

OLIV GEODEZIYA

Oliy o'quv yurtlari uchun
DARSLIK



Tab. 2
528
21-90

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

H. MUBORAKOV

OLIY GEODEZIYA

DARSLIK

O'zMU Kengashi tomonidan
60722500 – Geodeziya, kartografiya va landshaft
hokumatlar yo'nalishi talabulari uchun darslik sifatida
tavsiya etilgan

O'ZMU
GEOGRAFIYA VA TABIIY
RESURSLAR FAKULTETI
ARM

Toshkent
"Ma'rifat"
2023

UO*К: 528.2.3(075)

КБК: 26.1ya7

М 81

Мухоматов Н. Олий геодезия. Дарслик.

—Т.: "Ma'rifat", 2023. 256 бет.

Ma'krat duralinda Yer ellipsoidi va uning sirtida chiziqlar uzunligi va maydonlari hisoblash, tikrordok uchburchaklarni yechish va Gauss-Kryuger proyeksiyasini geodeziyada qo'llashga bog'liq hisoblashlar ko'rib chiqilgan. Davlat geodetik tarmoqlari tashkili va qurish dasturi, triangulyatsiya tarmoqlari qurish uchun zamon yuqori aniq o'lchash asboblari, ularni o'lchashlarni bajarish, tarmoqlarni tenglashtirish berilgan. Davlat poligonometriyasi va 1 va II sinf xavfli yo'llari, ularni qurishda qo'llanilgan o'lchash asboblari, o'lchashlarni bajarish va natijalarni ishlab chiqish haqida e'tibor. Sun'iy yo'llashlarni kuzatishdan yor naqshlari ko'ndiruvlarini aniqlash, GPS priyomniklari va ular bilan kuzatish usullari, sun'iy yo'llash geodetik tarmoqlarini qurish masalalari yoritilgan.

Oliy o'quv yurtlarining 50722500-Geodeziya, kartografiya va kadastir yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan.

UO*К: 528.2.3(075)

КБК: 26.1ya7

М 81

Taqrizchilari:

Egamberdiyev A. — O'zbekiston Milliy universiteti, geografiya va tabiiy resurslar fakulteti o'quv-metodik kengashining 2023 yil 27 yanvardagi 3-sonli majlisi qarari bilan tavsiya etilgan.

Iskenderov S.A. — TAQU Geodeziya va kadastir kafedrasi professori, t.f.n.

Darслиk Mu'zim Ulag'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti Geografiya va tabiiy resurslar fakulteti o'quv-metodik kengashining 2023 yil 27 yanvardagi 3-sonli majlisi qarari bilan tavsiya etilgan.

ISBN: 978-9943-9749-3-7

© "Ma'rifat" nashriyoti, Toshkent, 2023 y.

SO'Z BOSH

Ushbu darslik Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi tomonidan tasdiqlangan 60222500 - Geodeziya, kartografiya va kadastr bakalavriat ta'limi yo'nalishi uchun "Oliy geodeziya" fani o'quv dasturi asosida yozilgan.

Yerning fizik shakli, chiziqlar uzunligi, burchaklar va nisbiy balandliklarni o'lchash, ular orqali asosiy maqsadlar uchun zarur bo'lgan yer sirtidagi nuqtalar koordinatalari va balandliklari hisoblanadi. Hisoblash ishlari to'g'ri va aniq bajarilishi uchun ularni ko'chirish sharning shakli va o'lchamlari ma'lum bo'lishi talab qilinadi.

Yer tashqi mumkin qadar to'la o'ziga oluvchi va uni matematik ifodalash imkon bo'lgan shakl – bu ellipsoiddir. Ushbu darslikning I-bobi yer ellipsoidi va uning sirtida yechiladigan ayrim masalalarni talabalar mustaqil o'rganish, bajarishlari uchun imkon yaratadi.

Gaus-Kryugerni ellipsoiddan tekislikka proyeksiyasi va yassi to'g'ri burchakli koordinatalari haqidagi ma'lumotlar II-bobda ko'rib chiqilgan.

Darslikni katta qismi (III-VII boblar) tayanch geodezik tarmoqlar; planli tarmoqlarni qurishda burchak o'lchash asboblari, ularni tekshirishlari va sinashlari; triangulyatsiya tarmog'ini loyihalash; gorizontal burchaklar (yo'nalishlari va azimut masofalarni o'lchash usullari); burchak o'lchash xatolari manbualari; triangulyatsiyada tenglashtirish va yakuniy hisoblash ishlarni yoritishga bag'irlangan.

