirgan holda ishlashi zarur.

Elituvchini kuzatish zanjiri priyomnikda elituvchi L1 lokal chastotani (agar priyomnik kuzata olsa L2 chastotani ham) generirlaydi, u Dopler effekti ta'sirida qabul qilingan chastotadan farq qiladi. Bu siljish sputnikni vizirlash chizig'i bo'yicha tezligiga nisbatan proporsional bo'ladi. Elituvchini egallashni qo'llab turish uchun, elituvchini kirish chastotasi bilan ustma ust tushgunga qadar, priyomnikda yaratilgan, elituvchi kuzatish zanjirining elituvchi chastotasini tenglashtirishi kerak. Bu siljishni kattaligi "urish" chastotasi bo'ladi, uni elituvchi fazani o'lchash natijasini davriy ravishda berib turish bilan qayta ishlash mumkin. Bu o'lchash natijasini hosilasi "dopler" o'lchashi bo'ladi, u priyomnik tezligini aniqlashda ishlatiladi.

Bu jarayonda kodni kuzatish zanjiri qanday vazifani bajaradi? Sputnikka kiruvchi signalni elituvchi kuzatuv zanjir egallay olishi uchun, birinchi navbatda elituvchi signal shovqin fonida ko'rinadigan bo'lishi kerak. Bu, elituvchi to'loqinni "rekonstruksiyalash" kodlar bo'yicha korrelyatsiyalash usulini qo'llab, kodlarni kuzatish zanjiri orqali qilinadi. Kodni kuzatishni qo'shimcha maxsuli, psevdouzoqlikni o'lchash bo'ladi.

PRN-kodlar vaqtni aniq markasi (belgisi) bo'lib, navigatsiya priyomnigini kompyuteri sputnik yuborgan signalini ixtiyoriy qismini vaqtini aniqlaydi. Buni batafsil tadqiq etishdan oldin, umumiy ko'rinishda, sputnikdan kelayotgan signal

GPS priyomnigi ichida qanday qayta ishlanishini ko'rib chiqish lozim. S/A-kod bilan modullangan, priyomnikni kuzatuvchi kanalidagi elituvchi L1, lokal yaratilgan S/A-kodni aniq nusxasi bilan ustma-ust tushiriladi. Qabul qilingan S/A-kod shkalasiga solishtirilganda, (GPST vaqt shkalasi bilan priyomnik vaqti va signalni sputnikdan qabul qiluvchi antennagacha yetib kelish vaqti to'liq sinxronlashmaganligi sababli) maxalliy S/A-kod boshqa vaqt shkalasida ishlab chiqariladi. Priyomnikda yaratilgan S/A-kodni keluvchi signal bilan tenglash, kodni kuzatish sirtmog'i, yoki "ushlanishni (kechikishni) egallovchi ilmoq" elektronikasi bilan amalga oshiriladi. Keluvchi signal va priyomnikni S/A-ketma-ketligi ustma-ust tushganda, binar navigatsion habar bilan modullashtirilgan, kelayotgan elituvchi to'liqini qoldirib, ikkala koddan "nollar" va "birlar" yo'qotiladi. Bu jarayon 5.6-rasmda keltirilgan.

R-kod ketma-ketligini murakkabligi (uning uzunligi va chiplar tezligini yuqoriligi) sababli, GPST vaqtni va priyomnik xolatini aniq baxolamasdan turib yuqorida bayon etilgan S/A-kodni kuzatishni sirpanuvchi korrelyatsiya usulini amaliyotda qo'llab bo'lmaydi. R-kodli priyomnik oldin S/A-kodni ushlashi (egallashi) kerak, so'ngra navigatsion xabardagi «Handover Word» - «So'z Yetkazish», vaqt belgisidan foydalanib, priyomnikda R-kodni zarur qismini yaratishga imkon berishi va shu yo'l bilan R-kodni ushlovchi (egallovchi) sirtmoq-ilkakni initsializatsiyalashi (boshlashi) kerak.

Yuqorida aytganimizdek, psevdouzoqlikni chiqarib olish, yoki aniqroq aytganimizda priyomnik yaratgan R-kodni qancha kattalikka siljitishi zarurligini aniqlash, PRN-kod korrelyatori yordamida biron-bir ushlab turuvchi ilmoq (petlya) sxemasida bajariladi. Bu ish qay darajadagi aniqlikda bajariladi? S/A-kodning takt chastotasi 1.023 Mb/s va o'z navbatda to'liq uzunligi 300m atrofida. R-kod (yoki Y) takt chastotasi 10.23Mb/s va o'z navbatida to'liq uzunligi 30 m. Taxmin qilingan qonuniyat mavjud, bu qonuniyat bo'yicha priyomnik qabul qilgan va yaratgan kodlarni tenglash umumiy olganda aniqlik jixatdan taxminan kod to'liq uzunligini 1-2%ga teng. Demak, bundan kelib

chiqadiki, S/A-kod bilan masofa o'lchash darajasi 3-5m, R-kod uchun esa 0.3-0.5m. Zamonaviy "tor korrelyator" texnologiyasi yuqorida keltirilganga nisbatan S/A-kod korrelyatsiyasini 10 marta yaxshi amalga oshiradi.

R-kod bilan o'lchashni asosiy afzalligi quyidagilardan iborat:

- R-kod bilan L1 va L2 elituvchilar modullanadi, bu esa ionosferada signalni ushlanib qolishi (kechikishini) aniqlash imkoniyatini beradi;
- R-kod bilan masofa o'lchash aniqligini yuqori ekanligi, ionosferadagi ushlanish aniqligi va ko'pyo'llikni kam ta'sir etishi, holatni aniqlashni yaxshi ta'minlaydi;
- S/A-kodli priyomnikga nisbatan, R-kodli priyomnik yuqoridinamik sharoitda yaxshi ishlaydi va signallardagi turli xalal beruvchi shovqinlarga yaxshi qarshilik ko'rsatadi.

Elituvchi fazani o'lchash. S/A va R-kodlarning chip uzunliklariga nisbatan elituvchi to'lqinlarining uzunligi unchalik katta emas, L1 uchun 19sm va L2 uchun 24sm atrofida. O'lchashda yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan aniqlik, to'lqin uzunligini 1-2%ni tashkil etadi, bu degani elituvchi faza bilan millimetr aniqligida o'lchash mumkin, S/A kodida bir necha metr va R (Y)-kodida o'lchash aniqligi bir necha desimetrni tashkil etadi. Afsuski fazoviy o'lchash "bir qiymatli" emas, sababi (L1da ham, L2da ham) bir to'lqinni ikkinchisidan farqlab bo'lmaydi. Boshqacha aytganimizda, PRN-kodlardagidek L1 signali uchun yuborilgan informatsiyani elituvchi to'lqinda saqlab bo'lmaydi. Shuning uchun asosiy fazoviy o'lchash diapozoni 0° dan 360° oralig'ida yotadi.

Buning uchun priyomnikda elituvchi yaxlit to'lqin uzunliklarini kuzatib boriladi, natijada uzluksiz (yig'ilgan) fazalarni kuzatish hosil bo'ladi;

$$\phi_A^i(T_A) = \Delta\phi_A^i(T_A) + [C_R(T_A) + C_{R_0}], \quad (3.4.1)$$

Bunda $\Delta\phi_A^i(T_A)$ - kasr faza, burchakdek 0° dan 360° gacha o'lchanadigan, bunda 360° ga L1 fazada taxminan 19sm, L2 fazada 24sm to'g'ri keladi; C_R - "hisoblagichdan" nollar orqali o'tishlarni joriy sanog'i, u egallash vaqtidan boshlab faqat butun sonlar siklini qayd qiladi. C_{R_0} - hisoblagichdan olingan

boshlang'ich sanoq (odatda nolga teng). Kvadrat qavsdaqi had butun son bo'ladi. Pastki indeksdagi A (punktdagi) priyomnikka ta'luqli, yuqoridagi indeks i - sputnikka ta'luqli. Geodezik GPS priyomniklarni xarakterli tomonlaridan biri ularda signalni egallashdan boshlab butun sikllarni hisoblash uchun qo'shimcha elektronika mavjud.

$\Delta\phi_A^i(T_A)$ faza bilan $\Delta\rho_A^i(T_A)$ masofa orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$(f_0/s)\Delta\rho_A^i(T_A) = \phi_A^i(T_A) + N_A^i + v(T_A), \quad (3.4.2)$$

bunda , o'lchashga ta'sir etuvchi N_A^i butun bir qiymatlik emaslik, v esa barcha siljishlar va xatoliklarni o'z ichiga oladi. f_0/s - kattalik masofani sikllar birligiga o'tkazadi. 5.8-rasimda keltirilganidek har bir "priyomnik-sputnik" juftligi uchun vaqt birligida N_A^i doimiy deb faraz qilinadi.. Bu kuzatishdagi fazalarni masofaga aylantirish uchun, sikllarni bir qiymatlik emasligini aniqlash zarur. Agar butun son N_A^i ni to'g'ri aniqlanilsa, u xolda olingan "fazaviy masofa" (yoki "elituvchi bo'yicha olingan masofa") juda aniq masofani beradi (bir necha millimetr darajasida).

N- butun sikllar soni kuzatilmaydi, priyomnik faqat undagi o'zgarishlarni xisobga oladi. Sputnik signalini ushlab (egallashni) yo'qotishi, uzliksiz fazada sikllar hisobini yo'qotishga olib keladi. Bir qiymatlik emaslikni boshlang'ich kattaligi N aniqlanishi kerak (fazaviy o'lchashlarni bir qiymatlik emasligini yechish muammosi).

Elituvchi to'liqinni modullashtirilgan signaldan ozod bo'lishini ikki xil usuli mavjud:

- kvadratlash, yoki boshqacha aytganda, dalnomer kodlarini bilmagan holda qabul qilingan signalni qayta ishlash;
- dalnomer kodi va navigatsion xabar bilan modulyatsiyani yo'qotish orqali elituvchi to'liqinni rekonstruksiyalash.

Birinchi usulda dalnomer kodlarini bilish talab etilmaydi. Ikkinchi usulda dalnomer kodlari ma'lum bo'lishi kerak (S/A-va/yoki R-kodlar). So'ngra sputnikda bajariladigan (juft fazali modulyatsiya usuli) jarayonga teskari,

navigatsion xabarni ajratib olishni oson bajarish mumkin. Anti-Spoofing rejimida L2 elituvchi signal fazasini o'lchash uchun zarur bo'lgan signalni qayta ishlash ancha murakkabroq.

Fazani kodsiz kuzatib borish. GPS signali elituvchi bo'lib, PRN-kodlari va navigatsion xabar bilan modulyatsiyalash natijasi tariqasida bir sekundda million marotaba uni fazasi aniq 180° ga siljiydi. Bunday 180° ga bo'ladigan fazoviy manipulyatsiyalarni signal amplitudasini +1dan -1gacha yoki -1dan +1gacha o'zgartirish deb hisoblash mumkin, va shu sababli oniy (laxzadagi) amplituda +1, yoki -1ga teng bo'ladi. Kvadratirlash usulida signal o'ziga o'zi ko'paytiriladi, va o'z navbatida barcha modulyatsiyalar chiqarib tashlanadi. Buni kelib chiqishini sababi shundaki, fazani 180° ga modulyatsiyalash signal ishorasini o'zgartirishga ekvivalentdir. Natijada doimiy birlik amplitudaga ega bo'lgan signal xosil qilinadi. Buni ko'rsatish qiyin emas, tenglamadan foydalanib, undagi $y_1=y_2$, $a_1=a_2=a$, $f_1=f_2=f$ deb olsak, unda

$$y = y_1 y_2 = \frac{a^2}{2} (1 + \cos 2ft). \quad (3.4.3)$$

Bu signalning fazasi boshlang'ich elituvchi faza bilan oson bog'lanadi. Kvadratirlash jarayonida kodlar ham, navigatsion habarlar ham yo'qoladi, unda kodlar bo'yicha chiqarilgan psevdouzoqlikni o'lchash imkoniyati bo'lmaydi, navigatsion xabar informatsiyasini boshqa manbaalardan olish kerak bo'ladi. Kodlar bo'yicha kuzatish bilan solishtirganda, kvadratirlash jarayoni uchun 30dB va undan katta "signal-shovqin"ni yo'qotish mumkinligi xarakterlidir, bu o'z navbatda, yuqori shovqinli bo'lgan fazani o'lchashga olib keladi.

Kodsiz kvadratirlash usulini jiddiy chegaralanishi shundan iboratki, boshlang'ich elituvchidan chiqishga kelganda yarim to'lqin uzunligiga teng bo'lgan elituvchi hosil bo'ladi, bu o'z navbatida muntazam butun bir qiymatli emasliklarni aniqlash imkoniyatini kattalashtiradi. Bu muammoni aylanib o'tish uchun, kodsiz korrelyatsiya usuli, yoki kross-korrelyatsiya ishlab chiqilgan edi. Bu usul noma'lum Y-kod ikkala elituvchilarda aynan bir hil ekanligi sababli L1 va L2 signallarni kross-korrelyatsiyalash o'tkazish imkoniyatini berish faktiga

asoslangan. Atmosferada radioto'liqinni tarqalish tezligi chastotalarga bog'liqligi sababli L1ga nisbatan L2da Y-kod birmuncha sekin yuradi. Priyomnikda L1 signal L2 signal bilan ustma-ust tushishi uchun zarur bo'lgan Δ vaqt bo'yicha ushlanish, ikkala signal yo'lni o'tish vaqti bo'yicha farqiga teng. Signal ushlanishi Δ o'zgaradi va L1 va L2 signallar orasida maksimal korrelyatsiyaga erishish uchun muvofiq holda tuzatiladi.

Kuzatish korrelyatsiyasi jarayonidan ikki signal orasidagi masofa farqi ifodalanadi, bu ikki elituvchi Y-kodini kechikish (ushlanish) vaqtidan olingan, ya'ni $P_{L2,Y} - P_{L1,Y}$, faza farqi $\Phi_{L2} - \Phi_{L1}$ elituvchi chastotani urishidan hosil bo'ladi. Bu kombinatsiyaning uzunligi taxminan 86 sm yoki 4.52 marta L1 to'liqindan katta, bu bir qiymatlik emaslikni xal etishda sezilarli yordam beradi.

Kross-korrelyatsiya natijasini L2 va faza kod uzoqligini chiqarishda ishlatish mumkin, ya'ni quyidagilarni hosil qilib:

$$P_{L2} = P_{L1,C/A} + (P_{L2,Y} - P_{L1,Y}) \quad (3.4.4)$$

va

$$\Phi_{L2} = \Phi_{L1,C/A} + (\Phi_{L2,Y} - \Phi_{L1,Y}) \quad (3.4.5)$$

bunda $P_{L1,C/A}$ kod uzoqligi va $\Phi_{L1,C/A}$ faza indeksleri L1signalni S/A-kodni o'lchash orqali olinganligini ko'rsatadi.

L1 dalnomer signalining quvvati unga mos keluvchi L2 signal quvvatidan ikki marta kattaligi sababli, L1 va L2 signallarni kross-korrelyatsiyasi L2 signalni kvadratirlash usuliga nisbatan signalni 3dBga yaxshilashga olib keladi. Biroq, kod korrelyatsiyasiga nisbatan 27dBga yomonlashadi.

"Yarimkodsiz" deb nomlangan ikkita usul bo'lib, ularda elituvchi to'liqin rekonstruksiyalanadi. Usullaridan birida kvadratirlash, ikkinchisida-kross-korrelyatsiya usuli qo'llanadi.

Kvadratirlash bilan kodlar bo'yicha korrelyatsiya.Bu usul yana kodlar yordamida kvadratirlash deb atalgan, u qabul qilingan L2 signalni Y-kod bilan lokal yaratilgan R-kod korrelyatsiyasini bajaradi. Bunday korrelyatsiya mavjudligini sababi shundaki, 2R-kod va W-kod(shifrlash kodi)larni modullar

bo'yicha qo'shilishidan Y-kod paydo bo'ladi. W-kod chastotasi Y-kod chastotasidan 20 marotabagacha kichikligi sababli, deyarli doim, boshlang'ich R-kod bilan mos keluvchi Y-kodni uchastkalari mavjud bo'ladi. Shuning uchun R-kodni shunday ustma-ust tushiriladiki, sputnikdan kelayotgan signalni Y-kodni uchastkalari bilan R-kod uchastkalari ustma-ust tushsin. Korrelyatsiyadan so'ng o'tish polosasini toraytirish yo'li bilan past chastotali filtr qo'llaniladi, so'ngra koddan qutilish uchun signal kvadratirlanadi. Bu usul kod uzoqligi va yarim to'liq uzunligini faza bilan ta'minlaydi. R-kod bilan korrelyatsiya turli xalal beruvchilar ta'siriga turg'unlikni va ko'pyo'likda ishlash imkoniyatini yaratadi.

Y-kodni to'g'ridan-to'g'ri kvadratirlashga nisbatan ketma-ket kvadratirlash quvvatni 20 dBga oshiradi, sababi kvadratirlangan signaldagi "signal-xalal" bilan uni o'tkazish polosasining kengligi teskari proporsional. Xaqiqatdan ham, kodlar bo'yicha korrelyatsiyalash usuliga solishtirilganda signalni 17dBga pasayish xollari bo'ladi.

Z-kuzatish usuli. Bu "yarimkodsiz" usuli yaxshilangani bo'lib, Z-tracking™ ko'rinishida belgilanadi. L1 va L2 signallaridagi Y-kod priyomnikda yaratilgan R-kod nusxasi bilan alohida ajratilgan holda korrelyatsiyalanadi. L1 va L2larda korrelyatsiya alohida bo'lganligi uchun, W-kod har bir chastotada hosil bo'ladi. Yetarli vaqt davomida signalni integrirlashda shifrlash signalini *biti* har bir chastota uchun baholanadi va boshqa chastotani rivojlantiradi. Bu kod shifrlashni signaldan olib tashlashda foydalaniladi. Bunda W-kodni bilish shart emas, sababi u faqat sinxronlashtirish jarayonida foydalaniladi. Ularni chetlashtirish Anti-Spoofing rejimisiz signal ko'rinishga olib keladi. Shu yo'sinda, kod uzoqligi va to'liq uzunligi bilan L1 va L2 elituvchi fazalar hosil bo'ladi. Shuni takidlashimiz kerakki, Y-kod bo'yicha bo'lgan psevdouzoqlik, R-kod aniqligiga teng. Anti-Spoofing bo'lganda L2 elituvchini tiklashni hamma to'rt usulida "signal-shovqin"ga nisbatan keyinchalik pasayish bo'lish kamchiligi mavjud (3.4.1-jadval). Bundan tashqari, signal qanchalik sust bo'lsa, u shunchalik ionosfera aktivligi va xalallarga sezgir bo'ladi, bir xil vaqtlarda signalni ushlashni

(egallashni) yo'qotishga olib kelishi mumkin. Xozirgi vaqtdagi ko'pchilik geodezik priyomniklarda Z-kuzatish qo'llaniladi. 3.4.2-jadvalda to'rtta usulni tasnifi keltirilgan.


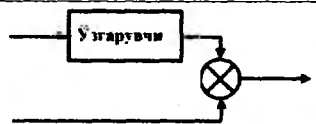
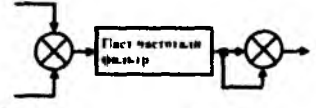
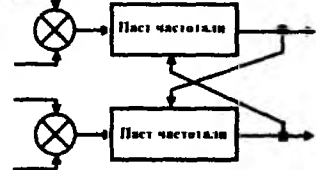
Kodlar bo'yicha korrelyatsiya usuliga qiyoslaganda "signal-shovqin" nisbatini yomonlashishi [Teunissen et al., 1998]

3.4.1-jadval

Kvadratirlash	-30dB
Kross-korrelyatsiya	-27dB
Kodlar bo'yicha korrelyatsiya va qo'shimcha ravishda kvadratirlash	-17dB
Z-kuzatish	-14dB

Anti-Spoofing rejimida elituvchi va L2 kod signalini tiklash usullari. © belgi bilan korrelyatsiya jarayoni ko'rsatilgan [Hofmann-Wellenhof et al., 2001]

3.4.2-jadval

Usul	Kirish	Operatsiya	Chiqish
Kvadratirlash	L2ga Y-kod		Kod bo'yicha masofasiz $\Phi_{L2}(\lambda/2)$
Kross-korrelyatsiya	L1ga Y-kod L2ga Y-kod		$\Phi_{L2} - \Phi_{L1}$ $P_{L2,Y} - P_{L1,Y}$
Kodlar bo'yicha korrelyatsiya plus kvadratirlash	L1ga Y-kod R-kod nusxasi		$\Phi_{L2}(\lambda/2)$ $P_{L2,P}$
Z-tracking	L1ga Y-kod R-kod nusxasi L2ga Y-kod R-kod nusxasi		Φ_{L1} $P_{L1,Y}$ Φ_{L2} $P_{L2,Y}$

Mikroprotessor. Priyomniklarni katta qismini analog texnikalaridan foydalanib ko'rish mumkin, xozirgi vaqtda priyomniklarda signallarni raqamli qayta ishlashga o'tishi apparaturalarni o'lchamini kichik va arzon qilish imkoniyatini beryapti. Xaqiqatdan ham, signallarni oraliq chastotada raqamli shaklga o'zgartirish mumkin va mikroprotessoridagi dastur yordamida kodlar va fazalarni kuzatish mumkin. Priyomnik turli operatsiyalarni bajarishi kerak: priyomnik ulanishi bilan zudlikda sputnik signalini ushlashi, kod va faza signallarini kuzatishi, navigatsion xabarni ajratib olishi, foydalanuvchini koordinatasini aniqlashi, sputnik guruhini joriy xolatni nazorat qilishi va x.k. Priyomnikning bu operatsiyalari mikroprotessor tomonidan nazoratlanadi. Mikroprotessorga o'rnatilgan dastur, ishga tushirilgan priyomnik uchun instruksiya bo'lib, xotira chiplarini ichiga o'rnatiladi.

Mikroprotessor psevdouzoqlik va elituvchi fazani raqamli ko'rinishida ishlaydi. Ular priyomnikdan o'tayotgan, raqamli oqimni biron nuqtasida analog-raqamli o'zgarishi natijasida hosil bo'ladi. Hammadan ham priyomnik xarakatdaligida, mikroprotessor boshlang'ich ma'lumotlarda (qayta ishlanmagan ma'lumotlarda) shovqinni kamaytirish maqsadida yoki ishochlilik holatini va tezlikni hosil qilish maqsadidagi protsedurani ishga tushirishi mumkin. Uchish yo'li nuqtalari bo'yicha navigatsiyaga oid yoki bir geodezik sistemadagi koordinatani boshqasiga o'tkazish bo'yicha hisoblash ishlarini protsessorda bajarish talab etilishi mumkin. U shu bilan barga foydalanuvchi tomonidan berilgan komandani kiritishni, displeyga axborotni kiritish va bog'lanish portlari (ular mavjud bo'lganda) orqali ma'lumotlarni yuborishni boshqaradi.

Komanda kiritish bloki va displey. Ko'pchilik GPS/GLONASS priyomniklarida foydalanuvchi (interfeys bilan) ayrim bog'lanishlarni amalga oshirish uchun klaviatura va displeylarga ega. Turli opsiyalarni tanlash, ma'lumotlarni kiritish, priyomniklarni nima qilayotganini kuzatish yoki hisoblangan koordinatalar, vaqtni va boshqa narsalarni kiritish uchun

klaviaturadan foydalanish mumkin. Hamda yo'l nuqtalari bo'yicha navigatsiya uchun zarur bo'lgan yordamchi ma'lumotlarni, geodezik o'lchashlar uchun obihavo, antenna balandligi to'g'risidagi ma'lumotlarni kiritish mumkin. Ko'pincha priyomniklar yaxshi tashkillashtirilgan komanda va ekranga chiqarish menyusiga, xatto onlayn (on line) yordamida yo'l-yo'rig' ko'rsatuvchi instruksiyalarga ega. Ayrim priyomniklarni asosiy ish rejimi yashirin ekanligini eslatib o'tish zarur, ularga foydalanuvchi tomonidan hech qanday kiritishlarni bajarish zarur emas, sababi priyomnik ulanishi bilan o'zi aktivlashadi. Ayrim priyomniklar xuddi datchiklardek (sensorlardek) ishlaydi, ular navigatsion tizimga integrallashishi kerak, va shu sababli bu priyomniklarni o'z klaviaturalari va displeylari bo'lmaydi, ma'lumotlarni kiritish va chiqarish faqat portlar orqali amalga oshiriladi.

Ma'lumotlarni saqlash va chiqarish. Ko'pgina priyomniklarda vizual displeyga qo'shimcha ravishda qo'l bilan boshqariladigan (nazoratlovchi) bloklari bo'lib, o'lchangan fazalar va psevdouzoqliklarni saqlanishini ta'minlaydi. Bunday xususiyat geodezik o'lchashlar va differensial navigatsiya uchun ishlatiladigan priyomniklar uchun zarur hisoblanadi. Geodezik priyomniklarda psevdouzoqlik va elituvchi fazalarni saqlashdan maqsad bir vaqtda ishlayotgan priyomniklardan kelayotgan ma'lumotlarga birgalikda *qayta* ishlovdan o'tkazish. Odatda ma'lumotlar yarim o'tkazgichlik *xotirada saqlab* qolgichlardan foydalanib priyomnik ichida saqlanadi. Ayrim priyomniklar ma'lumotlarni qattiq yoki elastik disklarda saqlashi mumkin.

Odatda priyomniklar o'zida saqlyotgan ma'lumotlarni keyinchalik qilinadigan taxlil, shu bilan real vaqtda foydalaniladigan nisbiy yoki differensial pozitsionerlash, ma'lumotlarni kompyuterga yoki aksincha, modemga yoki radio ma'lumotga o'tkazish uchun RS-232-C yoki boshqa turdagi kommunikatsion portlarga ega. Ayrim priyomniklar bunday portlar orqali distansion boshqarilishi mumkin.

Ta'minot bloki. Ko'pchilik priyomniklar doimiy tokli ichki ta'minotga ega, bunday manbaalar bo'lib, qayta zaryadlanadigan nikel-kadmilyli akkumulator yoki shunga o'xshash tok manbalari hizmat qilishi mumkin. Priyomniklarni oxirgi avlodlari juda ham kam miqdorda tok sarflaydi, bu esa o'z navbatida akkumulatorlarni zaryadlash vaqt oralig'ini oshiradi. Ko'pchilik priyomniklarni tok konvertori orqali o'zgaruvchi tokni doimiy tokka o'tkazish orqali tashqi ta'minotda ishlatish mumkin.

Berilgan ma'lumotlarni yozish. GPS priyomniklari psevdouzoqliklar va uzatuvchi fazalarni qanday tempda yig'ilishi-saqlanishini foydalanuvchi tanlaydi. Statik s'yomkalar uchun 15-30sekundli, uziksiz ishlaydigan tarmoqlarda 2 minutgacha bo'lgan yozish intervali qo'lanishi mumkin. Kinematik priyomniklarda 0.5dan 5.0 sekundgacha bo'lgan oraliqdagi yozuv intervali qo'llaniladi. Aslida elituvchi faza bo'yicha kinematik pozitsionerlash uchun bunga nisbatan yuqori tempda ma'lumotlarni yozish afzalroq hisoblanadi. Bu sikllar hisobi yo'qolishini aniqlash va tuzatishga yordam beradi. Ayrim vaqtlarda priyomniklarda ma'lumotlarni saqlash, yozish tempi va xotira hajmi zarur bo'lgan imkoniyatlar darajasida bo'lmasligi mumkin. Odatda to'plangan ma'lumotlar (psevdouzoqliklar va vaqt xisobi bilan bir yoki ikki elituvchi fazalar; radio orqali uzatiladigan efemeridalar, va sputniklar soatlarining parametrlari, barcha sputniklar uchun "signal va shovqin" nisbati, shu bilan birga priyomnikka kiritilgan metrologik ma'lumotlar va boshqa axborotlar) GPS/GLONASS priyomniklarida binarli firma formatlaridagi fayllar ko'rinishida saqlanadi. Bu fayllar keyingi ishlovlar uchun priyomnikdan kompyutrga o'tkaziladi.

RINEX. Firma tomonidan patentlangan ma'lumotlar formatidan foydalanishda, hammadan ham turli firmalar tomonidan tayyorlangan priyomniklardagi ma'lumotlarni birlashtirishda GPS s'yomkalariga keyingi ishlovlarini bajaruvchi geodezistlar va boshqa foydalanuvchilarda muammolar bo'lishi mumkin. 1989 yil uzoqni ko'ra bilgan foydalanuvchilar tomonidan priyomnikka bog'liq bo'lmagan GPS ma'lumotlari formati- RINEX, Receiver

Independent Exchange [Gurtner, 1994]ni taklif etdilar. Bu formatda ishlash uchun ko'pchilik priyomnik ishlab chiqaruvchilar utilitlar taklif etishmoqda.

Mavzuga oid savollar.

1. Kodni uzatij zanjiri qanday vazifani bajaradi?
2. PRN-kodlar degenda nimani tushunasiz?
3. R-kod ketma-ketligi qanday amalga oshiriladi?
4. R-kod bilan o'lchashniing asosy avzalliklari nimalardan iborat?
5. Elutufchi faza qanday o'lchanadi?

3.5. Sputnik texnologiyasida vaqtni saqlash

Sputnikaviy dalnomer o'lchashlarida vaqt ikki xil rol o'ynashi mumkin: bir tomondan kuzatishlar yagona vaqt shkalasiga bog'lanishi ta'minlanishi, ikkinchi tomondan masofa o'lchashda signal o'tgan vaqt oralig'ini o'lchash zarur. Birinchi xolda absolyut bog'lanish ta'minlanadi. Uning aniqligi masofa o'lchash va kosmik ob'ektni tezligini aniqlashga yetarli bo'lishi kerak, ya'ni quyidagi munosabat bajarilishi kerak:

$$m_t \cdot v \approx m_p \quad (3.5.1)$$

bunda m_t – kuzatish vaqtini registratsiya qilish xatosi; v -sputnik xarakat tezligi; m_p -masofa o'lchash xatosi. $v=5\text{km/s}$ va $m_p = 1\text{mm}$ bo'lganda, vaqtni registratsiya qilishni kerakli aniqligi $m_t=0,2\text{mks}$ bo'ladi. Bir yo'nalishda masofa o'lchashda vaqt ushlanishini bunday xatoligi masofa o'lchashdagi xatolikni 60 metrgacha bo'lishiga olib keladi. Demak, bunday hollarda aniqlikni yanada oshirish talab etiladi. Vaqt shkalasi (bu yulduz vaqti bo'lganda Yer aylanishini yoki atom vaqtida atomlar yoki kvarts soatlarining kristallarini tebranishini) chastoatni aniqlovchi elementni asosiy tebranish davri bilan aniqlanadi.

U vaqt shkalasi boshlanishidan o'lchanadi, uni ixtiyoriy yoki halqaro kelishuv asosida aniqlash mumkin. Har bir soat o'zini vaqt shkalasini ushlab turadi, lekin bir yo'nalishdagi (so'ralmagan) masofa o'lchashda Yerdagi va sputnikdagi soatlar nonasekund darajasidagi aniqlikda sinxronlashtirish kerak.

Soatlarni "absolyut" kattalikdagi "xatosini" ko'rsatish uchun, "mukammal" yoki "xaqiqiy" vaqt tushinchasini kiritish kerak. Bu bilan mukammal vaqt shkalasidan soatni oniy "siljish" surilish xatosini "o'lchash" mumkin. Barcha zamonaviy yuqori aniqlikdagi soatlarda ayrim standart chastotalar yoki generatorlar ishlatiladi. Aniq masofa o'lchash sistemalarida ular ikki klassdan birortasiga:

- "atom soatlari" deb ataluvchi seziiy nuri trubkasi, rubidiiy bo'g'lari yacheykasi yoki vodorodli mazerdagi generatorlarga;
- kvars kristallaridagi turli tipdagi generatorlarga mansub bo'ladilar.

Vaqt intervali standart chastotalar sikllarini hisoblagichi bilan aniqroq aniqlanadi (misol uchun, xozirgi atom sekundi yeziiy atomini asosiy rezonansini 9 192 631 770 sikllari bilan aniqlanadi).

Bundan kelib chiqadiki, chastota va generator chiqish fazasi va uni xatolari bilan bog'lanish o'rnatilsa, vaqt shkalasi bunday munosabatdan bevosita olinishi mumkin. Sikllar chastotalari i hisoblagichidan sanoq quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\phi(t_i) - \phi(t_{0i}) = f(t_i - t_{0i}). \quad (3.5.2)$$

Faza siklini to'lqin uzunligi $\lambda = s/f_i$ ga teng, bunda s -elektromagnit nurlanishini tezligi (vakuumda 299 792 458 m/s). Vaqt intervalida fazani o'zgartirish uchun muvofiq ko'paytirgichni qo'yib va sikllar hisoblagichini ixtiyoriy tayanch davrda (epoxada) vaqt shkalasini boshlanishini aniqlab, "soatlardan sanoq" uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$t_i(t) - t_{0i} = \frac{1}{f_0} \int_{t_0}^t f_i(t) dt, \quad (3.5.3)$$

bunda t_0 -tayanch (boshlang'ich) davr (epoxa); t_{0i} -tayanch davrda (epoxada) soatdan olingan sanoq; $f_i(t)$ -generator chastotasi; f_0 -generator nominal chastotasi.

Odatda generator chastotalari uchun qabul qilinadigan model quyidagicha bo'ladi:

$$f_i(t) = f_0 + \Delta f + f(t - t_0) + f_r(t), \quad (3.5.4)$$

bunda Δf - chastota bo'yicha siljish, f - chastota dreyfi, $f_r(t)$ -modellanmaydigan chastotaning tasodifiy xatosi.

(3.5.3) modelni (3.5.4) tenglamaga qo'yish quyidagini beradi:

$$f_i(t) = t_{0i} + (t - t_0) + \frac{\Delta f}{f_0} (t - t_0)^2 + \frac{f}{2f_0} (t - t_0)^2 + \frac{1}{f_0} \int_{t_0}^t f_r(t) dt, \quad (3.5.5)$$

t dan vaqt polinomidek i generator soatlarning xatolarini ifodalashda xadlarini qayta guruxlashdan so'ng:

$$\varepsilon_i(t) = t_i - t = a_0 + a_1(t - t_0) + \frac{a_2}{2} (t - t_0)^2 + \int_{t_0}^t y(t) dt, \quad (3.5.6)$$

bunda a_0 -soatlarni siljishi; a_1 - soatlar (soatlar yurishi) dreyfi; a_2 -soatlar dreyfining (yurishining) tezligi; $\int_{t_0}^t y(t) dt$ - chastotani (integrallashgan) to'plangan tasodifiy kasr xatosi.

(3.5.6) xatoni (sikllarda) fazaga ta'siri quyidagicha ifodalanadi:

$$\phi_\varepsilon(t) = f_0 \varepsilon_i(t) \quad (3.5.7)$$

faza (3.5.7), vaqt (3.5.6) chastotalar turg'un emasligidan soat xatosiga ta'siri, ikkita turli komponentdan:

- *sistematik (takrorlanuvchi-deterministik)* qismdan, buni oldindan aniqlash (bashoratlash) mumkin. Bu (3.5.4) va (3.5.6) tenglamalar polinomining oshkor qismi;
- *tasodifiy* qismdan tashkil topgan bo'lib, bu qismni muhimligi sababli uni hisobga olmaslikni iloji yo'q.

(3.5.4) tenglamadagi $f_r(t)$ komponent, tasodifiy xatolar manbayiga kiradi, *tasodifiy kasr chastota og'ishi* sifatida ko'riladi, (3.5.6)dagi $\int_{t_0}^t y(t) dt$ had tenglamada *tasodifiy kasr integrallashgan xatolik* deyiladi. Chastotani to'liq kasr og'ishi (sistematik + tasodifiy) yoki faqat tasodifiy qismi taxlil qilinishi mumkin. Standart yondoshishda chastotani tasodifiy kasr flyuktuatsiyasini tipik intervalini variatsiyasi baholanadi va polinomial (ko'pxad) funksiyadan foydalanib tasodifiy

qismini modellashtirishdan iborat. Impulslar sonini yoki biron intervalda vaqt momentlarining farqini o'lchash mumkin bo'lganda, unda kasr chastotaning og'ishini o'rtacha qiymatini aniqlash mumkin:

$$Y_k = \frac{1}{\tau} \int_{t_k}^{t_k+\tau} y(t) dt = \frac{[\phi(t_k + \tau) - \phi(t_k)]}{2\pi f_0 \tau}, \quad (3.5.8)$$

bunda $t_{k+1} = t_k + T$, $k=0,1,2,\dots,T$, τ ni davomiyligini o'lchash uchun takrorlanish intervali, t -ixtiyoriy tanlanadi.

Endi $y(t)$ uchun tipik o'lchash variatsiyasini shakllantirib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\langle \sigma_{y^2}(N, T, \tau) \rangle = \left\langle \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N \left[y_n - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_k \right]^2 \right\rangle, \quad (3.5.9)$$

bunda (...) cheksiz vaqtdagi o'rtacha qiymatni anglatadi. Bu yerda *N-solishtirishdagi* namunalar yoki generator modellarining soni. Xususiy o'lchov variatsiyasi $N = 2$, $\tau = 2$ deb tanlanadi va Allan variatsiyasi (yoki dispersiyasi) deb nomlanadi:

$$\sigma_y^2(\tau) = E\{\sigma_y^2(N = 2, T = \tau)\} = E\left\{\frac{(y_{k+1} - y_k)^2}{2}\right\}. \quad (3.5.10)$$

Bu ikkita model uchun chastota kasrini variatsiya xatoligi soatlar barqarorligini o'lchov standarti bo'ladi. Uni afzal tomonlaridan biri nisbatan soddaligi: u faqat τ funksiyasi va barqarorlik grafigi ko'rinishida qo'rib chiqish mumkin $y(t)$ uchun birliklar o'lchoviga ega emas. 10^{10} va 10^{12} ga bir qismini tashkil qiladigan, kvars kristali va rubidiy generatorini chiziqli dreyfi, uzoqlashadi.

Alohida soatlarni tekshirish oralig'idagi vaqt intervalining funksiyasi sifatida soatlar barqarorligi aniqlanadi. Faraz qilsakki interval boshida soatlar "xaqiqiy" vaqt shkalasi bilan sinxronlashtirilgan (yoki solishtirilgan) bo'lsa, uni ma'lum vaqt intervalida soatlarni (o'rtacha) "og'ishlari"ning kattaligi Allan o'rtacha kvadratik dispersiyasi $\sigma_u(\tau)$ bilan τ marta beriladi:

$$\sigma_x(\tau) = \tau \cdot \sigma_y(\tau). \quad (3.5.11)$$

Misol uchun, vaqt intervali taxminan 5s dan kam bo'lganda kvarts generatorlarining aniqligi vodorod mazerlaridek bo'ladi. 104s gacha bo'lgan kalta elementda sezilyli standart boshqa chastota standartlariga nisbatan juda ham yomon. Lekin ularni o'rtacha va uzoq muddatlarda ishlashida, vodorod mazeridan tashqari, barcha generatorlardan afzallik tomonini ish boshlagandan so'ng taxminan 106s dan so'ng namoyon etadi. 5.9-rasmda keltirilgan generatorning ishlashini uchta rejim bilan tavsiflash mumkin:

1. Qisqa muddatli, bunda vaqt intervali oshib borishi bilan quyidagi munosabatga mos Allan dispersiyasi kamayadi:

$$\sigma_y(\tau) = K_1 \cdot \tau^{\alpha_1}, \quad (3.5.12)$$

bu yerda α_1 musbat (vodorot mazeri uchun 1ga teng yoki kvartsli soatlarda, sezilyli va rubidiyli soatlarda 0.5ga teng).

2. O'rta muddatli, bunda Allan dispersiyasi doimiy qoladi:

$$\sigma_y(\tau) = \sigma_{yF} = const, \quad (3.5.13)$$

3. Uzoq muddatli, vaqt intervali ortib borishi bilan Allan dispersiyasi ortib boradi:

$$\sigma_y(\tau) = K_2 \tau^{-0.5}, \quad (3.5.14)$$

K_1 , σ_{yF} , K_2 qiymatlari 3.5.1-jadvalda keltirilgan.

Allan dispersiyasi (variatsiyasi) soatlarning ishlashini sifat o'lchovi hisoblanadi. Shuni ta'kidlash kerakki, bu generatorni fizik modeliga asoslanmagan, real generatorlarni ishlash natijasi bo'yicha tuzilgan barqarorlik grafigidan olingan.

Uzoq muddatli grafik qismi uchun davomli davrda o'lchash kerak, bundan kelib chiqadiki, o'lchash natijalari qisqa va o'rta muddatli qismlarga nisbatan unchalik ishonchli emas. Biroq, GPS/GLONASS pozitsionerlash sistemasida sekudni ulushidan bir necha soatga bo'lgan vaqt oralig'ida masofa o'lchashda soatlarni holatini bashoratlashda ishlatilishi mumkin (5.4-jadval) va o'z navbvtida, soatlar xatosini oshishi ehtimoli bilan (bunga ekvivalent fazoga, vaqtga

va masofaga ta'siri bilan). Bu kuzatish parametrlarini turli aspektlarini modellashtirishda muhim [Oduan, Gino, 2002].

Kommersiya generatorlarini ishlashi to'g'risida tipik ma'lumotlar.

3.5.1-jadval

	K_1	σ_{VP}	K_2	Dreyf (s/s)
H	$1 \cdot 10^{-12}$	$1 \cdot 10^{-14}$	$3 \cdot 10^{-17} \sqrt{S^{-1}}$	10^{-15}
Cs	$5 \cdot 10^{-11} \sqrt{S}$	$1 \cdot 10^{-13}$	$3 \cdot 10^{-17} \sqrt{S^{-1}}$	10^{-15}
	$7 \cdot 10^{-12} \sqrt{S}$	$5 \cdot 10^{-14}$	$3 \cdot 10^{-17} \sqrt{S^{-1}}$	$10^{-15} \cdot 10^{-14}$
Rb	$5 \cdot 10^{-12} \sqrt{S}$	$5 \cdot 10^{-13}$	$3 \cdot 10^{-15} \sqrt{S^{-1}}$	10^{-12}
Kvars	$1 \cdot 10^{-12} \sqrt{S}$	$5 \cdot 10^{-13}$	$3 \cdot 10^{-15} \sqrt{S^{-1}}$	10^{-10}

Soatlarni nisbatan uzoq muddatli xatosi

3.5.2-jadval

Soatlarning generatorini tipi	Nisbiy xatoligi
Kvarsli qo'l soati	10^{-6}
Geodezik GPS priyomnik	$10^{-7} \cdot 10^{-8}$
Termostatirlangan kvars	$10^{-8} \cdot 10^{-9}$
Sputnik soatlari: rubidiyli	$10^{-11} \cdot 10^{-12}$
seziyli	$10^{-11} \cdot 10^{-13}$
Vodorodli mazer	$10^{-15} \cdot 10^{-16}$

Mavzuga oid savollar.

1. Supuntikaviy dalnomer o'lchashda vaqt nechki xilga o'zgarishi mumkin?
2. Faza sikilini tezligi qaysi formula orqali topiladi?
3. Generatorlar ishlash rejimi nechta bosqichda amalga oshiriladi?

3.6. Sputnikaviy geodezik apparatlar

GPS priyomniklarini ishlab chiqaradigan yetmishga yaqin firmalaridan o'nga yaqini geodezik apparatlarni ishlab chiqaradi, bular: Allen Osborn Associates, Javad Navigation Systems, Leica Geosystems, NavCom Technology Inc., NovAtel, Septentrio, Sokkia, Thales Navigation, Topcon, Trimble Navigation [GPS World, 2003a; GPS World, 2004]. Bu albatta to'liq ro'yxat emas, bu ro'yxatga Rossiya va Xitoy firmalari kiritilmagan, boshqa tomondan GPS industriyasini dinamik xayotida ayrim firmalar yopilmoqda, ayrimlari o'zaro birlashib, yiriklashmoqda va x.k. Biz bu yerda nisbatan ko'p tarqalgan apparatlarning qisqacha tavsifini beramiz.