Asosiy geodezik tarmoqlarni poligonometriya usulida qurish masalalari VIII-bobda berilgan.

Davlat I va II sinf nivelir yo'llari; yuqori aniq nivelir va nivelir taykalar va ularni sinashlari; nivelirlashni bajarish va natijalarini ishlab chiqish bo'yicha ma'lumotlar IX-bobda keltirilgan.

Planli geodevik tarmoqlarni qurishda zamonaviy GPS sistemalaridan foydalanish haqidagi ma'lumotlar darslikning X-bobida ko'rib chiqilgan.

Darslikda keltirilgan misollar, ularni yechishda kam vaqt sarflab ish mohiyati va usullarini o'zlashtirishga imkon yaratishini ko'zlab tutilgan.

Ushbu darslik ilk bor yo'lliqyergani sahahli ayrim kumchiliklardan
holi emas, shu haqda o'z fikr va mulohazalarini yo'lliqsa, o'qovchilarga
muallif o'z minnatdorchiligini bildiradi.

Darslikni tayyorlashda har omorolama ko'rsatgan yordam uchun
geodeziya va geoinformatika kafedrasini o'qituvchisi A.S.Ro'ziyev,
O'P.Yusupjonov va B.Sh.Toshunovlarga muallif o'z minnatdorchiligini
tikladi.

KIRISH. FA'NING NAZARIY MAVZULARI MAZMUNI

Oliy geodeziya fani va uning vazifalari. Oliy geodeziya fani geodeziyaning bo'linmalaridan biri bo'lib, u Yer shakli va o'lchamlarini o'rganish, hamda yer sirtidagi nuqtalarni yopqa sistemasidagi koordinatalari va balandliklarini aniqlash uchun zarur bo'lgan yuqori aniq o'lchashlarni bajarish va natijalarni ishlab chiqish bilan shug'ullanadi.

Oliy geodeziyaning vazifalari ilmiy va ilmiy-texnik vazifalarga bo'linadi.

Ilmiy vazifalariqa qayidugilar kiradi:

1. Matematik ifodalash mumkin bo'lgan va Yerning haqiqiy shakliga eng yaqin bo'lgan shakl va uning o'lchamlarini aniqlash.

2. Yer haqiqiy shaklini qabul qilingan matematik shakldan (ellipsoiddan) cheklanishini n'rganish (ellipsoid shaklini geoid shaklidan cheklanishi).

3. Yer tanasida ro'y beradigan aynan hodisalarni — quruqlikni davriy va asriy deformatsiyalanishi, qit'alarini gorizontal va vertikal siljishlari, yer qubblari harakatini va boshqalarni tadqiq etish.

Yuqoridagi 1 va 2 vazifalar astronomiya va gravimetriya bilan, oxirgi vazifa esa — gravimetriya, geofizika, geologiya va astronomiya fanlari bilan birgalikda yechiladi.

Oliy geodeziyani ilmiy-texnik vazifalari hundan bir davlat hududida astronomik geodezik va nivelir tarmoqlarini qurib, ular punktlarining koordinatalari va balandliklarini yagona bir sistemada aniqlashdan iborat. Bu geodezik tarmoqlar mamlakat hududini kartalashtirish maqsadida bajariladigan topografik syunkalar uchun, hamda ziblash tarmoqlarini rivojlantirishga asos bo'lib xizmat qilishi kerak. Shu bilan birga bu geodezik tarmoqlar mamlakat xalq xo'jaligini turli maqsadlarda bajariladigan geodezik ishlarda ayanch asos bo'lib xizmat qiladi.

Runday tarmoqlarni qurish o'z navbatida bir qator ilmiy-texnik vazifalarni: zarur aniqlikdagi o'lchashlarni ta'minlay otadigan geodezik asboblarni ishlab chiqish; yuqori aniq o'lchashlarni bajarish va natijalarni ishlab chiqish usullarini yanalishtirish o'ldinga qo'yadi.

Oliy geodeziya mamlakat xalq xo'jaligini barcha sohalarida katta ahamiyatga ega; oliy geodeziyani asosiy vazifalaridan biri topografiya va

kartografiya bilan birgalikda mamlakat hududini topografik jihatdan o'rganish chiqishini ta'minlaydi.

Quyidagi yozarli amallarda, yagona koordinatalar va balandliklar sistemalarida qurilgan geodetik hamda katta maydonli hududlarni sifatli topografik syemkalarini bajarish va aniq haritalarni tuzish imkonini beradi.

Oliy geodeziya va unga qardosh fanlar (gravitatsiya, kosmik geodeziya va astronomiya) asosiy ilmiy vazifasi Yer shaklining parametrlarini (uning o'lchamlarini), boshqa gravitatsiya maydonini va ularning davriy o'zgarishini aniqlashdan iborat.

Hozirgi vaqtda oliy geodeziyada Yer shakli deganda, Yerning fizik yuzasi bilan chegaralangan shakl tushuniladi, ya'ni uning quruqlikdagi qattiq qobig'ining yuzasi va o'zaro tutash dengiz va okeanlar suv sathini tashkil etadigan yuzasi bilan chegaralangan shakli tushuniladi.

Yerning gravitatsion maydoni deganda, Yerning airkali aylanishi tufayli hosil bo'lgan markazdan qochma va tortishish kuchlariga teng ta'sir etuvchi og'irlik kuchlarining maydoni tushuniladi.

Yerning gravitatsion maydonini va boshqa fizik maydonlarini o'rganish aslida geodetikaning muammolari hisoblanadi. Lekin Yer shaklining parametrlari va Yer gravitatsiya maydoni, Yer sath'iy yordashi orqali astronomik-geodetik, gravimetrik va boshqa o'lchashlarni kompleks qayta shikish natijasida aniqlanadi va birgalikda oliy geodeziyaning ko'plab masalalarini yechishda foydalaniladi. Yer gravitatsiya maydonini o'rganish geodeziyaning asosiy ilmiy vazifalaridan biri hisoblanadi.

Yer ustida va uning yuzasida sodir bo'ladigan fizik jarayonlar ta'tirida, doimiy oqimlar sekin siljiydi, yer qobig'ida elastik kuchlanish sodir bo'ladi, yer silkinishi yuzaga keladi, yer yuzasi sekin asta deformatsiyalanadi, shunisi o'liboriladi, bu jarayonlar turli hududlarda turkiladi bo'ladi. Yer qublarining holati, gravitatsiya maydoni, aylanishining burilish tezligi va h.k.k. lari o'zgaradi. Bularning harchasi geodetik tarmoqlar punktlarining koordinatasini va balandligini aniqlashga va ularning vaqt o'tishi davomida o'zgarishiga ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun eng yuqori aniqlikda geodetik o'lchashlarni ta'minlashni ulah etuvchi turli ta'min usullarini yechishda yerni planeta kabi o'rganish zarurati tug'iladi. Shu

munasabat bilan oliy geodeziyaning eng muhim ilmiy vazifasiga yer yuzasining deformatsiyasining ziddi xarakteristikasini gendetik usulda aniqlash, yer qobig'i ulkan bloklarining arziy ko'tarilishini va tushishini o'rganish hamda litosfera plitalarini siljish qonuniyatlari, Yer qotblari harakatini aniqlash va hisobga olish va uning aylanish burchak tezligini o'zgarishini aniqlash, sayamaktiv hududlarda yer silkinishini oldindan bashorat qilish maqsadida yer yuzasi va dengiz, okeanlar anʼhiy yuzalari farqlarini va hokimni aniqlash va o'rganish kindi.

Oliy geodeziya va unga tutasht bo'lgan bilimning asosiy ilmiy texnik vazifasi global (umim yer) va milliy (davlat miqyosida) yuqori aniqlikdagi tayanch geodezik tarmoqlarni barpo etishdan iborat. Milliy tayanch tarmoqlarini quyidagilar tashkil etadi: Davlat geodezik asosi, ko'pchilik holda plani tarmog'i deb ataluvchi, davlat niveirlash tarmog'i (balandlik) va davlat gravimetrik tarmog'i.

Bu tarmoqlar bir-biri bilan o'zaro juda yaqin bog'liqlikka ega, ular biri-birini to'ldiradi va ulardan birgalikda foydalanib bajariladigan kompleks astronomo-geodezik va gravimetrik o'lchash ishlari punktlarning aniq koordinatlarini va balandliklarini aniqlash, bunda mamlakat hududida gravitatsiya maydoni va Yerning shaklini xarakterlovchi parametrlarni aniqlash imkonini beradi. Bu tarmoqlarda takroriy o'lchashlarni bajarib, punktlar koordinatlarini va balandliklarini solqlash, bunda ularidan foydalanib geodetik hodisalarni o'rganish mumkin.