Ayrim zamonaviy sputnikaviy geodezik fazaviy apparatlarning tavsiflari.

3.6.1-jadval

Model, ishlab chiqarilgan yil	Kanallar soni	Vazni (kg)	Plandagi aniqlik	Vaqt (ns)	Pozitsiyani vangiqlanish tezligi	Sovuq start (min)	Iliq start (min)	Signalni qayta ishlash (s)	Istamol qiladigan quvvati (Vt)	Ishlash xarorati
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Allen Osborne Associates, Inc.										
SNR-8000 Turbo Rogue, 1992	24/8	4.3	$2+2 \cdot 10^{-6} D$	100	1	2	1	10	15	- 20/+55
Bench Mark, 1997	36/12	0.4	$2+2 \cdot 10^{-6} D$	100	1	<2	<1	<10	18	- 20/+55
Javad Navigation Systems										
Lexon-GGD, 2000	20/allin-view	0.68	$2+1 \cdot 10^{-6} D$	3	0.05	1	0.2	1	3.5	- 40/+55
Maxor-GGD, 2001	20/allin-view	1.8	$(1+2)+1 \cdot 10^{-6} D$	3	0.05	<60	<10	<1	15/3	- 40/+55
Prego, 2001	20/allin-view	1.96	$2+1 \cdot 10^{-6} D$	3	0.05	<1	<0.2	1	6	- 10/+55
Leica Geosystems										
SR510, 1999	12/12	1.25	$10+2 \cdot 10^{-6} D$	<100	0.1	<3	<0.7	<10	7	- 20/+55
SR530, 1999	24/12	1.15	$3+0.5 \cdot 10^{-6} D$	<100	0.1	<3	<0.7	<10	7	- 20/+55
NovAtel										
Pro-Pak-LB, 2002	11GPS, 2 SBAS, 1 LBand	1.3	$5+1 \cdot 10^{-6} D$	20	0.05	0.8	0.7	0.5	3.7	- 40/+55
DL4, 2002	24/12	1.3	$5+1 \cdot 10^{-6} D$	20	0.05	0.8	0.7	0.5	4	- 20/+55
Sokkia										
Radian, 1999	12/12	1.22	$5+1 \cdot 10^{-6} D$	-	10	<1.2	<1.0	3	8.5	- 40/+55
Stratus, 2001	12/12	0.55	$5+1 \cdot 10^{-6} D$	-	1	2.0	0.7	3	<1	- 40/+65
Thales Navigation/Professional Products										

GG24 GPS+GLO, 1996	24/12 GPS, 12 GLO	1.6	10+1·10 ⁻⁶ D	300	0.2	0.7	0.5	2	3.2	30/+55
ProMark- 2, 2001	12/12	0.14	10+10 ⁻⁶ D	100	1	1.5	0.25	15	0.33	10/+60
Z-Xtreme, 1996	36	1.7	5+1·10 ⁻⁶ D		0.1					30/+55
Ashtech Z- 12		3.9	5+1·10 ⁻⁶ D						18	40/+55
Z-Max, 2003	24/12	1.37	1	100	0.1	1.7	0.3	2	5	30/+55
Topcon										
Legacy-E GGD, 2000	40/20	0.68	2+1·10 ⁻⁶ D	10	0.5	1	0.2	1	1	40/+60
Hi-Per, 2001	40/20	1.6	(1+2)+10 ⁻⁶ D	10	0.5	<60	<10	<1	15/3	40/+55
Odyssey- E GGD, 2001	40/20	1.96	2+1·10 ⁻⁶ D	10	0.5	<1	<0.2	1	1	10/+55
Trimble Navigation Ltd.										
GPS Total Station 5700, 2001	24/12	3.8	5+1·10 ⁻⁶ D	100	5	<1	<0.5	<15	2.5	40/+65
4600LS, 1995	12/12	1.4	(5+10)+10 ⁻⁶ D	-	1	<1.5	<0.5	<15	<1	40/+65
GPS 5800, 2002	24/12	1.21	5+1·10 ⁻⁶ D	100	5	<1	<0.5	<15	<2.5	40/+65
ОАО «Россытский институт радионавигации и времени» (ИРВ)										
GEO-161, 2003	16	1.8	(5+10)+10 ⁻⁶ D		1				<2.5	30/+55
KB «NAVIS»										
SN-3601	14 (GLO, GPS,L1)	4.5	2-3sm		1	3	1.5		7	20/+55

Trimble Navigation Ltd. kompaniyasi. Kompaniyaga 1978yili Charli Trimbl tomonidan asos solingan. Kompaniya birinchi bo'lib, GPS kodida ishlaydigan, fuqorolar ishlatishiga mo'ljallangan bir chastotali Trimble- 4000A priyomnigini bozorga chiqargan. Trimble priyomniklari doim "sariq yashik" konfiguratsiyasiga ega. Oxirgi vaqtlarda "yauvik" dan boshqa shakidagi modellari ham ishlab chiqarilmoqda.

Trimble kompaniyasi topografik s'ymka, yuqori aniqlikdagi geodezik to'rbarmoq etish, dengiz va quriqlikda navigatsiya olib boruvchi, mashina va mexanizmlarni boshqarishni nazorat qiluvchi, aniq vaqtni uzatish va saqlash va boshqa turli vazifalarni bajaruvchi sputnikaviy apparatlarni ishlab chiqaradi. Bu apparatlar qishloq xo'jaligida, transportda, qurilishda, GIS yaratishda va ilmiy tadqiqot ishlarda qo'llaniladi va x.k. Oxirgi o'n yillar davomida bir chastotali 4600LS va ikki chastotali 5700 priyomniklari geodezik ishlarda juda ham ommabop (3.6.1-rasm).

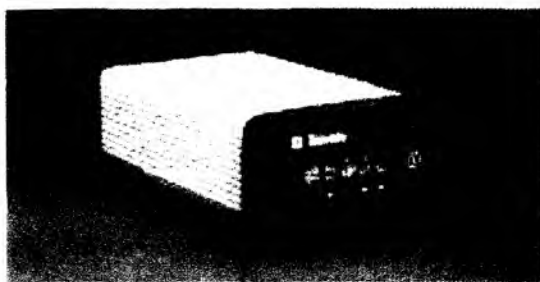


3.6.1-rasm. (4600LS) bir chastotali va (5700) ikki chastotali Trimble Navigation Ltd. (AQSh) priyomniklari

Apparaturalarni aniqligini oshib borishi navigatsiya, topografik va mutloq geodezik apparatlar orasidagi farqlarni yo'qotib bormoqda. Geodezik apparatlar fazoviy kodli-korrelyatsiyalangan (oddiy qilib aytganda "fazviy" apparatlar) va kodsiz fazaviy bo'lishi mumkin, ular radiointerferometr ("makrometr" tipida) prinsipida ishlaydi.

Fazaviy priyomniklar kanallar soni bilan farqlanadi, ular bir va ikki chastotali bo'lishi mumkin, bir yoki ikki sputnikaviy radio navigatsiya sistemasida ishlaydi. Ikki chastotali priyomniklar bir necha ming kilometr masofada eng aniq o'lchash natijalarini beradi. Ikki chastota bo'lishi o'lchash natijalariga ionosfera ta'sirini aniq hisobga olishni ta'minlaydi.

Ikki chastotali fazaviy va kodli Trimble priyomniklarining oxirgi avlodlari birinchi chiqarilgan *Trimble 4000Ssi* priyomniklarining texnologiyasiga asoslangan. Xuddi shu konfiguratsiya, mashinalarni boshqarish va mexanizmlarni nazorat qilishga mo'ljallangan *Trimble MS750*da ishlatilgan.



3.6.2-rasm. Trimble 4700 priyomniki (<http://www.trimble.com>)

Bundan keyingi yana ikkita geodezik GPS priyomniklar *Trimble Total Station 4700* (5.11-rasm) va *Trimble Total Station 4800*. Bu priyomniklardan ikkinchisi integrallangan asbob bo'lib, unda barcha komponentlar (antenna, priyomnikni o'zi va UHF radioaloqa) bitta korpusga joylashtirilgan. *Trimble Geomatics Office* dasturiy ta'minoti ko'p narsani o'z ichiga olgan, keng qamrovli dastur hisoblanadi.

Trimble kompaniyasi har doim GIS dasturlarini qo'llab quvvatlagan va unda qo'llaniladigan qator kuchli dasturiy mahsulotlarga ega bo'lgan. Bunday darajadagi *boshlang'ich* priyomnik *Trimble GeoExplorer II* bo'lgan (3.6.3.a-rasm), shu qatordagi apparatlar ichida eng yaxshisi *Trimble PathfinderPro*(3.6.3b-rasm). Bularda ishlatiladigan dastur Pfinder Office nomi bilan ma'lum.



a)



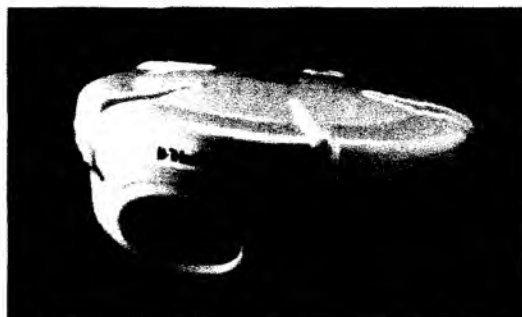
b)

3.6.3-rasm. Trimble Navigation firmasining apparaturalari:

a) Trimble GeoExplorer priyomnigi; b) Trimble PathFinderPro komplekti.

2002 yili Trimble Navigation kompaniyasi Trimble 5800 (5.13-rasm) priyomnigini chiqardi. Bu hamma tomondan integrallangan, yuqori darajada ishlab chiqarish qobiliyatiga ega bo'lgan GPS priyomnigi. Priyomnikda kabelni yo'qligi dala sharoitida ishlashda ancha qulaylik tug'diradi. Ikki chastotali

priyomnik, antenna, radiomodem, ta'minot manbai bitta blokka birlashtirilgan bo'lib, og'irligi 1.2kgni tashkil etadi va bir qo'lga joylashadi. ACU nazoratlovchi bilan ishlash uchun loyihalashtirilga bo'lib, u bilan Bluetooth™ simsiz radioaloqa bilan ulanadi. Priyomnik ichiga qo'yilgan kichkina batareya to'liq ish kuniga yetadi. Priyomnik rangli ekranli nazoratlovchisi ACU (xotirasi 128 Mb), shtanga va ushlagichi bilan 3.57kg vaznga ega.



3.6.4-rasm. Trimble 5800 priyomniki

Bu priyomnikni ishlab chiqarishda Trimble GPS ishlab chiqarishi industriyasini ko'p yillik tajriba natijalaridan foydalangan, unga 24-kanalli, ikki chastotali GPS/WAAS/EGNOS priyomniki o'rnatilgan, bu priyomnik 4 chiqli Maxwell texnologisida yaratilgan, 2.5 Wdan kam quvvat sarflangan holda noqulay sharoitda kuzatishni ishonchli ta'minlaydi. To'rt qutbli ta'minot tizimi bilan ikki chastotali antenna faza markazini submillimetrli (millimetr atrofida) stabilligini ta'minlaydi.

"Baza-rover" aloqasi uchun 450 yoki 900mGs chastotali radio ishlatiladi. Qurshovini kengaytirish va har tomonlama nazoratlash uchun, 5800-priyomnigi bir kanalda signal yuborayotgan ko'p bazaviy stansiyalardan ishlaydi. Bundanda qurshovni oshirish va eng yuqori aniqlikni ta'minlashda 5800-priyomnik Trimble VRSni vertual stansiya to'rlari bilan ishlaydi. Unga o'rnatilgan Bluetooth aloqa vositasi simsiz aloqani to'liq ta'minlaydi. WAAS va EGNOS differensial tuzatmalar signallarni qabul qilish imkoniyati bo'ladi.

Geodezik to'rlarni barpo etishda, qurilish ishlarida, mulkni boshqarishda 5800 tizimi juda ham qulay bo'lib, keng qo'llanish imkoniyatiga ega (<http://www.trimble.com>).

Leica Geosystems - 1920yildan boshlab optik-geodezik asboblari ishlab chiqarayotgan WILD kompaniyasining yangi nomi bo'lib, kompaniyaning shtab-kvartirasi Shveysariyani Heerbrugg shahrida joylashgan.

Leica/Wild kompaniyasi 1980 yilning ohiridan boshlab GPS apparatlarini ishlab chiqara boshlagan. Shu vaqtlarda Magnavox Corporation korporatsiyasi bilan birgalikda Wild WM101 priyomnigi ishlab chiqildi (WM102-shu priyomnikni ikki chastotali versiyasi). Dasturiy ta'minoti PoPS nomi bilan hammaga tanish.

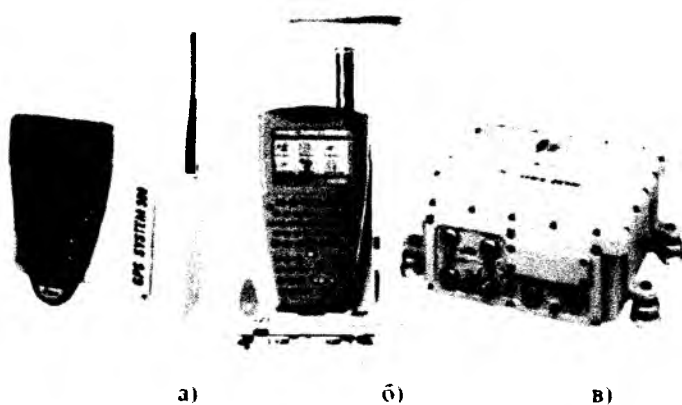
1990yillarni boshida Leica kompaniyasi Magnavox kompaniyasini fuqarolarga mo'ljallangan GPS aktivini sotib olgan va yuqori sifatli geodezik asboblarni ishlab chiqarishni faol davom ettirmoqda. Leicani birinchi priyomniklari System 200, System 300. 1998 yildan boshlab System 500 priyomnikini ishlab chiqara boshladi. Ma'lumotlarni qayta ishlash dasturi SKI nomi bilan ma'lum bo'lib, uni oxirgi versiyasi SKI-Pro deb ataladi.

System 500 "oilasiga" mansub bo'lgan turli priyomniklar mavjud: bir chastotali SR510, ikki chastotali geodezik model SR520, real vaqt rejimida ishlaydigan ikki chastotali model SR530.

1990 yilda GIS s'yomkalarini olib borish uchun GS50 modeli optimizatsiyalashtirilib, ma'lumotlar atributlarini kiritish imkoniyati yaratilgan. Uni TR500ga o'xshash nazorat qismi bo'lib, ma'lumotlar bilan ishlash uchun GPS/GIS dasturi bilan ta'minlangan.

Mashina va mexanizmlarni nazorat qilish va boshqarish uchun aniq navigatsiyani ta'minlaydigan MS500 va MS1000 (MS-mashina nazorati) priyomniklarini chiqardi. MS1000 priyomnikni yangi variantlaridan biri CRS1000 («continuous reference station»-uzliksiz ishlovchi tayanch stansiya) ishlab chiqildi. MS1000 priyomnik nazorat qilish va yodda tutish qobiliyatini

oshiradigan maxsus dastur bilan ta'minlanishi, uzliksiz ishlovchi tayanch stansiyani geodezik aniq o'lchashlarda va navigatsiyada ishlatish imkoniyatin yaratadi. Bu priyomnik choke ring tipidagi antenna bilan ishlaydi.



**3.6.5-rasm. Leica Geosystems priyomniklari.
a) SR 520; b) GPS 1200; v) MC 500**

Leica Geosystems kompaniyasi tomonidan 2004 yil standartlashtirilgan universal geodezik sistemasi Leica System 1200 ishlab chiqildi. Bu universal sistema GPS texnologiyasi bilan TPS avtomatlashtirilgan taxeometrni o'zida birlashtirgan va kuchli dastur bilan ta'minlangan. Leica System 1200 geodezik sistemasi qayta ishlab chiqilgan va to'liq muvofiqlashtirilgan uchta asosiy modullardan tashkil topgan, bular: Leica GPS1200 oilasiga mansub priyomniklar (5.14.b-rasm), Leica TPS1200 seriyasidan Total Stations stansiyasi va Leica Geo Office dasturi bilan ta'minlangan, umumiy bazaviy ma'lumotli Leica System 1200.

Sistemada apparatura va ma'lumotlarni boshqarishni yagona ko'rinishdagi konsepsiyasi amalga oshirilgan. Ma'lumotlarni tez va qulay almashtirish mumkin, aksessuarlari (kitoblar, ta'minot bloki, nazoratlar va x.k.) unifakatsiyalangan, bu esa asbob narxini arzonlashtirish imkoniyatini beradi.

GPS/TPS noyob umumiyliги va operatsiyalarini o'xshashligi, yangi aavlod sensorlari bilan sezilarli darajada to'ldirilishi SmartTrack va SmartCheck yangi texnologiyalarini berdi.

Leica Geo Office dasturiy paketi ma'lumotlarni boshqarish, vizualizatsiyalash, qayta ishlov berish; GPS, TPS va raqamli nivelirlarning ma'lumotlarini import va eksport qilish bo'yicha barcha operatsiyalarni ta'minlaydi.

Leica GPS1200 priyomniklarining ustki qismi maxsus magniyli qotishma bilan qoplanganligi uni har qanday obi-havo sharoiti va haroratiga va transportirovka sharoitiga chidamli qilgan.

Real vaqtda s'ynomka qilishni yangi texnologiyasi sputniklar tomonidan signalni tez ushlashni, kichik balandliklarda kuzatish, ko'pyo'likni bostirish, halal beruvchi signal va shovqinlardan himoya qilish va holatni tez (sekund davomida 20 martagacha) yangilashni ta'minlaydi. Apparaturni ishonchilik darajasi 99.99% bo'lib, 30 km va undan katta masofalarni yuqori aniqlikda kinematik o'lchash imkonini beradi. SmartTrack texnologiyasi tufayli daraxtlar ostida va interferensiyada(to'lqinlar bir biriga ustma ust qo'yilishi natijasida ularni o'zaro kuchayishi yoki susayishi) o'lchash ishlarini olib borish mumkin. Yangi signalli sputniklar paydo bo'lganda SmartTrack texnologiyasini yangilash mumkin. Yangi funksiyali SmartCheck bilan SmartTrackdan ma'lumotlar RTK rejimida nazoratlanadi va santimetr aniqligida qayta ishlanadi.

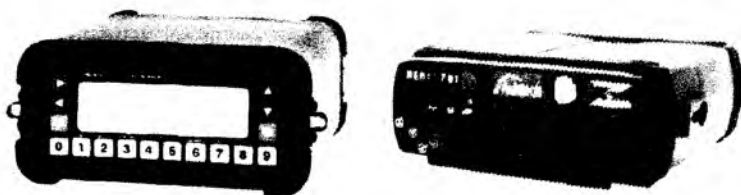
GPS1200 seriyasidagi to'rt xildagi priyomniklarning ichidan tanlab olish mumkin: Leica GX 1230 universal priyomniki (L1-12kanalli va L2-12kanalli, bunga qo'shimcha tayanch DGPS va RTK funksiyali yoki mobil stansiya) ma'lumotlar yig'ish uchun Leica GX 1220 va Leica GX 1210 priyomniklari, faol to'rlar uchun va Ethernet interfeysli RTK va DGPS rejimida ma'lumot yig'ish uchun Leica GRX1200 Pro.

Ashtech va Thales Navigation kompaniyalarini geodezik GPS o'lchashlar uchun apparatlari. Ashtech kompaniyasi o'z faoliyatini Djavad Ashdjay (Javad Ashjaee) rahbarligida 1980 yilni oxirlarida ish boshlagan (bungacha u Trimble kompaniyasida yetakchi injener bo'lib ishlagan). 1997 yili arzon qo'l GPSlarini ishlab chiqaradigan Magellan korporatsiyasi tomonidan sotib olingan (bu vaqtda

Djavad Ashdjai kompaniyani boshqarmas edi). Birlashgan Magellan-Ashtech mahsulotlari foydalanuvchilarning talabini qoplovchi kompaniyalardan biriga aylandi, Thales Navigation mahsulotlari bilan raqobatlashadigan mahsulotlar ishlab chiqara boshladi (keyinchalik Djavad Ashdjai Javad Positioning Systems nomi bilan boshqa GPS kompaniyasini ochdi). 2001 yil Thales Navigation (AQSh, Fransiya) kompaniyasi Ashtech va Magellan kompaniyasini sotib olib, navigatsiya va sputnikaviy geodezik apparatlarini ishlab chiqarishni davom ettirdi. Thales Navigation yerda va dengizda s'ynomkalar qilish, qurilish, GIS ma'lumotlarini to'plash, mashina va mexanizmlarni nazorat qilish, injenerlik geodeziyasi, metrologiya, o'rmonchilik, aviatsiya, transport, mulkni boshqarish va x.k. ishlarda qo'llaniladigan GPS va GPS+GLONASSSTM apparatlarini hamda turli chip to'plamlarini ishlab chiqaradi.

Ashtech arzon navigatsiya priyomniklari ishlab chiqarish bilan birga yuqori aniqlikdagi geodezik ishlarda ishlatiladigan apparatlarni ishlab chiqarish bilan ham tanilgan. 1990 yillari boshida Ashtech Z-12 apparatini ishlab chiqarish bilan elektronika sohasida yetakchi degan mavqni oldi. Z-12 priyomnikni ko'pchilik faza va psevdouzoqlikni o'lchaydigan eng yaxshi priyomnik deb hisoblaydi. L2 da barcha kodsiz kuzatish usullarida «Z-tracking» texnologiyasini "signal-shovqin" munosabati eng yaxshi. Z-12ni kuzatish texnikasi yangi priyomniklar Ashtech Z-Surveyor, Ashtech Z-SuperStation va faol stansiyalarga tadbqiq etilgan. Ashtech Z-Surveyor priyomnigi geodeziya o'lchash ishlari uchun loyixalastirilgan bo'lib, GPSni Leica System 500 (SR520/530) va Trimble 4700/4800 priyomniklari bilan raqobatlashishi mumkin.

Thales Navigation kompaniyasini iCGRSTM sistemasi tayanch stansiyalarni eng quvvatli texnologiyasini internet bilan to'g'ridan-to'g'ri aloqasini ta'minlaydi. MicroZ-CGRS (μ Z-CGRS™) kuchaytirilgan versiyasi kompyuterlarda yuqori aniqlikda foydalanishga mo'ljallangan bo'lib, Linux operatsion sistemasida ishlaydi.



3.6.6-rasm. (chapda) Ashtech Z-12 va Z-Xtreme priyomniklari

Doimiy tayanch stansiyalar kabi internetga to'g'ridan to'g'ri kirishi bilan ideal, interfeysini soddaligi iCGRS ga masofadan kirish imkoniyatini beradi.

iCGRS sistemasi yuqori aniqlikdagi ikki chastotali GPS ma'lumotlarini to'plashda uzuliksiz operatsiyalarini amalga oshirishdagi eng qat'iy talablariga javob beradi. Fayl ma'lumotlarini real vaqtda to'xtovsiz o'lchash ishlari olib borayotgan priyomniklardan olish mumkin. Tashqi generator chastotalaridan foydalanish imkoniyati bor. Ethernet kartadan foydalanib internet bilan bevosita ulanadi.

Ashtech Locus (3.6.7-rasm) bir chastotali priyomnik – bu katta bo'lmagan, bir blokka yig'ilgan priyomnik bo'lib, u bilan ishlashda kabel zarur emas.

Ashtech Reliance priyomniklar oilasi GAT s'yonkalarida qo'llash uchun mo'ljallangan, geologik va geofizik qidiruv ishlarida juda ham ko'p qo'llanilmoqda. *Ashtech* kompaniyasi GPS+Glonass ni birlashtirgan *Ashtech GG24* priyomnikni ishlab chiqargan, unchalik ko'p bo'lmagan kompaniyalardan biri (3.6.7-rasm).



3.6.7-rasm. (chapda) Locus priyomnik va Ashtech GG24 GPS+Glonass ni birlashtirgan priyomnik

ProMark2 priyomniki (3.6.8-rasm) – eng yengil va ishlash uchun qulay va sodda bo'lgan priyomnik. Bu priyomnik bilan statik va kinematik rejimda, santimetr aniqligidagi navigatsiya va geodezik o'lchash ishlarini bajarish mumkin. Keng zonali Wide Area Augmentation System (WAAS) va European Geostationary Navigation Overlay System (EGNOS) differensial sistemalarni signalini qabul qila oladi. Ashtech Solutions dasturiy ta'minoti ishlatiladi.

Thales Navigation kompaniyasi 2004 yil simsiz aloqa Bluetooth bilan jihozlangan ikki chastotali Z-Max priyomnigini chiqardi. Real vaqtda o'lchash ishlarini bajarish uchun priyomnik UHV va GSM ni birlashtirgan aloqa moduliga ega.



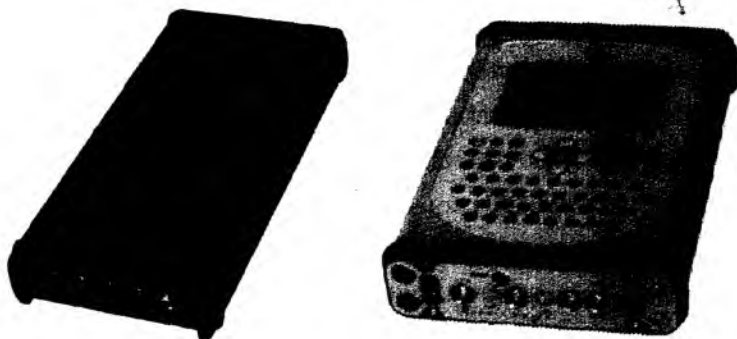
3.6.8-rasm. Thales Navigation kompaniyasini ProMark2 (chapda) va Z-Max priyomniklari

Javad va Topcon kompaniyalari. Javad Positioning Systems (JPS) kompaniyasiga sputnikaviy tizimlar bo'yicha yirik mutaxassis doktor Djavod Ashdjai (Dr. Javad Ashjaee) tomonidan asos solingan. Kompaniya shtab kvartirasi San-Xose (AQSh, Kaliforniya) va Moskva (Rossiya) shaharlarida joylashgan. JPS komandasi GPS apparatlarini yaratadigan eng eng kuchli komanda hisoblanadi. JPS biznes modeli internetdan boshqarilishiga asoslanishi buyurtmachini ehtiyojlariga ma'sulligi uni dinamik, samarali bo'lishini ta'minlaydi. JPS kompaniyasida 120dan ortiq jahon miqyosidagi olim va injenerlar ishlaydi.

2000 yilni iyulida JPS kompaniyasining aktivlari Topcon (Yaponiya, AQSh) kompaniyasi tomonidan sotib olindi. Lekin Djavad Ashdjayi o'ziga ma'lum bo'lgan texnologiyalar asosida Javad Navigation Systems (JNS) kompaniyasi bilan sputnikaviy apparaturalarni ishlab chiqarishni davom ettirmoqda.

Topcon Corporation kompaniyasi 70 yillik tajribaga ega bo'lgan, yuqori aniqlikdagi geodezik, optik, lazerli va tibbiyot uskunalarini chiqaruvchi jahondagi eng nufuzli kompaniya hisoblanadi. Bu kompaniyani Javad Positioning Systems (JPS) kompaniyasini sotib olishdan maqsadi geodezik pozitsionerlashda, qurilish va GIS da sputnikaviy texnologiyalarni qo'llash va tadbiiq etishda jahonda yanada yetakchi pog'onalarga ko'tarilishdir.

Javad kompaniyasi tomonidan GPS yoki GPS va GLONASSda ishlatiladigan bir nechta bir va ikki chastotali priyomniklar yaratilgan (3.6.9-rasm). JNS va Topcon kompaniyalari tomonidan chiqarilayotgan apparaturalarni ayrim xususiyatlari keltirib o'tamiz.



3.6.9-rasm. Javad – Topcon kompaniyalarni priyomniklari: Legacy-E GGD (Lexon-GGD) va Prego

Priyomniklarni boshqarish uni klaviyaturasini, yoki kompyuter (Javad – Topcon kompaniyasining apparaturalari uchun PCCDU va PCView dasturlari mavjud), yoki kontrolyor (nazoratchi) orqali amalga oshirilishi mumkin. Kiritiladigan informatsiya (axborot) odatda katta bo'lmaganligi uchun, priyomnik ekran va klaviyatura bilan jihozlashni zarurati yo'q. Ayrim priyomniklarni ishga tushirish va o'lchashni boshlash uchun bitta tugma va bitta svetodiodli (yorug'lik

diodi bo'lgan) indikatoridan foydalaniladi (misol uchun Ashtech GG-24 priyomnikida). *Minter* minimal interfeysi (5.19-rasm), ikkita knopka va ikkita yorug'lik diodidan iborat bo'lgan, priyomnik ishini boshqarish va nazorat qilish qurilmasi. Birinchi knopka, PWR, har doimgidek odatda ta'minotni ulaydi va uzadi. FN knopka, funksional knopka bo'lib, uni bosishni davomiyligiga bog'liq holda faylni yozishni boshlanishi, "to'xta-yur" rejimiga o'tkazish va boshqa amallar bajariladi. Yorug'lik diodlari (svetodiodlar): STAT (xolatni), REC (yozuvni) bildiradi. Diodlar uch rangda yonadi (qizil, yashil, sariq) ular priyomnikni holatini, kuzatilayotgan GPS va GLONASS sputniklarining sonini, yozuvining holatini bildiradi va x.k..

Maxsus parol olingandan so'ng avtorizatsiyalashgan opsiyalı fayllar (Option Authorization Files, OAF) fayldan foydalanish, priyomnikka o'rnatilgan imkoniyatlarni faollashtiradi. OAF fayllari har bir priyomnik uchun (yoki priyomnik platasiga) ishlab chiqiladi-har bir priyomnik uchun noyob bo'lgan simvollar ketma ketligi bo'yicha priyomnik identifikatori orqali aniqlab oladi. Agar priyomnik uchun qo'shimcha opsiya olish kerak bo'lsa, bu imkoniyatlar uchun to'lovni amalga oshirib, internet orqali OAF yangi fayli olinadi.

Birgalikda (Co-Op tracing) kuzatish GPS/GLONASS priyomnik imkoniyatini taxminan 100 baravarga oshiradi. Imkoniyatni yaxshilanishi (PLL) fazalarni sirtmoq (cxema) bilan bir vaqtda ishg'ol qilishga asoslangan. Ulardan biri priyomnik dinamikasi va ichki generatorini ko'z ilg'aydigan dinamikasini kuzatadi. Bu sxema ko'rish maydonidagi barcha sputniklarning to'liq energiyasidan foydalanadi va keng polosada 20 Gs atrofida o'tkazishi mumkin. Ikkinchi tipdagi fazani ishg'ol qilish sirtmog'i (sxemasi) har bir sputnikni ko'rinarli dinamikasini kuzatish uchun loyihalashtirilgan. Har bir sputnikka o'zini PLLi biriktiriladi, u tor polosada 2Gs atrofida o'tkazish imkoniyatiga ega. Bu sxema priyomnikni signalni kuzatish imkoniyatini oshirib, shu bilan bir vaqtda o'lchashdagi shovqinni 10 baravar kamaytiradi. Priyomniklarni kuzatish imkoniyatlarini oshishi bu barcha sputniklarni to'liq energiyasidan foydalanish

orqali erishiladi, shovqinni kamayishi esa, alohida sputniklarda fazani kuzatish sxemasini o'tkazish polosasi kengligini juda ham kichikligida.

Cinderella (ingliz tilidan ruschaga tarjimasi-Zolushka, o'zbek tilida-Shumshuk qiz) opsiyasi GPS vaqti bo'yicha ikki haftada bir maratta (odatda seshanba kunida) priyomnikni 24 soatga ikki chastotali GPS+GLONASS priyomnikka avtomatik ravishda o'zgartiradi. Bu opsiya xaridorni boshlang'ich to'lovini kamaytirish imkonini beradi, har doim foydalanish uchun tayyor bo'lgan mukammal asbob va dasturiy ta'minotga ega bo'ladi. Priyomnikni imkoniyatini ikki chastotali va ikki tizimli holatda ob'ektni o'zida real sharoitda tekshirib ko'rib, opsiyani samaradorligiga ishonch hosil qilgandan so'ng sotib olish mumkin.

JPS/JNS va TPS sistemalarning qabul qiluvchi (priyomniklar va antennalar) apparaturalarda ko'pincha masalalar takomillashtirilgan ko'pyo'llik bilan kurashish interferensiyain bosish, kinematika algoritmlarini real vaqtda ishlatish va x.k.

Keyingi ishlovlarni amalga oshiruvchi dasturiy ta'minot Pinnacle deb nomlangan bo'lib, Javad kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan, bu dastur hozirgi vaqtda Topcon kompaniyasining xususiy mulki hisoblanadi. JNSni yangi dasturiy ta'minoti *Ensemble* deb ataladi.

Boshqa kompaniyalar to'g'risida. Allen Osborne Associates, Inc. (AOA) kompaniyasi loyihalashtirish, tahlil qilish, geodeziya, topografiya va chastotali sinxroniyazatsiyalash bo'yicha harbiy ishlar uchun GPS asbob va uskunalarini kommersiya maqsadida tayyorlaydi va ishlab chiqaradi. TurboRogue – SNR-8000, SNR-8100 (5.20-rasm) seriyasidagi priyomniklar ikki chastotali bo'lib, S/A kodi bo'yicha va R-kodlarni ikkala chastotasi, hamda elituvchi L1 va L2 fazalarda psuvdouzoqlikni o'lchashda ishlatiladi. Priyomniklarni Anti-Spoofing rejimida ishga tushirganda Y-kodi bo'yicha korrelyatsiya usuliga o'tadi, bunda (P2-P1) ushlanishni va elituvchi fazalar farqi L1-L2 ni o'lchaydi. 3.6.1-jadvalda bu apparatura to'g'risida ayrim ma'lumotlar keltirilgan.



3.6.10-rasm. Allen Osborne kompaniyasining TurboRogue SNR-8100 priyomniki.

3.6.1-jadvalda TurboPogue (choke-ring antenasi bilan) seriyasidagi priyomniklarni oldingiga nisbatan batafsilroq tavsifi keltirilgan. Global to'rlar bo'yicha yechim, ehtimol, GIPSY OASYS ilmiy dasturiy ta'minot bilan haftalik ma'lumotlarni qayta ishlash bilan baholangan TurboSurvey® dasturi-tijoriy dastur, kompaniya tomonidan ishlab chiqilgan.

Ohirgi vaqtlarda geodezik sputnikaviy apparatlar bozorida NovAtel (Kanada), Sokkia (Yaponiya) kompaniyalari paydo bo'ldi. Bu kompaniyalarning mahsulotlari to'g'risidagi ma'lumotlarni internetdan olish mumkin.

TurboRogue seriyasidagi priyomniklarni aniqlik tavsiflari

3.6.1-jadval

O'lchash turlari	Dasturiy ta'minot	Planda aniqligi	Balandlik bo'yicha aniqligi
Global to'rlar	GIPSY OASYS aniq efemeridalar bilan	$2\text{mm}+D\times 10^{-9}$	$4\text{mm}+D\times 10^{-9}$
Statik s'yomka (30 daqiqalik seans, 6-sputnik)	Bor efemeridalar bilan TurboSurvey®	$4\text{mm}+D\times 10^{-6}$	$10\text{mm}+D\times 10^{-6}$
Tez statika (10 daqiqalik seans)	Bor efemeridalar bilan TurboSurvey®	$10\text{mm}+D\times 10^{-6}$	$20\text{mm}+D\times 10^{-6}$

Rossiyada geodezik apparatlarni "NAVIS" konstruktirlik byurosi, "Kotlin" kompaniyasi, OAO "Rossiyskiy institut radionavigatsii i vremeni" (RIRV) ishlab chiqarmoqda. SN-3601 («NAVIS») priyomniki geodezik s'yomkalarda, geodezik to'rlarni barpo etish va rivojlantirishda, davlat yer kadastr uchun ma'lumotlarni

yig'ishda yuqori aniqlikdagi navigatsiya parametrlarini aniqlashda va x.k. qo'llash uchun mo'ljallangan. U texnik holatni inobatga olgan holda, uzliksiz avtomatik ravishda "GLONASS" sputniklar turkumidan (L1) va GPS (L1)larni tanlash imkoniyatini beradi. Unda parallel kanallar qabuli-14, avtonom rejimda koordinatani aniqlash aniqligi 10-12m, differensial rejimida 1-2m. Aniqlashni (o'lchashni) boshlash vaqti "sovuq startda"-180s, "issiq startda"-90s. Koordinatalarni yangilash intervali- 1s.dan katta emas.

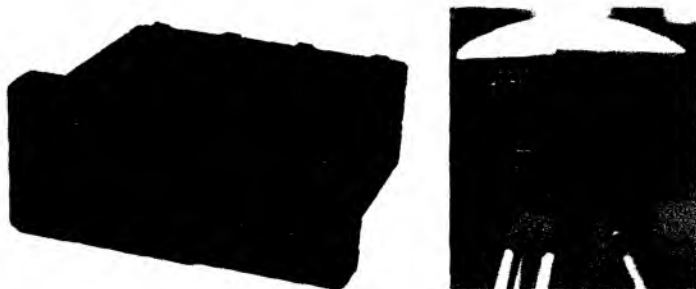
Bulardan tashqari, SN-3601 to'rt soat davomida turgan joyini aniqlash va o'lchash natijalarini to'plashi mumkin (to'plagichni hajmi 20Mbayt). Ma'lumotlar RS232C raqamli interfeys orqali shaxsiy kompyuterga yuboriladi (BINR yoki RINEX protokollari). Asbobni elektr ta'minoti 9ta 30V.li manbadan amalga oshiriladi, ta'miniy extiyoji 7Vt. Antenna, qabullash indikatori, akkumulator va antenna kabeli bilan birgalikda olganda komplekt massasi 4,5kgdan oshmaydi.

"Kotlin" kompaniyasi topografik-geodezik ishlarni olib borishda ishlatiladigan GPS/GLONASS tipidagi ikki chastotali «Zemlemer L1M» va «Geodezist» priyomniklari ishlab chiqarishni yo'lga qo'ydi. Nisbatan kuchli bo'lgan "Geodezist" priyomnikni GLONASS (L1, L2) uchun 18 kanalda va GPS (L1, L2) uchun 24 kanalda ishlashga mo'ljallangan. U bilan noqulay ob-havo sharoitida va radioko'rinish burchaklarida signallarni to'rg'un qabul qilish mumkin. Dala sharoitida ishlash uchun bu priyomnik komplektiga tashqi klaviatura va (8 qator 40-simvolli) JK-displey kiritilgan. Fazalarni ko'pma'ncoli sanoqlaridan chiqishda yuqori samarali algoritmlarni qo'llash orqali, santimetr aniqligida navigatsion aniqlashlarni bajarish mumkin. Bazaviy chiziq uzunligini L1/L2 chastotalarida 5mm va L1da 10mm aniqlikda aniqlash mumkin [Nevdyaev, 2000].

2003 yilning oxirlarida OAO RIRV ishlov berish dasturi BL-G1 bo'lgan, bir chastotali GEO-161 (5.21-rasm) sputnikaviy priyomniklar ishlab chiqardi.

Priyomnik GLONASS va GPS tizimidagi standart aniqlikdagi signallarni, tizimlar orasida kanallarni ixtiyoriy taqsimlanishi bilan 16ta qabul qilish kanaliga ega. Priyomnik mikropoloskali antennani, qabulni o'lchagich, ma'lumotlar

to'plagichni, boshqarish panelini va akkumulator batareyasini birlashtirgan yakka blok (monoblok) ko'rinishida yasalgan. Priyomnik ishlashini yoritgich va tovush indikatsiyasi yordamida nazorat qilinadi. Priyomnik ishini nazoratlashda cho'ntakda olib yuriladigan shaxsiy kompyuterdan foydalanish mumkin.



3.6.11-rasm. Chapda, SN-3601 KB "NAVIS" va GEO-161 OAO RIRV Rossiya geodezik priyomniklari.

3.7. Priyomnik xatolari

Priyomniklardagi shovqin. Apparatlardagi iliq shovqin o'lchash natijasida olingan ma'lumotlarda shovqin hosil qiladi. Antennani kuchaytirish koeffitsienti bo'yicha, sputniklarning signallarini quvvati va priyomnikni harorat bo'yicha shovqin tavsifi va uni atrof muhiti inobatga olinib, priyomnikdagi shovqin nazariy jihatdan hisoblanishi mumkin. Ma'lumotdagi shovqin sputnikka qaratilgan topomarkaz yo'nalishini balandligiga bog'liq, bundan antennani kuchaytirish koeffitsienti o'zgaradi va Yer atmosferasida signal zaiflashishi, hamda priyomnikda vaqt o'rtalanishidan signal kuchini yo'qotadi. Bitta antennadan ishlayotgan ikkita priyomnik bilan o'lchash natijasidagi faza yoki uzoqliklarni solishtirish orqali ma'lumotlardagi shovqinni aniqlash tajriba usullaridan biri hisoblanadi. O'tkazilgan bunday testlarni ko'rsatishiga L1 va L2 chastotalarda o'lchashda fazaviy shovqin darajasi 1dan 5mm gachani tashkil etadi, ayrim hollarda sistematik (takroriy) tashkil etuvchilari mavjud bo'ladi. Bu o'ziga xos xatolik geodezik o'lchashlarga ta'sir etmaydi, sababi qo'sh farqlarda chiqarib tashlanadi, lekin ionosferadagi kechikishni o'lchashda batafsil tadqiqot qilinishi va hisobga olinishi kerak. Shovqin darajasini kamaytirish uchun

priyomniklar, boshqaruvchi monitoring termotestir kameraga joylashtiriladi, dalada o'lchash ishlarini olib borganda quyosh nurlari tushib isib ketishdan saqlashga harakat qilishi kerak.

Vaqt xatosini ta'siri. Priyomnik va sputnik soatlarining xatolarini asosiy qismi qo'sh farqlarni shakllantirishda yoki tasodifiy qonuniyatlar bo'yicha o'zgaruvchi soatlarga tuzatmani baholashda chiqarib tashlanadi. Shu bilan bir vaqtda koordinatalarni aniqlashda geodezik masalani noxiziqiyligidan, geodezik o'lchash bajarilgan vaqt bilan haqiqiy vaqtga bog'liq. GPS signallarining vaqtini kvantlanishni noto'g'ri muvofiqlanishuvi bilan bog'liq bo'lgan xatoning kattaligi dopler signallarini siljishi bo'yicha hisoblanishi mumkin va odatda vaqtni 1 mks xatoligiga 1mmni tashkil etadi. Sputnik priyomnigi vaqtni aniqlashni bunday talabini oson bajaradi va bunday bo'lmagan hollar ham uchraydi. Bu holatlar, faza farqlari kombinatsiyasidan olingan, ionosferadagi kechikish kattaligida toyish yo'qligida, qo'sh farqlardagi yakka sakrashlardek aniqlanadi. S/A-kodlari bo'yicha psevdouzoqliklar millisekunddagi bir qiymatli emasligini, priyomnik noto'g'ri bartaraf etishdagi holatdan tashqari hollarda bu tipdagi xatolarni umumiy ta'siri kam, bunda o'lchash qaerda bajarilganini aniqlashni imkoniyati yo'q desa bo'ladi. Bunday holat bo'lganda ma'lumotlar deyarli brakka chiqariladi. Priyomnikda xato signalga birinchi ishlov berishda, dalada o'lchash ishini takrorlash imkoniyati bo'lganda bartaraf etilishi kerak.