Ahamiyet shuni ko'rsatadiki, vaqt o'tgan sari gendetik tayanch tarmoqlarini barpo etish aniqligiga bo'lgan talab oshmoqda. Ular hozir yetarli darajada yuqori, yaqin kelajakda yana ham yuqori bo'lishi kerak. Shuning uchun hozirgi vaqutda tayanch geodezik (global va mahalliy) tarmoqlarni barpo etish nazariyasi va usullarini yanilish zaruriyati tug'ildi, bunga barcha kompleks astronomo-geodezik, gravimetrik, gravinertsial va boshqa turdagi o'lchashlardan foydalanish, hamda Yerning son'iy yo'lideshilarini kesmik uchish apparatlarini, galsitlikadan tashqari radio-nurlanish manbaalarini kvazarlarni kuzarish orqali, erishiladi.

Oliy geodeziyaning ilmiy va ilmiy-texnik masalalari bir-biri bilan o'zaro bog'langan. Yer gravitatsiya maydonini va shakli parametrlarini bilmadan, tayanch geodezik tarmoqlarini barpo etishda bajariladigan

harcha turli turan kompleks o'lchashlarini matematik jihatdan mukammal qayta ishlash, hamda punktlar koordinatalarini va balandliklarini yagona tizimda yaqin aniqlikda aniqlashning imkonini bo'lmaydi va aksincha Yer gravitatsiya maydonini va shaklini o'rganish uchun yagona tizimda aniqlanayotgan geodezik tarmoqlarining koordinatalari va balandliklari zarurdir. Bundan kelib chiqadiki, oliy geodeziyaning ilmiy va ilmiy-texnik masalalarini birgalikda tekshirish va yechish uchun usuli bilan yechilishi zarur, harqanday hali buning erishilmoqda.

Oliy geodeziya tizimlardan rivojlanmoqda va takomillashmoqda. U Yer shakli nazariyasi, gravimetriya, gendometriya, astronomiya, kichik gendometriya kabi ilmiy fanlar bilan birgalikda uzviy bog'liq holda rivojlanmoqda. Oliy geodeziya kuni uchta asosiy bir-biri ta'kidlovchi bo'lmagan tashkil topgan "Asosiy geodezik ishlar", "Sferoidik geodeziya" va "Nazariy gendometriya".

"Asosiy geodezik ishlar" bo'limida bir xilda bo'lmagan Yer gravitatsiya maydonida tayanch geodezik tarmoqlarini bop etish, harpu olish usullarini ishlab chiqish, tarmoqlarni joylashtirish va joylash mahallalarini turli turdagi yaqin aniqlikdagi geodezik o'lchash usullarini va asboblarni yaratish, o'lchashdagi xatoliklar manbasini va ularni ta'sir etishini hisobga olish usullarini, Yer gravitatsiya maydonning bir xil uzurligini va Yer yuzasining qurilishini hisobga olgan holda o'lchash natijalarini matematik qayta ishlash usullarini yaratish masalalari ko'riladi.

"Sferoidik geodeziya" Yer ellipsoidining geometriyasi, uning yuzasida va uch o'lchamli fazoda geodezik masalalarni yechish usullarini hamda ellipsoid yuzasini shunda va tekislikda tasvirlash nazariyasini o'rganadi. "Nazariy geodeziya" oliy geodeziyaning asosiy ilmiy mazmuni va usullarini yechish nazariyasini va usullarini ishlab chiqish bilan shug'ullanadi, bu maqsadlar uchun tayanch geodezik tarmoqlarida bajariladigan, kichik bo'lganda takroriy u yoki bu bo'limda aniq bir vaqt o'zligida geodezik va boshqa masalalarni yechish zarurati tug'ilganda, kompleks zamonaviy astronomik-geodezik, gravimetrik, sat'niy yo'l o'ldirish va boshqa turdagi yaqin aniqlikdagi o'lchashlardan foydalaniladi.

Oliy geodeziyaning ilmiy va ilmiy-texnik masalalarini muvaffaqiyatli yechish uchun i-klass davlat geodezik tarmoqlaridagi barcha o'lchashlarni,

yangi o'lchash texnikalaridan foydalanilgan holda, harcha o'lchashlar (ko'p marta) yuqori aniqlik bilan bajarilishi lozim. Hozirgi vaqtda i-klass geodezik tarmoqlarida gorizontal burchaklar $0,5'' - 0,7''$ o'rtta kvadratik xatolik bilan o'lchaniladi (uchburchaklarning hisoblangan bog'lanmasliklari bo'yicha), tomonlar uzunligi $- 2 \cdot 10^{-3}$ nisbiy xatolik bilan, nivellirashda nisbiy holatdirlar $0,5 \text{ mm/km}$ tasodifiy xatolik bilan, astronomik kenglik, uzunlik va azimutlar $- 0,3'', 0,03''$ va $0,5''$ tasodifiy xatolik bilan (pityonlardagi o'lchash natijalarining o'zgarishi ha'yicha hisoblangan), og'irlik kuchining teztanishi $- 3 \cdot 10^{-4}$ nisbiy xatolik bilan o'lchaniladi. Murakkab fizik-geografik va iqlimiy sharoitlarda bajariladigan o'lchashlarning yuqori aniqligiga geodezik olimlarning, geodezik asboblarni yaratuvchilarning va boshqa mutaxassislarning ulkan mehnatlari evaziga erishildi.

Oliy geodeziya o'zining tadqiqotlarida fundamental fanlarning (fizika, matematika, astronomiya va boshqar), yuqori aniqlikdagi o'lchash texnikalarini ishlab chiqishda — amaliy usulka, aniq asbubsizlik, radioelektronika, lazerli texnika va h.k.larning yangi yutuqlaridan foydalanadi. O'lchash natijalarini qayta ishlashda ekrinliklar nazariyasi, matematika, statistika, eng kichik kvadratlar usuli va h.k.lardan ko'p foydalaniladi. Harcha hisoblashlar zamonaviy elektron hisoblash texnikalaridan foydalanib bajariladi. Yerni Plametsdek o'rganish bilan bog'liq ilmiy masalani yechish uchun, oliy geodeziya Yer to'g'risidagi fanlar geologiya, geofizika, tektonika va boshqalar bilan o'zaro mustahkam bog'langan bo'lishi kerak. Oliy geodeziya tadqiqotlarining natijalari ilm fanda va xalq xo'jaligida muhim ahamiyatga ega. Masalan, davlat geodezik tarmoqlari katta o'lchamli o'rganishda, mamlakat hududini turli mashtablarda xaritalarini tuzishda, yirik maydonlarni qishloq xo'jaligi va sanoat ishlab chiqarish maqsadlarida o'lashtirishlarda qo'llaniladi. Nivelir tarmoqlarida bajarilgan takroriy o'lchashlar asosida Yer to'g'risidagi fan tarixida birinchi marta Sharqiy Yevropada, yer qabig'ini vertikal harakatining zamonaviy xaritasi tuzildi va nashr qilindi, u ilmiy va amaliy jihatdan muhim shartiyatga ega. Hozir bunday xaritalar ko'plab mamlakatlarda tuzilmoqda.

1.1. Yer shakli haqida maʼlumot

Yer sirtida bajariladigan har qanday geodezik oʻlchashlar oʻzining mohiyati boʻyicha shovun chiziqlari yoʻnalishi bilan bogʻliq. Shovun chizigʻi belatini qayd etadigan oʻlchash asboblari (geodolitlar va olvelirlar) vertikal oʻqlari atilak yordamida ishchi holatga keltiriladi. Shu sababli sathiy yuz bilan bogʻlanishga toʻgʻri keladi.

Sathiy yuz tinish belatidagi okean suvi yuzasini uni har bir nuqtasida shovun chizigʻi yoʻnalishiga toʻgʻri burchak ostida oʻtadigan qilib fikran davom ettirishdan hosil boʻladigan yuz.