Lokal generator nostabilligi, chatishma navodka (mo'ljalga olish), kanallar oralig'idagi siljish, dreyflar va shovqinni kvantlash. Chatishma navodkalar, dreyflar va kvantlash shovqini birinchi navbatda, apparatlarni tayyorlash sifatiga bog'liq va ularni ta'sir darajasiga kuzatuvchi faol ravishda ta'sir eta olmaydi. Alohida epoxalar (davrlar) orasidagi kuzatish seriyalarida normal joylarni hosil qilish va bazaviy chiziqni yechish jarayonida qo'sh farqlarni hosil qilish bilan lokal generatorni nostabilligi kamaytirilishi mumkin. Kanallar oralig'idagi siljish signallar chastotasiga bog'liq, shuning uchun bir vaqtda GPS va GLONASS tizimlarida ishlaydigan apparatlarga jiddiy ta'sir etadi. Bundan

apparatlar kechikishni avtomatik aniqlash vositasiga ega bo'lishi kerak [Teunissen et al., 1998].

Priyomnikni testlash . Umuman olganda GPS priyomniklari o'zini-o'zi kolibrlovchi qurilmalar hisoblanadi, shuning uchun foydalanuvchilar qurilmalarni kolibrlovmaydilar. Kuzatuvchi tomonidan nolinch bazaviy chiziq bo'yicha yagona oddiy test bajarilishi mumkin. Bunday o'lchash ikkita yoki bundan ko'p priyomniklarni bitta antennaga ulash orqali bajariladi. Kirayotgan signalni turli priyomniklarga yo'naltirish uchun tarmoqlagichdan foydalanish kerak. Bunda bitta priyomnikdan boshqa barcha qolgan priyomniklarni antennani ta'minlovchi kuchlanishdan bloklashirishni g'amini yeyish kerak. Odatdagi kuzatish seansi kuzatiladi (taxminan 60 daqiqa davomida) va odatdagidek bazaviy chiziq hisoblanadi. Bitta antennadan foydalanayotganligi uchun bazaviy chiziq komponentlari nolga teng bo'lishi kerak. Bu test bilan priyomniklar zanjirini ishlashi va uni elektronikasi nazoratlanadi va antennani siljishiga bog'liq bo'lmagan priyomnikdagi kamchiliklarni aniqlashga qulay bo'ladi [Hofmann-Wellenhof et al., 2001].

Mavzuga oid savollar.

1. Qanday apparatlarga suputnikaviy geodezik apparatlar deyiladi?
2. Suputnikaviy geodezik apparatlarining tavsiflarini tushuntirib bering?
3. Trimble Navigation Ltd. Kompaniyasiga kim asos solgan?
4. Leica Geosystems firmasida nechinchi yildan boshlab optik-geodezik asboblarni ishlab chiqarilgan?
5. Leica/Wild kompaniyasi qaysi yildan boshlab GPS apparatlarini ishlab chiqargan?
6. Priyomniklardagi shovqin qanday aniqlanadi?
7. Vaqt xatosining ta'siri qanday aniqlanadi?

3.8. Antenna xatosi

Antenna faza markazini o'zgarishi. Kelgan radiosignallarni bir xil fazaviy frontda mos tushish yeri, bu antenna nuqtasi bo'lib, u faza yoki elektr

markazi deyiladi. Faza yoki elektr markazi – bu antenna nuqtasi bo'lib, bir xil fazaviy frontda kelgan radiosignallar unda mos tushadi. Priyomnik aynan shu nuqtadan sputnikgacha bo'lgan masofani o'lchaydi. Faza markazi fizik nuqta emas, shuning uchun geodezist punktning marka markazidan ungacha bo'lgan masofani baholay olmaydi. Uning holati yo'nalish fuksiyasi bo'lib, antenna undan signalni qabul qiladi. Bundan tashqari GPS priyomnik antenasi uchun L1 fazaviy markazi bilan L2 fazaviy markazlari odatda ustma-ust tushmaydi. Shuning uchun uning o'rtacha holati antennani biror bir tayanch nuqtasiga nisbatan aniqlanadi (antenna reference point, ARP), kuzatish jarayonida geodezik punkt markasiga nisbatan bu nuqtani holati o'lchanadi.

Idealida, sputnik priyomnigini antenasiidagi fazaviy markazni holati signallarni qayerdan kelayotganiga, yo'nalishiga bog'liq emas. Antenna yo'naltirilganlik diagrammasini nosferikligi oqibatida amalda faza markazini azimut o'zgarishidan va balandlik burchagi o'zgarishidan kichik siljish (yaxshi loyihalashtirilgan geodezik antennalarda bir santimetrda kichik) bo'lishi mumkin. Odatda bir tayyorlovchi va bir model antennalari bir xildagi o'zgarishni ko'rsatadi, shuning uchun ularni ta'sirini bazaviy chiziqni o'lchashda bir yo'nalishda (misol uchun magnit meridiana yo'nalishida) orientirlash orqali kamaytirish mumkin. Geodezik antennalarda faza markazini o'rta gorizontol holati odatda antennani fizik markaziga ya'ni antenna aylanish o'qiga to'g'ri keladi va bir xil antennalardan foydalanganda faza markazlarining holati unchalik ahamiyatga ega emas: faqat antenna tayanch nuqtasini geodezik markaga nisbatan balandligini o'lchash zarur. Agarda turli tipdagi antennalardan foydalanilayotgan bo'lsa, unda ishlov berish oldidan ularga muvofiq tuzatma kiritish uchun faza markazini antenna tayanch nuqtasigacha bo'lgan balandligidan tashqari, faza markazini sputnik balandlik burchagiga nisbatan holatini bilish kerak bo'ladi.

Buning uchun har bir chastota, har bir antennaga dasturiy ta'minotda faza markazi xolatining tuzatmasini kalibrovkalashda fayllar olingan bo'lishi kerak.

Antenna tipiga sozlash va parametrlarni qo'shish uchun ishlov berish dasturini opsiyasi bo'lishi kerak. Antenna kalibrlash parametrlarini hisobga olmaslik punkt balandligida 10smgacha bo'lgan xatolikka olib keladi [Mader, 2004].

Antennani keltirilgan ikkita parametri (antenna tayanch nuqtani faza markaziga nisbatan siljishi va balandlikka bog'liq holda faza markazining kattaligini o'zgarishi) antennani kalibrlash jarayonida aniqlanadi. Hozirda ishlatilayotgan, deyarli barcha antennalar azimutal simmetrik fazada bo'layotgan o'zgarishga asosan (ko'pchilik holda) ufiqqa nisbatan sputnikning balandligi ta'sir ko'rsatadi. Biroq, antennani lokal tevarak-atrofi ideal bajarilgan o'lchashga qo'shimcha va azimutal, va balandlik o'zgarishlarini kiritishi mumkin. Bu lokal o'zgarishlar kalibrovka jarayonida inobatga olinishi kerak.

Kalibrovkalashni ikka xili ishlab chiqilgan: absolyut va nisbiy. Absolyut kalibrlashda antenna parametrlari ma'lum bo'lgan holati radio manbalarni kuzatishdan kiritiladi, nisbiy kalibrlashda antenna parametrlari ikki antennali, ma'lum bo'lgan bazaviy chiziqni kuzatishdan olinadi, ulardan biri tayanch deb qabul qilinadi.

Antennani absolyut kalibrovkalash. Birinchi absolyut kalibrovkalash aks-sadosiz kameralarda bajarilgan. Testdan o'tkazilayotgan antenna aks-sadosiz kamera ichida oldindan aniq tekshirilgan yo'ldan yurgazilgan va holati ma'lum bo'lgan nuqtalardan yuborilgan GPSni sun'iy signallarini qabul qilgan. Bunday kalibrovkalashning qiyin tomoni sun'iy signallarda va tayanch nuqtaning aniq holatini aniqlashda, butun qurilmani mexanik aniqligi. Aks-sadosiz kamera antennaning yarimsferasini to'liq qamrab oladigan ko'p sonli tadqiqotlarni o'tkazish qiyin. Faza markazini absolyut o'zgarishini qimmat baho kalibrovkalash laboratoriyalarida o'tkazilishi qoniqarli natijalar bermadi.

Gannover Universitetining olimlari va Geo++ kompaniyasi (G.F.R.) dala sharoitida maxsus qurilma bilan real vaqtda absolyut kalibrovkalash usulini ishlab chiqishdi. Bu qurilmaga kalibrovkalanayotgan antenna turli aylanish va

og'ishlar beriladi, qurilma kompyuter dasturida boshqariladi, aslida qaraganda maxsus robot desa ham bo'ladi.

Tadqiqot ikki kun ichida bir necha soatdan o'tkaziladi. Birinchi kun antenna gorizontol holda ushlanadi va oddiy holda kuzatiladi. Ikkinchi kun antenna turli tomonlarga aylantiriladi va og'diriladi, 6000-8000 o'lchash bajariladi, bu ishni robotsiz qilib bo'lmaydi. Ikki kunlik o'lchash natijalari asosida "yulduzli-sinxron" farq hosil qilinadi, bunda ko'pyo'llik yo'q desa ham bo'ladi.



**3.8.1-rasm. Real vaqtda
absolyut kalibrovkalash
qurilmasi**

Fazaviy markazni antennada azimutal bog'liq o'zgarishlarini natijalarini takrorlanishini namoyish etdi. Kalibrovkalash natijasida siljinshni o'rtacha kvadratik xatosi 1mm bo'lishiga erishiladi. Quyidagilar antenna parametrlarida sezilarli o'zgarishlarga olib kelishi ko'rsatildi: 1) antennaga radiomodem aloqasi antennasini xaddan yaqinligi; 2) antenna korpusini shakli; 3) gumboz konstruksiyasini detallari; 4) keskichlarni mavjudligi [Schmitz et al., 2002].

Dalada antennani nisbiy kalibrovkasi. Bu usul (AQSh) milliy geodezik xizmati (MGX) tomonidan ishlab chiqilgan. Kalibrovka 5metr uzunlikdagi bazaviy chiziq uchlarida mahkamlangan, balandligi 1,8m

bo'lgan beton ustunlarda bajariladi. Beton ustunlar tepasida antennani mahkamlagich o'rnatilgan. Ustunlar orasidagi masofa va nisbiy balandlik geodezik o'lchashlar bilan aniq aniqlangan. Shimoliy ustunda tayanch antenna, janubiy ustunda testlanayotgan antenna o'rnatiladi. Ikkala antenna Ashtech Z12 priyomnikida 10° maksimal balandlikda ishlaydi. Ikkala priyomnikda tashqi standart chastota sifatida rubidiyli generatorlardan foydalaniladi. Kalibrovkalash

o'lchashlari uchun tayanch antenna sifatida doim Dorne/Margolin,T-tip reaktiv xarakat laboratoriyasida yaratilgan halqali antenna ishlatiladi.

O'lchash 24 soatlik seans davomida olib boriladi. Qayta ishlash PAGES dasturida bajariladi. Boshida toposferadagi kechikish baholanmasdan faza markazini o'zgarishiga qo'sh farqlar uchun tuzatmasiz bir chastotali yechim olinadi. Bunday kichik masofada fazalarni qo'sh ayirmalari toposfera va ionosfera effektlari bo'lmaydi. Bunday yechim natijalari orqali antenna tayanch nuqtasini L1 va L2 fazaviy markazlarga nisbatan siljishi aniqlanadi. Siljish aniqlangandan so'ng testlanayotgan antenna fazaviy markazlari o'zgarishlari balandlik funksiyasi sifatida alohida L1 va L2 uchun topiladi. Har xil balandliklardagi turli sputniklarni fazaviy markazlarini o'zgarishini bevosita aniqlash uchun L1 yoki L2 fazalarni bir karrali farqlarining yechimidan foydalaniladi. Generatorlarni bir karrali farqlarida priyomniklarning soatlarini xatolari umumiy rubidiyni chastotalar standartidan foydalanish bilan kompensatsiyalanadi. Bu yechimlarda fazaviy markazlarni o'zgarishni azimutal bog'lanishi baholanmaydi. Bir karrali fazalar farqini qoldig' bog'lanmasligi priyomniklar soatlarining tuzatmalar farqini va sinalayotgan antennalar markazini o'zgarishini aniqlashda foydalaniladi [Mader, 2004].

Dala kalibrovkalarini solishtirish ko'rsatadiki, ko'pyo'llik ta'siriga katta darajada moyil bo'lgan kichik o'lchamli antennalarda eng katta farq hosil bo'ladi. Katta bazaviy chiziq uchun va global yechimlar olish uchun absolyut kalibrovka ma'lumotlari ma'qulroq [Mader, 2001].

Agar, zarur bo'lgan antenna tipi uchun tuzatmalar bo'lmasa, u holda antenna kalibrovkasini mustaqil o'tkazish mumkin. Bu quyidagicha qilinadi: yaxshi aniqlangan va juda ham qisqa (ko'pi bilan bir necha o'n metrli) bazaviy chiziq olish kerak. Bir tip antenna bazaviy chiziqni bir punktida, boshqa tip antenna - boshqa punktida o'rnatiladi. Kuzatish bir necha soatli seanslar bilan o'tkaziladi va ma'lumotlarga ishlov beriladi.

Ma'lumotlarga ishlov berish quyidagicha olib boriladi:

– antenna balandligi va fazalar markazini konstruktorlik tuzatmalari inobatga olinib, ma'lumotlar RINEXga aylantiriladi;

– kirishida RINEXni qabullayotgan dasturiy ta'minot yordamida bazaviy chiziq hisoblanadi, bunda, birinchidan fazalarni qo'sh farqlaridan foydalaniladi, ikkinchidan, chastotalar farqini aniqlash uchun faqat L1 chastota yoki faqat L2 chastotadan foydalaniladi;

– bunday tipdagi hisoblashlar uchun aniq orbitalardan foydalanishga xojat yo'q, bort orbitalarning sifati bu uzunlikdagi bazaviy chiziqlar uchun yetarli.

Bazaviy chiziqni hisoblangan bahosi bilan uning haqiqiy qiymatini solishtirish ikki tipdagi antennalar orasidagi mavjud bo'lgan og'ishni aniqlashga imkon beradi.

Bu hisoblashlar kun davomida turli vaqtlarda o'tkazilgan, ikki sessiya uchun kamida ikki marta takrorlanishi zarur. Bunday extiyotkorlik baholash davrida modellashtirilmaydigan antenna og'ishlarini boshqa tipdagi og'ishlardan farqlash imkonini beradi. Bu kalibrovka o'tkazilgandan keyin ikki tipdagi muvofiq apparatlar bilan kuzatilayotgan bazaviy chiziqni har bir hisobida aniqlangan, mos qeluvchi og'ishlariga, tuzatmalar qo'llaniladi [Botton et al., 1997].

Mavzuga oid savollar.

1. Kalibrovkalash deganda nimani tushunasiz va u qanday bajariladi?
2. Dala antenasining nisbiy kalibrovkasi qanday topmiladi?
4. O'dchash ishlari necha soat davomida olib boriladi?
5. Ma'lumotlarga ishlov berish nechta turga bo'linadi va ular qaysilar?

3.9. GPS/GLONASS o'lchashlarini dasturiy ta'minoti

Dasturiy ta'minot sputnikaviy apparatlarni ajratmas qismi hisoblanadi. GPS/GLONASS o'lchashlariga ishlov berish uchun ko'pgina dasturiy ta'minot paketlari mavjud. Bu paketlar tadqiqot maqsadlarida, ichki operativ zaruratlar uchun yoki juda ham aniq ilmiy ishlar (ilmiy dasturlar) uchun universitetlar yoki davlat tashkilotlari tomonidan yoki apparatlarni ishlab chiqaruvchilar tomonidan (tijorat dasturlari yoki firmalar dasturiy ta'minoti uchun) ishlab chiqiladi. GPSni

dasturiy ta'minotining batafsil arxitekturasi har bir dasturda sezilarli ravishda farqlanadi, lekin qator funksiyalar barcha dasturlarning paketlarida bajarilishi kerak.

Har qanday dasturni asosiy komponentlariga kuzatishni loyihalashtirish, loyiha tuzish va rekognosirovka; dala kuzatishlarga ishlov berish; ma'lumotlarga ishlov berish va o'lchashlarni nazoratlash; to'rni tenglashtirish va sifatni nazoratlash; natijalarni o'rnatilgan geodezik koordinata sistemasiga o'zgartirishga yordam berish bo'yicha funksiyalar kiritiladi.

Sputnikaviy o'lchashlarga ishlov berish dasturiga talablar. GPS apparatlarini ishlab chiqaruvchilar o'z apparatlari bilan birgalikda taqdim etadigan dasturlarni doimiy ravishda takomillashtirib boradilar. Sputnikaviy usullarni dinamiklik tabiatidan dasturlarni zarur bo'lgan darajada takomillashtirishni iloji yo'q. Mavjud dasturlarni kuchaytirishdan ko'ra, yangi yoki talay o'zgartirishlar kiritilgan dasturlar yaratishga kuch berilgan. Ilmiy dasturlarning imkoniyatlarini doim kengaytirib borish va tijorat dasturlarida ishlovni maksimal soddalashtirish tendensiyalari kuzatilmoqda. Sputnikaviy texnologiyani xarid qiluvchi dasturiy ta'minotda geodezik paketni va shu bilan birga apparatura komponentalarini etiborlik bilan baholay olishi kerak.

Natijalarni aniqligi, ishonchliligi ma'lumotlarga ishlov berish algoritmi bilan birga, rejalashtirish sifatiga, dala ishlarining uslubiyatiga va apparatlarga bog'liq. Agar dalada bajarilgan o'lchash ishlarining sifati yomon bo'lsa yoki ma'lumotlar hajmiga muvofiq bo'lmasa, u holda dasturiy ta'minot qanday mukammal bo'lishiga qaramasdan, bazaviy chiziq aniqligi va ishonchliligi zarar ko'radi, talabga javob bermaydi. Aniqlik to'g'ridan to'g'ri qanday matematik modellar va qayta ishlash uslubiyati tanlanganligiga bog'liq.

Dasturni istalgan sifatlariga samaradorlik va ishlov berish tezligi kiradi, o'z navbatda ayonki, bu ishlatilayotgan kompyuterga, qo'llanilayotgan algoritmgga, ishlov berilayotgan ma'lumotlar hajmiga va zaruriy aniqlikka ham bog'liq. Yuqori aniqlikdagi masalalarda odatda ishlov berishni turli bosqichlarida ishlab berishni

nazoratlash uchun boshqaruvchi aralashish imkoniyatini yaratish maqsadida boshqarishda moslanuvchanlik bo'lishini talab qiladi. Shuni inobatga olish kerakki, ilmiy yoki yuqori aniqlikdagi geodezik masalalar uchun tijorat dasturlari odatda to'g'ri kelmaydi. 10^{-6} dan yuqori bo'lmagan aniqlikdagi masalalarni, operator aralashmasidan odatda avtomatik ravishda bajariladi.

Ma'lumotlarga ishlov berishda mo'ljallangan dasturlar paketiga qo'yiladigan asosiy talab bu geodezik texnologiyaning yuqori mahsuldorlikda ushlab turishdan iborat. Hozirgi vaqtdagi zamonaviy va samaradorligi yuqori bo'lgan daladagi o'lchash usullari GPSni odatdagi statik usulidan juda ham katta farqlanadi. Ma'lumotlarga ishlov berishni innovatsion algoritmlarigina yuqori aniqlikdagi natijalar olish imkoniyatini beradi, bunda bazaviy chiziq olishni odatdagi GPS usullariga nisbatan bir necha marotaba kam vaqt sarflanadi.

Ma'lumotlar oqimini samarali oqimi deganda qayta ishlangan hom ma'lumotlardan tartib ohiri natija olinguncha o'tiladigan mantiqiy va samarali ketma-ketlikdagi harakat (amallar) tushiniladi, o'z navbatida bu dastur strukturasi (tuzilishiga) to'g'ridan to'g'ri aloqador.

Yuqorida keltirilgan ikkilamchi kriteriyalarni katta qismi, kuzatish modellari va ishlov berish usullari va shu bilan birga ularni qo'llashni turli maqbul usullaridan foydalanish bilan aniqlanadi. Shu bilan birga dastur strukturasi ishlov berish opsiyalarida moslashuvchanlikka imkoniyat berishi va ularni yangi model va usullar paydo bo'lganda adaptatsiyalash mumkinligi muhim o'rin tutadi. Bu hammadan ham real vaqtdagi rejimda kinematik qo'llashga yoki santimetr aniqligidagi (mashina nazorati va mexanizmlarini boshqarishidagi) o'lchashlarni bajarishga aloqador. Va nihoyat dastur xipcha (kompakt) va ixtiyoriy kompyuterlarda ishni bajarish mumkin bo'lishi kerak. Aslida, chiqarilayotgan kompyuterlarni borgan sari takomillashayotganini inobatga olinsa oxirgi qo'yilayotgan talab hozirgi vaqtda uncha ham aktual emas. Agarda foydalanuvchining interfeysi ishlatilayotgan asbobga bog'liq bo'lsa va operatoridan ko'p ma'lumotlarni kiritish talab etilsa bunga erishish qiyinlashadi.

Bir tomondan o'z navbatida dastur strukturasi operatsion sistemaga qo'yiladigan talab, ma'lumotlarni boshqarishda tanlangan tizim samarali, tez ishlash va avtomatlashtirishni talab etadi, boshqa tomondan dastur ixcham (kompakt) va boshqa dastur bilan uni qo'llab quvatlash imkoniyati bo'lishi kerak.

Sputnikaviy o'lchashda olingan ma'lumotlarga ishlov berishni to'rtta asosiy vazifaga bo'lish mumkin:

- sputniklar bilan ishlash qulay bo'lishini loyihalashtirish va geodezik to'rni rejalashtirish;
- old ishlov berish;
- o'lchash natijalarini tenglashtirish va koordinatalarni o'zgartirish;
- o'lchash natijalarini tahlil qilish.

GPS o'lchovlarini tashqi aniqligini old tahlil qilish dasturi keyigi qadam hisoblanadi, bunda tanlangan GPS stansiyalarni va boshqa manbalarni koordinatalari (ularni sifati) to'g'risidagi ma'lumotlardan foydalaniladi. Odatda ayrim stansiyalarni koordinatalari lokal koordinata sistemasida beriladi, ular ma'lumotlarni tez-tez boshqa koordinata sistemasiga transformatsiyalashda fiksatsiyalanishi sababli ularni tashqi chegaralovchi informatsiyalar deb qarash mumkin. Bunday dasturlar GPS uskunalarini tayyorlovchilar tomonidan taqdim etiladi.

Siljish qoldig'idagi sistematik xatoni (misol uchun orbitalarda, troposfera refraksiyadagi parametrlarda) hisobga oladigan dastlabki tahliliy dasturlardan ilmiy tadqiqot ishlarida foydalaniladi.

Dastlabki ishlov berish dasturiy ta'minotlari odatda quyidagilarni o'z ichiga oladi:

1. Priyomnik ichki xotirasidagi yoki kompyuterni yechib olinadigan xotira kartasidagi yozilgan ma'lumotlarni bo'shatib olish kerak.

2. Ishlov berilmagan kuzatish va navigatsion xabarlarini o'z ichiga olgan fayllarni tayyorlash. Agar ma'lumotlarni boshqarish tizimi bilan dastur birlashtirilgan bo'lsa, unda mos fayllar nomi belgilanadi, direktoriyalar va

loyihalar keyinchalik foydalanish uchun kataloglashtiriladi. Qo'shimcha ravishda stansiya fayllarini so'rash bajariladi va fayl jurnalda mos ravishda xulosalar qilinadi. Bu fayllarda kuzatuvchi tomonidan kiritilgan stansiyalar nomi, priyomnik nomeri, antenna balandligi va x.k.lar yozilgan bo'ladi.

3. Agar zarur bo'lsa, ma'lumotlar faylini formati o'zgartiriladi. Misol uchun: agar ma'lumotlarni arxivlashtirish yoki turli dasturlarni ishlatishi mumkin bo'lgan ishlov berish markaziga yuborish zarur bo'lsa, unda priyomnikka bog'liq "standart" formatdan foydalanish mumkin. Hozirgi vaqtda RINEX formati afzal hisoblanadi [Gurtner, 1994].

4. Psevduzoqliklarni o'lchash natijalari bo'yicha stansiya holatini old hisoblash. Bu yechimdan yo'l-yo'lakay priyomnik soatlariga tuzatma olish mumkin.

5. Faza ma'lumotlarida yo'qolgan sikllar sonini tiklash. Bu ko'pchilik hollarda uch karrali farqlar bo'yicha bajarilgan yechimdan so'ng qilinadi.

Old hisoblash qadamidan (bosqichdan) chiqishda ma'lumotlarni "toza" fayliga va keyingi bosqichdagi ma'lumotlarga ishlov berish uchun yordamchi informatsiyalarga ega bo'linadi. Quyidagi sharhlarni berish zarur deb o'ylaymiz. Old ishlov berish dasturlari doim GPS asboblarini ishlab chiqaruvchi tomonidan yoziladi va ularni priyomniklarini ishlashi uchun maxsus maxsulot hisoblanadi. Old ishlov berishni ayrim modullari (hammadan ham 3,4 va 5 operatsiyalarini bajaruvchi) dasturiy paketlarni uchinchi qism tashkil etuvchilari bilan birlashtirilgan bo'ladi.

4-qadam kerak bo'lmaydi, agarda kodli-korrelyatsiyalangan priyomnik soatini kuzatish vaqtida avtomatik ravishda tizimli soat shkalasiga (soatlarni boshqarish clock steering deb nomlangan) qayta o'rnatasa.

Yo'qotilgan sikllar hisobini tiklashni qo'lda bajarish qiyin va qunt bilan yechiladigan masala. Xozirda yo'qotilgan sikllar hisobini aniqlash va tiklash "standart" old ishlov bo'lib, avtomatik ravishda bajariladi (ayrim priyomniklar dalada ma'lumotlarni yozib borish davrida bularni tuzatishi mumkin).

Old ishlovni ayrim dasturlari, balkim, qayta ishlovchidan old ishlov berish oldidan ishlov berish strategiyasini bo'yicha qaror qabul qilishni talab qilgan holda, ma'lumotlar farqi faylini hosil qiladi (misol uchun, priyomniklar orasidagi farq yoki ikkili farqlar).

Oldindan bajarilgan ayrim qadamlar (ma'lumotlarni tushirish, qayta formatlashtirish, priyomnikni nuqtali pozitsionerlash) faqat alohida punktlarda uchrashi mumkin, ammo keyingi qadamlarda bir vaqtda ishlayotgan barcha priyomniklarning ma'lumotlari boshida bir joyga (kompyuterga) to'plashni talab qiladi.

RINEX formati GPS va GLONASS ma'lumotlarini rasmiy formati sifatida keng tarqalgan. Priyomniklarni ko'pincha chiqish ma'lumotlari shu formatda chiqariladi, yoki utilit dasturidan o'tkaziladi (bo'shatilayotgan asboblarga uchun o'ziga xos).

Old ishlov berish dasturini priyomnikni o'ziga qo'yish hollari kuzatilyapti. *Bu real vaqtda s'yomka qilish uchun zarur.*

Fazaviy ma'lumotlarga ishlov berish bo'yicha mulohazalar. Bu komponent dasturiy paketni "yuragi" hisoblanadi. Fazaviy ma'lumotlarga ishlov berish dasturlari uchta katta sinfga bo'linadi:

- apparatlarni tayyorlovchilar tomonidan ishlab chiqilgan va priyomniklar komplektida taqdim etiladigan, odatiy geodezik ishlarda qo'llaniladigan dasturlar. Bular "tijorat dasturiy mahsulotlari" deb nomlanadigan dasturlar;
- xukumat tashkilotlari yoki akademik institutlar tomonidan ishlab chiqilgan eng aniq "ilmiy" yoki geodezik ishlar uchun mo'ljallangan dasturlar;
- dengiz yoki havo ishlarini qo'llash, GAT uchun ma'lumotlar yig'ish, boshqa datchiklar bilan birlashtirilgan (aeros'yomka kameralari inersial navigatsiya tizimlari va x.k.) bir necha antennalardan iborat bo'lgan tizimlarni orientirini aniqlash uchun "maxsus" (yoki noyob) ishlarga mo'ljallangan dasturlar.

Bu dasturlarning sniflari orasida bir qancha farqlar mavjud:

- tijorat va maxsus dasturlar odatda bir tipdagi asboblarning ma'lumotlarini boshqarish uchun yoziladi. Ma'lumotlardan RINEX formatidan foydalanganda, ilmiy dasturlar asboblarga bog'liq emas.
- tijorat dasturlari "foydalanuvchilar bilan hamjihat" bo'lib, ishlov beruvchidan minimal kiritishlar talab etadi va shaxsiy kompyuterlarda ishga tushirilishi mumkin. Ilmiy dasturlar tadqiqot va aniq pozitsionerlash maqsadlarida ishlab chiqiladi. Bunda ko'p opsiyalar taklif qilinadi va hisoblashda foydalanuvchidan katta mahorat talab qiladi. Bunga qo'shimcha ravishda shuni ta'kidlash kerakki, bu dasturlarni o'ziga hosliklari ko'p va murakkab ma'lumotlarni modellashtirishni qo'llab turadi, shuning uchun bu dasturlar bilan ishlaydigan kompyuterlarga qo'yiladigan talab ham jiddiy;
- tijorat dasturlari (nisbiy aniqligi – 10^{-6} birlikda) geodezik o'lchashlar uchun optimizatsiyalangan, shu bilan bir vaqtda ilmiy dasturlar odatda eng yuqori aniqlikdagi ishlarga mansub. Ilmiy dasturlarda eng nozik modellashtirishlardan va ishlov berish usullaridan foydalaniladi, misol uchun orbita elementlarini tenglashtirish, toposferik kechikishni baholash, birvaqtda bir sessiyadan ko'p bo'lgan kuzatishlarga ishlov berish va x.k.;
- tijorat dasturlari odatda alohida bazaviy chiziq rejimida, xattoki ikkitadan ortiq priyomnik bir vaqtda ishlaganda ham, ma'lumotlarga ishlov berishni juda ham optimal bo'lmagan algoritmlaridan foydalaniladi, ilmiy dasturlar esa ko'p chizikli rejimda va ko'p seanslarga ishlov berish imkoniyatiga ega;
- maxsus dasturlarni qo'llash doirasi tez kengayib yuqoriroqda. Ayrincha maxsus dasturlar "nazik didli" maxsulot bo'lishi, bir xillari qo'pol interfeysli bo'lishi mumkin [Rizos, 1999].

To'rtinchi tenglashtirish dasturi bo'yicha mulohazalar. Fazaviy GPS ma'lumotlariga ishlov berish eng kam birlik bo'lgan hollarda ham bajarilishi mumkin: alohida bazaviy chiziq yoki bir vaqtda katta hajmda tenglashtiriladigan,

o'lchashlarda to'plangan barcha ma'lumotlarni yoki ular orasidagi biror bir kombinatsiyada. Har qalay fazaviy ma'lumotlarga ishlov berishni barchasi uchun umumiy bo'lgan bir necha o'ziga xosliklari bor.

Odatda ular minimal chegaralangan yechimlar bo'lib, to'rni bir stansiyasi koordinatariga (yoki bazaviy chiziqqa) asoslangan. Natijalari uch o'lchamli koordinatalar shaklida beriladi (X, Y, Z dekart koordinata sistemasida yoki shu ellipsodning o'zida B, L, H geodezik koordinata sistemasida). Olingan koordinatalar WGS-84 sistemasiga mansub bo'ladi (aniqlik darajasi, fiksatsiyalangan stansiya ma'lumotlari bilan aniqlanadi).

Agarda fazaviy ma'lumotlarni ishlovi birin ketin, ya'ni alohida bazaviy chiziqlar rejimida yoki (afzalroq) alohida sessiyalar rejimida bajarilsa, alohida olingan natijalar to'rni keyingi tenglashtirishlarida birlashtirilishi kerak. O'z navbatida, to'rni ikkilamchi tenglashtirish dasturida quyidagilar bajarilishi zarur:

- alohida bazaviy chiziqlarning (yoki multi-baseline rejimida ko'p chiziqlarni) yechimini to'rga birlashtirish. GPS o'lchashlarida doim ortiqcha ma'lumotlar bo'ladi (misol uchun, stansiyalar okkupatsiyalarining to'plami, bazaviy chiziqlarni qayta kuzatish va x.k.), optimal koordinatalarni olishni eng yaxshi usuli GPS natijalarini (va u bilan bog'liq kovariatsiyalarni) to'rni tenglashtirish dasturiga kiritish. Bunda birlashtirilgan yechim minimal chegaralangan holda qoladi, ya'ni faqat bitta stansiyani koordinatalari fiksatsiyalanadi;
- tashqi nazorat stansiyalarning koordinatalarini tenglashtirilgan to'rga qo'shish, aloqa vositalarini GPS yechimlari bilan lokal geodezik sistemalari bilan ta'minlash (WGS-84 kvazisistemasida), va lokal nazorat to'rini tenglashtirishda GPS yechimini chegaralash. Oxirgi xususiyat, GPS va lokal geodezik sistema orasidagi transformatsiyalash parametrlarini aniqlashni talab etadi;

- ayrim yoki barcha kuzatish stansiyalar uchun geoid balandliklari to'g'risidagi ma'lumotlar GPS ellipsoidal balandliklari zarur bo'lgan normal balandlikka o'zgartiriladi;
- to'r sxemasi va koordinatalar kattaligi bilan hisobot tayyorlash, turli shakl va formatlarda jadvallar tuzish imkoniyatiga ega bo'lish.

Yuqorida qayd etilgan masalalarni faqat tenglashtirish uchun tuzilgan dastur bilan to'rni tenglashtirish dasturi yordamida yoki geodezik to'rni tenglashtirish uchun oddiy dasturiy ta'minot yordamida bajarish mumkin. Boshqa tipdagi geodezik kuzatishlar sifatida, fazaviy o'lchashlarni ishlov dasturidan GPS ma'lumotlarini kiritish uchun, uni modifikatsiyalash kerak. Bu yerda bajarilgan odatiy o'lchashlardan (gorizontal yo'nalish, masofa, zenit masofa va x.k.) olingan ma'lumotlarga to'ldiruvchi bo'ladi.

Dastur GPS apparatlarni tayyorlovchilar tomonidan ishlab chiqilib, dasturlarni to'liq "paketiga" qo'shimcha modul sifatida tavsiya etilishi mumkin.

Eng mashhur dasturlar paketi vositalar to'plamiga ega bo'ladi, bu vositalar fazaviy ma'lumotlarga ishlov beradigan chiqish fayllarini o'qishi mumkin, bu ma'lumotlarni (bazaviy vektor koordinatalarini va kovariatsiya matritsalarini) qo'lda kiritishdan ozod qiladi.

Sputnikaviy ma'lumotlarni nisbatan real bahosini olish uchun, bazaviy chiziqqa ishlov berish dasturida taqdim etilgan kovariatsion matritsadan olingan axborotdan ko'pchilik hollarda "masshtablashtirishi" zarur. Sputnik o'lchovlarini bajarish davomida to'rni tenglashtirish dasturi umumiy sifat monitoringi bo'ladi. Bazaviy chiziqlarni o'lchash yoki sessiya tenglashtirish natijalarini ketma-ketlikda dasturga qo'shib borish va yechimini nazorat qilish mumkin. Agar yo'l qo'yilmaydigan og'ishlar aniqlansa (misol uchun, bazaviy chiziqni yaxshi emasligida), unda o'lchash rejasini o'zgartirishni talab qilishi mumkin (talabga javob bermagan bazaviy chiziqni qayta kuzatish yoki qo'shimcha stansiyalar kiritish).

Bunday dasturni chiqishida aniqligi baholangan (kovariatsion matritsalar, ellips yoki ellipsoid xatolari) stansiyalarning koordinatalar to'plami (WGS-84 sistemasida yoki lokal geodezik koordinata sistemasida) bo'ladi.

Ayrim to'ri tenglashtirish dasturlarida geoidni qurish imkoniyati bo'lmasa, bunday hollarda alohida dastur kerak bo'lishi mumkin. Misol uchun, AQSh, Kanada va Avstraliyalarga old hisoblash to'ri bilan geoid balandliklarini interpolyatsiyalash uchun dastur mavjud. Gravimetrik s'yomka ma'lumotlari asosida geoid balandliklarini hisoblaydigan dasturlar unchalik ko'p emas.

Trimble, Ashtech (Thales Navigation), Leica Geosystems, Javad (Topcon) firmalari to'rlarni tenglashtirish dasturini ishlov berish tijorat paketida, modul ko'rinishida taqdim etadi.

GPS apparatlarini ishlab chiqaruvchilarning paketlariga natijalarni taqdim etish (buyurtmachi uchun hisobot tayyorlash, to'ri sxemasini yaratish, koordinatalar vedomostini va x.k. tayyorlashga yordam beradi) dasturini qo'shish tendensiyasi mavjud [Rizos, 1999].

Mavzuga oid savollar.

1. Suputnikaviy o'lchashlarga ishlov berish dasturining talablarini tushuntirib bering?
2. Suputnikaviy o'lchashda olingan ma'lumotlar qanday asosiy vazifalarga bo'linadi?
3. Fazoviy ma'lumotlarga ishlov berish nechta snifga bo'linadi?
4. Ikkilamchi to'ri tenglashtirishda qanday amallar bajariladi?
5. Qanday koordinatalar sistemasi mavjud?

3.10. Respublikamizda GNSS tizimidan foydalanish va SGT punktlari

Tarmoqlar va ulardagi punktlar O'zbekiston Respublikasi yer resurslari, geodeziya, kartografiya va davlat kadastr davlat qo'mitasining yerni masofadan turib zondlash, geodeziya va kartografiya bo'limi tuzgan loyihaga binoan o'rnatiladi (3.10.1-rasm). Bugungi kunga kelib geodezik tarmoqlarni yer sun'iy yo'ldoshlari texnologiyasi asosida barpo etish ancha taraqqiy etdi. Yerning sun'iy

yo'ldoshlarini yerdan kuzatish orqali qit'alararo geodezik munosabat bog'lashga va dunyo geodezik tarmoqlarini barpo qilishga imkon yaratildi.



3.10.1-rasm. O'zbekiston Respublikasidagi mavjud sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoqlarining amaldagi joylashuvi

Davlat sun'iy yo'ldoshli geodezik tarmog'i 1, 2, 3 va 4 - sinflari punktlarining umumiy zichligi har 50 km² ga kamida bitta punktni tashkil qiladi. O'zbekiston Respublikasi hududida hozirda 1942 yilda qabul qilingan geodezik koordinatalar tizimi (SK-42) amal qiladi.

Ayni paytda O'zbekistonda Davlat sun'iy yo'ldoshli geodezik tarmoqlari tarkibi belgilangan bo'lib, ularni rivojlantirish umundan ayrimga o'tish prinsipiga asoslangan. Davlat sun'iy yo'ldoshli radionavigatsiya tizimlari NAVSTAR (AQSh) va GLONASS (Rossiya) hamda kosmik geodeziya-ning boshqa usullaridan foydalanib quriladigan Davlat sun'iy yo'ldoshli geodezik tarmoqlari o'z ichiga quyidagilarni oladi: referens geodezik punktlar tizimi; 0 - sinf sun'iy yo'ldoshli geodezik tarmog'i; 1 - sinf sun'iy yo'ldoshli geodezik tarmog'i.

Davlat sun'iy yo'ldoshli geodezik tarmoqlari punktlarining o'rni koordinatalarning ikki tizimida - umum yer va referens tizimlarida aniqlanadi. Har ikkala tizimlar orasidagi bog'lanish biridan ikkinchisiga o'tish parametrlari aloqasi orqali bog'lanadi. Respublikamizda sun'iy yo'ldoshli geodezik tarmoqlarni yaratishda davlat geodezik punkt va tarmoqlarini asos qilib olinishi lozim deb

hisoblaymiz. Ma'lumki, doimiy amal qiluvchi bazaviy stansiya yo'ldosh geodeziyasi priyomnigi va antennadan iborat bo'ladi. Ushbu bazaviy stansiya ishonchli joyda barqaror o'rnatiladi va uzluksiz energiya ta'minoti manbai bilan ishlaydi. Ma'lumotlarni qabul qiluvchi priyomnik yo'ldosh signallarini o'zida qabul qiladi. Qabul qilingan signallar qayta ishlanadi va aniq vaqtda ishlaydigan boshqa moslamalarga uzatilib moslamaning doimiy ishlashini ta'minlaydi. Ushbu davlat sun'iy yo'ldoshli geodezik tarmoqlarini yaratish shaharlar hududida, yirik sanoat va energetik ob'ektlarni tuzish, loyihaviy qidiruv va qurilish ishlarini bajarish, gidrouzel qurilishi bosqichida gidrotexnik inshootlarni rejalash, yirik ko'priq qurilishlarda, tunnel trassasini joyga ko'chirish uchun planli asos bo'lib xizmat qiladi. Geodezik tarmoqlar aniqligi, zichligi va barqarorligiga bo'lgan talablar turlicha bo'ladi.

Hozirda davlat geodezik tarmoqlarini raqamlashtirish, sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoqlarini barpo qilish va 1:25 000 masshtabdagi topografik asosni yaratish ishlari O'zbekiston hamda Janubiy Koreya Respublikalari o'rtasidagi "Milliy geoaxborot tizimlari" loyihasi doirasida amalga oshirilmoqda. Mazkur loyiha bo'yicha respublikamizning barcha hududlariga asosiy va yordamchi sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoqlari o'rnatilib, uning muhofazasi hududiy yer tuzish va ko'chmas mulk kadastri davlat korxonalari zimmasiga yuklatilgan. Ularning nazorati va monitoringi Davlat kadastrlari, geodeziya va kartografiya milliy markazi davlat unitar korxonasi tomonidan olib borilmoqda. "O'zdaverloyiha" davlat ilmiy-loyihalash instituti hududiy filiallarining yer tuzuvchi mutaxassislari yer hisobini yuritish ishlarini olib borishda GPS qurilmalarini mazkur sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoqlariga bog'lagan holda amalga oshirib kelinmoqda.

Bir va ikki chastotalik GPS va GNSS priyomniklar eng ko'pi o'n ikkita sun'iy yo'ldosh bilan bog'lanish imkonini beradi va eng kami oltita sun'iy yo'ldosh bilan bog'langanda ishchi holga keladi. Aniqlik darajasi relef murakkabligi, rover antenasining radiusi ochig'ligi va ob-havo sharoitiga karab o'rtacha 60

santimetrni tashkil etgan. Aniqlik darajasini oshirish maqsadida qilinadigan geodezik va geoinformatik ishlar qo'shimcha vaqt va qo'shimcha mutaxassisning intellektual salohiyati talab qilinadi. Bu esa o'rtacha murakkablikdagi bo'lgan 3 gektar hududni 1:500 masshtabdagi planini tuzish maqsadida qilinadigan geodezik ish uchun kamida uch nafar yetuk malakali mutaxassis 8 soat davomida ish olib borish hamda GPS va GNSS priyomnikda olingan ma'lumotlarni davlat geodezik punktiga bog'lash uchun qo'shimcha bir kunni talab qilgan (3.10.2-rasm).



3.10.2-rasm. Davlat geodezik tarmog'iga Leica GNSS to'lqin qabul qilgich qurilmasini o'rnatish jarayoni, Jizzax shahar hududi

Hozirda yanada takomillashgan uch chastotalik GNSS priyomniklari esa aniqlik darajasi va yetuk malakali mutaxassis ish sarfi jihatidan qulay va samarali ekanligi aniqlandi. Aniqlik darajasini oshirish maqsadida qilinadigan geodezik va geoinformatik ishlarni uch chastotalik GNSS priyomnik avtomatik tarza amalga oshiradi. O'rtacha murakkablikdagi bo'lgan 3 gektar hududni 1:500 masshtabdagi planini tuzish maqsadida qilinadigan geodezik ish uchun kamida ikki nafar yetuk malakali mutaxassis 4 soat davomida ish olib borish va davlat geodezik punktiga bog'lash uchun qo'shimcha vaqt talab qilinmaydi.

Qo'yidagi 3.10.1-jadval orqali sun'iy yo'ldoshlar haqida to'liqroq ma'lumotlarga ega bo'lasiz.