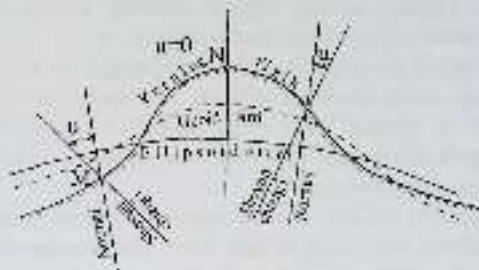
Yemi nuli balandliklarda aylanib oʻtuvchi koʻpgina sathiy yuzalarni tasavvur etish mumkin. Geodeziyada ulardan biri — asosiy sathiy yuz deb qabul qilingan. Asosiy sathiy yuz okean va uchliq dengizlar suvining tinish belatidagi oʻrtacha yuzasiga toʻgʻri keladi.

Asosiy sathiy yuz bilan chegaralangan tana geoid deb ataladi. Geoid yuzasi shovun chiziqlari yoʻnalishlari bilan aniqlanadi, shovun chiziqlari yoʻnalishlari esa Yer ichida massalarni taqsimlanishiga bogʻliq. Shovun chiziqlari yikiluvchi massalar tomoniga qarab ogʻradi.

Geodezik oʻlchashlarni matematik ishlab chiqish okean ushbu oʻlchashlar bajarilgan barcha Yer fizik sirining nuqtalari referens-ellipsoid sirtiga proyeksiyalanadi.

Yer fizik sirining M, M, K nuqtalari, 1.1-shakl, referens-ellipsoid sirtiga normal chiziqlar bilan proyeksiyalanadi. Geodezik oʻlchashlarni ishlab chiqishda boshlangʻich yoʻnalishlar boʻlib ellipsoid sirtiga normal chiziqlar xizmat qiladi. Geodezik va astronomik oʻlchashlarda boshlangʻich boʻlib geodezik asboblarda vertikal oʻqlari tutashiriladigan shovun chiziqlarining yoʻnalishlari xizmat qiladi.

Geoid va ellipsoid sirlari atiqat bir-biriga ustma-ust tushmaydi, balki ular parallel ham emas. Har qanday nuqtada shovun chizigʻi yoʻnalishi ellipsoid sirtiga normal chiziq bilan toʻgʻri kelmaydi. Herilgan nuqtada shovun chizigʻi yoʻnalishi bilan ellipsoidga normal chiziq orasidagi u burchagi (1.1-shakl) shovun chizigʻining ogʻishi deyiladi.



1.1-shakl

Shovun chizig'ining og'ishi u harakatdagi umumiy yer ellipsoidining normaliga nisbatan aniqlansa, unga mutloq og'ish, referens-ellipsoid normaliga nisbatan aniqlansa, nisbiy og'ish deb aytiladi. Umumiy yer ellipsoidi huzirgacha aniqlanmaganligi sababli shovun chiziqlari og'ishi nisbiy hisoblanadi. Shovun chiziqlarini nisbiy og'ishi Yer ichida massalarni bir xil taqsimlanmaganligiga bunda referens-ellipsoid o'lchamlarini aniqlash va uni orientirlash xatochiga bog'liq. Okeanlar botiqlari va kontinental balandliklar mavjudligi sababli shovun chiziqlarining og'ishi qiymati o'rtacha $3-4''$ ni tashkil qiladi. Tog' tizmalari va chuqur botiqliklar mavjud hududlarda esa shovun chiziqlarining og'ishi $1'$ gacha yetadi.

1.2. Yer ellipsoidi va uning parametrlari

Barcha geodezik o'lchashlar yerning fizik sirtida bajarilishi sababli, ularning natijalari dastlab ellipsoid sirtiga reduksiyalanishi (ko'chirilishi) kerak. Ellipsoid sirtiga reduksiyalash usullari nazariy geodeziyada ko'rib chiqiladi.

Geodeziyada bunday ellipsoid sirtiga ko'chirish siri deyiladi. Qabul qilingan va umumiy yer ellipsoidi deb ataladigan ellipsoid Yer shakliga eng yaqin bo'lishi va quyidagi shartlarni qanoatlantirishi kerak:

1. Ellipsoidning markazi Yerning og'irlik markazi bilan to'g'ri kelishi kerak;
2. Ellipsoidning ekvator tekisligi Yerning ekvator tekisligi bilan ustma-ust tushishi kerak;
3. Ellipsoidning hajmi genidning hajmiga teng bo'lishi kerak.