Sun'iy yo'ldosh tizimi nomi	Mansubligi	Ishga tushirilgan yili	Sun'iy yo'ldoshlar jami soni	Orbita balandligi
GPS	AQSh	1994	24	20,200 km
GLONASS	Rossiya Federatsiyasi	2010	24	19,100 km
GALILEO	Ovropa	2014	27	23,600 km
Compass	Xitoy	2000	31	36,000 km
Michibiki	Yaponiya	2010	1	35,800 km

“O‘zdaverloyiha” davlat ilmiy-loyihalash institutining hududiy filiallari tomonidan qishloq xo‘jaligi yerlarini yo‘qlamadan o‘tkazish va hisobini yuritish ishlarini bajarishda bevosita “Magellan” hozirda “Ashtech” deb nomlanuvchi kompaniya (Fransiyada ishlab chiqarilgan) mahsuloti bo‘lgan GPS (3.10.3-rasm) priyomniklaridan foydalanib kelinmoqda.



3.10.3-rasm. “Ashtech” markadagi GPS to‘lqin qabul qilgich qurilmalari

“Ashtech” Pro Mark-3 markasidagi to‘lqin qabul qilgich qurilmasi ikki ya‘ni, “Mobile Mapper” va “Survey” rejimi asosida ishlab, ikki turdagi ish funksiyasini o‘z ichiga oladi:

- “Mobile Mapper” s‘yomka turida asosan qishloq xo‘jaligi yerlarini yo‘qlamadan o‘tkazishda, konturlar kesimida yer maydonlarini hisoblashda, ekin yer maydonlari yuzasini aniqlashda va boshqa shu kabi yerga oid tadbirlarni bajarishda foydalanib kelinmoqda.

- "Survey" s'yo'mka turida yuqori aniqlikdagi geodezik tadqiqotlarni olib borishda, nuqtali ko'rinishdagi qatlamlar asosida ob'ektlarni koordinatalarini aniqlashda va baza-rover tizimi asosida davlat geodezik tarmoqlariga bog'lab tadqiqotlarini tenglashtirishda foydalanib kelinmoqda.

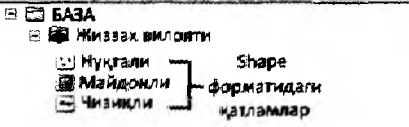
"O'zdaverloyiha" davlat ilmiy-loyihalash instituti Jizzax bo'linmasi tomonidan hukumatimiz topshiriqlarini yuqori saviyada sifatli va ishonchlik etib bajarishda, yillik reja asosida ekiladigan ekin yer maydonlarini yo'qlamadan o'tkazishda "Ashtech" Pro Mark-3 markasidagi GPS qurilmasining "Mobile Mapper" s'yo'mka turidan foydalanib kelinmoqda. "Mobile Mapper" s'yo'mka turida uch qatlam ya'ni, chiziqli, nuqtali va maydonli qatlamlar asosida yerlarni tadqiq qilish mumkin. Bu esa o'z novbatida joydagi ob'ektlarni turkumlash va atributlash jarayoniga yordam beradi.



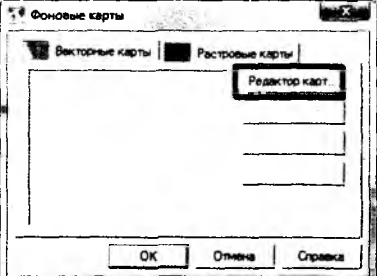
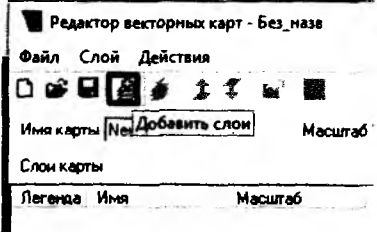
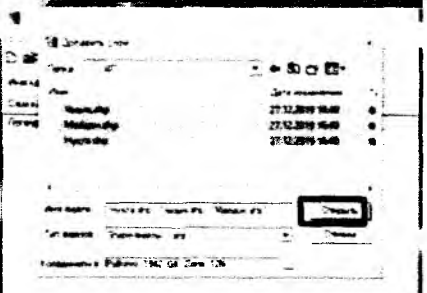
Dala tadqiqot natijalari ArcGIS dasturiga import qilinishi natijasida mavjud elektron raqamli kartadagi ekin yerlari yangilanib boriladi. Atributiv jadvallar esa mexanik usulda to'ldiriladi. Yer konturlari faqatgina kontur raqamlarini vizuallashtirish uchun xizmat qiladi.

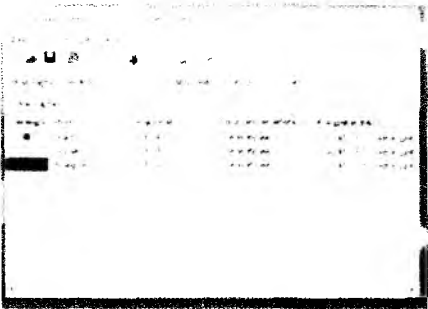
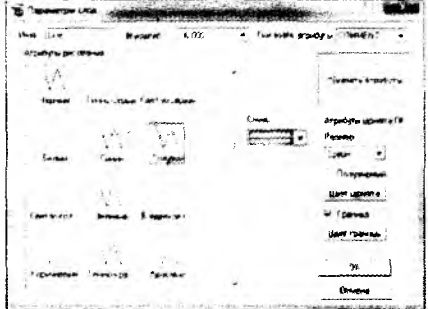
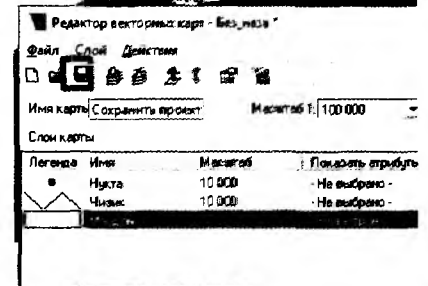
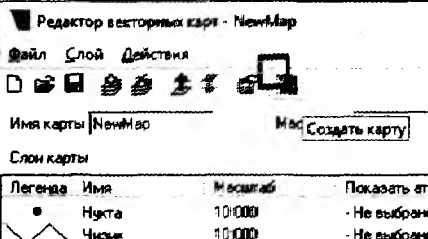
Bajarilayotgan ishlarni samarali va unumli bo'lishini ta'minlash uchun mavjud elektron raqamli kartalarni GPS qurilmasiga yuklash talab etiladi. Elektron raqamli kartalarni yuklab olish va navigatsion s'yo'mkalarni amalga toshirish mutaxassisning ish unumini oshirishga xizmat qiladi. ArcGIS dasturida yaratilgan elektron raqamli kartalarni GPS qurilmasiga yuklash va navigatsion s'yo'mka ishlarini amalga oshirish quyidagi 3.10.2-jadvalda keltirilgan tartibda amalga oshiriladi:


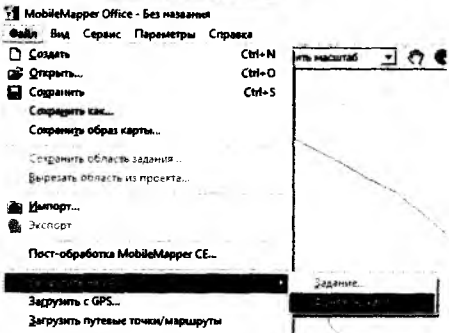
Qishloq xo'jaligi ob'ektlarini istalgan masshtabdagi raqamli kartasini GPS navigatoriga yuklash tartibi

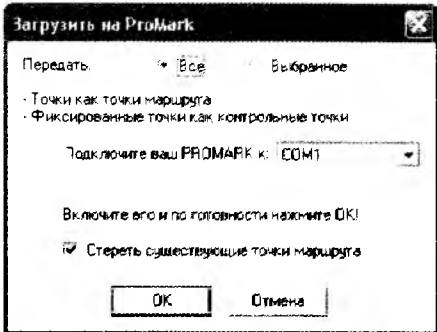

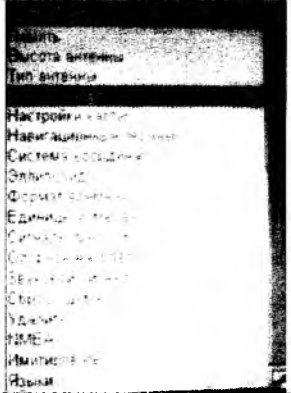
3.10.2-jadval



№	Ketma-ketliklar ta'rif	Ketma-ketliklar ta'rif
1	Raqamli kartaning mavzuli qatlamlarini *Shape formatiga keltirilib olinadi	

2	<p>Navigatorning Mobile Mapper Office dasturi ochiladi</p>	
3	<p>“Фоновые карты” tugmachasi bosiladi</p>	
4	<p>“Фоновые карты” nomli darcha ochiladi. Mazkur darchadan redaktor karta tugmachasi bosiladi</p>	
5	<p>Hosil bo'lgan navbatdagi darchamizdan “Dobavit sloy” tugmachasi bosiladi</p>	
6	<p>Natijada “Dobavit sloy” yordamchi darchasi ochiladi va *.Shape formatidagi mavjud qatlamlar belgilab olinib, “Открыт” tugmachasi bosiladi</p>	

7	<p>Shundan so'ng darchadagi holat yuzaga keladi va biz qatlamlarga masshtab, shartli belgilar hamda yozuv (nadpis) kiritish jarayonini ko'rib chiqamiz. Istalgan qatlam ustiga sichqonchani chap tugmasi 2 marta ketma-ket bosilgach "parametry sloya" nomi bilan yordamchi darcha ochiladi</p>													
8	<p>Yordamchi darcha bandlaridan talab (instruksiya) ga muvofiq shartli belgilar turi, hajmi, nomi, rangi, maksimal masshtabi va klassifikatsiyasi o'zgartirilib "OK" tugmachasi bosiladi</p>													
9	<p>Har bir qatlam bilan shu ketma-ketlik takrorlanib, tuzatmalar kiritilgach, yukoridagi "Soxranit proekt" nomli tugmachasi bosilib, loyiha (proekt) ga tegishli nom beriladi va yana bir bor "OK" tugmachasi bosiladi</p>	 <table border="1" data-bbox="523 993 927 1070"> <thead> <tr> <th>Легенда</th> <th>Имя</th> <th>Масштаб</th> <th>Показать стрелку</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>●</td> <td>Нужа</td> <td>10 000</td> <td>- Не выбрано -</td> </tr> <tr> <td>▲</td> <td>Чызык</td> <td>10 000</td> <td>- Не выбрано -</td> </tr> </tbody> </table>	Легенда	Имя	Масштаб	Показать стрелку	●	Нужа	10 000	- Не выбрано -	▲	Чызык	10 000	- Не выбрано -
Легенда	Имя	Масштаб	Показать стрелку											
●	Нужа	10 000	- Не выбрано -											
▲	Чызык	10 000	- Не выбрано -											
10	<p>So'ngra "Sozdat kartu" tugmachasi bosilib, yaratilmokchi bo'lgan kartamizni ishchi xotiraga olamiz va chiqish tugmachasi bosiladi</p>	 <table border="1" data-bbox="523 1316 947 1378"> <thead> <tr> <th>Легенда</th> <th>Имя</th> <th>Масштаб</th> <th>Показать стрелку</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>●</td> <td>Нужа</td> <td>10 000</td> <td>- Не выбрано -</td> </tr> <tr> <td>▲</td> <td>Чызык</td> <td>10 000</td> <td>- Не выбрано -</td> </tr> </tbody> </table>	Легенда	Имя	Масштаб	Показать стрелку	●	Нужа	10 000	- Не выбрано -	▲	Чызык	10 000	- Не выбрано -
Легенда	Имя	Масштаб	Показать стрелку											
●	Нужа	10 000	- Не выбрано -											
▲	Чызык	10 000	- Не выбрано -											

11	<p>Birinchi rasmdagi keltirilgan darchaga qaytamiz so'ngra yana bir - bor "OK" tugmachasini bosish orqali qatlamlar ishchi oynada vizuallashtiramiz</p>	
12	<p>Keyingi navbatda GPS navigatori dasturi yuklanadi va s'yomka turi Mobile Mapper ustuniga kiriladi so'ngra USB port kompyuterga ulanadi</p>	
13	<p>Kompyuterda Mobile Mapper Office dasturiga kirilib "Vygruzit na GPS" tugmachasi orqali "Fonovye karty" qatori tanlanadi</p>	

<p>14</p>	<p>Ishchi oynaga "Zagruzit na ProMark" nomi ostida darcha hosil bo'ladi va port tanlanib "OK" tugmachasi bosiladi. Avtomatik tarzda navigator bilan bog'languncha kutib turiladi. Navigatorni topgach "OK" tugmachasi bosiladi va navigatorga fon ko'rinishida qatlamlar birin-ketin o'ta boshlaydi</p>	
<p>15</p>	<p>Kompyuterda bajariladigan ketma-ketliklar yakunlangach, navigatorning "Menu" tugmachasi bosilib, menyu bandidagi "Nastroyka" qatoriga kiriladi</p>	
<p>16</p>	<p>Natijada "Nastroyka" qatorining yordamchi funksiyalari hosil bo'ladi, funksiyalar qatoridan "Vibrat kartu" nomli bandiga kiriladi</p>	

17	<p>“Podrobnaya karta” bo’shlig’idagi yaratilgan karta tanlanadi va “OK” tugmachasi bosiladi</p>	
18	<p>Ishchi oynaga yuklangan *.Shape formatidagi qatlamlar hududiy koordinatalarga bog’langan holda namoyon bo’ladi</p>	

Yuqoridagi ketma-ketlikni bajarish orqali hududlarda navigatsion s’yomka ishlarini bajarish imkonini beradi. Mazkur usul Jizzax viloyati Yer resurslari va davlat kadastri boshqarmasi hamda “O’zdaverloyiha” davlat ilmiy-loyihalash instituti Jizzax bo’linmasi ishlab chiqarishi jarayoniga tadbiiq qilindi.

Yer hisobini sifat jihatidan yuritishda navigatsion s’yomka ishlarini bajirish uchun Magellan Pro Mark-3 sun’iy yo’ldosh to’lqin qabul qilgich qurilmasi va yer tuzuvchi mutaxassis talab etiladi. Yer tuzuvchi mutaxassis tomonidan ArcGIS

dasturida yaratilgan elektron raqamli karta *. **Shape** format birligiga keltirilib olinadi va Mobile Mapper Office dasturi yordamida yuqorida keltirilgan ketma-ketlik asosida GPS sun'iy yo'ldosh to'lqin qabul qilgich qurilmasiga yuklab olinadi. Hudud topografik jihatdan o'rganiladi va GPS sun'iy yo'ldosh to'lqin qabul qilgich qurilmasi aktiv holga keltiriladi. GPS sun'iy yo'ldosh to'lqin qabul qilgich qurilmasi eng kamida 6 ta sun'iy yo'ldosh bilan bog'langanda ishchi holatga kelganligi ma'lum bo'ladi. GPS sun'iy yo'ldosh to'lqin qabul qilgich qurilmasi ishchi oynasida yer konturi va fermer xo'jaligi chegaralari ko'rsatilgan holda vizuallashgan bo'ladi. Qurilmaning ishchi oynasida dalaning qaysi busahasida turganligini ko'rsatib turadi. GPS sun'iy yo'ldosh to'lqin qabul qilgich qurilmasida yangi proekt "Mobile Mapper" rejimida yaratiladi va proektga nom beriladi. "Mobile Mapper" rejimida uch qatlam asosida s'yomka qilish mumkin bo'lib, ular nuqtali, maydonli va chiziqli qatlamlardir. Maydonli qatlam asosida yer maydonini to'liq aynalib chiqish natijasida umumiy yer maydonini aniqlash imkoni bo'lsa, nuqtali va chiziqli qatlamlardagi tavsifga ega bo'lgan boshqa ob'ektlar tadqiq qilinadi (3.10.4-rasm).



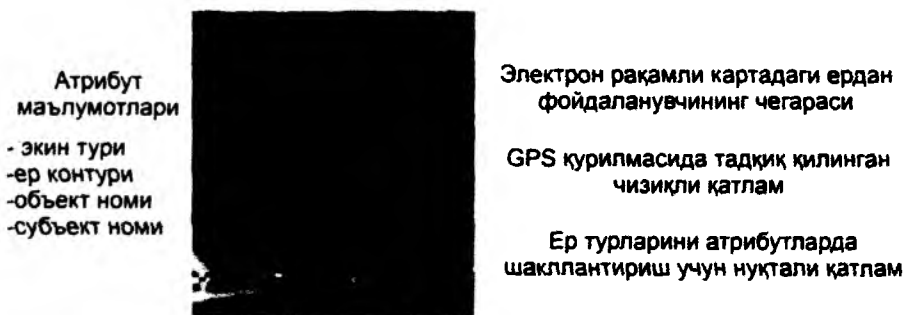
3.10.4-rasm. "Mobile Mapper" rejimida s'yomka qilish

GPS sun'iy yo'ldosh to'lqin qabul qilgich qurilmasi imkoniyatlaridan kelib chiqib, yer hisobini yuritishdan to'liq maydonni aylanib chiqish usuli ko'p vaqt

talab qilishi bilan birgalikda mutaxassisga ba'zi qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi. Masalan, hududda qishloq xo'jaligi ekinlarini sug'orish uchun va meliorativ tadbirlarni amalga oshirish uchun taralgan suvlar, begona o'tlarni yoki yer konturi tomonlarining kilometr masofadan ortiqroqligi kabi sabablarni keltirish mumkin.

Ayrim noqulayliklar tufayli mutaxassis yer konturini to'liq aylana olmasligi yoki uzoq masofaga piyoda yurib s'yomka qilishda to'lqin xatoligini yuzaga kelib chiqishi natijasida ish sifatiga putur yetadi. Shu sababli innovatsion "Smart-surveying" nomli yangi yer konturlarini ekin turlarib bo'yicha tadqiq qilish usulini taklif etiladi.

Mazkur usulda yer konturini to'liq tadqiq qilish talab etilmaydi. Yer konturining to'liq maydoni elektron raqamli kartada mavjud bo'lib, faqatgina yer turlari chegarasini chiziqli qatlamda ajratish va nuqtali qatlamda yer turlarini ajratgan holda atributiv jadvaliga dala tadqiqot ishlarini amalga oshirish mobaynida kiritib ketish kifoya bo'ladi (3.10.5-rasm).

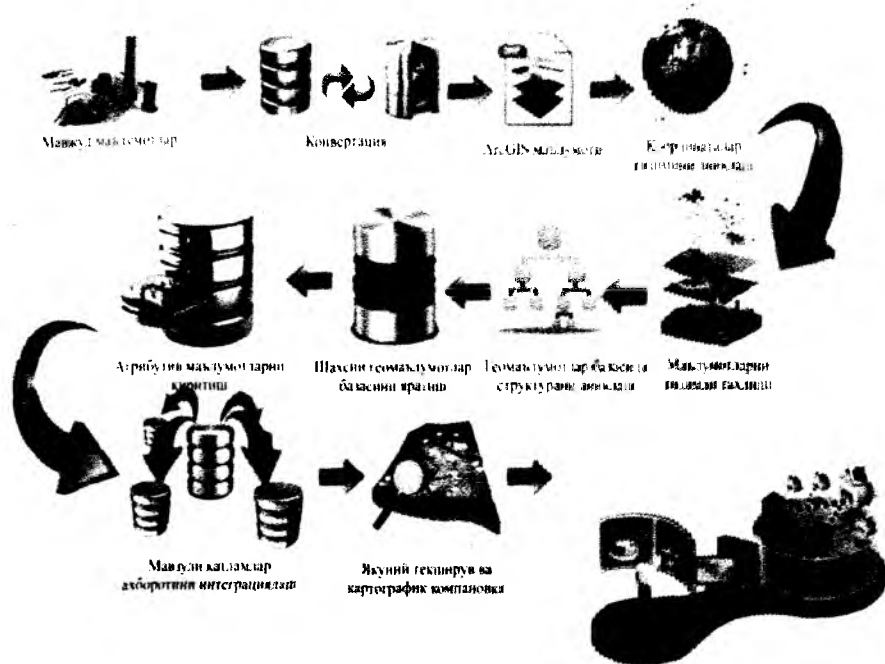


3.10.5-rasm. "Smart-surveying" nomli yangi qishloq xo'jaligi yerlarini tadqiq qilish usuli

Navigatsion usulda s'yomka qilish asnosida GPS qurilmasi ishchi oynasidagi vizuallashgan elektron raqamli karta, yer turlarini ajratishga va yer konturlarini orientirlashga ko'mak beradi. Bu jarayon ish unumdorligini oshirishga xizmat qiladi.

Hozirgi kunda deyarli barcha GAT larda ma'lumotlarni boshqa formatdan o'zining ishchi formatiga import qilish va boshqa dastur formatiga eksport qilish

imkoniyatini beruvchi modul mavjud. Lekin barcha dasturlarda ham ma'lumotlar almashinuvining yagona standarti mavjud emas. Ma'lumotlar almashinuvi yagona standarti GAT lardan foydalanish imkoniyatlarini oshiradi. Bu borada ish yuritish jarayonida kerak bo'ladigan ma'lumotlarni to'plash va geoma'lumotlar bazasiga integratsiyalash sxemasi to'g'risida ma'lum bir tasavvurga ega bo'lish talab etiladi (3.10.6-rasm).



Формализованный геоинформационный процесс

3.10.6-rasm. Ma'lumotlarni to'plash va geoma'lumotlar bazasiga integratsiyalash sxemasi

GPS qurilmasi axborotlari ArcGIS dasturidagi geoma'lumotlar bazasiga quyidagi tartibda integratsiyalanadi:

- GPS yordamida yer konturlari maydon ko'rishida tadqiq qilinadi;
- Joyda olingan barcha axborotlar qurilmaning atributiv jadvaliga kiritiladi;
- Proekt axborotlari qayta ishlovchi markazlarga yuboriladi;

- Markazlarda axborotlarni olib ma'lumotlar bazasiga kiritiladi;
- Xar bir yer konturi bilan axborotlar bog'lanadi;
- Yer konturlari axborotlari yerdan foydalanuvchilar qatlamida vizuallashadi.


ArcGIS dasturida yaratilgan geoma'lumotlar bazasida elektron raqamli kartaga vektor ma'lumotlari kartografik metodlar asosida proeksiyalanadi. Proeksiyalashda bir tizimdan boshqa tizimga o'tish ketma-ketligi qoidalariga rioya qilish talab etiladi (3.10.3-jadval).

Bir tizimdan boshqa tizimga proeksiya qilish tartibi

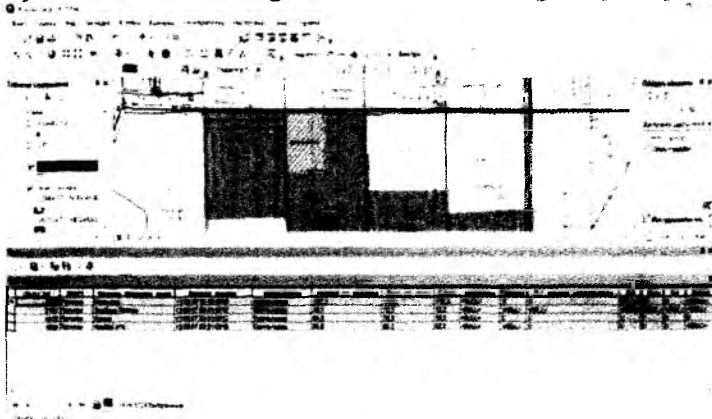
3.10.3-jadval

№	Koordinatalar tizimi nomi	Tizim birligi	Proeksiya nomi	Tizimni almashlash ketma-ketligi
1	WGS 84	Geografik	Silindrik	WGS 84(geografik)- CK42(geografik)- CK42(to'g'ri burchakli)
2	CK-42	Tug'ri burchakli	Gauss-Kryuger (Azimutal)	

Geoma'lumotlar bazasidagi elektron raqamli kartaga proeksiya asosida import qilingan vektor ma'lumotlar alohida geografik joylashuvi bilan ajralib turadi. Vektor ma'lumotlardan foydalanilgan holda yerdan foydalanuvchining ekin turlari ajratiladi va alohida maydon ko'rinishidagi mavzuli qatlamlar bilan belgilanadi. Nuqtali ko'rinishidagi vektor ma'lumotlaridan atributiv jadvallar to'ldiriladi va geometrik hisoblash yo'li orqali yer maydonlari avtomatik tarzida amalga oshiriladi (3.10.7-rasm).



a) GPS ma'lumotlarini geoma'lumotlar bazasiga import qilish



b) Maydonli qatlamlarning atributiv ma'lumotlarini shakllantirish
3.10.7-rasm. Vektor qatlamlarni geoma'lumotlar bazasida vizuallashtirish

Yuqorida rasmlar orqali keltirilgan ketma-ketliklar natijasida yer hisobini yuritish va geoma'lumotlar bazasiga axborotlarni integratsiyalash ishlari amalga oshiriladi. Bunda ma'lumotlarni bitta formatdan boshqasiga o'tkazishdan tashqari GATlardagi dasturlar xilma-xilligi sababli muayyan kompyuter va dastur uchun mos holda o'zgartirishni talab etiladi.

Turli tashkilotlar har xil dasturlar, kompyuterlar, manbalardan foydalanib turli xil formatdagi raqamli axborotni yaratadi. Boshqa joyda yaratilgan

ma'lumotlar tizim qabul qilmaydigan format birligida bo'lgani tufayli ulardan foydalanish imkoni chegaralangan. Shuning uchun bir xil ma'lumotlarni takrorlab, raqamli ko'rinishga aylantiriladi.

Mavzuga oid savollar.

1. Davlat sunniy yo'ldosh tarmog'i necha snifga bo'lingan va ularning zichligi necha km ga ten bo'ladi?
2. O'zbekiston Respublikasida qaysi koordinata tizimiga amal qilinadi?
3. Davlat sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoqlari necha tizimda aniqlanadi?
4. referens tizimda qanday koordinatalar aniqlanadi?
5. "Mobile Mapper" dasturida s'yomka ishlari qanday bajariladi?

4-BOB. YERUSTI LAZERLI SKANERLASH

4.1. Yer lazerli skanerlari xaqida

Inson faoliyatini barcha jabxalarida ishlab chiqarish faoliyatini avtomatlashtirishda mikroprotssessor texnikasi va raqamli texnologiyalarini takomillashtirib, rivojlanishi eng muhim o'rin tutmoqda, kompyuterdan foydalanib qaror qabul qilish tizimi mahsulot ishlab chiqarish xajmi va sifatini oshirishga olib kelmoqda. Mikroprotssessor texnikasi ishlab chiqarish texnologiyasini har bir zvenosi va bosqichida integrirlovchi rol o'ynaydi.

Geodezik va fotogrammetrik ishlar texnologiyasida raqamli texnikadan foydalanib, joydagi fazoviy ma'lumotlarni yerdan turib, lazer lokatsiyasi tizimidan foydalanib yig'ish tizimini yaratilishiga olib keladi. Bu tizimda ishlaydigan asboblarga *yerdan lazerli skanerlash asbobi* deyiladi.

Yerdan lazerli skanerlashni asosiy mohiyati shundan iboratki, u ob'ekt nuqtalarigacha bo'lgan masofa va ularga mos yo'nalishlarini (vertikal va gorizontaal burchaklarni) yuqori aniqlikda tezlikda o'lchab (registratsiyalab) qayd qilib boradi, bu aslida elektron taxeometr bilan o'lchashga o'xshab ketadi.

Yerusti lazerli skaneri ob'ektining alohida nuqtalarini s'emka qilishni emas, balkim barcha nuqtalarini s'emka qilish prinsipi asosida, ob'ektni uch o'lchamli tasvirini olishni tavsiflaydi.

Yerusti lazerli skaneri orqali olingan tasvir juda ham katta hajmdagi informatsiyaga ega bo'lib, ko'pchilik hollarda ortiqchalik ham qiladi.

Birinchi navbatda bu statistik jihatdan ortiqcha ma'lumotlar (informatsiyalar) bo'lib, unda qo'shni elementlarning tasviri bir birini takrorlashi mumkin.

Ikkinchidan skanerlash natijasida olingan tasvir, psixovizual ortiqlikka ega, ya'ni skanerlash natijasida olingan ma'lumotni bir qismi olib tashlash bilan tasvirni ko'rinishiga deyarli ta'sir etmaydi. Skanerlarni yana boshqa ortiqlik tomoni "semantik" tabiatga ega bo'lib, bunda tasvirlarga ishlab berishda real dunyoning tuzilishini xisobga olish zarur bo'ladi.

Haqiqatda ham, skanerlarda ob'ekt to'g'risida ma'lumotni ortiqlikni mavjudligi ob'ekt to'g'risida ma'lumot to'plash jarayonini to'liq avtomatlashtiradi deyishga asos bo'ladi. Yerusti lazerli skaneri fazoviy ma'lumot olishni yuqori darajada avtomatlashtirish bilan birga, quyidagi afzalliklarga ega:

a) dala sharoitida ob'ekt nuqtalarini fazoviy koordinatalarini aniqlash imkoniyatini beradi (skanerlash vaqtida ob'ekt nuqtasigacha bo'lgan masofa, vertikal θ va gorizontal φ burchaklar o'lchanadi, bulardan foydalanib nuqtaning x,y,z koordinatalari hisoblanadi);

b) dala ishlari olib borilayotgan vaqtda, real vaqt rejimidan uch o'lchamli vizualizatsiyada "o'lik" zonalarini aniqlash imkoniyati;

v) ma'lumot olishni kuchsizlanmaydigan usuli;

g) fotogrammetrik usuldagidek ikkita tayanch nuqtadan emas, ob'ektni bir nuqtadan turib skanerlashni bajarilishi;

d) o'lchashni yuqori aniqlikda bajarilishi;

ye) ob'ektni xavfli va o'lchash qiyin bo'lgan joylarini s'yomka qilishda distansion (masofadan) turib ma'lumot olish (o'lchash) o'lchov ishlarini olib boruvchilarni xavfsizligini ta'minlaydi;

j) yuqori darajadagi unumdorlik. Ob'ektni raqamli modelini yaratishda Yerusti lazerli skaneri usulida dala ishlari keskin kamayadi, shuning uchun boshqa texnologiyalarga nisbatan bu usul iqtisodiy jihatdan samarali;

z) skanerlar faol s'yomka qilish tizimi bo'lib, u bilan ob'ektni ixtiyoriy yoritilganlik holatida (kunduzi va kechqurun) s'yomka qilishi mumkin;

i) yuqori darajada detalizatsiyalash;

k) lazerli skanerlash natijalarini ko'p maqsadlarda foydalanish mumkinligi.

O'zining afzallik tomonlari bilan Yerusti lazerli skaneri fan, texnika va xalq xo'jaligini ko'p tomonlarida qo'llaniladi:

a) injenerlik inshootlarini qurish v ishlatilishida:

- qurilishni nazoratlash;

- qurilish jarayonida loyihaga o'zgartirish (tuzatmalar) kiritish;
- qurilish jarayonida va yakunida ijroiyy s'ema qilish;
- inshootlarni va dastgoxlarni o'rnatishni optimal rejalar va qayta joylashtirishni nazorat qilish;

- ob'ektni ekspluatatsiya qilishda monitoring olib borish;

b) neft gaz sanoatida:

- murakkab texnologiyalar ob'ektlarini va uskunalarni rekonstruksiyalash va monitoringini olib borish maqsadida raqamli modelni yaratish;

v) Tog'-kon sanoatida:

- qazilgan kon va sochiluvchan materiallar omborining xajmini aniqlash;
- ochiq karerlar va yer ostida bajarilgan qazish ishlarini monitoringni olib borish maqsadida raqamli modelni yaratish;

- burg'ulash va portillatish ishlarini marksheyderlik kuzatuvini olib borish;

g) arxitekturada:

- tarixiy va madaniy obidalarni restavratsiyalash;
- binolarning fasadini arxitekturaviy chizmasini qilish;

d) favquloddagi holatlar oqibatlarini oldini olish va bartaraf etish bo'yicha chora tadbirlarni ishlab chiqish;

ye) tibbiyotda:

- individual korektsiyalarni (bandajlarni) ishlab chiqarish maqsadida odam gavdasini modelini yasash;

- tish protezlarini ishlab chiqarishda;

j) zich qurilgan xududlarda topografik s'yomkalarini bajarish;

z) kema qurilishida;

i) sport trenajerlarini modellashtirishda.

Yuqorida zikir etilgan barcha soxalarda Yerusti lazerli skaneri katta muvofaqiyat bilan qo'llanilgan va qo'llanilib kelmoqda.

Yerusti lazerli skaneri natijalariga ishlov berishga (qayta ishlashga) algoritmlar va dasturiy mahsulotlar ishlab chiqish masalalariga bag'ishlangan ko'plab

maqolalar nashr etilgan. Yerdan lazerli skanerlash (Yerusti lazerli skaneri) texnologiyasini rivojlantirish masalalariga ko'plab chet ellik olimlar katta hissalarini qo'shganlar: doktor, injener W. Boehler, doktor, injener L. Gruending, doktor, injener H. Ingensand, doktor, injener D. Lichti, doktor, injener I. Milev, doktor, injener J. Norton, doktor, injener J. Riegl, doktor, injener A. Ullrich; t.f.n. I.G.Jurkin, t.f.n. Ye.M.Medvedev, t.f.n. A.P.Mixaylov, t.f.n. A.I.Naumenko, t.f.n. V.A.Seredovich, A.V.Komisarov, D.V.Komisarov, T.A.Shirkova.

Mavzuga oid savollar.

- 4.1.1. Lazerli skanerlar yordamida qanday ishlar amalga oshiriladi?
- 4.1.2. Lazerli skanerlash ishlari qanday avzalliklarga ega?
- 4.1.3. Lazerli skanerlar qaysi sohalarda qo'llaniladi?

4.2. Yer lazerli skanerini ishlash prinsipi

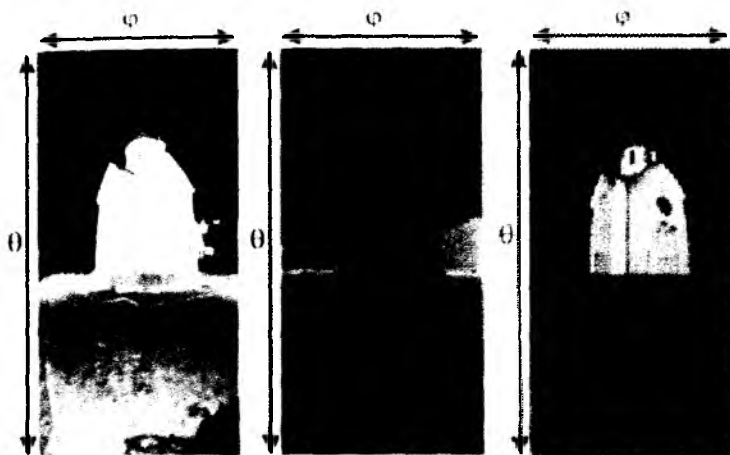
Yerdan lazerli skanerlash sistemasi Yerusti lazerli skaneri va maxsus dastur bilan ta'minlangan dalada ishlatiladigan shaxsiy kompyuterdan tashkil topgan. Yerusti lazerli skaneri yuqori chastotada ishlashga moslashtirilgan lazer dalnomeri va lazer nurlarini razvyortkalash (yoyish) blokidan iborat (6.1-rasm).

Yerusti lazerli skanerilarning lazer dalnomerlari impulsli va fazoviy akslantiruvchisiz masofa o'lchashga va to'g'ridan-to'g'ri burchak kesishishtirish usullariga asoslangan.

Yerusti lazerli skanerilarni razvyortkalovchi bloki sifatida servo (yordamchi) uzatgich va poligonal ko'zgu, yoki prizma ishlaydi. Servo uzatgich nurni gorizont tekislikda belgilangan kattalikka og'diradi, bunda skanerni golovka (kalak) deb ataluvchi yuqori qismi to'liq buriladi. Ko'zgularni tebranishi yoki aylanishi hisobiga vertikal tekislikda yoyilishi amalga oshadi.

Skanerlash jarayonida lazer nurini yo'nalishi va ob'ektgacha bo'lgan masofa fiksatsiyalanadi. Yerusti lazerli skaneri natijasi bu rastri tasvir bo'lib, ularni piksellerini qiymati quyidagi komponentli vektorlardan tashkil topadi: o'lchangan masofalar, akslangan signallarni intensivligi va nuqtalarni real rangini tasvirlovchi RGB tashkil etuvchisi (4.2.1-rasm).

O'lchangan vertikal v gorizontal burchaklar hosil bo'lgan rastrni har bir elementi (pikseli) xolatini (qatorlar va ustunlarni) aks ettiradi. Ko'pchilik Yerusti lazerli skaneri modellarida har bir nuqtani real rangi nmetrik raqami kameralar yordamida hosil qilinadi.



Intensivlik Masofa Real rang

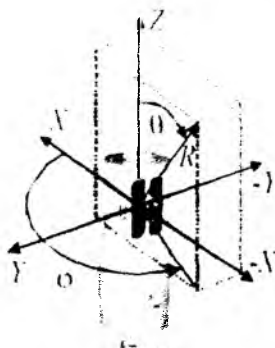
4.2.1-rasm. Lazer bilan skanerlash natijasi – rastrli tasvir

Yerusti lazerli skanerini taqdim etishni yana bir shakli skaner ko'rish maydonidagi ob'ektdan akslanayotgan lazerlarni beshta xarakteristika bilan yangi, fazoviy koordinatalar (X, Y, Z), intensivlik va real rangli (4.2.2-rasm) nuqtalar massividir.



4.2.2-rasm. Yerdan lazerli s'yomka natijasi – nuqtalar massivi

Ob'ekt nuqtalarining fazoviy koordinatalari Yerusti lazerli skaneri koordinata sistemasida quyidagi formulalar bilan hisoblanadi:



4.2.1-rasm. YeLS koordinata sistemasi

$$\left. \begin{aligned} X &= R \cos \varphi \sin \theta \\ Y &= R \sin \varphi \sin \theta \\ Z &= R \cos \theta \end{aligned} \right\} \quad (4.2.1)$$

bunda R-skaner turgan nuqtadan ob'ektgacha bo'lgan o'lchangan uzoqlik (4.2.1-rasmga qarang);

$\varphi - \vec{R}$ lazer nurining yo'nalishini o'lchangan gorizontaal burchagi (4.2.1-rasmga qarang);

$\theta - Z$ o'qidan \vec{R} vektorigacha hisoblanadigan \vec{R} yo'nalishni vertikal burchagi (4.2.1-rasmga qarang).

4.2.1 - formula qutb koordinata sistemasidan dekart fazoviy koordinatasiga o'tishni umumlashgan formulasi. Har bir konkret skaner uchun (4.2.1) individual ko'rinishga ega, unda nurlanish manbai va priyomnik mos kelmasligi, asbobni vertikal va gorizontaal o'qlarining eksentrisiteti va skaner kalibrovkasi deb nomlanuvchi boshqa o'lchamlar hisobga olinadi.

Mavzuga oid savollar.

- 4.2.1. Lazerli skanerlar yordamida o'betlarni skanerlash qay tartibda bajariladi?
- 4.2.2. Lazerli skanerlar qanday ishchi xolatga keltiriladi?
- 4.2.3. Lazerli skanerlarda qaysi koordinatalardan foydalaniladi?

4.3. Yerusti lazerli skanerini dalnomer blokini ishlash prinsipi

Xozirgi skanerlarning modellarida masofa o'lchashni uch usuli qo'llaniladi:

- Impulsli
- Fazoviy
- Triangulyatsiyaviy.

Masofa o'lchashni impuls usuli qabullovchi-uzatuvchi qurilmadan signalni ob'ektga borib qaytish vaqtini o'lchashga asoslangan (6.5-rasm), elektromagnit to'lqini vni tarqalish tezligini bilgan holda masofani quyidagicha aniqlash mumkin:

$$R = \frac{v \cdot \tau}{2}; \quad (4.3.1)$$

bunda τ - lazer deoididan impuls yuborilgan lahzadan akslangan signalni qabullash lahzasigacha bo'lgan vaqt.

Masofa o'lchashni fazoviy usuli yuborilgan va qabullanayotgan modullangan signallarning fazalar farqini aniqlashga asoslangan. Bu holda masofa quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$R = \frac{\varphi_{2R} \cdot v}{2\pi \cdot f}; \quad (4.3.2)$$

bu yerda φ_{2R} - tayanch va ishchi signallar orasidagi faza farqi;

f - modulyatsiya chastotasi.

(4.3.2) formuladagi φ_{2R} ni butun va kasr qismga yoyish mumkin, unda formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$R = \frac{\lambda}{2} (N + \Delta N); \quad (4.3.3)$$

bunda λ - to'lqin uzunligi ($\lambda = v/f$);

$N - \lambda/2$ yarim to'lqinlarni butun qo'yilishlarining soni;

$\Delta N - (\Delta N = \varphi/2\pi)$ - yarim to'lqinlarning o'lchanayotgan masofada qo'yilishlarini kasr qismi.

Fazao'lchagichni ishlash rejimi xaroratga bog'liq bo'lib, uni o'zgarishi bilan signal fazasi ham ozgina o'zgaradi. Buning oqibatida fazani hisobini aniq boshini (nol o'rnini) aniqlab bo'lmaydi. Shu maqsadda fazaviy o'lchashni asbob ichidagi (kalibrlash chizig'ida) etalon kessmada takrorlanadi. Nol o'rnini tashqi (dalnomerdan ob'ektgacha va teskari) va ichki (kalibrlovchi chiziq) yoriqlik nurining yo'lini o'lchashlaridagi sanoqlar farqidek aniqlanadi, ikki o'lchashlar orasidagi farq qanchalik kichik bo'lsa, nol o'rni shunchalik aniq topiladi.

(4.3.3) tenglama fazaviy dalnomerni asosiy tenglamasi deyiladi. Bu tenglamada S va N noma'lum kattalik bo'lib, o'z navbatida, uni to'g'ridan-to'g'ri yechish mumkin emas. Nni aniqlash masalasi bir ma'nolini (yoki ko'pma'nolini) yechilishi deyiladi, bu masalani yechishda quyidagi usul qo'llaniladi:

- chastotani ohista o'zgartirish;
- ketma-ket yaqinlashish;

- fiksatsiyalangan chastota;
- kombinatsiyalangan chastota.

Chastotani ohista o'zgartirish usuli. Bu usulda modulyatsiya chastotasin ohista o'zgartirish usuli qo'llaniladi. Bu usulni asosiy mohiyati shundan iboratki chastota modulyatsiyasini o'zgarishi bilan fazalar farqi φ_{2S} o'zgaradi, qayta qurish diapazonida shunday chastotalarni tanlash mumkinki, bularda ΔN birdel qiymatni oladi. Bu chastotalar chastotalar o'qida ekvidistant (teng masofali) joylashgan. Natijada (4.3.3) ko'rinishidagi ikki tenglamadan iborat bo'lgar sistema hosil bo'ladi va yana qo'shiladi:

$$n_{1-2} = N_1 - N_2 \quad (4.3.4)$$

bu yerda n_{1-2} - chastota o'qida f_1 va f_2 chastotalarning tartib raqamlarining farqi;

N_1 va N_2 - chastotalarning tartib raqamlari.

O'lchanayotgan minimal masofani cheklanganligi chastotalarni ohista o'zgartirish usulining kamchiligi hisoblanadi:

$$R_{min} = \frac{v}{\Delta f}, \quad (4.3.5)$$

bu yerda Δf - chastotani o'zgarish diapazoni.

Ketma-ket yaqinlashish usuli. Bu usul chastotani ohista o'zgartirish usulin ko'rinishlaridan bir turi. Bu usulni mohiyati shundan iboratki, bunda masofa ketma-ket yaqinlashish bilan quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$R = \frac{v}{2\delta f}; \quad (4.3.6)$$

bu yerda δf - qo'shni chastotalar farqi, bularda ΔN kattalik bir hil.

Chastotalar diapazonining boshida δf kattalikdan foydalanib, R topiladi, bu birinchi yaqinlashishni qiymati bo'ladi. So'ngra formula bo'yicha $2\delta f$ interva bilan ajralgan birinchi va uchinchi chastotalarning farqini ikkiga bo'lish bilan R masofa hisoblanadi. Keyingi yaqinlashishda $3\delta f$ intervaldan foydalaniladi va x.k. toki keyingi o'lchashda chastotalar intervali oldingisidan $\lambda/4$ kattalikdan karr farq qilmaguncha, ya'ni modulyatsiyani butun diapazonida N -sonini bexatc aniqlash darajasigacha masofa ma'lum aniqlikda ma'lum bo'lguncha.

Karrali chastotalar usuli. (6.4) tenglamani yechish uchun yarim to'liqlarni butun qo'yilishlar soni N ni aniqlashni ta'minlaydigan aniqlikda R ni taqribiy qiymatini bilish zarur:

$$N = \frac{2R_{taqr}}{\lambda} - \Delta N. \quad (4.3.7)$$

N ni aniqlashdagi xatolik 0,5dan kichik bo'lishi kerak, o'z navbatida, R taqribiy qiymatini aniqlash xatosi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$m_R = \frac{\lambda}{4}. \quad (4.3.8)$$

Bu usulda bir ma'nolik emaslikni yechishi ikki usuli qo'llaniladi:

- karrali chastotalar;
- kombinatsiyalangan chastotalar.

Karrali chastotalar metodi. Bu metodda m ta fiksatsiyalangan chastotalar ishlatiladi, bular m ta mustaqil tenglama beradi. Fiksatsiyalangan chastotalar $f_1 > f_2 > f_3 > \dots > f_m$ qatorni tashkil etadi. Metodni mohiyati shundan iboratki, keyingi past chastotalar bo'yicha fazalar farqini o'lchash natijasidan N ni aniqlash:

$$N_{i-1} = \frac{\lambda_i}{\lambda_{i-1}} (N_i + \Delta N_i - \Delta N_{i-1}), \quad (4.3.9)$$

bunda $i = (m, \dots, 4, 3, 2)$.

$$k = \frac{\lambda_i}{\lambda_{i-1}}, \quad (4.3.10)$$

ga teng bo'lgan butun kattalikni bir ma'nolik emaslikni koeffitsienti deyiladi, ΔN ni aniqlash aniqligini ortib borishi bilan bu kattalik kattalashib boradi.

Kombinatsiyalashgan chastotalar metodi. Bu metodda ham $f_1 > f_2 > f_3 > \dots > f_m$ chastotalar to'plami ishlatiladi, lekin bular bir tartibdagi kattalik bo'lib, $f_1 > (f_1 - f_m) > (f_3 - f_{m-1}) > f_1 - f_2$ ketma ketlikda beriladi. Bunda ikki chastotada fazalar farqini o'lchash natijalari farqlar chastotasida o'lchashga ekvivalent. Kombinatsiyalashgan metodda taqribiy masofani aniqlash xatoligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$m_R = k \frac{\lambda}{4}, \quad (4.3.11)$$

k bu yerda $k_{i,i+1} + 1 / \lambda_i = f_i (f_i - f_{i+1})$ ifodadan aniqlanadi.

Agarda masala ikki chastotada yechilsa, to'liqin uzunligini aniqlash xatosi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$m_{\lambda} = \frac{m_N \lambda_1 \lambda_2}{4R^2 \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}}. \quad (4.3.12)$$

Agar $m_N \leq 0,5$ va $\lambda_1 \approx \lambda_2$ bo'lsa, unda (6.13) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

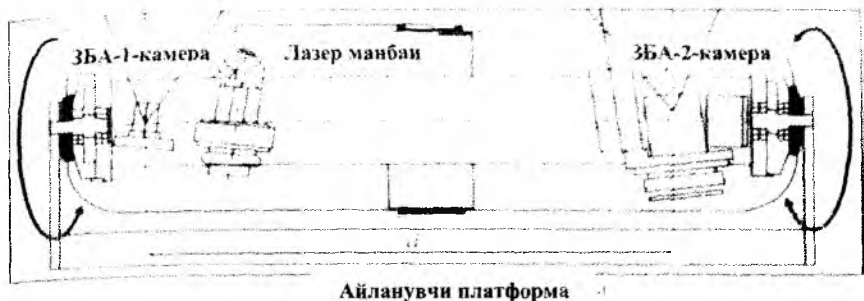
$$m_{\lambda} = \frac{\lambda}{11,28R^2} \quad (4.3.13)$$

(4.3.13) ifodada ko'ramizki, chastota (to'liqin uzunligi) iloji boricha barqaror bo'lishi kerak.

Kombinatsiyalashgan chastotalar usuli. Bu usulda f_1 va f_2 chastotalarga va o'zgaruvchi chastotalar generatorga sozlangan ikkita chastotalar generatori qo'llaniladi. Shunday qilib, bu usulda ikkita chastota uchun (4.3.12) tenglama, n_1 - n_2 ma'lum bo'lgan chastotalar o'zgarishida hisoblanishi mumkin bo'lgan (4.3.13) tenglama o'rin oladi.

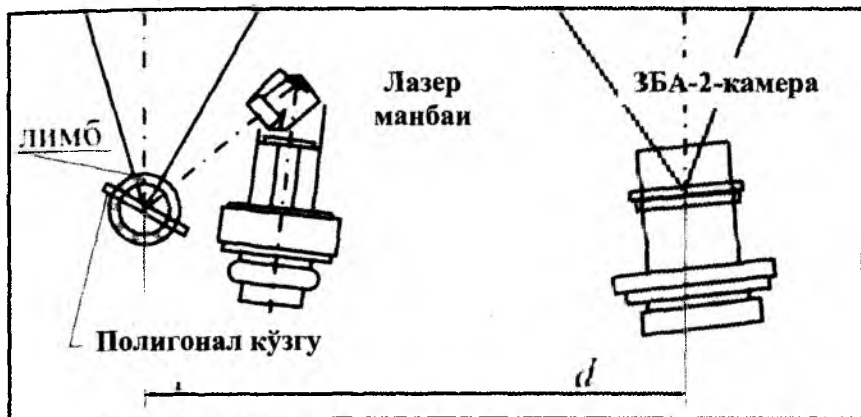
Yerusti lazerli skaneri bilan masofa o'lchashni triangulyatsiya metodi. Xozirgi vaqtda masofa o'lchashni triangulyatsiya metodini ikkita varianti mavjuddir.

Birinchi variant triangulyatsiya skanerlari bo'yicha masofa o'lchash metodining moxiyati. Proektor yordamida past quvvatli lazer nurlari boshlang'ich yo'nalishdan og'adi. Bazis skaneri d va lazer nuri hosil qilgan θ_1 burchak, zaryadli bog'lovchi asbob (ZBA) - kamerasing priyomnikidagi lazer dog'i tasvirining xolati bo'yicha hisoblanadi. θ_1 burchak skaner o'qi (bazisi) va ikkinchi ZBA kamera bilan fiksatsiyalanadigan ob'ektdan akslangan signalni tarqatish vektori orasida hosil bo'ladi. "Triangulyatsion lazerli skaner" termini ingliz tilidagi kitoblardan olingan bo'lib, u bir muncha noto'g'ri (nokorrekt), sababi skanerni ishlash prinsipi ob'ektgacha bo'lgan masofani θ_1 , θ_2 va d kattaliklar yordamida to'g'ri burchak kesishtirish usulida aniqlashga asoslangan. Bizlarni o'zimizda bu terminga analog bo'lmaganligi uchun ushbu termin tekstda keyinchalik ham ishlatiladi.



4.3.1-rasm. Yerusti lazerli skanerini ishlash prinsipi Mensi Soisic va S-series (yuqoridan ko'rinishi)

4.3.1-rasmda triangulyatsiya skanerini ishlashini boshqa prinsipini moxiyati tasvirlangan.



4.2.2-rasm. Minolta Yerusti lazerli skaneri ishlash prinsipi (yon tomonidan ko'rinishi)

4.3.2-rasmda ko'ramizki, Minolta tipidagi skanerlarda ZBA-1-kamera o'rniga poligonal ko'zgu ishlatilgan, u servo uzatma (yordamchi uzatma) yordamida lazer nurini og'diradi. Bunda θ_1 burchak limb yordamida o'lchanadi, u poligonal ko'zguni boshlang'ich xolatiga nisbatan burilish burchagini registratsiyalaydi. Triangulyatsion skanerlar bilan masofa o'lchashni asosiy xususiyatlari:

- 1) lazer manbaiga yaqinida joylashgan linzalari sistemasi yordamida gorizont tekislikda nurlar yoyilmasi hosil qilinadi;
- 2) skaner kalagini (golovkasini) amalga oshiruvchi servo uzatmasi yo'q.

Hozirgi kunda ishlab chiqarilayotgan triangulyatsion skanerlarni ishlash doirasi bir necha o'n santimetrdan 25 metrgacha ekanligi burchak o'lchashdagi xatoligiga atmosfera (refraksiya va elektromagnit to'lqinlarini so'nishiga) ta'siri amaliy jihat hisobga olmasa ham bo'ladigan darajada. Ob'ekt nuqtalarini fazoviy koordinatalarini triangulyatsion skanerda o'lchash aniqligi 50 mkm dan 0.3mm bo'lib, asosan bunga o'lchanayotgan masofaning kattaligi asbobni instrumental xatosi, skanerni boshqaruviga asos qilib olingan dasturni matematik yechimini aniqligi bilan bo'liq bo'lgan, uslubiy xato, xamda skanerlanayotgan ob'ektni teksturasi (tarkibiy tuzilishi) materiali va shakliga bog'liq.

Triangulyatsion skaner bilan ob'ektni skanerlashda skanerlovchilar s'yomka ob'ektining yuzasini birdek akslantiruvchi qiladigan maxsus kukun bilan ishlab chiqishni tavsiya etadilar. Brchakdagi xatolikka skanerlanaetgan ob'ektni teksturasi, shakli va materiali ia'sirida burchak xatosi kelib chiqadi. Bu ob'ektni ayrim qismlaridan yoki tekisliklaridan lazer nurini akslanishi turlicha bo'lishi oqibatida kelib chiqadi. O'z navbatida bu qabullanayotgan energiyani katta taqsimlanishiga olib keladi, o'lchashda kirish signali dog'ining markazini noto'g'ri aniqlash natijasida asimmetriya yuzaga keladi.

Triangulyatsion skanerlar asosan mashinasozlikda, tibbiyotda, aviasozlikda va shularga o'xshash boshqa ishlarda qo'llaniladi.

Mavzuga oid savollar.

1. Lazerli skanerlarda masofa o'lchash nechta usulda bajariladi?
2. Masofa o'lchash impuls usulida qanday topiladi?
3. Karrali chastotalar usulini tushuntirib bering?
4. Triangulsiya usulida yer lazerli skaner ishlari qanday bajariladi?

4.4. Yerdan bajarilgan lazerli skanerlashlarda burchak kattaliklarini o'lchash usullari

Burchak o'lchashni avtomatlashtirishda quyidagi usullarga alohida e'tibor qaratiladi.

- 1) Niqobli sonli shkalali kodli disklarni qo'llashga;

- 2) Impulsi (inkremental) disklarni qo'llashga;
- 3) Elektroinduktivli (chastotali, amplitudali, fazali, xajmli);
- 4) Vaqtiy;
- 5) Kombinatsiyalangan (impuls-vaqtiy);
- 6) Kombinatorli shkalalarni qo'llashga;
- 7) Shtrix kodli shkalani qo'llashga;
- 8) Qutblanuvchi;
- 9) Interferension.

Yo'nalishlarni o'qib olish yoki burchaklarni o'lchash prinsipiga bog'liq holda, barcha vositalar va burchak o'lchashni avtomatlashtirilgan usullari ikki guruxga bo'linadi:

- Pozitsion (absolyut) usullar, bularda yo'nalish (pozitsiya) diskdan (limban) gradus birligida o'qib olinadi. Burchak ikkita sanoqlarning farqidan olinadi;
- To'plash (nisbiy) usullar, bunda burchak boshlangich (start boshidagi) va oxirgi (to'xtalgan) burchak tomonlari orasida to'plangan impulslarining yig'indilari bilan burchak o'lchanadi.

Sonli shkala maskalari bo'lgan kodli disklar. Bu usulda burchak kattaligi o'qib olinadigan limb kodli disk bo'lib, unga "ha-yo'q" tipidagi alohida elementlardan tashkil topgan kodli yo'llar tushirilgan. Bu elementlar shunday joylashtirilganki, uni ma'lum bir har bir kodida o'lchanayotgan burchak kattaligi shifrlanadi, shu bilan birga, har bir yo'l o'lchanayotgan burchak qiymatini bitta razryadini ifodalaydi. Kodni o'qish optik usulda amalga oshiriladi. Bu usul absolyut burchak o'lchashga mansub.

Impulsi disklar. Bu usulni burchak o'lchashni asosiy mohiyati shundan iboratki, burchakni ikki tomoni orasidagi aylana yoyining orasida joylashadigan (yotqiziladigan) impulslar (shtrixlar ketma ketligi va ular orasidagi intervallar "ha-yo'q" tipidagi elementlar bo'lgan intermentlar) soni bilan burchak kattaligi aniqlanadi.

Bu usul limb tashqi chetiga yoki bir hil intervalda alidadaga tushirilgan, radial *shtrixlar* sistemasi shtrixli rastrni qo'llashga asoslangan. Bu usulda burchak o'lchash nisbiy usullarga mansub.

Elektroinduktiv usullar. Bu usul o'zgaruvchan tok generatorlarida qo'llaniladigan analogiyaga asoslangan. Elektroinduktiv usuliga asoslangan sistemalarda doimiy *yo'naltirilgan* kuchlanishni o'tkazgichch presslangan doiraviy plastik stator bo'ladi. Bunday tiptagi qurilma *induktosin* deyiladi. Shuningdek, pressovkalangan o'tkazgichni stator tepasida rotor aylanadi. Rotor aylanishida tok hosil bo'ladi, uning chastotasi stator qutblarining soniga bog'liq. Uni burilish burchagiga proporsional, rotordan olinayotgan kirish kuchlanishining fazasi va kuchlanish amplitudasini stator ta'minot sxemasi doimiylikni ta'minlaydi. Statordan olinayotgan kuchlanish amplitudasi doimiy, hamda fazaviy, bu vaqtda rotor burilish burchagiga bog'liq ravishda o'zgarganida induktosinlar amplitudali bo'lishi mumkin. Fazaviy induktosinlar aniqroq, sababi fazalarni songa o'zgartirish aniq amalga oshiriladi.

Vaqtii usul. Bu usulni mohiyati shundan iboratki, sanoq olish qurilmasi vazifasini bajaruvchi markani aylanish vaqtini o'lchash orqali burchak aniqlanadi. Bu usulni amalga oshirishni murakkab tomoni mo'ljallangan klass aniqligini ta'minlaydigan darajada markani barqaror aylantiruvchi qurilmani yaratishda. Bu usulda o'lchanayotgan burchak kattaligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\alpha = 2\pi r \frac{n}{60} \tau \quad (4.4.1)$$

bu yerda τ - marka aylanish vaqti;

n - minut davomida markani aylanishlar soni;

r - markani aylanish radiusi.

Bu usul nisbiylikni bir turi *hisoblanadi*.

Kombinatsiyalangan usul. Adabiyotlar bu usulni ham *dinamik usul* deb ham aytiladi. Kombinatsiyalangan usulni sistemalarda burchak o'lchashda tayanch yo'nalishni beruvchi nurlanish manbai va qabullovchi, hamda alidada bilan qattiq birlashtirilgan, limb burilishiga yo'nalish beruvchi nurlanish manbai va

priyomnik bo'ladi. Fotodiodlar ustida tirqishi yopiq limb (disk) aylanishida unda fototok hosil bo'ladi, ular impulslarga aylantiriladi. Ikkala fototokva o'z navbatida impulslar, impulslar soni N va τ ga bog'liq holda faza bo'yicha siljtiladi. Limb va alidada qismlari bilan bog'liq bo'lgan, markalar orasidagi impulslarni sanash orqali bu fazalar farqi aniqlanadi. Shu yo'sinda burchak o'lchashda qo'pol sanoq olinadi. Ikki signal impulslari orasidagi τ marka aylanish vaqti bo'yicha sanoqni kasr qismi topiladi. Bu burchak o'lchash usulini absolyut usullarga mansub deyish mumkin. Bu burchak o'lchash asboblari attestatsiyalashda qo'llaniladigan, etalon sifatida qabul qilinadigan asboblarda qo'llaniladi.

Kombinatorli shkalalar. Bu usul kodli usulni modifikatsiyasi hisoblanadi. Bunda quyidagi kamchiliklar bartaraf etilgan: bir nechta kodli yo'llari bo'lgan disklarni tayyorlashni murakkabligi va o'qish qurilmasi konstruksiyasini beso'noqligi. Kombinatorli usulda bitta kodli yo'lli bo'lgan disk ishlatiladi, informatsiyani o'qish bir nechta datchik yordamida bajariladi. O'quvchi datchiklarni soni va holati shunday tanlanganki, har bir diskret burchak burilishi shkalasiga ma'lum bir kombinatsiya holatidagi o'qish elementlari, ya'ni kodlar kombinatsiyasi mos keladi.

Shtrix kodli shkalalar. Bu usul sonli shkalali kodli usuldan shu bilan farqlanadiki, bunda o'lchanayotgan burchak to'g'risidagi informatsiya shtrixlar ko'rinishida berilgan.

Qutblanish usuli. Qutblanish usulini mohiyati shundaki, lazer turalida tekislikni burilish burchagi tutamni burilish burchagiga bog'liqligiga asoslangan. Qutblanuvchi burchak o'lchagichni asosiy tashkil etuvchi qismi lazerli kollimator, silindrik linza, uzatuvchi va qabullovchi (yarim o'tkazuvchi) ko'zgu, mikrodivgatel, ob'ektiv, polyarizator-analizator, diafragma, mini EXM va aklantirgich.

Interferension usul. Bu usulda burchak o'lchashda yorug'lik to'liqini interferensiyalanish hodisasi ishlatiladi.

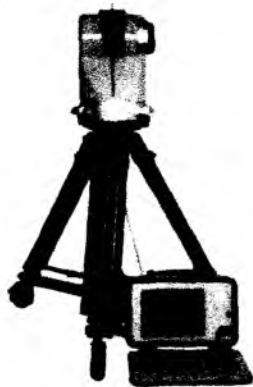
Yerusti lazerli skanerini burchak o'lchash blokida shtrix kodli shkala qo'llaniladi, sonli kodlar maskasi bilan kodli disklar, impulsli disklar kombinatorli shkalalar, *shtrix* kodli shkalalar yuqori tezlikda o'qib olish (burchak o'lchash xatosi bir necha sekundni tashkil etadi) ta'minlayd konstruktiv jihatdan sodda amalga oshiriladi.

Mavzuga oid savollar.

1. Burchak o'lchashni avtomatlashtirishda qaysi usullarga e'tibor qaratish kerak
2. Pozitsion usullar deb nimaga aytiladi?
3. Qutublanish usulidi lazerli skaner ishlari qanday bajariladi?

4.5. Yerdan lazerli skanerlovchi skanerni obzori va klassifikatsiyasi

Yerdan skanerlovchi skanerlarning modellari. Xozirgi vaqtda uch o'lchamli lazerli skanerlarni ishlab chiqish bilan ko'p firmalar shug'illanmoqdalar: bula ko'pchilikka ma'lum bo'lgan Trimble (AQSh) va Leica Geosystems (Shveysariya), Riegl (Avstriya), I-Site (Avstraliya), Zoller+Fröhlich (Germaniya) va boshqalar. Bu firmalar turli maqsadlarda ishlatiladigan skanerlarni ishlab chiqaradilar. Ma'lum bir modeli qaysi masalani yechishda qo'llanilishi uni texnik tavsiflari bilan aniqlanadi.

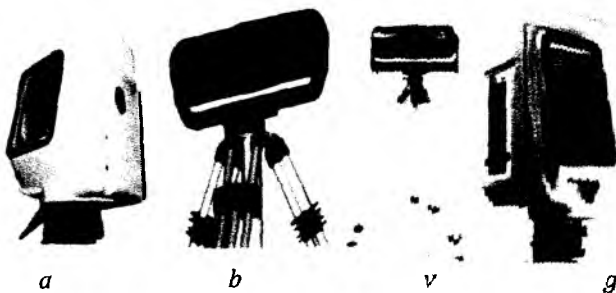


**4.5.1 – rasm. YLS
Callidus 3D**

Trimble firmasi Callidus 3D Laser Scanner (4.5.1 rasm) nomi bilan skaner ishlab chiqaradi. Konstruktiv jihatdan o'ziga hosligi shundaki, uni kallagida yoyuvch blok, raqamli videokamera (fokus masofasi 4.1 dan 73.8mm va gorizontal bo'yicha skani bir ustuniga 460 chiziq imkoniyati), asbobni og'ish datchig (inklinometr), elektron kompas va boshqaruv blok. Inklinometrni ishlash diapozoni $\pm 10^\circ$ va aniqlig $\pm 0.025^\circ$, uni vazifasiga skanerlangan nuqtalarni o'lchangan koordinatalardagi asbob og'ishi orqali yo'q'iyadigan xatolarni bartaraf etish. Yerusti lazerli

skaneri asbob bloklari va o'lchangan masofalarga atmosfera uchun avtomatik tuzatmalar kiritishni ichki nazorat qiluvchi sistema bilan ta'minlangan.

Callidus 3D skaneridan tashqari, Mensi firmasi (Fransiya) Trimble markasi bilan GS100, GS200, Soisic, S10 va S25 (4.5.2-rasm, a, b, v), skanerlar ishlab chiqilgan, hozir ishlab chiqarishdan to'xtatilgan. Hozir bu firma tomonidan Trimble GX lazer skaneri chiqarilmoqda (4.5.2 - rasm, g).



4.5.2 - rasm. Trimble firmasini Yerusti lazerli skaneri: a - GS200; b - Soisic; v - S25; g - GX

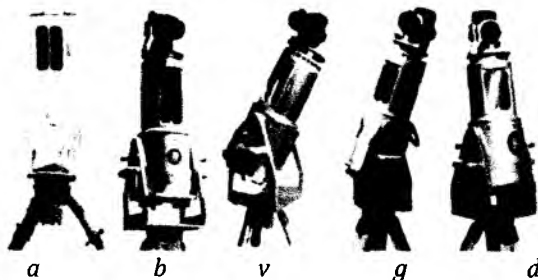
GS100 va GS200 skanerlari ob'ektni fazoviy koordinatalarini aniqlash bilan birga raqamli videokamera bilan s'yomka qilishi mumkin, uning yordamida ob'ektni raqamli rangli suratini olish mumkin. Ob'ektiv fokus masofasini avtomatik o'zgartirish uchun videokamera *transfokator* bilan jixozlangan.

S10, S25 va Soisic Mensi skanerlari kichik o'lchamdagi xonalarda ichki uskunalarni s'yomka qilish uchun maxsus ishlangan. Bu Yerusti lazerli skanerlarida masofa o'lchashni triangulyatsiya usuli qo'llanilganligi natijasida ob'ekt nuqtalarini fazoviy koordinatalari yuqori aniqlikda (0,1mm atrofida) aniqlanadi. Ushbu asboblarda fokuslash va elektromagnit signalni qaytishiga nisbatan lazer nurlanishini sozlash avtomatik ravishda bajariladi. Bu modeldagi skanerlar ham raqamli kameralar bilan jixozlangan.

Riegl Laser Avstriya firmasi LMS seriyasidagi Riegl skanerlarini chiqaradi (4.5.3 - rasm).

Riegl LMS-Z210 lazer skaneri ob'ekt nuqtalarini fazoviy koordinatlari va akslangan signalni intensivligi to'g'risidagi informatsiyadan tashqari dalnomerni

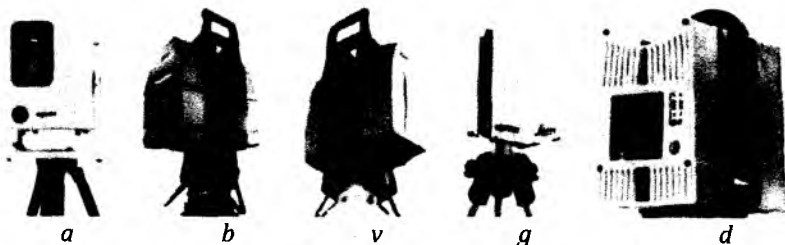
qabullash va uzatuvchi traktini ZBA elementi bo'lganligi sababli nuqtalarni real ranglari to'g'risida ma'lumot olishi imkonini beradi. Real rang to'g'risida ma'lumot oluvchi priyomnik, juda ham yuqori integrallashgan sezgirlikka ega, lekin skanerlash yuqori tezlikda olib borilishi sababli (ekspozitsiya vaqtini kamligi), olinayotgan tasvirda rang uzatish darajasi past.



4.5.3 - rasm. Riegl firmasini Yerusti lazerli skanerilari: a - LMS-Z210; b - LMS-Z360; v - LMS-Z420i; g - LMS-Z390i; d - LMS-Z210ii

LMS-Z360, LMS-Z390 va LMS-Z420 skanerlari konstruktiv jihatdan LMS-Z210 bilan bir hil, ular bir biridan texnik xarakteristikalari bilan farqlanadi. Bu modellarni o'ziga hoslik tomonlari shundan iboratki, ularni kallagiga Nikon D100 yoki Canon EOS 1Ds raqamli kamerani o'rnatish mumkin.

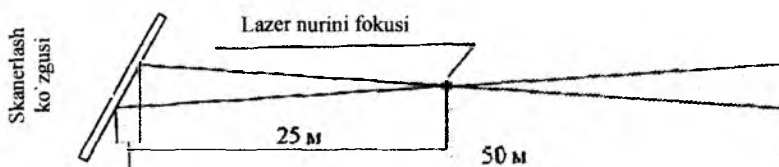
Yerusti lazerli skanerini ishlab chiqarish va sotish bilan hammaga tanish bo'lgan Leica geodezik firmasi ham shug'illanadi. Bu firmani markasi bilan HDS 2500, HDS 3000, HDS 4500, ScanStation, HDS 6000 va ScanStation 2 (4.5.6 - rasm) markalarini uchratishimiz mumkin, bulardan birinchi to'rtasi xozirgi vaqtda ishlab chiqarilmayabti.



4.5.6 - rasm. Leica Geosystems firmasining Yerusti lazerli skanerilari: - HDS 2500; b - HDS 3000; v - ScanStation 2; g - HDS 4500; d - HDS 6000

ScanStation lazer skanerlari Yerusti lazerli skaneri HDS 3000ni konstruktiv jihatdan davomi hisoblanadi. Bu skanerlarni asosiy farqlanadigan tomoni shundan iboratki, unda og'ish burchagini kompensatsiyalaydigan ikki o'qli kompensator o'rnatilgan, uni ishlash aniqligi 1"ni tashkil etadi va lazerli markazlashtirish bilan jihozlangan, shuning uchun uni oddiy elektron taxeometrda orientirlash mumkin. Bundan tashqari ScanStation Yerusti lazerli skaneri raqamli kamera bilan jihozlangan.

2007 yildan Leica Geosystems firmasi ScanStation 2 lazer skanerini chiqara boshladi, uni oldingi skanerlardan farqi shundaki, uni skanerlash tezligi juda yuqori bo'lib va boshqa texnik xarakteristikalari takomillashtirilgan. Bundan tashqari shuni ta'uidlash kerakki, HDS 3000, ScanStation va ScanStation 2 Yerusti lazerli skanerlari lazer nurlari tomonidan 25 metr masofada fokusga ega (4.5.7 - rasmdagidek). Bu shuni anglatadiki, skanerdan ob'ektgacha bo'lgan masofa 50 bo'lganda yuqorida qayd etilgan Yerusti lazerli skanerlarini lazer nurlarini diametri kattalashmaydi.

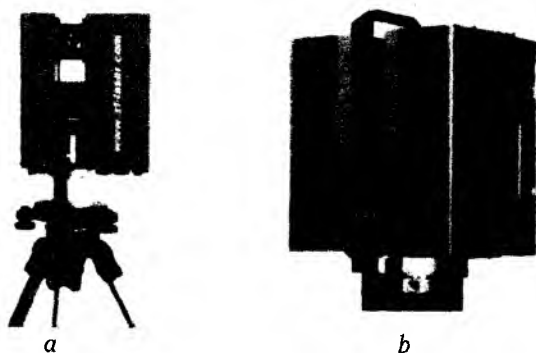


4.5.7 - rasm. HDS 3000, ScanStation va ScanStation 2 skanerlarini lazer nurlarining fokuslanishi.

Leica HDS 4500 va HDS 6000 skanerlari alohida e'tiborga loyiq [105].

HDS 4500 lazer skanerlari juda yuqori skanerlash tezligiga ega (650 000 nuqta/s), boshqa skanerlar 1000-8000 nuqta/s tezlikka ega. Shu bilan bir vaqtda olingan koordinatalar aniqligi boshqa skanerlar bilan olingan koordinatalar aniqligidan qolishmaydi. HDS 4500 modelini vertikal tekislikda qurish maydoni 310° tashkil etadi, shuning uchun skanerlashda "o'lik zona" o'lchamlari juda ham kichik bo'ladi. Skanerlash tezligini katta bo'lishiga erishishni asosiy sababi masofa o'lchashda fazaviy usulni qo'llanilishida. Masofa o'lchashda fazaviy yetishmovchilikni yechish uchun qo'pol va aniq deb nomlangan ikkita belgilangan

elituvchi chastota qo'llaniladi . HDS 4500 skanerlarini Zoller+Fröhlich firmasi yaratganligi uchun, bu skanerni ikkinchi nomi Z+F Imager 5003 deb nomlanadi (4.5.8 - rasm).



4.5.8 - rasm. Zoller+Fröhlich firmasini Yerusti lazerli skanerilari: a - Imager 5003; b-Imager 5006

Leica HDS 6000 va Z+F Imager 5006 lazer skanerlari ichiga display o'rnatilgan bo'lib, Yerusti lazerli skanerini boshqarish uchun klaviatura va qattiq disk bilan ta'minlangan, bu esa skaner bilan s'yomka qilishda shaxsiy kompyuterdan foydalanmaslik imkoniyatini beradi.

Leica HDS 3000, ScanStation va ScanStation 2 lazer skanerlari amalda burchakni eng yuqori aniqlash imkonini beradi, natijada skanerlangan nuqtalarni koordinatalarida xatolik eng kichik bo'ladi. Shu bilan bir vaqtda bu skanerlarda o'lchangan kattaliklarni shovqin tashkil etuvchilari eng kichik bo'ladi.

Optech (Kanada) firmasi ham Yerusti lazerli skanerilarini ishlab chiqaradi. Bu firma "Yena instrument" kompaniyasi tomonidan yaratilgan, Ilris 3D i Ilris⁶ 3D (4.5.9 - rasm) deb nomlangan asboblarni chiqaradi. Bu skanerlarni boshqa skanerlardan farqi shundaki, ularga raqamli videokamera, diagonali 17sm VGA rangli ekrani o'rnatilgan. Bu skanerni skanerlash rejimida shaxsiy kompyuterdan foydalanmaslik imkoniyatini beradi.

Yerusti lazerli skanerini boshqarish infraqizil port orqali skaner bilan birga beriladigan cho'ntak kompyuteri Palm yordamida amalga oshiriladi.



a



b

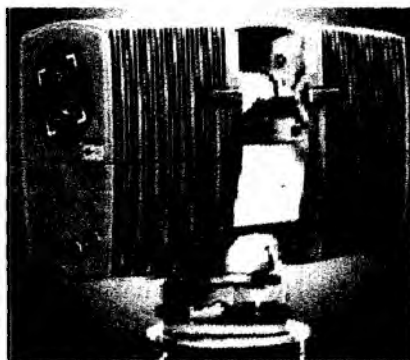
4.5.9 - rasm. Optech firmasini Yerusti lazerli skanerilari: a - NLS Ilris 3D; b - Ilris⁶ 3D

Ilris⁶ 3D Yerusti lazerli skanerini Ilris 3D skaneridan farqi shundaki, uni ko'rish maydoni katta va texnik xarakteristikalari nisbatan yaxshi.

6.15 - rasmda iQvolution (Germaniya) firmasi yaratgan, iQsun 625 va 880 lazer skanerlari ko'rsatilgan. Bu skanerlarda masofa o'lchashni fazaviy usulidan foydalanilgan. Ularni konstruktiv xususiyatlari shundan iboratki, birinchidan barcha ma'lumotlar ichki qattiq diskga yoziladi, ikkinchidan, skaner ayrim bloklardan iborat bo'lib, ularni almashtirish orqali skanerni texnik xarakteristikasini o'zgartirish imkoniyati bor. Xozirgi vaqtda iQsun 800 yer lazerli skaneri Faro 880 markasi bilan chiqarilmoqda.



a



b

4.5.10 - rasm. iQvolution firmasini Yerusti lazerli skanerilari: a - iQsun 625; b - iQsun 880

I-Site (Avstraliya) kompaniyasi I-Site 4400 Yerusti lazerli skanerlarini ishlab chiqaradi (6.16 - rasm). Bu asbob texnik xarakteristikalari (birinchi navbatda



4.5.11 – rasm. I-
Site 4400 EJC

skanerlash tezligi bo'yicha) va tashqi ko'rinishi bo'yicha robotlashgan taxeometr klassiga to'g'ri keladi, lekin ishlab chiqaruvchilar bu asbobni skaner deb atashadi. Ushbu asbob markazlashtirgich, inklinometr va (boshlang'ich yo'nalishni berish uchun) vizir trubkasi bilan jihozlangan. Shu bilan birga skaner raqamli kamera bilan jihozlangan bo'lib, unda registratsiyalovchi qurilma sifatida ZBA lineykasi ishlaydi. Ushbu kamera yordamida skanerlanayotgan xududni panorama tasvirini olish mumkin. Ethernet kabeli orqali skaner

kompyuter bilan bog'lanadi. Skaner elektr ta'minoti uni korpusiga o'rnatilgan 24-voltli batareya bilan amalga oshiriladi.

Yer lazer skanerlarini Konica firmasi ham ishlab chiqaradi, ular chiqarayotgan Yerusti lazerli skanerilari Konica Minolta VI-9i deb nomlanadi (6.17 – rasm). Bu modelda masofa o'lchashni triangulyatsiya prinsipini ikkinchi varianti qo'llanilgan. Skaner uchta almashishni TELE, Middle va Wide ob'ektivlari bilan ta'minlangan, ularni tipiga qarab masofa o'lchash aniqligi (0,05 mmdan 0,40 mmgacha) va ta'sir diapazoni (0,5dan 2,5mgacha) o'zgaradi. Lazer nurini to'lqini uzunligi 690 nm tashkil etadi, uni xavfsizligi 1 yoki 2-klassni tashkil etadi.

2007 yil Topcon firmasi GLS-1000 lazer skaneri chiqarildi (4.5.13 – rasm). Zamonaviy yer lazer skanerlarni asosiy xarakteristikallari quyidagilardan iborat:

- masofa, gorizont va vertikal burchaklarni o'lchash aniqligi;
- skanerlashni maksimal imkoniyatlari;
- yer lazer skanerini uzoqlik bo'yicha o'lchash imkoniyati;
- skanerlash tezligi;
- lazer nurini tarqalishi;
- foydalanilayotgan lazerni xavfsizlik klassi;
- ixchamligi.



4.5.12 – rasm. Konica Minolta VI-9i EJC

Xozirgi vaqtda Yerusti lazerli skanerlarini o'rnatilgan tartibdagi klassifikatsiyasi yo'q. Yerusti lazerli skanerlarni tiplari (xillari) bo'yicha klassifikatsiyasini geodezik asboblarni klassifikatsiyasiga o'xshatib klassifikatsiyalash maqsadga muvofiq bo'lsa kerak. Bunda asboblarni klassifikatsiyasini asosiyini qilib quyidagi xususiyatlar bo'yicha olamiz:

a) funksional vazifasi bo'yicha:

- burchak o'lchashga mo'ljallangan asboblarni;
- masofa (chiziq) o'lchashga mo'ljallangan asboblarni;
- nisbiy balandliklarni o'lchashga mo'ljallangan asboblarni;
- s'yomka uchun mo'ljallangan - kombinatsiyalangan asboblarni;
- maxsus ishlarga mo'ljallangan asboblarni (vertikal proektsiyalash asboblari, stor kuzatishlari uchun mo'ljallangan asboblarni);
- boshqa asboblarni (markazlashtirgichlar, reykalarni, nishon tayoqlarni, refraktometrlarni va boshqalarni);

b) aniqlik bo'yicha qo'llanilish qo'llami;

v) axborotni saqlash fizik xususiyati bo'yicha;

- g) transportirovka qilishdagi qulayligi va ishonchliligi;
- d) konstruktiv xususiyati.



4.5.13 – rasm. Topcon GLS-1000 lazer skaneri

Yuqorida keltirilgan klassifikatsiyalash xususiyatlarini Yerusti lazerli skanerilari uchun qo'llash noto'g'ri bo'ladi. Bu quyidagi xolatlar bo'yicha tushintirilishi mumkin. Misol uchun geodezik asboblarni tiplashtirilishda aniqlik bo'yicha klassifikatsiyalanadi, bunda har bir guruh bo'yicha asboblarni o'lchash aniqligi bo'yicha kichik guruhlarga (tiplarga) bo'linadi. Ayrim Yerusti lazerli skanerlarida (Mensi GS100 va GS200) (R, φ, θ) kattaliklar o'lchanadi, ydalanuvchilar esa ma'lumotlar chiqishida natijaviy kattaliklarni (X, Y, Z) olishadi, bu esa skanerlarni ma'lum bir tipga mansubligini belgilash imkonini bermaydi, bunda metrologiyani yagonalik (o'lchash, me'yor) klassifikatsiyasi bajarilmaydi. Xuddi shunday geodezik asboblarni ma'lumotlarni saqlash tabiati bo'yicha klassifikatsiyalanishi mumkin, ammo barcha Yerusti lazerli skanerlarida o'lchash usuli va ma'lumotlarni saqlash – elektron ko'rinishda, o'z navbatida bu xususiyati (belgisi) bo'yicha klassifikatsiyalash mumkin bo'lmaydi.

Yerusti lazerli skanerlarini o'rganish obzori va geodezik asboblarni qabul qilingan klassifikatsiyasi bo'yicha yer skanerlarni klassifikatsiyalash belgilari deb quyidagilarni olish taklif etiladi:

- qo'llanilayotgan masofa o'lchash usullari bo'yicha (impulsi, fazali va triangulyatsion skanerlar);
- ob'ekt nuqtalarini fazaviy koordinatalarini aniqlash aniqligi bo'yicha (past aniqlikda, 10mm va undan katta bo'lgan xatolikda, o'rtacha aniqlikda 3 mmdan 10 mmgacha xatolik bilan va yuqori aniqlikda 3 mmdan kichik xatolik bilan koordinatalarni aniqlash);
- real rang to'g'risida ma'lumotlarni olish vositalaridan foydalanish bo'yicha (o'rnatilgan videokameradan foydalanish; skanerga o'rnatilgan raqamli kamera; akslangan impuls rangi to'g'risidagi informatsiyani qabul qiluvchi datchikka qarab);
- o'lchash uzoqligi bo'yicha (30 metrgacha – yaqini 30 metrdan 70 metrgacha o'rtacha va 70 metrdan uzoqni skanerlash);
- skanerni ko'rish maydoni bo'yicha (kichik obzorli, o'rta obzorli, to'liq obzorli);
- xavfsizlik klassi bo'yicha.

Yuqorida qayd etilgan klassifikatsiyalash alomatlarining ichida Yerusti lazerli skanerlarni tiplashtirishda (metrologik attestatsiyalashda) asosiysi fazoviy koordinatalarni olish aniqligi va skanerni o'lchash uzoqligi hisoblanadi. Bu alomatlarni kompleks inobatga olish zarur, sababi fazoviy koordinatalarni aniqlash aniqligi Yerusti lazerli skaneri bilan ob'ekt oralig'iga bog'liq (hammadan ham triangulyatsion skaner bilan ishlashda).

Yerusti lazerli skanerlarni xavfsizlik bo'yicha klassifikatsiyalanishi. Shaxsga lazer sistemasini zarar yetkazishiga qarab zamonaviy Yerusti lazerli skanerlari xavfsizlik bo'yicha 4-ta klassga bo'linadi. I-klass lazerlari hech qanday zarar bo'lmasada IV-klass lazerlari qalin po'lat materiallari kesishi mumkin. Yerusti

- g) transportirovka qilishdagi qulayligi va ishonchliligi;
- d) konstruktiv xususiyati.



4.5.13 – rasm. Topcon GLS-1000 lazer skaneri

Yuqorida keltirilgan klassifikatsiyalash xususiyatlarini Yerusti lazer skanerilari uchun qo'llash noto'g'ri bo'ladi. Bu quyidagi xolatlar bo'yich tushintirilishi mumkin. Misol uchun geodezik asboblarni tipashtirilishda aniq bo'yicha klassifikatsiyalanadi, bunda har bir guruh bo'yicha asboblarni o'lchash aniq bo'yicha kichik guruhlarga (tiplarga) bo'linadi. Ayrim Yerusti lazer skanerlarida (Mensi GS100 va GS200) (R, φ, θ) kattaliklar o'lchash yordamchilar esa ma'lumotlar chiqishida natijaviy kattaliklarni (X, Y, Z) olishda bu esa skanerlarni ma'lum bir tipga mansubligini belgilash imkonini bermaydi bunda metrologiyani yagonalik (o'lchash, me'yor) klassifikatsiyasi bajarilmaydi Xuddi shunday geodezik asboblarni ma'lumotlarni saqlash tabiati bo'yich klassifikatsiyalanishi mumkin, ammo barcha Yerusti lazerli skanerlarida o'lchash usuli va ma'lumotlarni saqlash – elektron ko'rinishda, o'z navbatida bu xususiyat (belgisi) bo'yicha klassifikatsiyalash mumkin bo'lmaydi.

Yerusti lazerli skanerilarini o'rganish obzori va geodezik asboblarni qabul qilingan klassifikatsiyasi bo'yicha yer skanerlarni klassifikatsiyalash belgilari deb quyidagilarni olish taklif etiladi:

- qo'llanilayotgan masofa o'lchash usullari bo'yicha (impulsi, fazali va triangulyatsion skanerlar);
- ob'ekt nuqtalarini fazaviy koordinatalarini aniqlash aniqligi bo'yicha (past aniqlikda, 10mm va undan katta bo'lgan xatolikda, o'rtacha aniqlikda 3 mmdan 10 mmgacha xatolik bilan va yuqori aniqlikda 3 mmdan kichik xatolik bilan koordinatalarni aniqlash);
- real rang to'g'risida ma'lumotlarni olish vositalaridan foydalanish bo'yicha (o'rnatilgan videokameradan foydalanish; skanerga o'rnatilgan raqamli kamera; akslangan impuls rangi to'g'risidagi informatsiyani qabul qiluvchi datchikka qarab);
- o'lchash uzoqligi bo'yicha (30 metrgacha - yaqinni 30 metrdan 70 metrgacha o'rtacha va 70 metrdan uzoqni skanerlash);
- skanerni ko'rish maydoni bo'yicha (kichik obzorli, o'rta obzorli, to'liq obzorli);
- xavfsizlik klassi bo'yicha.

Yuqorida qayd etilgan klassifikatsiyalash alomatlarining ichida Yerusti lazerli skanerilarni tiplashtirishda (metrologik attestatsiyalashda) asosiysi fazaviy koordinatalarni olish aniqligi va skanerni o'lchash uzoqligi hisoblanadi. Bu alomatlarini kompleks inobatga olish zarur, sababi fazaviy koordinatalarni aniqlash aniqligi Yerusti lazerli skaneri bilan ob'ekt oralig'iga bog'liq (hammadan ham triangulyatsion skaner bilan ishlashda).

Yerusti lazerli skanerilarni xavfsizlik bo'yicha klassifikatsiyalanishi. Shaxsga lazer sistemasini zarar yetkazishiga qarab zamonaviy Yerusti lazerli skanerilari xavfsizlik bo'yicha 4-ta klassga bo'linadi. I-klass lazerlari hech qanday zarar bo'lmasada IV-klass lazerlari qalin po'lat materiallari kesishi mumkin. Yerusti

lazerli skanerilarni ishlab chiqaruvchilar lazer klassini (II, III, IV) ko'rsatib, ogohlantiruvchi belgi bilan belgilab qo'yishlari kerak.