4. Ellipsoid sirtidagi nuqtalar balandligi ularning geoid sirtidagi balandligidan oq kam qiyamga farq qilishi kerak.

Umumiy yer ellipsoid o'lchamlarini aniqlash va geoid shaklini ta'la o'rganish uchun bir-biriga geodetik bog'langan gradus o'lchashlarni hajratish va Yeming bulon sirida (quruqlikda, dengiz va okeanlarda) pravlayotik ayomatlarni bajarishni talab qiladi. Bu esa hozirda yechish imkoni bo'lmagan masaladir.

Ellipsoid sirtida masalalarni raqamlarda yechish uchun ellipsoidning o'lchamlarini bilish kerak bo'ladi. Ellipsoid o'lchamlari deganda bundan katta ellipsoidning ekvatorial yoki katta yarim o'qi va qutbiy siqlishi qiymatlari ko'rsatiladi. Ellipsoid o'lchamlari astronomo-geodetik va geymetrik ishlar natijalari asosida bir xil o'lchovlar tarmundan hisoblab chiqarilgan, ularning natijalari quyidagi 1-jadvalda berilgan.

1-jadval

Olim nomi	Davlat nomi	Yil	a, m	α
Dalmeir	Fransiya	1800	6375653	1:334,0
Bussel	Germaniya	1841	6377397	1:299,2
Klack	Angliya	1866	6378206	1:294,98
Xeyford	AQSh	1910	6378388	1:297
Krasovskiy	Rossiya	1940	6378245	1:298,3

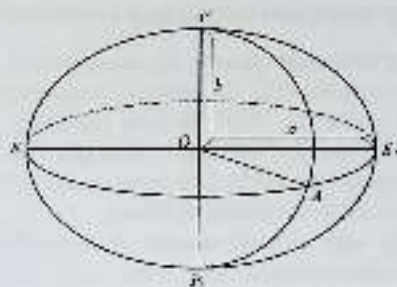
Turli davlatlarda o'z birigulyatsiyalarini hisoblash uchun turli ellipsoidlar foydalaniladi. Masalan, ayrim Yevropa davlatlarida Klackning 1866-yil ellipsoid o'lchamlari, AQShda Xeyfordning 1910-yil ellipsoid o'lchamlari qo'llaniladi.

1940 yili G'ozdaziya, zamonamiz va kartografiya markaziy ilmiy tadqiqot instituti (IIGIT AkK, Moskva shahri) ellipsoidning o'lchamlari qiymatlari qaytadan hisoblab chiqarildi. Bu qiymatlar 1946 yilda tasdiqlanib geodetik ishlar uchun qabul qilingan va bu ellipsoidga Krasovskiy referens-ellipsoid nomi berilgan.

Krasovskiy referens-ellipsoidining o'lchamlari quyidagilar:

$a = 6378245 \text{ m}$; $b = 6356863 \text{ m}$; $\alpha = 1:298,3$.

Keltirilgan 1.2-shaklda markaz O nuqtasida, aylanish o'qi PP' va ekvator tekisligi QAA' aylana ellipsoid tasvirlangan.



1.2 rasmi

Quyidagi belgilarni kiritarviz:

a – ellipsoidning ekvatorial yoki katta yarim o'qi $a = OR = OR_1 = OM$;

b – ellipsoidning qutbiy yoki kichik yarim o'qi $b = OR = OR_2$;

α – ellipsoidni qutbiy siqilish $\alpha = \frac{a-b}{a}$;

e^2 – meridian ellipsining birinchi eksentrisiteti $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$;

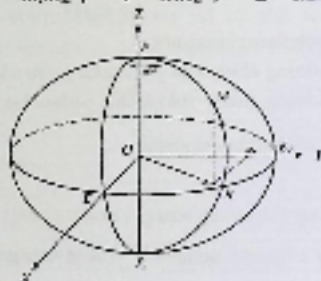
Krasovskiy ellipsoidi uchun $e^2 = 0,00669342$ ga teng.

1.3. Oltiy geodeziyada qo'llaniladigan koordinatalar sistemalari

1. To'g'ri burchakli fəzoviy koordinatalar (X, Y, Z) sistemasi. Koordinatalar bosh nuqtasiga 1.3-shakldagi O nuqta qabul qilinadi. OZ o'qi ellipsoidning qutbiy o'qi POP_1 bo'yicha joylashadi; OY o'qi ekvator tekisligida bosh meridian deb qabul qilinadigan PEP_1 meridianida; OX ekvator tekisligida, lekin tekislik bosh meridian tekisligi bilan 90° burchakni tashkil qiluvchi PEP_1 meridianida joylashadi.