I-klass lazerlari bo'lishi mumkin bo'lgan har qanday xavfdan ximoyalashni nazarda tutadi. I-klass lazer qurilmalari lazer printerlari, CD-ROM qurilmalari, geologik obzor qurilmalar va analitik laboratoriya uskunalari misol bo'lishi mumkin. Shunga o'xshash lazer qurilmalardan foydalanish xavfsizlikni barcha talablariga javob beradi.

II-klass lazerlari kichik quvvatli lazerlar bo'lib, qurish zona spektrida ishlaydi. Bunday lazer qurilmalariga lazer ko'rsatkichlar, nishonga olish qurilmalarida ishlatiladigan lazerlar, masofa o'lchash qurilmalari misol bo'ladi. II-klass lazerlariga uzoq vaqt (15-daqiqadan ortiq) qarash ko'zga zarar yetkazishi mumkin. II-klass lazer nurlarini ko'zga yo'naltirish va ularni teleskopik qurilmalar orqali kuzatish (ularga qarash) mumkin emas.

III-klass lazerlariga lazer ko'rsatgichlari va lazer skanerlarida 1dan 5mVt gacha bo'lgan quvvatdagi uzliksiz elektromagnit nurlanishlarni kiritish mumkin. *IIIa* klassdagi lazer nurlarini to'g'ridan to'g'ri ko'zga tushishi ko'z uchun xavfli bo'lishi mumkin. Bu klassdagi lazer nurlariga bevosita qarash, odamlar ko'ziga yo'naltirish va atelekanik qurilma bilan kuzatish katta zarar yetkazishi mumkin, sababi bular lazerni zararli ta'siri kuchaytiradi. *IIIv* klass lazrlariga 5dan 500mVt quvvatli uzuliksiz elektromagnit nurlanishli qurilmalar kiradi. Hozirda ishlatilayotgan *IIIv* klassdagi lazer qurilmalari spektrometr, stereolitografiya va yorug'lik shovu misol bo'ladi. *IIIv* klass lazer nurlarini to'g'ridan to'g'ri ko'zga tushishi, xuddi shundek nurni diffuzion akslanishi xavfli hisoblanadi. *IIIv* klass lazer nurlariga bevosita qarash va teleskop qurilmalari bilan kuzatish mumkin emas. *IIIv* klass lazer nurlari bilan ishlashda ko'zni himoyalovchi vositaga ega bo'lish kerak.

Xavfli quyidagi to'lqin uzunligidagi lazer nurlari xavf hisoblanadi: ko'z pardasiga 0.38-1.40 mkm; ko'z to'rpardasini oldingi qismiga 0.18-100 mkm (ya'ni barcha diapazondagi) Yerusti lazerli skanerilarida ko'rinadigan (0.8-1.3mkm)

diapazon to'liqin uzunliklari ishlatiladi, shuning uchun xatto I-klass xavfsizligidagi skanerlar bilan skanerlash vaqtida lazer nurini ko'z pardasiga tushishidan extiyot bo'lishi kerak.

Mavzuga oid savollar.

1. Zamonaviy yer lazerli skanerlarning asosiy xarakteristiklari qanday ?
2. Lazerli skanerlar xavfsizlik bo'yisa nechta klassga bo'linadi?
- 3 Lazerli skanerlarning klasifikatsiyasi qaysilar?

4.6. Yerdan lazerli skanerlashda xatoliklar manbaalari

Yerusti lazerli skanerlarda barcha xatolar majmuasini ikkita guruxga bo'lish mumkin:

- asbobni mexanik, optik va elektron qismlarini yig'ishdagi kamchiliklar natijasidagi asbob xatolari;
- Yerusti lazerli skanerida kattaliklarni aniqlashda qo'llanilgan usul orqali kelib chiqadigan metodik xatolar.

Birinchi gurux xato kattaliklari skaner texnik pasportida keltiriladi, birinchi bar asbobni yig'ishda va yustirovkalashda, so'ngra davriy ravishda kalibrovkalash va metrologik attestatsiyalash davrlarida aniqlanadi. Bunday tadqiqotlar natijasida asbobni alohida bloklarining aniqligini talabga javob berishi (bermasligi) aniqlanadi. Asbob xatoliklarini odatda uni qismlarini almashtirish va (yoki) asbobni tayyorlash texnologiyasi bilan bartaraf etish mumkin.

Metodik xatolarni odatda o'lchash natijalariga ishlov berishda g'isobga olinishi mumkin.

Yerusti lazerli skanerlaridagi mmetodik xatoliklarni quyidashilarga bo'lish mumkin:

- atrof muhit (atmosfera refraksiyasi, elektromagnin to'liqinini so'nishi, asbob vibratsiyasi va x.k.) ta'sirida kelib chiqadigan xatolar;
- skanerlanayotgan ob'ekt xarakteristikalaridan (o'lchamlari, orientatsiyasi, rangi, teksturasi (tarkibiy tuzilishi) va x.k.) kelib chiqadigan xatolar.

Yerusti lazerli skanerida metodik xatolarni aniqlash va hisobga olishga ikki hil yondashish mumkin. Birinchi yondashuvda har bir faktor ta'sirini alohida baholashi. Ikkinchi yondashuv barcha ta'sir etuvchi faktorlarni kompleks inobatga olishga asoslangan, bu fotogrammetrik ishlov berishda suratlardagi nuqtalar koordinatasining sistematik xatosini tuzatgandek amalga oshiriladi. Birinchi yondashuvda skaner bilan burchaklar va masofalarni o'lchash natijalaridagi sistematik asosiy (katta) qismi bartaraf etiladi, aslida xatolarni bunday tuzatish skanerlarga old ishlov berish bosqichida amalga oshiriladi. Sistematik xatolarni qolgan qismi bartaraf etish kompleks yondashuv, odatda polinominal modelni qo'llash orqali bajariladi. Skanerlarning nuqtalarining koordinatalaridagi o'zgarishlarni yo'qotishda kompleks yondashuv eng universal yondashuv hisoblanadi.

Yer lazer skanerlarini asbob xatolari. Yerusti lazerli skaneri ishlashdagi *stabilligi*. Yerusti lazerli skanerilarida lazerninurlanish manbai sifatida qo'llanilishida uni to'xtovsiz ishlashi, yoxud yuqori chastotali impulslarini yuborishi lazer skanerini, skaner ichini isishini keltirib chiqaradi. Shuning uchun lazer skanerlarini ishlab chiqaruvchilar ularni sovutgich tizimi bilan jihozlaydilar, ulari bo'lmasligi quyidagi oqibatlariga sabab bo'lishi mumkin:

- skanerni tez-tez isishi (me'yoridan ortiq) va sovutilishi natijasida Yerusti lazerli skanerilarini o'lchov va aylanuvchi qismlarini deformatsiyasiga olib keladi, bu esa o'z navbatida o'lchash aniqligiga ta'sir etadi va uni ishlash muddatini qisqartiradi;
- skanerni o'ta qizib ketishi uni xarakatdagi qismlarini ponalanib qolishiga (to'xtab qolishiga) sabab bo'ladi, bu esa asbobni ishdan chiqishiga olib keladi.

Yerusti lazerli skanerilarda ikki hil ko'rinishdagi sovutgichlar ishlatiladi:

- atrof muhitdan olib "sovuq" havoni skaner ichiga yo'llash orqali "issiq" havoni uni ichidan chiqarib yuborish, ya'ni havo yordamida sovutish. Bunday sistemalar ventilatorlarni o'z ichiga oladi, uni asosiy funksiyasi

havo sirkulyatsiyasini (aylanishini) ta'minlashdan iborat. Bunday usulni asosiy kamchiligi skanerni germetikligini ta'minlamasligi natijasida uning ichida chang to'planishi va namlik ta'sirini kamayishi;

asosan azot gazini qo'llash orqali ichki sovutish usuli. Bu sistemalarda sovutish uchun kriogen (grekchadan tarjimada kryos – sovuq, muz, yax ma'nosini anglatadi) nasoslari ishlatiladi. Yer skanerlarida vakuum nasoslari keng ishlatiladi (kondensatsion nasoslar ishlatilish hollari uchrab turadi), ularni ishlashi yuqori darajada sovutilganda sirdan chiqayotgan gazlarni yutishga asoslangan.

Yerusti lazerli skanerilarni ishlashdagi barqarorligi sovutish tizimini sifatiga bog'liq.

Riegl va Mensi firma skanerlarini o'lchov bloklarini tadqiqotlari shuni ko'rsatadiki, Yerusti lazerli skanerilarni dalnomer va burchak o'lchash bloklarida eng katta nostabillik o'lchash boshlangan vaqtni birinchi 5-7 minutlarida yuzaga keladi. Bundan kelib chiqadiki, o'lchashni boshlashdan oldin, skaner ichki bloklari ishlash xaroratiga kelishi uchun 5-7 daqiqaga ishlatib qo'yilishi kerak.

Dalnomer blokini *ishlash aniqligi*. (4.6.1) formuladan ko'ramizki, masofani impuls usulida o'lchash aniqligi, signalni o'tish vaqti sanog'ini olish aniqligi va elektromagnit to'lqini tezligini aniqlash aniqligiga bog'liq.

Muhitda elektromagnit to'lqinini tarqalish tezligida keltirilgan formula bilan aniqlanadi, ya'ni:

$$v = \frac{c}{n}, \quad (4.6.1)$$

bunda s – yorug'likni vakuumdagi tezligi, xalqaro geodezik va geofizik ittifoq tomonidan 299 792 458 1,2 m/s ga teng deb qabul qilingan;

n – havoni sindirish koeffitsienti, u muhitni fizik xususiyatlariga (bosim, harorat va havo namligi) va elektromagnit to'lqin uzunligiga bog'liq.

Xozirga vaqtda elektromagnit to'lqinini vakuumda tarqalish tezligini bilvosita fizik usuli qo'llaniladi, bunda quyidagi bog'lanishda foydalaniladi:

$$c = \lambda_v f_v, \quad (4.6.2)$$

bunda λ_v - vakuumda elektromagnit to'liqini uzunligi;

f_v - elektromagnit tebranishini chastoatsi.

Bilvosita usulda vakuumda elektromagnit tebranishini tarqalish tezligi 3×10^{-9} nisbiy xatolik bilan aniqlangan bir qiymatli emaslikni turli yechish usullarini qo'llash bilan masofa o'lchashdagi m_R xatolikda keltirilgan formula bilan aniqlanadi:

$$m_R = \sqrt{m_C^2 + \left(\frac{v}{2\pi f}\right)^2 m_\varphi^2 + R^2 \left[\left(\frac{m_f}{f}\right)^2 + \left(\frac{m_v}{v}\right)^2\right]}, \quad (4.6.3)$$

bunda m_C - asbobni doimiy tuzatmasini aniqlash xatosi;

m_φ - texnik va ishki fazalar farqini aniqlash xatosi;

m_f - masshtabli chastotani uni nominal qiymatidan farqi natijasida kelib chiqadigan xatolik;

m_v - atmosferada elektromagnit to'liqini tarqalish tezligini aniqlash xatosi

Masofa o'lchashni doimiy tuzatmasini aniqlash xatosi yer skanerin konstruktiv xarakteristikalariga (faza burchaklariga, tarmoqdagi kuchlanish nominaldan farqlanishga va x.k.) va asbobni tekshirishda ushbu tuzatman aniqlash usuliga bog'liq. Elektron taxometrnlarni zamonaviy metrologik attestatsiyalashda asbobni va akslantirgichni markazlashtirish fiksatsiyalangan majburiy deb qaraladi, uni 0,1 mm xatolik bilan amalga oshirish mumkin. Amalda bu kattalik chekli aniqlik bilan tavsiflanadi, undan asbob xatosini aniqlash mumkin.

m_φ - faza farqini o'lchash xatosi asosan fazometr asbobini aniqligiga bog'lic va u tasodifiy va sistematik tashkil etuvchilardan iborat. Fazometr metrologik xarakteristikalari bilan bog'liq bo'lgan xatolikni kelib chiqishini asosiy sabablar quyidagilardan iborat:

- o'lchashdagi shovqin tashkil etuvchilar;
- fazoviy xarakteristikalarni noxiziqiyliigi;
- amplituda - fazaviy xarakteristikalarni noxiziqiyliigi;
- o'lchanayotgan signallarni garmonik tashkil etuvchilarini ta'siri;
- raqamli fazometrlarda "faza-kod" o'zgarishini diskretliligi.

Masofa kattaligiga bog'liq bo'lmagan m_R ni ikkita tashkil etuvchi xatolikdan, Yerusti lazerli skanerida o'lchashda, umumiy xatolikka fazalar farqini aniqlash xatosi o'zini eng katta "hissasini" qo'shadi.

Belgilangan chastotalar bilan masofa o'lchashda, masshtabli chastotani nominaldan farq qilishidan kelib chiqadigan m_f xatolik, chastotadan nostabilligidan va etalonlashtirish xatolaridan yuzaga keladi, ular taxminan o'zaro bir tartibda. Chastotasi ravon o'zgaruvchi Yerusti lazerli skanerilarida m_f xatolik asosan o'lchash usuliga bog'liq. Chastota xatoligi o'z ichiga tasodifiy xatodan tashqari sistematik tashkil etuvchini o'z ichiga oladi, bu chastotani nominalga aniq o'rnatmaslikdan (etalonlashtirish xatosi) va generator chastotasini sekinlik bilan dreyflashidan kelib chiqadi.

(6.18) formuladagi birinchi ikkita tashkil etuvchilari o'lchanayotgan masofa kattaligiga amaliy jixatdan bog'liq emas, qolgan ikkita xatolikni ta'siri masofaga proporsional. Shunday qilib Yerusti lazerli skanerilari bilan masofani fazaviy o'lchashni o'rtacha kvadratik xatosi, impulsiga o'xshash bo'lib, uni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$m_R = a + bR, \quad (4.6.4)$$

bu yerda a va b – har bir dalnomer uchun o'z kattaligiga ega bo'lgan, etalon masofa uzunligini o'lchash orqali empirik yo'l bilan aniqlanadigan koeffitsientlar.

Fazaviy dalnomerlar bilan kichik masofalarni o'lchashda, aniqlikka asosan faza farqi sanog'ini olish va dalnomer doimiy xatoligi ta'sir etadi, masofa xatoligida chastota va atmosferada elektromagnit tebranishni tarqalish xatolarini ta'siri sezilarli bo'lmaydi.

Yerusti lazerli skanerilarda masofa va burchak o'lchash aniqligiga yuqorida ko'rsatib o'tganimizdek ko'plab faktorlar, bular ichida asbobni tayyorlash va yustirovkalash (tuzatish) xatoliklari ham ta'sir etadi. Yerusti lazerli skanerilash sistemasiga boshqaruv dasturiy ta'minoti ham kiradi. Bu o'lchangan kattaliklardagi sistematik xarakterdagi xatoliklari qisman chiqarib tashlash imkonini beradi. Yerusti lazerli skanerilarini boshqarishga mo'ljallangan dasturiy

maxsulotlarda, o'lchanayotgan masofa va burchaklarda xatolarni chetlatishda foydalanilgan kattaliklar, kalibrlash parametrlari deyiladi. Har bir skaner o'lchash natijalaridan sistematik xatoni bevosita chetlashtiruvchi kalibrlash parametrlarining soni va matematik modelini ko'rinishi farqlanadi.

Yerusti lazerli skanerilarni kolibrlash usullarini taxlil qilish turli skanerlar uchun umumiy bo'lgan parametrlar va xatolarni bir qismini aniqlash imkonini berdi, ularni ta'sirini kamaytirish mumkin:

- 1) o'lchanayotgan masofalarda hisobga olinadigan masshtab koeffitsienti b ;
- 2) asbob tuzatmasi;
- 3) asbobni vertikal aylanish o'qi va skanerlash prizmasini aylanish o'qini mos tushmasligi;
- 4) asbobni vertikal aylanish o'qi va lazer nurini tarqalish vektorini mos tushmasligi;
- 5) asbobni skanerlash prizmasini aylanish o'qi va lazer nurini tarqalish vektorini mos tushmasligi;
- 6) sapfa o'qini xatosi;
- 7) vertikal kollimatsion xato (dalnomer bilan masofa o'lchash boshiga mos keluvchi, nuqtani uzoqlik qiymati);
- 8) gorizontal kollimatsion xato (asbobni vertikal aylanish o'qidan, dalnomer bilan masofa o'lchash boshiga mos keluvchi, nuqtani uzoqlik qiymati).

Yerusti lazerli skanerilarni dasturiy ta'minotida skanerlarni kalibrlash birinchi ikki parametrlarning hisobga olishni ikki varianti nazarda tutilgan. Birinchi variantda kalibrlash parametrlari sifatida asbobni alohida tuzatmasi va masshtab koeffitsienti aniqlanadi, ulardan foydalanish bilan masofa o'lchashdagi xatolik chiqarib tashlanadi. Ikkinchi variantda kalibrlash parametrlarini birgalikdagi ta'siri uchun chiziq uzunligiga tuzatma kiritiladi, ularni kattaligi aniq konkret masofa diapazoniga bog'liq. Lazer dalnomerlari bilan o'lchangan kattaliklardan sistematik xatoni chiqarib tashlashni ikkinchi usuli afzal hisoblanadi. Bu quyidagi jihatlari bilan tushintiriladi. Skaner bilan o'lchangan

masofa 1 metrdan 1 200 metrgacha bo'lad. Buning oqibatida qabul qilinayotgan signal quvvati butun diapazon bo'yicha sezilarli (kuchli) o'zgaradi. Shu bilan birga signal quvvatiga s'yomka qilinayotgan ob'ektni akslantirish xususiyati sezilarli ta'sirini o'tkazadi. Shuning uchun priyomnikni quvvati kuchli nurlanish kelishi bilan priyomnik ishdan chiqishi mumkin. Buni inobatga olib, skaner ishlab chiqaruvchilar priyomnik oldiga signal quvvatini sun'iy pasaytiruvchi qurilma o'rnatishadi. Skanerlash ob'ekti qanchalik yaqin bo'lsa, qabul qilinayotgan signal shunchalik ko'p susaytiriladi, bu o'z navbatida uning shaklini o'zgarishiga olib keladi. Natijada birinchi variant bo'yicha skanerni kalibrlashni amalga oshirish qiyinlashadi.

Burchaklar va masofalarni birlik o'lchashi aniqligiga ta'sir etuvchi, keyingi faktorlari R, φ va θ larni registratsiyalashni sinxron emasligi, chunki Yerusti lazerli skanerlarda har bir o'lchanayotgan kattalik R, φ, θ ma'lum vaqt oralig'ida T_R, T_φ va T_θ fiksatsiyalanadi, unda kattaliklarni registratsiyalashni sinxron emasligidan kelib chiqadigan xatolikni umumiy ko'rinishda quyidagi funktsiya ko'rinishida yozishimiz mumkin:

$$\Delta = f(R, T_R, T_\varphi, T_\theta, t), \quad (4.6.5)$$

bunda t – skaner ishga tushirilgandan boshlab, ishlash vaqti.

R, φ va θ kattaliklarni registratsiyalashni sinxron emasligidan kelib chiqadigan xatolarni yerdan skanerlash natijalariga ishlov berish jarayonida aniqlab bo'lmaydi, shuning uchun bu xatoliklarni yo'q qilishni yagona usuli Yerusti lazerli skanerlarni yig'ishda $T_R = T_\varphi = T_\theta$ tenglikni ta'minlash zarur.

Riegl, Leica, Zoller+Fröhlich firmalarning va boshqa skanerlarda ob'ektni gorizontal va vertikal yo'nalishlarda skanerlash uchun uzuluksiz aylanuvchi prizma va optik kalak qo'llaniladi. Aylanish vaqtida lazer manbai bu prizmaga signal yuboradi, u signalni ob'ektga yo'naltiradi. Ob'ektdan akslangandan so'ng, nur priyomnikka qaytadi. Prizma va optik kalak uzuluksiz aylanganligi sababli, signal skanerdan ob'ektga borib orqaga qaytguncha qadar vertikal va gorizontal doiradan olingan sanoqlar $\Delta\varphi$ va $\Delta\theta$ burchaklarga o'zgaradi. Shu sababli vaqtni

qaysi lahzasida burchaklarning qiymatlarini fiksatsiyalash zarur degan savol kelib chiqadi:

- θ_{out} - lazer nurlash manbaiga signalni uzatish lahzasida;
- θ_{in} - akslangan signalni qabul qilish lahzasida;
- Burchakni o'rtacha qiymati hisoblanadi $(\theta_{out} + \theta_{in})/2$.

Skanerlashda o'lchangan yo'nalishlarda tuzatmani inobatga olish zarurligini asoslash uchun, Yerusti lazerli skaneridan impuls s'yoymka ob'ektidan orqaga qaytgunga qadar o'tgan vaqt oralig'ida prizmani burilish burchagini hisoblaymiz. Bunda faqat skanerlashdagi vertikal burchakni ko'rib chiqamiz, sababi gorizontaal yo'nalishdagi skanerlashning tezligi vertikalga nisbatan bir necha darajaga past.

Vertikal yo'nalshda skanerlashni maksimal va minimal tezligi sekundiga 1dan 20 chiziqgacha. Bundan kelib chiqadiki, skanerlash nurini minimal aylanish tezligi:

$$v_{min} = 1 \text{ chiz/s} \frac{2 \cdot 360^\circ}{3} = 240^\circ/\text{s}, \quad (4.6.6)$$

maksimal aylanish tezligi esa

$$v_{max} = 20 \text{ chiz/s} \frac{2 \cdot 360^\circ}{3} = 4800^\circ/\text{s}. \quad (4.6.7)$$

(4.6.2) formula bilan lazer nurini ob'ektga va orqaga qaytishda o'tadigan masofani, so'ngra bu vaqt oralig'ida skanerlayotgan uo'zguna burilish burchak qiymatini hisoblash mumkin (4.6.1 - jadval).

4.6.1 jadvaldan ko'ramizki, v_{min} va v_{max} larda $\Delta\theta$ miqdorlari katta, bu Yerusti lazerli skanerlarda burchak va masofa o'lchashni sinxronlashni ta'minlash zarurligini isbotlaydi.

Signal chiqqan lahzadan priyomnikka kelgunga qadar Yerusti lazerli skaneri ko'zguna burilish burchagini kattalıkları

4.6.1 - jadval

R, m	t, s	$\Delta\theta$ pri v_{min} , °	$\Delta\theta$ pri v_{max} , °
50	$3,33 \times 10^{-7}$	0,000 08	0,001 60
100	$6,67 \times 10^{-7}$	0,000 16	0,003 20
200	$1,33 \times 10^{-6}$	0,000 32	0,006 40
400	$2,67 \times 10^{-6}$	0,000 64	0,012 80
1 000	$6,67 \times 10^{-6}$	0,001 60	0,032 00

Triangulyatsion usulda masofa o'lchash aniqligiga ta'sir etuvchi faktorlarni taxlil qilish uchun, o'lchanayotgna masofani o'lchanayotgan kattalikka bog'liqlik formulasini keltirib chiqamiz.

$$R = d_1 \operatorname{tg} \theta_1; \quad (4.6.8)$$

$$R = d_2 \operatorname{tg} \theta_2. \quad (4.6.9)$$

Unda

$$d_1 = d + p_1 + p_2 - d_2 \quad (4.6.10)$$

bu yerda d – skaner (triangulyatsiya) bazisi.

(6.23) ifodani (6.21)ga qo'yib, zaruriy o'zgartirishlardan so'ng quyidagini hosil qilamiz:

$$R + R \frac{\operatorname{tg} \theta_1}{\operatorname{tg} \theta_2} = (d + p_1 + p_2 - d_2). \quad (4.6.11)$$

d ga nisbatan p_1 va p_2 ni ancha kichik va $\operatorname{tg} \theta_2 = f_2/p_2$ ekanligini hisobga olib, natijaviy ko'rinishda yozishimiz mumkin:

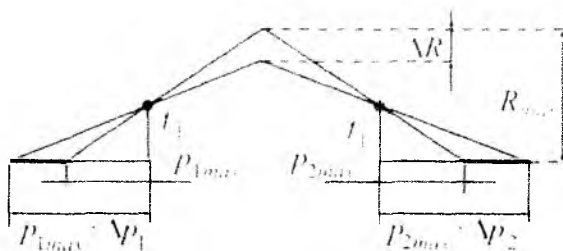
$$R = \frac{d \cdot f_2 \cdot \sin \theta_1}{f_2 \cdot \cos \theta_1 + p_2 \cdot \sin \theta_1} \quad (4.6.12)$$

bunda f_2 – ikkinchi ZBA – kamerasi ob'ektivining fokus masofasi; p_2 – ikkinchi kamerani ZBA matritsasida ob'ektdan qaytgan signalni akslanish absissasi.

Triangulyatsion Yerusti lazerli skanerilarni texnik xarakteristikasi bo'lgan ob'ektgacha maksimal va minimal masofalar R_{\min} va R_{\max} (4.6.12) formulaga skanerlash nurini chegaraviy og'ish $\theta_{1\max}$ va $\theta_{1\min}$ qiymatlarini qo'yib aniqlanadi.

(4.6.12) formuladan ko'ramizki, triangulyatsion Yerusti lazerli skanerlarda ob'ekt nuqttagacha masofani aniqlash aniqligi d , f_2 , θ_1 parametrlari va ikkinchi kamerani ZBA matritsasida qaytgan signalni tavsiflovchi p_2 – kattalikni registratsiyalash aniqligiga bog'liq. p_2 kattalik xatosi ZBA – matritsasi elementlarining o'lchamlariga bog'liq. (4.6.12) ifodadan ko'ramizki, skaner bazisini kichraytirish uni ta'sir (o'lchash) uzoqligini kamaytiradi va ob'ektlagi nuqtani fazoviy koordinatasini aniqlash aniqligini oshiradi. Skaner bazisini kattalashtirish skaner ta'sirini chekli uzoqligini kattalashtiradi, bu o'z navbvtida o'lchamlarni kattalashtirishga olib keladi.

θ_{1max} va θ_{1min} kattaliklar ZBA – matritsa o‘lchamlariga bog‘liq. Elementlar o‘lchami o‘zgarmas bo‘lganda ularni kattalashishi skanerlash chuqurligini kattalashtirishga imkon beradi (4.6.1 – rasm), ammo bu Yerusti lazerli skanerilarni qimmatlashtiradi.



4.6.1 – rasm. ZBA matritsasi o‘lchamlari o‘zgarishini skanerlash chuqurligiga ta’siri

Triangulyatsion Yerusti lazerli skanerilarda ZBA kamera ob’ektivini fokus masofasini o‘zgarishi ikkita parametрни: ob’ekt koordinatasini olish aniqligini va ZBA – matritsasi tasvir ravshanligini o‘zgarishiga olib keladi. Ishlatilayotgan ob’ektivlarni aberratsiyasi ZBA – matritsalarida lazer nurini pozitsionerlash aniqligiga ta’sir etmaydi, sababi nur ob’ektiv markazi orqali proeksiyalanadi. Qisqa fokusli ob’ektivlardan foydalanish afzal hisoblanadi, bu skanerlash chuqurligi katta bo‘lganda ravshanlikni ta’minlaydi. Shuning uchun triangulyatsion Yerusti lazerli skaneri yaratishda barcha (d , f_2 , θ_1 , p_2) parametrlarni kompleks inobatga olish va murosaviy qarorlarga kelish kerak.

Yerusti lazerli skaneri burchak o‘lchash blokini xatolari. Shtirxkodli shkalalarda, son niqobli shkala, kod disklarga, impulsli disklarga, kombinator shkalalarga xos bo‘lgan Yerusti lazerli skanerilarni burchak o‘lchash bloklarida xisoblarni kelib chiqish tabiatini ko‘rib chiqamiz.

Yerusti lazerli skanerilarni burcha o‘lchash bloklarining xatoliklarini quyidagi guruxlarga bo‘lish mumkin:

a) asbob o‘qlarining eksentrisiteti:

- vertikal burchak o‘lchashga mo‘ljallangan, sanoq olish qurilmasining aylanish o‘qini eksentrisiteti;

- gorizental burchaklarni o'quvchi aylanish qurilmasining o'qini eksentrisiteti;

- lazer nurini fokuslovchi, linza aylanish o'qini eksentrisiteti;

b) kollimatsion xatolar:

- vertikal kollimatsion xato (prizmani gorizental aylanish o'qidan, dalnomer bilan masofa o'lchash boshiga mos keluvchi, nuqtani uzoqlik qiymati);

- gorizental kollimatsion xato (vertikal aylanish o'qidan, dalnomer bilan masofa o'lchash boshiga mos keluvchi, nuqtani uzoqlik qiymati);

v) prizma yoki ko'zgu gorizental aylanish o'qini og'ishi:

- gorizental o'qi og'ishini tebranishi;

- gorizental va vertikal o'qlarni perpendikulyar emasligi (sapflar teng emasligi);

- vertikal o'q og'ishidan gorizental o'qni og'ishi;

g) asbobni vertikal aylanish o'qini og'ishi:

- vertikal o'q og'ishini tebranishi;

- aylanuvchi qismlarni muvozanatlanmagan holatida elastik deformatsiya hisobidan vertikal o'qini og'ishi;

d) mos keluvchi aylanish o'qiga sanoq olish tekisligi qurilmasini og'ish xatosi.

Yerusti lazerli skanerlarda og'ish burchagi kompensatoridan foydalanilsa, yuqorida qayd etilgan xatolardan tashqari, asbobni o'rnatishda vertikal o'qni vertikal xolatga (shovun yo'nalishi xolatiga) keltirishdagi xatolik (og'ish burchagi kompensatorini yustirovkalash (tuzatish) va ishlatish xatolari) qo'shiladi.

Skaner bilan burchak o'lchashdagi xatoliklardan yana biri sanoq olish qurilmasini tayyorlash xatosi, bu xatolik uzun davrlik va katta davrlik xatoliklarga bo'linadi.

Yerusti lazerli skanerilari tarkibiga kiritilgan maxsus dastur bilan ta'minlangan shaxsiykompyuter o'lchangan burchaklardan xatolarni bir qismini, jumladan sanoq olish qurilmasini kollimatsion va eksentrisitet xatolarini

yo'qotish imkonin beradi. Bu xatolar kalibrlash parametrlari sifatida aniqlanadi va o'lchash natijalariga old ishlov berilishda, boshqaruv dasturi yordamida hisobga olinishi ta'minlanadi. Shunday qilib, Yerusti lazerli skanerilardan foydalanuvchilar o'lchash natijasida faqat tuzatilgan burchak qiymatlarini oladilar.

Yerusti lazerli skaneri bilan burchak o'lchashda o'lchash natijalaridan sanoq olish qurilmasining xatolarini ham yo'qotish mumkin. Buning uchun hozirgi vaqtda shaklan o'zgartirilgan Fure qatoridan foydalaniladi.

Yerusti lazerli skanerilarni hozirgi modellarini dasturiy ta'minoti amaliyotida ushbu xato turlari hisobga olinmaydi. O'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, ushbu turdagi xatolarni tuzatish burchak o'lchash aniqligini 40%ga oshiradi.

Xozirga Yerusti lazerli skaneri bilan vertikal va gorizontaal burchaklarni 2"dan 9" gacha xatolik bilan o'lchash mumkin.

Mavzuga oid savollar.

1. Yer usti lazerli skanerlar nechta guruxga bo'linadi?
2. Yer usti lazerli skanerlarning metodik xatoliklari qanday aniqlanadi?
3. Dalmomer blokini ishlash aniqligi qanday topiladi?

4.7. Yer lazer skanerlari bilan masofa va burchak o'lchash aniqligiga atmosferaning ta'siri.

Yerusti lazerli skanerilari bilan o'lchangan kattaliklarga (masofalar, gorizontaal va vertikal burchaklar, signal qaytgan ob'ekt rangini intensivligi va realigiga) atmosfera hammadan ham uni yerga yaqin qatlamli salbiy ta'sir etadi. Atmosferani bu qatlamida havo zichligi, havo massasini xarakati va flukuatsiyasi sezilarli darajada o'zgarib boradi, bu esa yorug'lik nurini tarqalish tezligiga va nurlanish yo'nalishini o'zgarishiga (refraksiya xossasi), hamda akslanayotgan signalni intensivligini kamayishiga va rangni uzatish buzilishiga ("tutun" effektiga) olib keladi.

Yorug'lik nurlariga refraksiyaning ta'sirida dalmomer bloki geometrik to'lqin uzunligi o'rniga unga nisbatan uzun bo'lgan optik to'lqin uzunligini o'lchaydi.

Bundan tashqari atmosfera nurlanishini fizik parametrlarini o'zgartiradi, bu esa atmosferada to'liqin kuchi yutilishi va tarqalishi oqibatida uni so'nishini (intensivligini pasayishini) va atmosfera havosini turbulenti ta'sirida to'liqin parametrlarini tasodifiy o'zgarishlarini keltirib chiqaradi.

Atmosfera ta'sirida elektromagnit to'liqini tebranishini so'nishi barcha Yerusti lazerli skaneri qo'llaniladigan optik diapazon uchun hammadan ham xarakterli. Ushbu ko'rinishdagi atmosfera ta'siri birinchi navbatda skanerni ta'sir uzoqligini kamayishiga va yerdan lazer s'yoymasini ob'ektni qaytarish xususiyatini noto'g'ri aniqlashga olib keladi.

Turbulentlik ta'sirida elektromagnit to'liqining parametrlarini tasodifiy o'zgarishiga amplitudaning fluktuatsiyasi (intensivligi), fazalar, chastotalar, qutblanishlar, to'liqinni tarqalish yo'nalishi va lazer nurini tarqalish burchagi kiradi. Fluktuatsiyani ta'siri priyomnik chiqishida shovqin quvvatini spektral zichligini oshishi bilan namoyon bo'aldi, natijada "signal/shovqin" nisbati yomonlashadi. Fluktuatsiya hammadan ham optik diapazonda o'lchashda kuchli seziladi. Atmosfera turbulenti ta'sirini yo'qotish uchun o'lchash uchun eng qulay sharoitni tanlab olish kerak, geodeziya amaliyotida bu vaqtga "sokin tasvir" vaqti deyiladi.

Yorug'lik tezligini aniqlash xatosiga ko'pgina faktorlar ta'sir etadi. Bular ichida skaner va ob'ekt nuqtasi orasidagi sinish ko'rsatgichini aniqlash xatoligi hisoblanadi. Xozirgi vaqtda yorug'likni vakuumdagi tezligi 10^{-9} nisbiy xatolik bilan olingan, bu yorug'lik tezligini atmosferada aniqlashni umumiy xatoligiga sezilarli ta'sirini o'tkazmaydi. Sinish ko'rsatgichini xatosi lazer nuri bo'ylab dispersion tashkil etuvchi va meteoparametrlarni aniqlash xatoligiga bog'liq. Signal manbai sifatida torspektrli lazer signalidan foydalanish (hozirgi yaratilayotgan barcha yorug'lik dalnometriyalari va lazer skanerlariga xarakterli) dispersion xatoni inobatga olmaslikka yo'l qo'yadi.

Sinish ko'rsatgichi n konkret sharoit uchun havo zichligi funksiyasi hisoblanadi, uni aniqlash uchun barometr va psixrometr yordamida havo bosimi,

xarorati va namligi o'lchanadi. Yorug'lik dalnomeri va Yerusti lazerli skanerilarda masofaa o'lchash prinsipi o'xshashligini hisobga olib, meteo ma'lumotlarni inobatga olib, ob'ektni skanerlashdagi elektromagnit to'liqini sinish ko'rsatgichini hisoblash uchun quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$n_R = 1 + \frac{n_G - 1}{1 + \alpha(T + 273.16)} \cdot \frac{p}{760} - \frac{55E}{1 + \alpha(T + 273.16)} \cdot 10^{-9}, \quad (4.7.1)$$

bunda α – gaz doimiysi, 1/273,16ga teng;

r – atmosfera bosimi, mm simob ustunida;

Ye – hvoni absolyut namligi, g/m³da;

T – havo xarorati, Kelvinda;

n_G – standart havoni sinish ko'rsatgichi, quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$(n_G - 1)10^7 = 2876,04 + \frac{16,288}{\lambda^2} + \frac{0,136}{\lambda^4}, \quad (4.7.2)$$

bunda λ – nurlantirgich to'liqin uzunligi.

Zich muhitda (xususan havoda) elektromagnit to'liqini tarqalish tezligi, yuqoridagi formulalardan ko'rinib turibdiki, muhit va elektromagnit to'liqin uzunligini fizik xususiyatlariga bog'liq. Normal muhit sharoitida konkret to'liqin uzunligi uchun elektromagnit to'liqini sinish ko'rsatgichi quyidagi formula bilan hisoblanishi mumkin:

$$(n - 1)10^{-8} = A + \frac{B}{C - \sigma^2} + \frac{D}{E - \sigma^2} + \frac{F(G - \sigma)}{K + (G - \sigma^2)}, \quad (4.7.3)$$

bu yerda A, B, C, D, E, F, G, K – koeffitsientlar. Turli mualliflar ushbu koeffitsientlarning qiymatini turlicha taklif etishlarini hisobga olib, bu yerda ularni qiymatlari keltirilmaydi; σ – vakuumdagi to'liqin uzunligiga teskari kattalik, mkm⁻¹da.

Elektromagnit nurlanish asosida dalnomerdan o'lchash natijalariga atmosfera sharoitini hisobga olish muammosini yechish uchun turli usullar qo'llaniladi, bular ichida eng samaradorli deb o'rtacha integral sinish ko'rsatgichini dispersion usul bilan (4.7.3) formuladan foydalanib aniqlash hisoblanadi.

Bu usulni amalga oshirishda odatda turli elituvchi chastota bilan ikkita nurlantirgich qo'llaniladi. Fizikaviy mohiyatini olganimizda gorizontaal refraksiya turli atmosfera qatlamlarida elektromagnit to'liqini sinish ko'rsatgichini funksiyasidir. Lokal bir jinsli bo'lmagan atmosfera uchun ushbu funksional bog'lanishni matematik ifodalash juda ham murakkab bo'ladi. Shuning uchun amaliyotda gorizontaal refraksiyani hisobga olish uchun atmosferani intergal ko'rsatgichlari (xarorat, bosim va namlik) kirgan formuladan foydalaniladi. Turli mutaxassislar tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki inshootni refraksiyon maydoni yo'nalishlarni o'lchashdagi o'zgarishlarga sezilarli ta'sir etadi (nur inshootdan 1,5 metrdan yaqin masofada o'tganda gorizontaal burchak 20" gacha o'zgaradi).

Refraksiyalar ichida eng o'rganilgani vertikal refraksiya hisoblanadi, uni hisobga olish uchun harorat va bosimni o'lchash talab etiladi. Yerusti lazerli skanerilarning asosini 50Gs chastotadan kam bo'lgan vibratsiyasi, burchak va masofa o'lchashda xatoga olib keladi. Vibratsiya asbobni o'lchanayotgan chiziq bo'ylab unga ko'ndalang gorizontaal va vertikal tekisliklarda siljishiga sabab bo'ladi.

Vibratsiya asosan dalnomer o'lchovlariga ta'sir etadi, u lazer taramiini berilgan yo'nalishga nisbatan tartibsiz siljishini keltirib chiqaradi va tasodifiy amplituda va fazaviy modulyatsiyasiga olib keladi. Asbob vibratsiyasi oqibatida modullovchi signalni amplitudasini tasodifiy o'zgarishi multiplikativ xalalariga ekvivalent tarzda ta'sir etadi. Multiplikativ ta'sir o'lchangan masofalarda sezilarli o'zgarishlar keltirib chiqaradi. Tasodifiy fazaviy modulyatsiya, fazaviy bir jinsli bo'lmagan modullangan nurlanish bilan bog'liq va keltirilgan tadqiqotlarga qaraganda o'lchangan 1-2 mm xatolik keltirib chiqaradi. Yerusti lazerli skaneri asbobi ob'ektdan 20-30 metrda turganda, vibratsiya ta'sirida masofa o'lchashdagi xatolik, vibratsiya bo'lmagan xoldagi xatodan 40-50% gacha oshadi. Ob'ektdan 60-70 metrda bo'lgan xato 3-4 marta o'sadi, 80-90 metr masofada esa xato 10

santimetrdan 15 santimetr gacha bo'lishi mumkin. Vibratsiya ta'siri doim o'lchanayotgan masofani kattalashtirishga olib keladi.

Ushbu bo'limda ko'rib chiqilgan skanerlash aniqligiga ta'sir etuvchi faktorlar, yerdan lazerli s'yomkani bajarishda amaliy jihatdan hisobga olinmaydi. O'rganilgan adabiyotlarga asosanib takidlashimiz mumkinki, ular skanlarni metrik xarakteristikalarini sezilarli darajada yomonlashtiradilar.

Mavzuga oid savollar.

1. Yer lazer skanerlari bilan masofa o'lchashda atmosfera ta'siri qanday.
2. Yer lazer skanerlari bilan burchak o'lchashda atmosfera ta'siri qanday?
3. Yer lazerli skanerlar qanday ishchi xolatga keltiriladi?

4.8. Ob'ektni metrologik xususiyatlarini yerdan lazerli s'yomka qilish aniqligiga ta'siri.

Yerdan lazerli skanerlashda skanerlash natijasiga ob'ektning shakli akslantirish (qaytarish) xususiyati, bunga o'z navbatida teksturasi va rangi ta'sir etadi. S'yomka ob'ekti bo'yicha fazaviy ma'lumotlardan olish aniqligiga masofa o'lchash xatoligi ta'sir etadi. Masofani impuls usulida o'lchashda lazer signalini shakli ko'pchilik xollarda ma'lum kenglikka ega bo'lgan Gauss egriligiga mos keladi. Diodlar uchun lazer impulsini davomiyligi, hozirgi zamon skanerlarida bir nechta o'n pikosekunddan bir necha nonasekundgacha o'zgaradi, shuning uchun amalda skanerdan ob'ektgacha va teskariga masofa o'lchashda ikkita funksiyani maksimumi orasidagi chiquvchi (tayanch) va chiquvchi (ishchi) elektromagnit signaliga to'g'ri keladigan signalni tarqalish vaqti o'lchanishi kerak.

Fazaviy usulda masofa xuddi shunday aniqlanadi, chunki kasr yarim to'lqinni o'lchash impuls usuldagidek amalga oshiriladi. Foydalanilayotgan raqamli faza o'lchash qurilmasi qisqa vaqtli impulslarni registratsiyalaydi, ularni har biri ma'lum bir fazani nurlanayotgan va qabul qilinayotgan yorug'lik oqimiga mos keladi. Qisqa to'lqinli impulslar faza o'lchagich qurilma tomonidan yuborilayotgan sinusoida elektr signallarida hosil bo'ladi.

Yerdan lazerli skanerlashda ikkala funksiyani maksimumini aniqlash natijasiga elektromagnit signalida shovqin tashkil etuvchilari mavjudligi, chiquvchi lazer signalini aperturasi, lazer nurini tarqalish kattaligi, ob'ektgacha bo'lgan masofa, nishonni (ob'ektni) shakli va akslantirish (qaytarish) xususiyati ta'sir etadi.

Faraz qilaylik, masofasi o'lchanayotgan ob'ekt R radiusli sfera shaklida bo'lsin, (bu radius o'z navbatida lazer manбайдan nishonga bo'lgan masofaga teng). Unda ob'ektni turli nuqtalariga lazer signalini borib priyomnikka (agar u nurlanish manbaida bo'lsa) qaytish vaqti doimiy kattalikda bo'ladi. Bunday holda impulslarni chiqish va kirish kengligi mos tushadi va masofa nisbatan yuqori aniqlikda aniqlanadi. Lekin amaliyotda bunday holat umuman uchramaydi deyishimiz mumkin.

Agar Gauss egriligini simmetrik ekanligini inobatga olsak, unda funksiya maksimumini izlashni vaqt o'qi bo'yicha massa markazining holatini aniqlash bilan almashtirishimiz mumkin. Unda nurlanish manбайдan ob'ektgacha va orqaga, priyomnikgacha tarqalish vaqtini quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$t_0 = \frac{\int_{t_1}^{t_n} t f(t) dt}{\int_{t_1}^{t_n} f(t) dt}, \quad (4.8.1)$$

bunda $f(t)$ – kirish signalini funksiyasi;

t_1, t_n – boshlang'ich va oxirgi kirish signalini registratsiya qilish lahzasi, ular integrallash chegarasi deb olingan.

Shuni takidlash kerakki, nishonni (ob'ektni) shakli, uni lazer nuriga nisbatan orientatsiyasi, nur kelib tushayotgan ob'ektni akslantirish (qaytarish) funksiyasining gradientiga bog'liq raviishda qaytayotgan signalni simmetriyasi buziladi.

Lazer nuri ikkita ob'ekti chegarasiga tushgan vaqtda akslanayotgan signal funksiyasi ikkita maksimumga ega bo'ladi. Agar bu faktni inobatga olsak, formulalar bilan hisoblangan vaqt va o'z navbatida masofaga ob'ektga mansub bo'lmagan M nuqta to'g'ri keladi.

Agar chiqish signali funksiyasini ikki maksimumini holati aniqlangan bo'lsa, bundan bir qiymatli emaslikni yechimi bo'lishi mumkin. Yechimni sifati lazer impulsini davomiyligiga va A va B ob'ektlar orasidagi masofaga bog'liq. Bir maksimumni ikkinchisidan ajratish imkoniyati bo'lgandagi ob'ektlar orasidagi minimal masofaga ikki ob'ektni ajratish qobiliyati deb aytshimiz mumkin, bu lazer impuls manbaini davomiyligiga bog'liq.

Skanerlanayotgan ob'ekt teksturasi va rangi qaytayotgan (akslangan) signalni kuchiga ta'sir etadi, bu esa akslangan signal funksiyasining shaklini o'zgarishiga olib keladi.

Lazer impulsini fazoda tarqalish jarayoni juda ham murakkab. Umumiy ko'rinishda chiqish signalining funksiyasini quyidagi formula ko'rinishida yozishimiz mumkin:

$$f_{kir}(t) = \int_{-\Delta\varphi}^{\Delta\varphi} \int_{-\Delta\nu}^{\Delta\nu} \left[f_{chiq} \left(t - \frac{2D(\varphi, \nu)}{c} \right) K_{aks}(\varphi, \nu) \Psi(\varphi, \nu) \right] d\varphi \cdot d\nu + \eta(t), \quad (4.8.2)$$

bu yerda $f_{chiq}(t)$ – chiqish signalini funksiyasi;

$D(\varphi, \nu)$ – ob'ektning turli nuqtalarigacha bo'lgan masofani lazer manbaiga nisbatan o'zgarishini ifodalovchi funksiya;

$K(\varphi, \nu)$ – ob'ekt nuqtalaridan akslangan (qaytgan) signal koeffitsientini tavsiflovchi funksiya;

$\Psi(\varphi, \nu)$ – fazoda signalni tarqalishini ko'rsatuvchi, ya'ni lazer nuri tarqalishi kattaligini ifodalovchi funksiya;

$\eta(t)$ – skanerlash natijalarida shovqin tashkil etuvchilarini tavsiflovchi funksiya.

Yuqoridagi formuladan foydalanib skaner bilan s'yomka qilish jarayonini matematik modellashtirish va ob'ekt shakli, rangi va tuzilishi (teksturasini) ma'lumotlar olish aniqligiga ta'sirini o'rganish mumkin.

Skaner bilan s'yomka qilish tajribasi ko'rsatadiki, ob'ektni metrologik xususiyati bilan bog'liq bo'lgan masofadagi xatolik bir necha metrni (agar lazer

nurini tarqalishi $1\text{m}\cdot\text{rad}\approx 3,5'$ tashkil etsa), o'rtacha olganda 1-3 santimetrni tashkil etishi mumkin.

Agar lazer nuri tarqoqligi kamaytirilsa, ya'ni uni kollimatsiya darajasi oshirilsa, bu bilan skanlarni metrologik tavsifini yaxshilash orqali ob'ekt strukturasi (teksturasi), shakli, orientirovkasi va rangini skanerlash natijasiga ta'sirini ko'pgina muammolarni chetlab o'tish mumkin.

Ob'ekt shakli, rangi va teksturasini real sharoitda skanerlashga ta'sirini hisobga olish juda ham mushkul, shuning uchun u yoki bu ob'ektni skanerlashda olingan ma'lumotlarni aniqligi to'g'risida bir-bir yakka ma'noli xulosaga kelish qiyin. Bu masalani (6.30) formuladan foydalanib, konkret ob'ektni skaner bilan s'yomka qilish jarayonini matematik modellashtirish yo'li bilan yechish mumkin.

4.9. Ma'lumotlarni olish aniqligiga va skanerlar tavsifini ta'siri

S'yomkadan so'ng joy ob'ekti va relefi modelni belgilangan aniqlikda va batafsillik yaratish uchun skaner bilan s'yomka qilishda ishlatiladigan asbabni skanerlash parametrlari va texnologiyasini tanlash zarur bo'ladi.

Yerdan lazerli skanerlashni aniqlovchi tavsiflar quyidagilardan iborat:

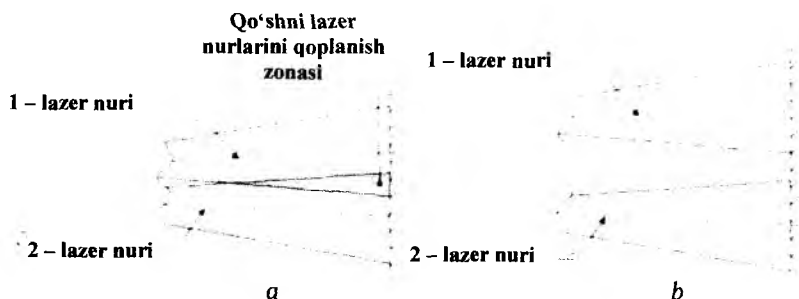
- skanerlashni vertikal va gorizontal bo'yicha maksimal yo'l qo'yish imkoniyati;
- lazer nurlatgichini to'lqin uzunligi;
- masofa, vertikal va gorizontal burchaklarni o'lchash aniqligi;
- lazer nurini tarqalishi.

Birinchi holatda uzoq zonada diagramma yo'nalish kengligini belgilovchi, berilgan darajadagi burchak taqsimotini energiyasi va quvvati maksimal qiymatiga oid, yassi yoki fazoviy Q yoki Q_s burchak nazarida tutiladi. Ko'pchilik hollarda daraja qiymati 0,5 va $1/ye^2$ ga teng deb olinadi.

Yerusti lazerli skanerini s'yomka qilish tizimi orasida o'xshashlikni (analogiyani) keltirgan, unda birinchi uchta tavsif skan qurishni geometrik aniqligini beradi, oxirgisi sistemani imkon beruvchi xususiyati, kirish signali funksiyasi maksimumini uzil kesil aniqlash uchun bu kattalik ob'ektni skanerdan

belgilangan uzoqlikdagi o'lchamlarini ko'rsatadi. Sistemani imkon beruvchi xususiyati lazer nurini tarqalishiga nisbatan skanerni imkon xususiyatlari kam darajada bog'liq, sababi skanerlashni burchak qadamini kamayishi bilan 4.9.1 – rasmda ko'rsatilgandek lazer nurlarini o'zaro qoplash zonasi ortib boradi.

Lazer skanerlarini imkon xususiyatlari asosan lazer nurini tarqalishiga bog'liq. 6.26 – rasmdan xulosaga kelishimiz mumkinki, lazer nurini tarqalishiga nisbatan burchak imkoni kichik kattalikka ega. Lazer nurini berilgan tarqoqligida ushbu skaner bilan skanerlashni imkonini oshirish hisobidan ob'ekt kichik detallarini skanini olish mumkin emas.



4.9.1 – rasm. Yerusti lazerli skaneri imkon qobiliyatini ta'qini: a – skanerlashni maksimal imkoni, b – skanerlashni minimal imkoni.

Fizika kursidan ma'lumki, u yoki bu to'liq uzunligidagi nurlarni turli materiallardan akslanishi (qaytishini) har hil bo'ladi. Shuning uchun qaytayotgan signalning intensivligini registratsiyalash ham individual bo'ladi. Bu qabul qilinayotgan signallar turli amplitudadagi va frontlardagi to'liqlardan iborat ekanligiga ko'rsatadi. O'z navbatida, to'liq frontini tikligiga bog'liq, qay darajada boshlanish va lazer impulsini priyomnikka kelishini tugash vaqti lahzasini to'g'ri o'rnatish mumkinligi bevosita masofa o'lchash xatoligiga ta'sir etadi.

Yerdan lazerli skanerlash natijasida joyni uch o'lchamli yoki ikki o'lchamli modeli tiklanadi, shuning uchun uni to'g'ri bayon etish uchun har bir s'yomka qilinayotgan ob'ektdan iloji boricha ko'p lazer nurlari akslanishi zarur, ularni soni skanerni imkoniga bog'liq.

Mavzuga oid savollar.

1. Yerdan lazerli skanerlash tavsiflari nimalardan iborat bo'ladi?
2. Lazerli skanerlardan lazer nuri tarqalishini tushuntirib bering?

4.10. Trimble kompaniyasining yerusti lazerli skanerlari

Trimble TX5 yuqori tezlikda uch o'lchamli lazer skaner tezligi sekundiga 976,000 nuqtaga nuqtani 120 metrga qadar yuqori tezlikda skaner qilish imkoniyatiga ega. Turkish tizimida 70 Mp parallaks bo'lmagan avtomatik qopqoqli integratsiyasida rangli kamera mavjud. Bu sizga millionlab o'lchovlardan batafsil fotorealistik uch o'lchovli rangli tasvirlarni olish imkonini beradi. Raqamli tasvirni modellashtirish (RTM), me'moriy yechimlarni aniqlash, strukturaviy deformatsiyalarni aniqlash va o'lchash, sanoat korxonlari va tarixiy-me'moriy yodgorliklarni yaratish, tergov va tergov ishlarida foydalanish uchun mukammal yechimlarni taklif etadi.



4.10.1-rasm. Trimble TX 5 lazerli skaneri

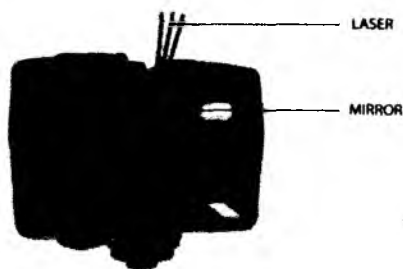
Trimble TX5 bozorda mavjud bo'lgan eng kichik va yengil skanerdir. Uning o'lchamlari 240x200x100 mm va uning og'irligi 5,0 kg bo'lganligi uchun uni osongina joydan joyga ko'chirishi va qiyin erisha oladigan joylarga o'rnatilishi mumkin. Skanerni tashish uchun kichik va engil vazalar, foydalanuvchilarga qulay, ishonchli va iqtisodiy echimini topishga imkon beradi. Brauzer shuningdek, Li-Ion batareyasi bilan birga keladi va undan 5 soatgacha ishlashi mumkin. Ish vaqtida to'g'ridan-to'g'ri zaryadlash mumkin. Foydalanuvchilar ham brauzerni WLAN orqali masofadan boshqarish, o'chirish va ma'lumotlarni ko'rish hamda yuklab olish uchun nazorat qilishlari mumkin.

Asosiy xususiyatlar:

- Yuqori aniqlik.
- Oliy ruxsatda.
- Yuqori tezlik.
- Ichki sensorli displey orqali intuitiv nazorat.
- Kichik o'lchamlari, engilligi va integratsiyalangan tezkor zaryadlangan batareyasi tufayli yuqori mobillik.
- Birlashgan rangli kamera tufayli fotorealistik 3D rangli skanerlash.
- Avtomatlashtirilgan skanerlash ma'lumotlarini avtomatik tarzda to'ldirish uchun o'rnatilgan ikki tomonlama eksa kompensatori.
- Telefonga o'rnatilgan kompas va altimeter orqali yo'nalish va balandlik ma'lumotlarini tekshiradi.

WLAN orqali lazerli skanerni masofadan nazorat qilish.

Lazerli skaner Printsipial jihatdan ishlaydi, TX5 3D lazer skaneri uning markaziga infraqizil lazer nurini yuborish orqali aylanuvchi oyna yordamida skanerlash amalga oshiriladi. Skanerlashda oyna atrof-muhit atrofida vertikal aylanish chizig'ida lazer nurini qo'zg'atadi. atrofda ob'ektlardan tarqalgan yorug'lik keyinchalik skanerga qaytariladi.

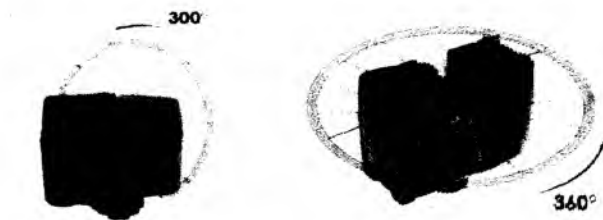


4.10.2-rasm. Lazer nurining tarqalishi

Masofani o'lchash uchun lazer skanerida o'zgarishlar smenali texnologiyasi qo'llaniladi, bu yerda doimiy to'lqinlar turli uzunlikdagi infraqizil nur brauzeridan tashqariga chiqadi. Brauzer bilan qayta aloqa ornatilganda ob'ekt qayta aks

ettiriladi. Brauzerdan obyektga bo'lgan masofa infraqizil nurning to'liqlaridagi o'zgarishlar xolati bilan aniqlanadi.

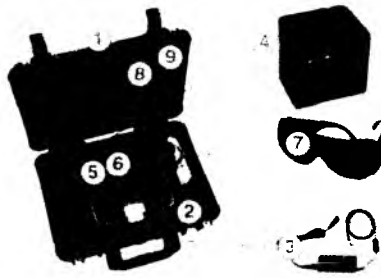
Modulyatsiyalangan signalning signal nisbatlarini modulyatsiya texnologiyasining yordami bilan sezilarli darajada oshiradi. Har bir nuqtaning x, y, z koordinatalari keyinchalik aniqlanadi aylana aylanishini o'lchash va lazerning gorizonta aylanishini o'lchash uchun burchakni kodlovchi yordamida skanerlash uchun. Ushbu burchaklar masofani o'lchash bilan bir vaqtning o'zida kodlanadi. Masofa, vertikal burchak va gorizonta burchakni tashkil etuvchi polar koordinatani (d, a, b) hosil qiladi, keyin u aylanadi (x, y, z). Brauzer (ko'rish bo'shasi), $360^\circ \times 300^\circ$ nuqtai nazarga ega.



4.10.3-rasm. Lazer skanerining gorizonta va vertikal aylanish bo'shasi

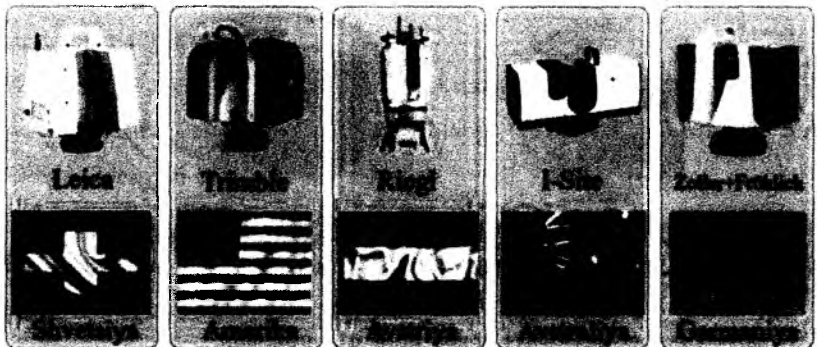
TX5 3D lazerli skaner quyidagi jihozlar bilan ta'minlangan:

1. Skanerni transformatsiya qilish va/yoki tashuvchi sumkasi
2. Quvvat qutisini quvvatlovchi moslama
3. Tashqi quvvatlovchi kabel simi
4. Quvvat qutisi
5. Xotira kartasi qutisi
6. USB drayver
7. Lazer nuridan ximoyalovchi ko'zoynak
8. Real Works, lazer skaner ma'lumotlarini qayta ishlovchi dasturiy ta'minot
9. Lazer skanerdan foydalanish qo'llanmasi



4.10.4-rasm. TX5 3D lazerli skanerining umumiy ko'rinishi

Xozirgi kunda bir qancha davlatlarda etakchi kompaniyalar tomonidan yerusti lazerli skanerlari ishlab chiqarilmoqda. Jymldan: Leica, Trimble va Reigl yer usti lazer skanerlarini misol qilib keltirish mumkin.



4.10.5-rasm. Yerusti lazer skanerlarini ishlab chiqaruvchi yetakchi kompaniyalar faoliyat olib borayotgan davlatlar

Uzbekiston Respublikasida moddiy-madaniy me'ros ob'ektlarini yerusti lazerli skaneri yordamida tadqiq etish va uch o'lchamli modelini qurish ishlari dastlab 2014 yil Toshkent shahrida joylashgan Barakxon madrasasida olib borilgan. Tadqiqot ishlari Trimble TX5 yerusti lazerli skanerida amalga oshirilgan bo'lib, Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti professor-o'qituvchilari va Tempus GuUz loyihasi hamkorligida tajriba sifatida tadqiq etilgan.















4.10.6-rasm. Barakxon madrasasining uch o'lchamli modeli

Yerusti lazer skanerlarining maqsadga ko'ra bir qancha turlari mavjud bo'lib, ish turi va maqsadiga ko'ra sohalarda qo'llash mumkin.

Trimble kompaniyasiga tegishli bo'lgan lazer skanerlarining taqqoslama jadvali

4.10.1-jadval

№	Surati	Markasi	Skaner qilish nuqtalari soni	Xatoligi	Skanerlash masofasi
1		TX 5	976 000	25 m 2 mm	120 metr
2		TX 6	500 000	120 m 2 mm	120 metr
3		X 7	500 000	60 m 3 mm	80 metr
4		TX 8	1 000 000	120 m 2 mm	340 metr

5		SX 10	26 000	120 m 1,5 mm	600 metr
6		FX	216 000	50 m 2 mm	140 metr
7		GX	5 000	80 m 2 mm	350 metr
8		CX	54 000	80 m 1,8 mm	80 metr
9		TIMMS 2	1 000 000	25 m 2 mm	120 metr
10		MX2	72 000	50 m 1 sm	250 metr
11		MX8	600 000	100 m 10 mm	500 metr
12		MX9	2 000 000	100 m 5 mm	420 metr

Mavzuga oid savollar/

1. Trimble TX5 necha metrgacha yuqori tezlikda skaner qila oladi?
2. Trimble TX5 asosiy xususiyatlari qanday?
3. TX5 3D lazerli skaner qanday jixozlar bilan ta'minlangan?

4.11. Lazerli skanerlar va ularda gidrotexnika inshootlarini syomka qilish.

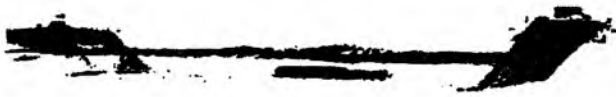
Lazerli skanerlash 3D o'lchash ishlari texnologiyasini qayta aniqlaydi. Vaqt va shaxsiy talablar qisqargan, yig'ilgan ma'lumotlar miqdori ancha yuqori. Skanerlashning kalit elementi "bir marta o'lchab, ko'p foydalanish" dir, bu ko'p o'lchash ishlari to'plamini ta'minlaydi. Buning samarali tomoni foydali axborotga kirish ma'lumotlarini kamaytirishni talab etadi. Buning o'zi to'liq alohida tadqiqotga olib boradi lekin ma'lumotlarga ishlov berish uchun talab qilinadigan vaqt kamida 10 martalik dala ish vaqti bo'lishi ta'kidlanadi. So'nggi paytlarda bu vaqt foydalanuvchi ekspertizasi va ko'plab dasturiy ta'minotlar evaziga qisqartirilgan lekin shuningdek zarur bo'lmagan ma'lumotlar to'plashini minimallashtirish uchun dala ishlari o'tkazilmoqda.

TX8 skanerlarning TX5 skanerlaridan afzailigining kalitlaridan biri obyektlarini tanlab olish va "hamma narsani skanerlash" orqali skanerlay olishidir, bu bir xil vaqtni talab qiladi, lekin bu ma'lumot sizga zaruriy ma'lumot ekanligini tekshiradi.

Sizga kerak bo'lgan nuqsonlardan ko'proq nuqtalarni yuqori aniqlikda o'lchash imkoniyati mavjud bo'lishi bilan bir qatorda (4 mm masofa aniqligiga yaqinlashib va bitta nuqta uchun 6 burchakli aniqlik) skanerlar bilan o'changan paytda ba'zi tushunarli masalalar mavjud.

Ma'lum joylashuvda bevosita o'lchash ishlarini olib boorish va kutilgan dizayn o'lchash ga qarshi o'lchash ishlari ma'lumotlarini lazer skanerlashi bilan qiyoslash mumkin. Modellashtirilgan shaffof suvli kanaldagi eng muhim elementlar suvning chuqurligi va shuningdek to'lqinning balandligidir.

3D Point cloud bilan ishlashning ustunliklari quyidagi rasmlarda ko'rsatilgan. To'lqin shakllari qanday qilib yasalishini tushuntirish juda oson va turli xil nuqtalardan ularning shakllarini ko'rish mumkin.



4.11.1-rasm. To'lqin shaklini nuqtalarda ko'rinishi

Tekshirish fazasida kursni tekshiruvchilar original dizayndagi oqimga urg'u berishadi, bu real dunyo masshtabida qurilgan muommolarni keltirib chiqaradi. O'lchash ishlari yon tomondan olinadi, lekin chiqarib olingan 3D modeli o'zgarishning eng yahshi yozuvlarini isbotlaydi. Talab etilgan 4 minutlik skanerlash vaqti quyidagi rasmda ko'rsatilgani kabi asosiy kurs shaklini ko'rsatish uchun adekvat ma'lumotlarni yig'adi.



4.11.2-rasm. Lazer skanerda olingan ma'lumotlarning ikki o'lchamli ko'rinishi

Ma'lumotlarni ko'rsatishning eng samarali yo'li Point clouddan yuza qismni yaratish bo'ldi. Rasmda kanalning bir qismini ko'rsatib, u uchburchak usulida birlashtirilgan lekin o'zgartirilmagan.



4.11.3-rasm. Nuqtalarni uchburchak usulida birlashtirish

Rasmda o'zgartirilgan suv yuza qismiga ega kanalning bir qismini va suv shaklini bo'rttirib ko'rsatish uchun ko'p bo'limlar bo'lingan qismni ko'rsatadi. Kanalning markaziy qismi kanal xususiyatlari tufayli yuzaga kelgan to'lqinlarni aniq ko'rsatadi.



4.11.4-rasm. To'lqin shaklini nuqtalarda ko'rinishi

Kundan-kunga rivojlanib borayotgan yer usti lazerli skanerlash texnologiyasi zamonaviy tipdagi lazerli skanerni taklif qilmoqda. Ushbu zamonaviy geodezik qurilmadan foydalanib, geodezik monitoring qilish orqali bajariladigan beton to'g'onlari davriy nazorat qilishni tadqiq qilish deyarli davomiy nuqtali modellarga ega bo'lish imkoniyatini beradi. Ushbu tadqiqotlarning natijalariga asoslanib, bir qator geometrik tahlillarni bajarish mumkin, jumladan batafsil analitik va hisoblash muhokamalari uchun foydali bo'lgan axborotga ega bo'lish mumkin.

Skanerlash taxeometrda o'xshab, masofa va burchaklarni aniqlashtirib, tadqiq qilinayotgan nuqtalarning kenglik koordinatalarini (x, y, z) o'lchaydi. Skaner tomonidan chiqarilgan, aks ettirilgan lazer nurlarining jadallik qiymatini qayd etish koordinatalar tizimi deb atalib, tadqiq qilinayotgan obyekt haqidagi yangi axborotni tashlaydi. Skanerda bajarilgan tadqiqotlarning aniqligini hisoblash tadqiqot kuzatuvchilari darajasi bilan bir xildir. Operatsiyalarni bajarishning yuqori tezligi va olinadigan ma'lumotlarning hajmi kattaligi tufayli, skanerlar geodezistlarning ishida foydali asbob bo'lib qoldi.

Mazkur ish bajarilgan tajriba tadqiqotlariga asoslanib, beton suv to'g'onlari konstruksiyasini belgilangan nuqtadan deformatsiyasi va yuza qismlari shaklini o'zgarishini o'rganish uchun yer usti lazerli skanerlashdan foydalanish imkoniyatlarini baholashni taqdim etadi, o'tkazilgan tajriba tadqiqotlari:

-turli xil yuklama ostidagi tuzilmalarning holatlari geometric modellarning ma'lumotlarini yaratish va yangilash uchun skanerlashdan olingan ma'lumotlardan foydalanish;

-yer usti lazerli skanerlash texnologiyalaridan foydalanib, suv rezervuarlaridagi va turli xil geometrik tuzilmalaridagi suv darajasi xilma-xilligi o'rtasidagi munosabatlarni paydo bo'lishini o'rganishni o'z ichiga oladi.

Gidravlik muhandislik havfsizligini baholashda turli xil o'lchash metodlari, hisoblash muhandisligi va turli xil sohalaridagi mutaxassislarning tajribalarini jamlash zarur. O'lchash modellerini rivojlantirish qurilish muhandisligidagi o'zgarishlarni yanada aniqroq monitoring qilish, jumladan, umumiy xatoliklarni minimalga yetkazish va o'lcham narxлари vaqtini kamaytirish imkoniyatlarini kengaytirishni ta'minlaydi. Natijada, bu gidravlik muhandislarning texnik holatini va havfsizligini ishonchliroq baholashni ta'minlaydi. O'lchash integratsiyasi, obyekt harakatini baholash uchun raqamli modellshirishni kiritish va sifat jihatidan farq qiladigan ma'lumotlarga ega texnik holati baholash ishlari obyektlarni hamma taraflama baholash va shu asnoda to'liq tarzda baholash imkoniyatini beradi va ochiq oydin hamda tushunarli manzarani beradi.



4.11.5-rasm. To'g'onning kosmosdan olingan surati

To'g'onning joylashuvi va tavsifi quyidagilardan iborat:

- To'g'onning nomi Besko

-joylashuvi Jenevadagi Vislon daryosi 172.8 km. da (Polsha).

-To'g'on 1978 yilda foydalanishga topshirilgan.

-Uzunligi: 174 m.

-Maksimum balandligi: 38.2 m.

-Qurish uchun ishlatilgan beton hajmi: 70000 m³ atrofida.

-14 ta mustaqil, kengaytirilga-qo'shma beton bo'linmalar: 12 m uzunlikdagi bo'linmalar. 15 m uzunlikdagi suv oqib chiqadigan 2 ta bo'linmalar.

-Yuza qismidagi suv oqib chiqadigan Kriger rusumli 2 ta suv oqib chiqadigan 11.20 maksimum 2.60 m bo'linmalarining qopqoqlari bilan yopilgan, balandligi 2.60 va gidravlik privod bilan nazorat qilinadi.

Mavzuga oid savollar.

1. Trimble TX5 necha metrgacha yuqori tezlikda skaner qila oladi?
2. Trimble TX5 asosiy xususiyatlari qanday?
3. TX5 3D lazerli skaner qanday jixozlar bilan ta'minlangan?

4.12. Yer usti skanerlash ishlarini bajarish

Odatda to'g'on joylashuvi bilan bog'liq bo'ladigan joy murakkabligi muhandislik asbob-uskunalari va muhim geodezik o'lcham metodlarini tanlashni belgilaydi. Davriy nazorat tadqiqotlarini amalga oshirishda foydalaniladigan tadqiq qilish instrumentlari natijalarining yuqori darajada aniqligi va ochiq oydinligi bilan tavsiflanishi lozim. Zamonaviy o'lchash asbob-uskunalarining yana bitta ustunligi eng qisqa muddatlarda va oddiy operatsiyalar bilan katta miqdordagi kuzatishlarni bajara olish, shu asnoda o'lchanadigan birliklar o'lchamini kamaytira olish imkoniyatidir. Suv muhitining yaqinligi mahalliy iqlimiy mikro-sharoitni tug'dirib bu kutilgan aniqlikdagi kuzatishlarni bajarish uchun doim ham qulay bo'lavermaydi. Bu kutilgan yuqori darajadagi talablarga javob bera oladigan geodezik o'lchash instrumentlari (kuzatilgan nuqtalarning yuqori darajada zichligi, aniqligi, tezlik, tejamkorkik) yer usti lazerli skanerlar

ekanligiga shubha yo`qdir. Bu intilishlardan foydalanish monitoring qilinayotgan to`g`onlarning deyarli davomiy nuqtali modellarni yaratish imkoniyatini beradi. Bunday modellar asosida bir qator geometrik tahlillarni bajarish mumkin va batafsil ma`lumotlarga ega bo`lishi mumkin.



4.12.1-rasm. To`g`onning uch o`lchamli modeli

Skaner taxometr kabi masofa va burchaklarni aniqlashtirib, o`lchanayotgan nuqtalarning kenglik koordinatalarini (x, y, z) belgilaydi. Lazer nurlarining aks etish jadalliga qiymatlari skaner tomonidan yozib olinib, bu "koordinatalar tizimi" deb ataladi va bu komponentdagi mavjud ma`lumotlar o`lchangan obyekt haqida qo`shimcha ma`lumotlar beradi (skanerlangan materiallarning turlarini ajratish imkoniyati, konstruksiyadagi suv oqish joyini ko`rsatish, foydalanuvchi tomonidan aniqlashtirilgan o`ziga xos aks etishda skanerlangan obyekt haqida ma`lumot yig`ish va boshqalar).

Skanerlar faza va pul`sga bo`linishi mumkin. Bu bo`linish o`lchash doirasi bilan yaqindan bog`liqdir: pul`s skanerlari o`lchanayotgan nuqtadan uzoqda joylashgan obyektlarni (hattoki bir nech kilometr gacha) o`lchash imkoniyatiga ega ekanligiga qaramasdan, faza yechimlari yaqin masofalar uchun (200 m. gacha) nazarda tutiladi. O`lchangan masofaga bog`liq ravishda skanerlar: qisqa, o`rtacha va uzoq doiralarga farqlanadi. Bu yana boshqa tavsifni, ya`ni o`lchash aniqligi nazarda tutadi. Bu qiymatlar masofasidagi o`lchashlarni amalga oshirish metodikasiga (fazoviy yoki pul`sli) va instrumentlarning rusumi va modeliga

bog'liq bo'lib, ular bir millemetrlardan bir necha santimetrlargacha bo'lgan qatoridir. Bunda bir qator "standart" omillar qolib, ular: ob-havo sharoitlari bitta skanerlashning bog'liq nuqtalarini aniqlashdagi aniqlik, tashqi koordinatalar tizimlariga bog'liqlik aniqligini va boshqalarni o'z ichiga oladigan natijalarining yakuniy darajasi hamda aniqligiga juda katta ta'sir ko'rsatadi.

Skanerlashning asosiy ustunligi obyektning yuza qismini o'lchash ishlari bilan shubhasiz qamrab olishidir-to'g'ondagi barqaror o'zgina yoki bir nechta nuqtalar guruhi emas, millionlab nuqtalar o'lchanadi. U quyidagilarni o'z ichiga olgan, kuzatishlardan amalda foydalanishning ko'plab imkoniyatlarini beradi:

-obyekt reestri-amalga oshirishning turli xil bosqichlarida (loyiha bilan bajarilgan elementlarni qiyoslash), qurish reestri, ta'mirlashdan, operatsiyani bajarish mobaynidagi davriy o'lchashlardan keying ro'yhatga olish,

-turli xil yuklamalarning ta'siri ostidagi gidravlik obyektlarining xarakatini modellashtirish uchun geometrik ma'lumotlarni yaratish va yangilash (raqamli modellashtirish),

-suv havzasidagi sv sathini o'zgarishi va tuzilmalarning geometriyasini o'zgarishi o'rtasidagi munosabatlarni paydo bo'lishini nazorat qilish.

-obyektning texnik holatini baholash.

5. BOB. DRONLAR

5.1. Dronlarning yaratilish tarixi

"**DRONLAR**" aslida ikkita toifaga bo'lingan bo'lib, inson aralashuvisiz uchib ketadigan to'liq avtonom asboddur. Boshqalari masofadan turib boshqarish bo'yicha ish olib boradi.

Uchuvchi yerda boshqarish va uchuvchi aparatni harakatlarini kuzatish, yoki xonada ekrandan maxsus ko'zoynak yordamida kuzatib boorish imkoniyatlari mavjud bo'lgan. Har ikkala turdagi turli xil texnologiyalardan foydalanilgan va turli xil potentsialga ega, biroq ular teng darajada dronlar hisoblanadilar.

Dronlar bir asrdan oshiq vaqt mobaynida sodir bo'lgan. Darhaqiqat, bu yangi emas: insoniyat uchib ketish uchun juda ko'p yo'llarni kashf etdi, lekin aksariyati xavfli bo'lib chiqdi, shuning uchun uchuvchisiz havo vositasi ixtiro qilgan.

1898 yilda **Nikola Tesla** "Telemechanization" ni taqdim qildi, uning yordamida radio chastotalarni ishlatib, kichik bir qayiqqa masofadan turib boshqarildi. Dastlabki samolyotning yana bir misoli - Birinchi jahon urushi davrida olim **Charlz Kettering** tomonidan ishlab chiqilgan eksperimental uchuvchisiz raketa **Kettering Beetle** sanaladi.



5.1.1-rasm. Charlz Kettering va uning ixtirosi

Uchish uchun birinchi uchuvchisiz radio boshqariladigan uchish aparati Queen Bee bed nomlangan va undan ilk bor foydalanishgan



5.1.2-rasm. Queen Bee nimli uchuvchisiz uchish moslamasi

5.2. Dronlarning turlari va ularning tasnifi


Xozirgi kunda dronlarning soha yo'nalishlari bo'yicha foydalanish maqsadlariga qarab bir qancha turlari mavjud bo'lib, qishloq xo'jaligi, agrokimyoviy tadbirla yoki geodeziya va kartografiya sohalari uchun maxsus jixozlangan dronlardan foydalanib kelishmoqda.



5.2.1-rasm. Dronlarning turlari

Geodeziya va kortografiya sohasida dronlarning qo'llanilishi

O'zbekiston Respublikasi Innovatsion rivojlanish vazirligi tashabbusi bilan O'zbekiston Respublikasi Yer resurslari, geodeziya, kartografiya va davlat kadastri davlat qo'mitasida uchrashuv bo'lib o'tdi. Yig'ilishda vazirlik va qo'mita xodimlari, mutaxassislar va ilmiy-tadqiqot sohasi vakillari ishtirok etishdi.

№	Texnik imkoniyatlar	Ko'rsatkichlari	Phantom 4 Pro
1	Uchish masofasi	10 km	
2	Ko'tarilish balandligi	300 m	
3	Tezligi	72 km/soat	
4	Bitta batareyaning quvvatida uchishi	30 daqiqa	
5	Akkumulator	LiPo 4S, 5870 MA/soat	
6	Navigatsiyali modullari	GPS va Glonass	

Qo'mitaning innovatsion faoliyati asosan tuproqshunoslik, maxsus skanerdan foydalanishni yo'lga qo'yish, hamda havodan suv olish loyihalari ustida izlanishlar olib borishga qaratilgan bo'lsa-da, uchuvchisiz uchish qurilmalaridan (dronlar) foydalangan holda yer resurslaridan foydalanish tizimi monitoringini olib borish loyihasi alohida ahamiyatga egaligi e'tirof etildi. Innovatsion rivojlanish vazirligi bilan hamkorlikda amalga oshirilayotgan ushbu loyiha yurtimiz qishloq xo'jaligining rivojlanishida katta burilish yasashi kutilmoqda.

5.3. Dron yordamida s'yomka ishlarini bajarish

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2017 yil 14 martdagi 258-F-sonli "Qishloq xo'jaligi ekinlarini monitoring qilish, xududni kartografiyalashda texnik va texnologik ishlab chiqishni rivojlantirish va yangilashni amalga oshirish to'g'risida"gi Farmoyishiga asoslangan holda, O'zbekiston hududida rivojlangan mamlakatlarda ishlab chiqarilgan zamonaviy uchuvchisiz uchish qurilmalaridan foydalanish targ'ib etilmoqda.

Uchuvchisiz uchish apparatlari (UUA) - umumiy holda dvigatel bilan jihozlangan, tizimli tarzda uchirish, hamda, avtomatik tarzda qaytib kelish imkoniyatiga ega. Qanoti (UUQ samalyot va vertalyot turi) bilan kuch yaratish va

parvoz davomiyligiga ega aerodinamik tamoyil yordamida maxsus vazifalarni bajarish uchun yaratilgan.

Qishloq xo'jaligida uchuvchisiz uchish apparatlarining bajaradigan vazifalari:

- ❖ Yerlarni joyida ko'rib chiqish va yo'riqnomadan o'tkazish;
- ❖ Melorativ qurilish holatini kuzatish;
- ❖ Yerlar tizimiga aniqlik kiritishdagi vegetativ holati indeksini yaratish;
- ❖ Yerdan foydalanishda agrotexnika tadbirlarini qonun talab darajasida olib borish.

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Maxkamasining topshirig'iga asosan 2018 yil xosili uchun boshhoqli don ekinlarning holatini joylarda monitoring qilish maqsadida "O'zdavergeodezkadastr" qo'mitasi tamonidan uchuvchisiz uchish apparatlaridan masofadan turib suratga olish ishlari amalga oshirildi.

Suratga olish natijalari bo'yicha har bir fermer xo'jaligi va dala konturlari kesimida jami g'alla ekilgan maydonlarni kuzatish natijasida:

- ❖ unib chiqmagan;
- ❖ siyrak unib chiqqan;
- ❖ g'alla rivojlanishdan ortda qolgan;
- ❖ begona o't bosgan;
- ❖ g'o'zapoyadan tozalanmagan;
- ❖ ko'llatib sug'orilgan maydonlar birma- bir aniqlab chiqildi.

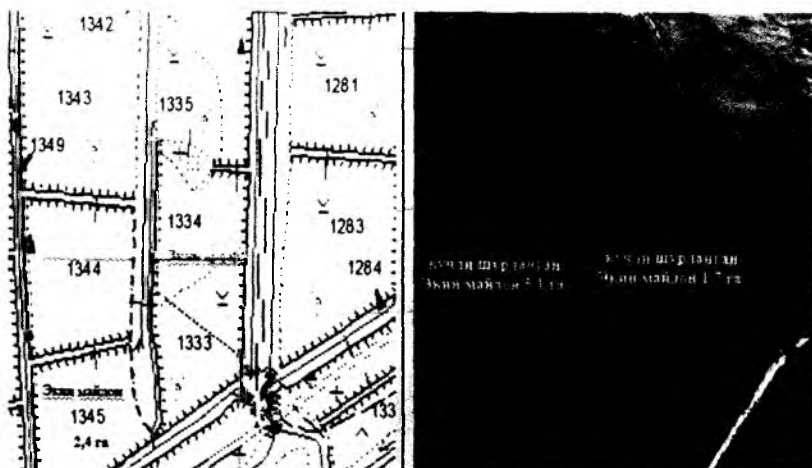
2018 yil 17-mart kuni Qashqadaryo viloyati Chiroqchi tumani Paxtakor xududi uchuvchisiz uchish apparatlari yordamida suratga olindi.

Xududda jami g'alla ekilgan 487 gektardan 83.5 gektari:

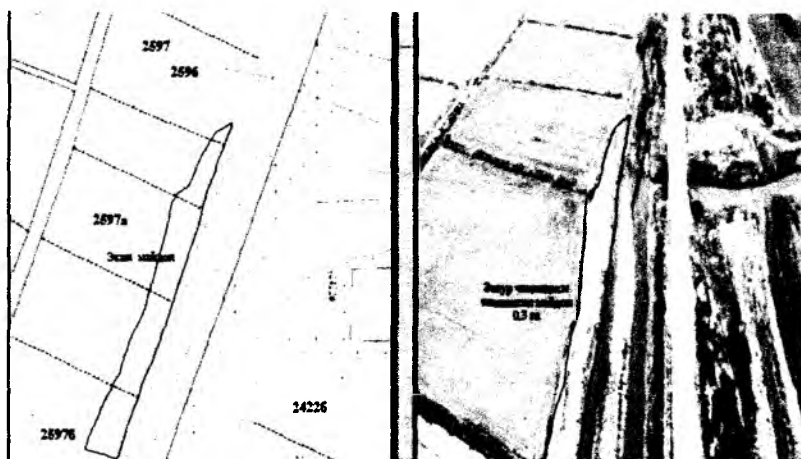
- ❖ 60.3 gektari rivojdan orkada qolganligi;
- ❖ 23.2 gektari siyrak unib chiqqani;

Shuningdek, xududda 230 gektar maydon shudgorlab qo'yilganligi aniqlandi.

2017 yil nayabr va dekabr oylarida Qoraqalpog'iston Respublikasi yerlarini holatini joylarda monitoring qilishda uchuvchisiz uchish apparatlaridan masofadan turib suratga olish ishlari amalga oshirildi.



5.3.1-rasm. Taxtako'pir tumani Dauqara massividagi Aybek Taxta nomli fermer xo'jaligi yer maydoni



5.3.2-rasm. Nukus tumani Aqmang'it massividagi Baxadir Miyassar nomli fermer xo'jaligi yer maydoni

Ushbu olingan ma'lumotlar asosida aniqlangan kamchiliklarni bartaraf etish yuzasidan ishchi gurux bilan birgalikda xar bir xudud kesimida kamchiliklarni bartaraf yetish bo'yicha chora tadbirlar ishlab chiqildi.

Uchuvchisiz uchish apparatlari qishloq xo'jaligida qo'llanishi natijasida erishiladigan natijalar;

❖ dalani elektron kartasini avtomatik tarzda aerosuratga olish orqali yaratish;

❖ ma'lumotlarga avtomatik tarzda qayta ishlov berish;

❖ qishloq xo'jalik ekinlarini xatlovdan o'tkazish;

❖ bajarilgan ishlar xajmini baholash va ularni bajarilishini nazorat qilish;

❖ ekinlarni holatini operativ monitoring qilish;

❖ qishloq xo'jalik yekinlarini xosildorligini nazorat qilish;

❖ qishloq xo'jalik yerlarini ekologik monitoringini olib borish;

❖ qishloq xo'jalik yekinlarini unib chiqishini nazorat qilish;

❖ yerni haydash sifatini tekshirish;

❖ ekranda ko'rib turgan xolda taxlil qilish imkoniyatini beradi.

Ta'kidlash joizki, AQSh, Xitoy, Yaponiya, Braziliya va ko'plab Yevropa davlatlarida qishloq xo'jaligida allaqachon dronlardan foydalanish yo'lga qo'yilgan. Dronlardan foydalanishdan maqsadlar turlicha – qushlarni haydash, kichik maydonlarni kimyoviy vositalar bilan purkash, o'g'ritikni oldini olish, dalalarning xaritalarini tuzish, katta yer maydonlarida ekinlarning unib chiqish darajasini kuzatish, o'simliklarga zarur ozuqaviy moddalarning yetib borishini tahlil qilish. Shuningdek, dronlar yordamida o'simliklar chalinadigan kasalliklarni tarqalishini aniqlash, o'g'itlarni aniq maqsadlarga yo'naltirib solish yoki zararkunandalarga qarshi kimyoviy moddalarni sepish mumkin.



5.3.3-rasm. Agrokimyoviy tadbirlarni amalga oshirish jarayoni. Agrodron

Dronlarni muntazam ravishda uchishga dasturlab qo'yilishi mumkin. Bu esa fermerlarning yer-suv maydonlarini nazorat qilishlariga imkon beradi. Infraqizil kameralar kasallikka duchor bo'lgan o'simliklarni bemalol aniqlay oladi. Bunday apparatlar fermerlarning mablag'larini iqtisod qilishida muhim ahamiyat kasb etadi. Dalalarni aylanib chiqish uchun ishchi kuchi tejaladi, yoqilg'i sarflanmaydi, ortiqcha vaqt ketmaydi, ko'p muammolarni hali ular paydo bo'lmasidan avval hal qilish imkoni paydo bo'ladi. Bu, avvalo, har bir ko'chatning o'sishi, tuproq holatini aniqlash murakkab bo'lgan katta yer egalari uchun juda qo'l keladi. Fermer ishxonasidan chiqmay turib, ekinlarni to'g'ri va sifatli yig'ib olish uchun qaysi uchastkadan ishni boshlash kerakligini aniqlab oladi.

Yerni masofadan zondlash yo'li orqali tadqiq etishda qurilmaning balandligi muhim ahamiyatga egadir. Qurilma balanlashgani sari ko'proq hududni qamrab olsada tasvirdagi safat ko'rsatkichlari pasayib boradi. Ishning mohiyatidan kelib chiqib dronlarni parvoz etish balandligi belgilanadi. Agrokimyoviy tadbirlarni amalga oshirishda o'g'itni isrof (parlanishi va shamol uchirishi kabi isroflar) bo'lmasligi uchun dronlar minimum bo'lgan balandlukda uchiriladi. Geodezik va kartografik asoslarni yaratish uchun masshtabidan kelib chiqib ko'proq hududlarni qamrab olinishi hamda ish unumdorligini oshirish uchun 500-700 metr oralig'ida parvoz etishi mumkin bo'ladi.

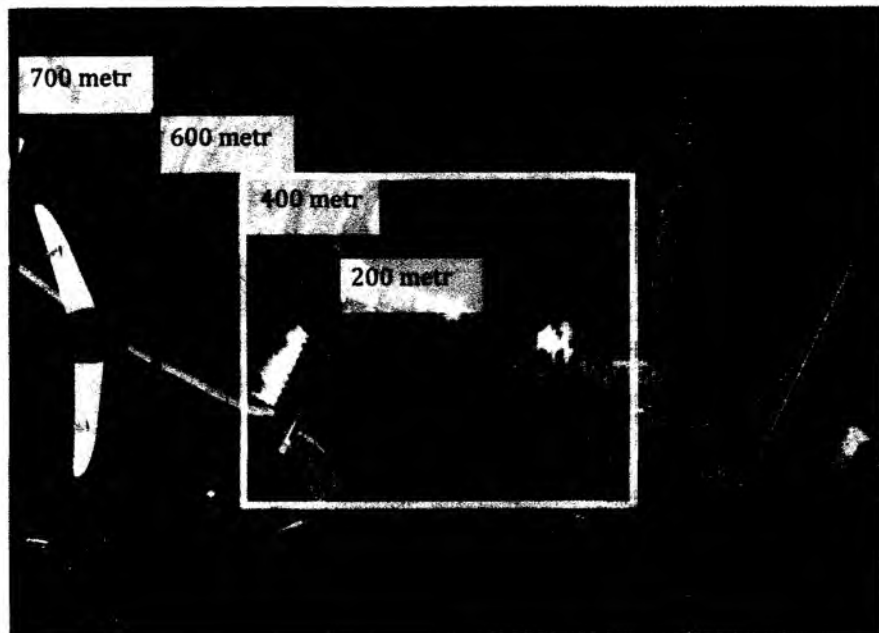
Dronlarning parvozi hududlar kesimida qamrab olish maydonlarini ko'rib chiqamiz.

700 metr bakandlikdagi dron 840 metrga 560 metr bo'lgan maydonni qamrab olishi mumkin bo'ladi yoki 47.0 gaektarga teng bo'lgan maydonni qamrab oladi.

600 metr bakandlikdagi dron 720 metrga 480 metr bo'lgan maydonni qamrab olishi mumkin bo'ladi yoki 34.5 gaektarga teng bo'lgan maydonni qamrab oladi.

400 metr bakandlikdagi dron 480 metrga 320 metr bo'lgan maydonni qamrab olishi mumkin bo'ladi yoki 15.4 gaektarga teng bo'lgan maydonni qamrab oladi.





200 metr bakandlikdagi dron 240 metrga 160 metr bo'lgan maydonni qamrab olishi mumkin bo'ladi yoki 3.84 gaektarga teng bo'lgan maydonni qamrab oladi.



5.3.4-rasm. Dron uchish balandligi bo'yicha olingan trapetsiyalar

Dronlarda olingan suratlar xar-xil balandliklar bo'yicha
vizuallashuvi

5.3.1-jadval

№	Tasvir	Masofa
1		700 metr balandlikdan
2		600 metr balandlikdan
3		500 metr balandlikdan
4		400 metr balandlikdan

5		300 metr balandlikdan
6		150 metr balandlikdan

Dron yordamida olingan ma`lumotlarni qayta ishlash natijasida hududning uch o`lchamli modelini qurish imkoniyatidam mavjud. Tajriba sifatida ishlab chiqarish korxonalarini tomonidan Jizzax viloyati Zomin tumanining tog`li hududlarida dron yordamida tadqiqot ishlari olib borilib maxsus dasturiy taminot ko`magida uch o`lchamli moduli qurildi.



5.3.5-rasm. Jizzax viloyati Zomin tumani tog`li hududidan uch o`lchamli fragment

5.4. Dron qiymatlarini dasturiy ta'minotda qayta ishlash

Dron qiymatlarini qayta ishlashda Agisoft Metashape dasturiy ta'minotidan foydalaish tavsiya etiladi.

Agisoft Metashape - bu professional 3D-model yaratishga yo'naltirilgan zamonaviy asoslangan yechim sanalib, harakatsiz tasvirlardan sifatli 3D kontent. Eng ko'p o'lchamli 3D rekonstruktsiya texnologiyasiga asoslanib, u tasodifiy tasvirlar bilan ishlaydi hamda nazorat qilinadigan va nazoratsiz sharoitda samarali hisoblanadi. Rasmlar rekonstruktsiya qilinadigan ob'ekt kamida ikkita fotosuratda bo'lishi hshart. Har ikkala rasmni moslashtirish va 3D modelni qayta tiklash to'liq avtomatlashtirilgan.

Agisoft Metashape dasturi asosan rastrlarni qoplanishini amalga oshirish orqali uch o'lchamli modellar yaratish mumkin. Dastur qoplangan rastrlardan nuqtalarning bulutli tasvirini hosil qiladi. Hosil bo'lgan bulutli nuqtalari birlashtiriladi. Natijada sirt hosil bo'ladi. So'ngra sirtga tekstura beriladi. Shu tariqa uch o'lchamli modellar yaratiladi.

Minimal konfiguratsiya talabi

• Windows XP yoki undan keyingi versiyalar (32 yoki 64 bit), Mac OS X Lioni yoki undan keyin, GLIBC bilan Debian / Ubuntu

2.13+ (64 bit)

• Intel Core 2 Duo protsessori yoki unga o'xshash

• 4 Gbayt RAM

Tavsiya etilgan konfiguratsiya

• Windows 7 SP 1 yoki undan keyingi versiyasi (64 bit), Mac OS X, GLIBC 2.13+ bilan Debian / Ubuntu (64 bit)

• Intel Core i7 protsessori

• 16 GB of RAM

Agisoft Metashape tomonidan ishlov berish mumkin bo'lgan fotosuratlar soni mavjud RAMga bog'liq

ishlatiladigan rekonstruksiya parametrlari. Agar bitta fotosurat o'lchamlari 10 MPix, 4 Gb ga teng bo'lsa RAM 30 dan 50 tagacha rasimga asoslangan modelni yaratish uchun etarli. 16 Gbayt operativ xotirada 300-400 fotosuratni ishlashga imkon beradi.

Agisoft Metashape dasturi ishga tushurilgach, Dobavit fotografiya buyrug'i bosiladi. Natijada hosil bo'lgan darchadan kerakli rastrlar belgilanadi va rastrlar yuklab olinadi.



5.4.1-rasm. Agisoft Metashape dasturiga suratlarni yuklab olish

Obrabotka menyusidan suratlarni tenglashtiriladi. Tenglashtirish jarayonida suratlarni avtomatik tarzida bo'ylama va ko'ndalang qoplanadi va yaxlit hudud vizuallashtiriladi.



5.4.2-rasm. Suratlarni tenglashtirish jarayoni

Suratlar pikselidan nuqtalarning bulutli tasviri namoyon bo'ladi. So'ngra navbatdagi bosqichda nuqtalar interpolyatsiya usulida ko'paytiriladi natijada nuqtalar soni ko'payib sirt taranglashadi. Sirtni real holga keltirish uchun tekstura beriladi. Navbatdagi bosqichlarni amalga oshirish uchun modelni ishchi kompyuter xitirasiga saqlash talab etiladi.



5.4.3-rasm. Nuqtalarga tekstura berish

Shu tariqa dronda olingan suratlarni qayta ishlash va ududning uch o'lchamli modelini qurish ishlari amalga oshiriladi.

Bundan tashqari yaratilgan modelni geoaxborot tizimi oilasiga mansub bo'lgan bir qancha dasturiy ta'minot format birligiga export qilish va ma'lumotlar bazasini shakllantirish imkoniyatlari mavjud.

Mavzuga oid savollar.

1. Dronlar nechta toifaga bo'linadi va ular qaysilar?
2. Dronlar nechta turga bo'linadi?
3. Dronlarda s'yomka ishlari qanday bajariladi?
4. Dronlarda s'yomka ishlarining vazifalari nimalardan iborat?
5. Dronlarni qishloq xo'jaligida qo'llanilishida erishilgan yutiqlari?
6. Dronlar qancha metr oraliqda parvoz etishi mumkin?

ADABIYO TLAR

1. Agafonov Yu.N., Maslennikov A.S. Полевые испытания светодальномера 2СТ10. Геодезия и картография, 1990, №2, с.48-50.
2. Aliev T.M., Stendal P.R. Avtomaticheskaya korrektsiya pogreshnostey sifrovyykh izmeritelnykh priborov. – M.6 Energiya, 1975 g. – 216s.
3. Analogo-sifrovyye periferiynyye umtroystva mikroprotssessornykh sistem/ Grushevskiy R.I., Mursaev A.X., Smolov V.B. –L.: Energoatomizdat. Leningr. Otd-nie, 1989 g.-160s.
4. Belov I.Yu. Razrabotka i metodika ucheta vliyaniya vneshnix usloviy na rezultatov geodezicheskix svetodalnomernyx izmereniy. Dissertatsiya na soiskanie stepeni k.t.n. GUZ.
5. Bugaev Yu.G., Maslennikov A.S., Rogozin N.I. Izmerenie rasstoyaniy dalnomerom KTD-1 s povyshennoy tochnostyu. Геодезия и картография, 1990 g., №12, s.15-17.
6. Bugaev Yu.G., Yershov A.G., Maslennikov A.S. Kvantovyy topograficheskiy dalnomer KTD-1 i rezultaty yego ispytaniy. Геодезия и картография, 1990 g, №11, s.44-47.
7. Vysokotochnyye uglovyye izmereniya/ Anikst D.A., Konstantinovich K.M., Meskin I.V. i dr.; Pod red. Yakushenkova Yu.G., M.: Mashinostroenie, 1987g. – s.480.
8. GOST 23543-88 «Pribory geodezicheskyye. Obshche texnicheskyye usloviya», IPK Izdatelstvo standartov, 1997 g., Pereizdanie s izmeneniyami, 14.s.
9. GOST 19223-90 «Svetodalnomery geodezicheskyye. Obshche texnicheskyye usloviya», IPK Izdatelstvo standartov, Pereizdanie s izmeneniyami, 14.s.
10. GOST R 51774-2001 «Taxeometry elektronnyye. Obshche texnicheskyye usloviya», IPK Izdatelstvo standartov, 2001, 10 s.
11. Deymlix F. Geodezicheskoye instrumentovedeniye. M., Nedra, 1970 g, 582 s.
12. Yeliseev S.V. Geodezicheskyye instrumentyy i pribory. Osnovy rascheta, konstruksii i osobennosti izgotovleniya. Izd. 3-ye, pererab. I dop.-M.: Nedra, 1973 g, 392 s.
13. Zaxarov A.I. Spravochnik po geodezicheskim priboram. M., Nedra. 1989 g, 314 s.
14. Korsunskaya M.M., Klimkov Yu.M., Parvulyusov Yu.B. Analiz pogreshnostey lazernoy vizirnoy sistemy. -Izv.vuzov Геодезия и аерофото’емка. 1995, №3, 116-124 s.

15. Korsunskaya M.M., Razrabotka i issledovanie avtomatizirovannykh lazernykh sistem navedeniya dlya geodezicheskikh izmereniy. Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni k.t.n., M., 1995 g, 164 s.
16. Korsunskaya M.M. Opyt primeneniya avtomatizirovannykh kompleksov dlya opredeleniya metrologicheskikh karakteristik geodezicheskikh priborov. Sbornik materialov otraslevogo seminaru spetsialistov materialogicheskoy sluzhby Roskartografii «Metrologicheskoe obespechenie topografo-geodezicheskogo i kartograficheskogo proizvodstva», Nijniy-Novgorod, 13-16 iyunya 2000 g, 109-117 s.
17. Korsunskaya M.M., Yambaev X.K. Vozmozhnyye puti umensheniya vliyaniya instrumentalnykh oshibok elektronnykh geodezicheskikh priborov na tochnost uglovykh izmereniy.-Izv.vuzov geodeziya i aerofotos'emka, 2000 g №4, 100-115 s
18. Korsunskaya M.M., Yambaev X.K. Analiz vliyaniya instrumentalnykh oshibok v nakopitelnykh rastrovnykh datchikakh.-Izv geodeziya i aerofotos'emka. 2000 g., №4, 115-128 s.
19. Kolosov M.P. Optika adaptivnykh uglomerov. m., Skan-1, 1997 g, 212 s.
20. Kovalev S. Ob ustroystve sifrovnykh nivelirov DiNi Inform-byulleten GEO, №5 (1999 g), 14 s.
21. Kochetov F.G. Niveliryy s kompensatorami. M. Nedra, 1985 god, 148 s.
22. Kochetov F.G. Avtomatizirovannyye sistemy dlya geodezicheskikh izmereniy. m.: Nedra-1991 g, 207 s.
23. Kochetovka E.F. razrabotka i issledovanie geometricheskikh modeley nivelirovaniya dlya oslableniya vliyaniya na nego magnitnykh poley. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie stepeni k.t.n, Nijniy Novgorod, 2000 g, 34 s.
24. Kuznesov P.N., Vasyutinskiy I.Yu., Yambaev X.K. Geodezicheskoe instrumentovedenie. M., Nedra. 1984 g, 265 s.
25. Lатыев S.I. Kompensatsiya pogreshnostey v opticheskikh priborax. I: Mashinostroenie, 1985 g, 248 s.
26. Litvinov B.A., Lobachev V.M., Boronkov N.N. Geodezicheskoe instrumentovedenie. M Nedra, 1971 g, 328 s.
27. Maslennikov A.S. O vklade uchenykh 29 NII MO RF v razvitie svetodalnomernogo sposoba izmereniya rasstoyaniy. Geodeziya i kartografiya, 1996 g. №7, 57-61 s.
28. MI BGEI 15-93 Metodika instituta. Svetodalnomery. Metody i sredstva poverki. M., sNIGAiK, 1993 g, 20 s.
29. MI BGEI 07-90 Metodika instituta. Niveliryy. Metodika poverki. M., sNIGAiK, 1989 g, 51 s.

30. MI BGEI 02-89 Metodika instituta. Reyki nivelirnye. Metodika poverki. M., sNIGAiK, 1989 g, 51 s.
31. Nauchno-texnicheskii otchet po teme 6.30.011promejutocchnyy) «Razrabotka metodov rascheta i proektirovaniya optika-elektronnykh priborov» Razdel 01. Razrabotka elektronnoogo taxeometra, № gosregistratsii 01 86 0063982; 104 s.
32. Parvulyusov Yu.B., Korsunskaya M.M. Avtomatizirovannaya sistema vizirovaniya dlya elektronnykh teodolitov. –Izv.vuzov Geodeziya i aerofotos'emka, 1994 g, №1, 119-127 s.
33. Presnuxin L.N., Shangin V.F., Shatalov Yu.A. Muarovye rastrovye datchiki polojeniya i ix primenenie. M.: Mashinostroenie, 1969 g.
34. Sergeev A.G., Kroxin V.V. Metrologiya: Ucheb. Posobie dlya vuzov.-M.: Logos, 2000 g, 408 s.
35. Solomatin V.A., Shilin A.A. Fazovye optiko-elektronnye preobrazovateli. M.: Mashinostroenie, 1986 g, 144 s.
36. Usov V.S. O primenenii zerkalnykh sistem dlya lineynykh izmereniy metodom avtokollimatsii v shodyayushsya puchkax luchey.-Izv. Vuzov Geodeziya i aerofotos'emka, 1964 g, №3, 117-124 s.
37. Fotoelektricheskie preobrazovateli informatsii. Presnuxin L.N., Shangin V.F., Mayorov S.A., Meskin I.V. Pod red. Presnuxina L.N. M.: Mashinostroenie, 1974 g, 375 s.
38. Cheremisin M.S., Andrasenov V.D., Kolsov V.P. Nivelirny s kompensatorami. Moskva, Nedra, 1978 g, 135 s.
39. Yakushonkov Yu.L. Obobshchennaya model optiko-elektronnoy sistema i yeyo ispolzovanie pri raschetax parametrov sistem distansionnogo zondirovaniya. Izv. Vuzov Geodeziya i aerofotos'emka, 1997 g, №1, 116-128 s.
40. Yakushonkov Yu.G. Teoriya i raschet optiko-elektronnykh priborov: Uchebnik dlya studentov priborostroitelnykh vuzov. –Z-ye izd, pererab. i dop.-M.Mashinostroenie, 1989 g, 360 s.
41. Buchmann P. Fehlereinflusse Bei der reflektorlosen Polaraufnahme, VR 58/7 (Oktober 1996), 336-356 s.
42. Das Mass ME 5000. Prospekt firmy KERNSWISS 1988 god, 25 s.
43. Dangschat H., Taunreut A.E. Winkelkomparator hoher Genauigkeit. F&M 104 (1996), 1-2, 58-61 s.
44. Digitalniyellir Information WILD NA 2002, NA 3003. Leica AG, Heerbrugg, Switzerland, 1994

45. Feist W., Donath B., Go'ring H., Ko'hler M., Seeber M., Monz L. Elta S10 und Elta S20 von Carl Zeiss, Systemtachymeter einer neuen Generation, VR 60/2+3 (April 1998), 104-127 s.
46. Feist W., Ro'del R. Anordnung zur Winkelmessung und Richtungsfluchtung, insbesondere mit einem Theodoliten Patent firmy VEB Carl Zeiss Jena DD 288 877 A5, MKI Gj1C 1/02, prioritet 06.11.1989
47. Feist W., Gurtler K., Marold T., Rjsenkrantz H. Die neuen Digitalnivelliere DiNi 10 und DiNi 20. VR 57. Jahrgang, Heft 2 (April 1995), 65-78 s.
48. Ganzoni R., Kochle R. Das Mekometer ME5000 von Kern als hochpraziser Kurzdistanzmesser ETH Zurich, Bericht 186, 1991, 35 s.
49. Gachter B., Berchard D., Muller F. Nivelliersystem und Verfahre zum Betrib der Nivelliersystemes. Patenschrift DE 3424806 C2, 1988
50. Gachter B. Measuring angular deviation. Patent firmy Wild №2166920 MKI G01S 3/78. Application published 14.05.1986
51. Grimm K., Frank P., Giger K. Distanzmessung nach dem Laufzeitmessverfahren mit geodatischer Genauigkeit, Wild Heerbrugg AG, CH-9435 Heerbrugg (Schweiz), 16 s.
52. Haag R., Bayer G., Zimmermann M., Scherrer R. Leica TCA1800. Vermessen mit automatischen Feinzielung. Leica AG, Heerbrugg, 9 s.
53. Heister H. Zur Uberprufung von Prazisions-Nivellierlatten mit digitalem Code. Sriftenreihe Studiengang Vermessungswesen, Universitat der Bundeswehr Munchen, Heft 53, 45-53 s.
54. Hiester H. Uberprufung geodatischer Instrumente. Festschrift zur 25-Hffrfeier des Instituts fur Geodasie der UniBw Munchen, Sriftenreihe Studiengang Vermessungswesen, Universtat der Bundeswehr Munchen, Heft 60, Bd.1, 2000.
55. Ingensand H. TRM-Ein neues Great zur vollautomatischen Prufung von Teilkreisen in elektronischen Thedoliten. X. Internationaler Kurs fur Ingenieurvermessung, Munchen-12-17. September 1988. A6/1-A6/12 str
56. Ingensand H. Ein Beitrag zur Enwicklung und Unteruchung hochgenauer elektronischer Neigungsmebsysteme fur kontinuierliche Messungen. Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor-Ingenieur, Munchen, 1985.
57. Ingensand H. Das WILD NA2000. Das erste digitale Nivellier der Welt. AVN, 97. JG. Heft 6 (Juni 1990), 201-210 s.
58. Ingensand H. Neue digitale Nivellirtechniken und ihre Anwendungen. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 4/95, 221-226 s.

59. Ingsand H., Maurer W., Schauerte W. Die Digitalnivellierfamilie WILD NA2002/NA3000 und ihre Anwendungen in der Ingenieurvermessung. Beiträge zum XI. Internationalen Kurs für Ingenieurvermessung, Zürich, 21-25.9.1992, 14 S.
60. Joeckel R., Stober M. Elektronische Entfernungs- und Richtungsmessung-Stuttgart: Wittwer, 1995, 14 S.
61. Kahmon H: Vermessungskunde, 18. Vollig neu bearb. Und erw. Auflage, de Gruyter Verlag, Berlin, 1993.
62. Katowski O., Salzmann W. Der Kreisabgiff im neuen Theomat Wild T2000. Wild Firmendruckschrift, Heerburg 1983.
63. Messfrequenzen von elektronischen WILD Distanzmessgeräten und deren Prüfung/ Produkt-information. Geodasie1/89, Wild Heerbrung AG, CH-9435 Heerbrung (Schweiz), 5 S.
64. Michelbacher E., Die Baureihe E von Zeiss zum Geodatentag 1990. Vermessungswesen und Raumordnung 52(1990) Heft 5/6, 296-310 S.
65. Schauerte W., Michel C., Tullman U. Neue Einsatzgebiete für Digitalnivelliere aufgezeigt am Beispiel des Zeiss DiNi 10/11. VR 61/2 (April 1999), 97-113 S.
66. Schauerte W. Anwendung geodatischer Meßtechniken am Beispiel der Elektronen-Stretcher-Anlage (ELSA) der Universität Bonn. Inaugural-Dissertation zur Entlangung des Grades Dr.-Ing. Mitteilungen aus den Geodatischen Instituten der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn, 1989, 125 S.
67. Scherer M. Der Gebrauch der Spektralanalyse zur Ermittlung periodischer Fehler bei geodatischen Meßinstrumenten. ZfV, №6 (1977), 251-261 S.
68. Technischer Bericht, Digitalnivelliere WILD NA2002, NA3003. Leica AG, Heerbrugg, Switzerland, 1994.
69. TPS-System 1000. Merkmale und Technische Daten. Prospekt der Firma Leica AG.
70. Weibel R. Verfahren und Vorrichtung zur Erfassung von Messgrößen, Uvropeskiy patent der Firma Wild LEITZ AG №0 085 951b MKI-G01D 5/34, prioritet 09.02.82.
71. Winkelmeßsysteme. Katalog der Firma Heidenhein. Printed in Germany, 9/1997.
72. Witte B. Zur Problematik der "inneren" und "äußeren" Genauigkeit elektronischer Distanzmesser, AVN 1\1986, 18-26 S.

73. Yambayev H., Karsounskaia M. Untersuchungen zur Überprüfung des Winkelabgriffsystems elektronischer Tachymeter unter Berücksichtigung des Funktionsprinzips und dessen Darstellung durch Algorithmen. ZfV, Heft 3/2001 (126. Jahrgang), 150-155 s.
74. Zeiske K., TPS 1100 Professional Series-Ene neue Tachymetergeneration vo[n Leica VR 61 (1999) №2, 82-90 s.
75. Abalakin, V.K. Основы ефемеридной астрономии [Текст] / V.K.Abalakin. – М.: Наука, 1980. – 448 s.
76. Abalakin, V.K. Geodezicheskaya astronomiya i astrometriya: Sprav. posobie [Текст] / V.K. Abalakin, I.I. Krasnorylov, Yu.V. Plaxov. – М.:Kartotsentr: Geodezizdat, 1996. – 435 s.
77. Galazin, V.F. Sovmestnoe ispolzovanie GPS i GLONASS: otsenka tochnosti razlichnykh sposobov ustanovleniya svyazi mejdu PZ-90 i WGS-84 [Текст]/ V.F. Galazin, Yu.A. Bazlov, B.L. Kaplan, V.G. Maksimov // «Navigatsiya-97».Sb. trudov vtoroy Mejd. konf. «Planirovanie globalnoy radionavigatsii», 24-26 iyunya 1997 g. T. I, II. – М.: NTS «Internavigatsiya», 1997. – S. 299 – 310.
78. Gerasimov, A.P. Uravniwanie gosudarstvennoy geodezicheskoy seti.[Текст] / A.P. Gerasimov. – М.: Kartotsentr: Geodezizdat, 1996. – 216 s.
79. GOST R 51794-2001. Apparatura radionavigatsionnaya globalnoy navigatsionnoy sputnikovoy sistemy i globalnoy sistemy pozitsionirovaniya. Sistemy koordinat. Metody preobrazovaniya koordinat opredelyаемых toчек [Текст] – М.: Izd-vo standartov, 2001. – 11 s.
80. Jukov, A.V. Praktikum po sputnikovomu pozitsionirovaniyu / A.V. Jukov, B.B. Serapinas / Pod red. Yu.F. Knijnikova [Текст] – М.: Geograficheskij fakultet MGU, 2002. – 120 s.
81. Karpik, A.P. Metodologicheskie i texnologicheskie osnovy geoinformatsionnogo obespecheniya territoriy: Monografiya [Текст] / A.P.Karpik. – Novosibirsk: SGGa, 2004. – 260 s.
82. Lukashova, M.V. Teoriya astronomicheskix reduksiy [Текст] / M.V.Lukashova, L.I. Rumyanseva, M.L. Sveshnikova // Trudy IPA RAN, вып. 10. Rasshirennoe ob'yasnenie k «Astronomicheskomu yejegodniku» – SPb.: IPARAN, 2004. – S. 135 – 185.
83. Natsionalnyy otchet Federalnoy sluzhby geodezii i kartografii 1993 – 1994 [Текст] – М.: sNIIGAiK, 1995. – 62 s.
84. Saastamoynen, Yu. Troposfernaya i stratosfernaya popravki radioslejeniya ISZ [Текст] / Yu. Saastamoynen // Ispolzovanie iskusstvennykh sputnikov v geodezii / Pod red. S. Xenriksena, A. Manchini, B.Chovitsa. – М.: Mir, 1975. – S. 349 – 356.

85. Чмых, М.К. Rasshirenije funkcionalnykh vozmozhnostey globalnoy navigatsionnoy sputnikovoy sistemy GLONASS na osnove fazovyykh metodov [Tekst] / M.K. Chmykh // Tr. mejdunar. nauch.-tehn. konf. «Sputnikovyie sistemy svyazi i navigatsii», Krasnoyarsk, 30 sent. – 3 okt. 1997 g. T. 1. – Krasnoyarsk: KGTU, 1997. – S. 92 – 99.

86. Alber, C. GPS surveying with 1 mm precision using corrections for atmospheric slant path delay [Text] / C. Alber, R. Ware, C. Rocken, F. Solheim // Geophysical Research Letters, Vol. 24, No. 15. – August 1997. – P. 1859-1862. – Angl.

87. Bar-Sever, Y.E. Estimating horizontal gradients of tropospheric path delay with a single GPS receiver [Text] / Y.E. Bar-Sever, P. Kroger, J.A. Börjesson // J. of Geoph. Research, Vol. 103. – 1998. – P. 5019-5035. – Angl.

88. Bock, Y. Establishment of three-dimensional geodetic control by interferometry with the Global Positioning System [Text] / Y. Bock, R.I. Abbot, C.C. Counselman III et al. // J. of Geophys. Res., 1985, V. 90 (B9). – P. 7689-7703. – Angl.

89. Boucher, C. ITRS, PZ-90 and WGS 84: current realizations and the related transformation parameters [Text] / C. Boucher, Z. Altamimi // Journal of Geodesy, Vol. 75, No. 11. – 2001. – P. 883-889. – Angl.

90. DMA Technical Report 8350.2 Department of Defence World Geodetic System 1984, Its Definition and Relationship with local geodetic Systems; DMA TR 8350.2; 2nd edition. [Text] – Washington, DC: Headquarters, Defence Mapping Agency; 1 September 1991. – 170 p. – Angl.

91. Engelis, T. Measuring orthometric height differences with GPS and gravity data [Text] / T. Engelis, R. Rapp, Y. Bock // Manuscripta Geodaetica, Vol. 10, No. 3, 1985. – P. 187 – 194. – Angl.

92. Fukushima, T. Fast transform from geocentric to geodetic coordinates [Text] / T. Fukushima // J. of Geodesy, Vol. 73. – 1999. – P. 603-880. – Angl.

93. GPS World Antenna Survey [Text] // GPS World, V. 14, No. 2. – 2003b. – P. 36 – 43. – Angl.

94. GPS World Receiver Survey [Text] // GPS World, V. 15, No. 1. – 2004. – P. 32 – 51. – Angl.

95. Habrich, H. Geodetic Applications of the Global Navigation Satellite System (GLONASS) and of GLONASS/GPS Combinations [Electronic resource] / H. Habrich. – 1999. – 147 p. – Angl. – Rejim dostupa: http://www.ifag.de/misk_publ_idx.htm

96. Herring, T. A. Modeling atmospheric delays in the analysis of space geodetic data [Text] / Herring, T. A. // Proceedings of Symposium on Refraction

of Transatmospheric Signals in Geodesy, Eds. J. C. de Munck, T. A. Th. Spoelstra, The Hague, The Netherlands, 19-22 May 1992, Netherlands Geodetic Commission, Publications on Geodesy, Delft, The Netherlands, No. 36, New Series. - P. 157-164. -Angl.

97. IERS Technical Note 27. The International Terrestrial Reference Frame (ITRF97) [Text] / C. Boucher, Z. Altamimi, P. Sillard - Paris: Central Bureau of IERS. - Observatoire de Paris, May 1999. - 192 p. - Angl.

98. IERS Technical Note No. 32. IERS Conventions (2003) [Electronic resource] / D.D. McCarthy and G. Petit (eds.) - Angl. <ftp://maia.usno.navy.mil/conv2000/>

99. IERS Annual Report [Text] - Paris: Central Bureau of IERS - Observatoire de Paris, July 1997. - 153 p. - Angl.

100. Interface Control Document ICD-GPS-200C. 10 Oct. 1993 - 14 Jan. 2003 - 198 p. - Angl. - [Electronic resource]. <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/gps/icd200/default.htm>

101. James, F. The International GPS Service for Geodynamics - Benefits to Users. [Text] /F. James, J.F. Zumberge, R.E. Neilan, V. Gurtner // Inst. of Navigation, ION GPS-94, 7th Int. Tech. Meeting, Salt Lake City, Utah, September 20-23, 1994. - Angl

102. Leick, A. GPS Satellite Surveying [Text] / A. Leick. - New York: A Willey-Interscience Publication. - 1995. - 560 p. - Angl.

103. Mader, G.L. GPS Antenna Calibration at the National Geodetic Survey [Electronic resource] / G.L. Mader. - 2004. - Angl. <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>

104. Mader, G.L. The On-line Positioning User Service (OPUS) [Text] / G.L.Mader, N.D. Weston, M.L. Morrison, and D.G. Milbert // Professional Surveyor Magazine, Vol. 23, No. 5. - 2003. - Angl.

105. Martin, D.J. A Civil Gathering [Text] / D.J. Martin // Professional Surveyor Magazine, Vol. 23, No. 10. - 2003a. - Angl.

106. Moritz, H. Geodetic reference system 1980 [Text] / H. Moritz // Bull. Géod. - 1988. - Vol. 62. - P. 348-358. - Angl.

107. Moritz, H. Geodetic Reference System 1980 [Text] / H. Moritz // J. of Geodesy, Vol. 74, No. 1. - 2000. - P. 128-162. - Angl.

108. Niell, A.E. Global mapping functions for atmosphere delay at radio wavelengths [Text] / A.E. Niell // J. of Geophysical Research, vol. 101, No. B2. - February 10, 1996. - P. 3227-3246. - Angl

109. Prusky, J. The Cooperative CORS Program / J. Prusky // Professional surveyor, Vol. 21, No. 1. - 2001. - Angl.

MUNDARIJA

Kirish.....	- 3 -
1-BOB. ELEKTRON TAXEOMETRLAR	- 4 -
1.1. Tarixiy ma'lumot.....	- 4 -
1.2. Elektron taxeometrlarning konstruktiv xususiyatlari.....	- 7 -
1.3. Zamonaviy zaryadli bog'lovchi asboblari.....	- 13 -
1.4. Elektron taxeometrlarning asbob xatoligi va ularning modellash bilan bog'liq bo'lgan masalalar.....	- 22 -
1.5. Leica TS 06 Plus elektron taxeometrda topografik s'yomka ishlarini bajarish.....	- 24 -
1.6. Trimble S3 elektron taxeometrda topografik s'yomka ishlarini bajarish.....	- 32 -
1.7. Taxeometrik s'yomka natijalarini ArcGIS dasturi yordamida qayta ishlash.....	- 41 -
2-BOB. RAQAMLI NIVELIRLAR	- 48 -
2.1. Raqamli va lazerli nivelirlar.....	- 48 -
2.2. Leica Geosystems AG firmasi raqamli nivelirlarining konstruksiyasi va hisoblash prinsipi.....	- 52 -
2.3. Trimble firmasining raqamli nivelirlarining konstruksiyasi va sanoq olish prinsiplari.....	- 61 -
2.4. TOPCON firmasi nivelirlarida joriy etilgan reyka bo'yicha hisoblash prinsiplari.....	- 68 -
2.5. Raqamli nivelirlarning reykalari.....	- 70 -
2.6. Raqamli nivelir va reykalarni tadqiqod qilish va tekshirish usullari va vositalari.....	- 72 -
2.7. Reyka kodining alohida shtrixlari holatini tekshirish.....	- 73 -
2.8. Raqamli nivelirlarni tadqiq qilish va tekshirish.....	- 77 -
2.9. Geometrik nivelirlash aniqligiga magnit maydonlarini ta'sirini tadqiq qilish.....	- 82 -
3-BOB. SPUTNIK APPARATURALARI	- 88 -
3.1. Sputnik priyomniklari.....	- 88 -
3.2. Antennalar.....	- 89 -
3.3. Radiochastota bloki.....	- 94 -

3.4. Kodlar bo'yicha o'lchash.....	- 98 -
3.5. Sputnik texnologiyasida vaqtni saqlash.....	- 110 -
3.6. Sputnikaviy geodezik apparatlar	- 115 -
3.7. Priyomnik xatolari.....	- 132 -
3.8. Antenna xatosi	- 134 -
3.9. GPS/GLONASS o'lchashlarini dasturiy ta'minoti.....	- 139 -
3.10. Respublikamizda GNSS tizimidan foydalanish va SGT punktlari	- 148 -
4-BOB. YERUSTI LAZERLI SKANERLASH.....	- 165 -
4.1. Yer lazerli skanerlari xaqida	- 165 -
4.2. Yer lazerli skanerini ishlash prinsipi.....	- 168 -
4.3. Yerusti lazerli skanerini dalnomer blokini ishlash prinsipi	- 170 -
4.4. Yerdan bajarilgan lazerli skanerlashlarda burchak kattaliklarini o'lchash usullari.....	- 176 -
4.5. Yerdan lazerli skanerlovchi skanerni obzori va klassifikatsiyasi	- 180 -
4.6. Yerdan lazerli skanerlashda xatoliklar manbaalari	- 191 -
4.7. Yer lazer skanerlari bilan masofa va burchak o'lchash aniqligig; atmosferaning ta'siri.....	- 202 -
4.8. Ob'ektni metrologik xususiyatlarini yerdan lazerli s'yomka qilish aniqligig; ta'siri.....	- 206 -
4.9. Ma'lumotlarni olish aniqligiga va skanerlar tavsifini ta'siri.....	- 209 -
4.10. Trimble kompaniyasining yerusti lazerli skanerlari	- 211 -
4.11. Lazerli skanerlar va ularda gidrotexnika inshootlarini syomka qilish.-	217 -
9.12. Yer usti skanerlash ishlarini bajarish.....	- 221 -
5-BOB. DRONLAR	- 224 -
5.1. Dronlarning yaratilish tarixi	- 224 -
5.2. Dronlarning turlari va ularning tasnifi.....	- 225 -
5.3. Dron yordamida s'yomka ishlarini bajarish.....	- 226 -
5.4. Dron qiymatlarini dasturiy ta'minotda qayta ishlash.....	- 234 -
ADABIYOTLAR.....	- 237 -

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	- 3 -
ГЛАВА 1. ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАХЕОМЕТРЫ	- 4 -
1.1. Историческая информация	- 4 -
1.2. Конструктивные особенности электронных тахеометров.....	- 7 -
1.3. Современные зарядные устройства.....	- 13 -
1.4. Проблемы с электронными тахеометрами и их моделирование	- 22 -
1.5. Топографическая съемка на электронном тахеометре Leica TS 06 Plus...- 24 -	
1.6. Топографическая съемка на электронном тахеометре Trimble S3.....	- 32 -
1.7. Обработка результатов тахеометрического обследования с использованием программного обеспечения ArcGIS.....	- 41 -
ГЛАВА 2. ЦИФРОВЫЕ НИВЕЛИРЫ	- 48 -
2.1. Цифровые и лазерные нивелиры	- 48 -
2.2. Принцип проектирования и расчета цифровых нивелиров Leica Geosystems AG.....	- 52 -
2.3. Принципы проектирования и учета цифровых нивелиров Trimble..	- 61 -
2.4. Принципы расчета рельсов введены в нивелиры TOPCON	- 68 -
2.5. Реки цифровых нивелирей.....	- 70 -
2.6. Методы и инструменты для исследования и поверки цифровых нивелиров и рейков	- 72 -
2.7. Отдельных проверка статуса штрих кодовый рейки.....	- 73 -
2.8. Исследование и проверка цифровых нивелиров.....	- 77 -
2.9. Изучить влияние магнитных полей на точность геометрического нивелирования.....	- 82 -
ГЛАВА 3. СПУТНИКОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	- 88 -
3.1. Приемники спутника	- 88 -
3.2. Антенны	- 89 -
3.3. Радиочастотные блоки	- 94 -
3.4. Мера по коду	- 98 -
3.5. Экономьте время на технологии Спутник.....	- 110 -
3.6. Спутниковые геодезические приборы	- 115 -

3.7. Ошибки приемника.....	132
3.8. Ошибка антенны	134
3.9. Программное обеспечение для измерения GPS / ГЛОНАСС	139
3.10. Использование системы GNSS и точек СГС в республике.....	148
ГЛАВА 4. ЗЕМЕЛЬНОЕ ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ.....	165
4.1. О лазерных сканерах Земли	165
4.2. Принцип работы наземного лазерного сканера.....	168
4.3. Принцип действия дальномерного блока поверхностного лазерного сканера	170
4.4. Методы измерения угловых величин при наземном лазерном сканировании	176
4.5. Обзор и классификация наземных лазерных сканеров	180
4.6. Источники ошибок при лазерном сканировании с земли.....	191
4.7. Влияние атмосферы на точность измерения расстояния и угла на наземных лазерных сканерах.....	202
4.8. Влияние метрологических свойств объекта на точность лазерной визуализации с земли.....	206
4.9. Влияние на точность сбора данных и описание сканера.....	209
4.10. Наземные лазерные сканеры Trimble	211
4.11. Лазерные сканеры и геодезия гидротехнических сооружений.....	217
4.12. Выполнить сканирование наземные.....	221
ГЛАВА 5 ДРОНЫ	224
5.1. История дронов.....	224
5.2. Типы дронов и их классификация.....	225
5.3. Выполнения съёмки с помощью дрона	226
5.4. Обработка данных беспилотника с помощью программного обеспечения.....	234
ЛИТЕРАТУРЫ	237

TABLE OF CONTENTS

Introduction	- 3 -
CHAPTER 1. ELECTRONIC TOTAL STATIONS	- 4 -
1.1. Historical information	- 4 -
1.2. Design features of electronic total stations	- 7 -
1.3. Modern Chargers	- 13 -
1.4. Problems with electronic tacheometers and their modeling	- 22 -
1.5. Topographic survey on a Leica TS 06 Plus total station	- 24 -
1.6. Topographic survey on a Trimble S3 total station.....	- 32 -
1.7. Processing survey results using ArcGIS software.....	- 41 -
CHAPTER 2. DIGITAL LEVELS	- 48 -
2.1. Digital and laser levels.....	- 48 -
2.2. Principle of design and calculation of digital levels of Leica Geosystems AG.	- 52 -
2.3. Principles of designing and accounting for Trimble digital levels.....	- 61 -
2.4. The principles of rails calculation are introduced in the TOPCON levels-	68 -
2.5. Rod digital levels.....	- 70 -
2.6. Methods and tools for research and verification of digital levels and rod-	72 -
2.7. Separate status check barcode staff.....	- 73 -
2.8. Research and verification of digital levels.	- 77 -
2.9. To study the influence of magnetic fields on the accuracy of geometric leveling.....	- 82 -
CHAPTER 3. SATELLITE EQUIPMENT	- 88 -
3.1. Satellite receivers	- 88 -
3.2. Antennas.....	- 89 -
3.3. RF blocks	- 94 -
3.4. Code Measure	- 98 -
3.5. Save time on satellite technology	- 110 -
3.6. Satellite surveying instruments.....	- 115 -
3.7. Receiver errors	- 132 -
3.8. Antenna error.....	- 134 -

3.9. GPS / GLONASS measurement software.....	- 139 -
3.10. Use of the GNSS system and SGN points in the republic	- 148 -
CHAPTER 4. LAND LASER SCANNING.....	- 165 -
4.1. About Lend Laser Scanners.....	- 165 -
4.2. The principle of operation of a ground-based laser scanner	- 168 -
4.3. The operating principle of the rangefinder unit of a surface laser scanner .-	170 -
4.4. Methods of measuring angular values during ground-based laser scanning-	176 -
4.5. Overview and classification of ground-based laser scanners.....	- 180 -
4.6. Sources of Laser Scanning Errors from the Ground	- 191 -
4.7. The effect of the atmosphere on the accuracy of measuring distance and angle on ground-based laser scanners.....	- 202 -
4.8. The influence of the metrological properties of the object on the accuracy of laser imaging from the ground.....	- 206 -
4.9. Impact on data acquisition accuracy and scanner description.....	- 209 -
4.10. Trimble Ground Laser Scanners.....	- 211 -
4.11. Laser scanners and geodesy of hydraulic structures.	- 217 -
9.12. Run overhead scan	- 221 -
CHAPTER 5. DRONES.....	- 224 -
5.1. Drone history.....	- 224 -
5.2. Types of drones and their classification	- 225 -
5.3. Drone shooting	- 226 -
5.4. Processing drone data using software.....	- 234 -
LITERATURE.....	- 237 -

TOSHPO'LATOV SARVAR ANVAROVICH

ISLOMOV O'TKIR PIRMETOVICH

INAMOV AZIZ NIZAMOVICH

PARDABOYEV ANVAR PARDABOY O'G'LI

ZAMONAVIY GEODEZIK ASBOBLAR

fanidan

/DARSLIK/

Bosishga ruxsat etildi _____ Qog'oz o'lchami 60 x 84, 1/16, hajmi
16 b.t. _____ nusxa, Buyurtma № _____
_____ bosmaxonasida chop etildi
100000, Toshkent sh., Qori-Niyoziy ko'chasi, 39-uy.