Shunday qilib ellipsoid sirtidagi M nuqtasining o'rni quyidagi koordinatalar bilan aniqlanadi:

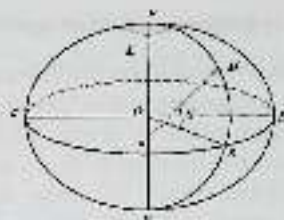
$$X = OM_x; \quad Y = OM_y; \quad Z = OM_z.$$



1.3-shaki

Kosmik tekisloqlarni olib borish bilan bog'liq Yer tashqi fazasidagi nuqtalar koordinatalarini aniqlashga doir geodezik masalalarni yechishga to'g'ri keladi. Bunday nuqtalar o'rni yer ellipsoidi sirtiga bog'lanmasdan aniqlashda to'g'ri burchakli fəzoviy koordinatalar sistemasi qo'l keladi. Shu sababli X, Y, Z koordinatalar sistemasi hozirgi kunda muhim nazariy va amaliy ahamiyatga ega.

2. *Günferth* koordinatalar sistemasi. Quyidagi 1.4-shaklda PEP_1E_1 — uzunliklarni o'lchash boshlang'ich nuqtasidan o'tuvchi meridian ellipsi va PMP_1 — berilgan M nuqtasidan o'tuvchi meridian bo'lsin. M nuqtasining geodezik kengligi B deb ushbu nuqtada ellips sirtiga normal chiziqliq Mn va ekvator tekisligi PEE_1 orasidagi o'ltir burchakka aytiladi; M nuqtasining geodezik uzunligi L deb bosh meridian PEP_1 tekisligi bilan ushbu nuqta meridiani tekisligi PMP_1 orasida hosil bo'lgan ikki yoqli burchakka aytiladi.



1.4 shahd

Geodezik kenglik ekvatoridan shimolga qarab 0° dan 90° gacha oshib boradi, unga shimoliy kenglik janubga qarab ham 90° gacha oshib boradi va unga janubiy kenglik deyiladi. Bosh meridianidan sharqda joylashgan nuqtalar uzunligi *sharqiy* deb atalib 0° dan 180° gacha o'zgaradi; bosh meridianidan g'arbda joylashgan nuqtalar uzunligi *g'arbiy* deb atalib 0° dan 180° gacha o'zgaradi.

Bosh meridian sifatida Grinviich observatoriyasidan o'tuvchi meridian qabul qilingan. Geodezik koordinatalar sistemasi ham nazariy, ham amaliy maqsadlarda keng qo'llaniladi. Bu sistema ayrim a'zailiklarga ega:

a) ellipsoid sirti uchun u yopiqqa bo'lib, butun yuz sirti bo'yicha umumiy koordinatalar sistemasida geodezik ayonkalar va kartografik materiallarni birlashtiradi;

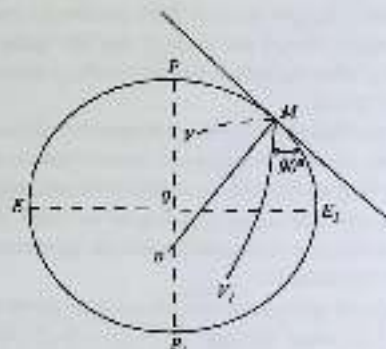
b) qandaydir qo'shimcha va yordamchi tuzilishlarni talab qilmaydi; bu sistemada koordinatalar chiziqlari bo'lib bevosita ellipsoid sirtiga tegishli meridian va parallel chiziqlari xizmat qiladi, ular orqali barcha kartografik va ayonkalar materiallarini birlashtirish qulay.

3. *Yassi to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasi.* Turli xil loyihalash ishlari bajarishda geodezik qiymatlardan foydalanishni osonlashtirish maqsadida geodezik tarmoq punktlari o'rnini yassi to'g'ri burchakli koordinatalar (x va y) sistemasida aniqlash zaruriyati tug'iladi. Bu esa ellipsoid sirlini tekislikka proyeksiyalash zaruriyatini taqozo etadi.

Hozirgi vaqtda bu maqsadda Gauss-Kryugerning tekislikdagi konform proyeksiyasi qabul qilingan bo'lib, unda barcha geodezik planli tarmoqlar punktlarining koordinatalari hisoblanadi. Bu sistema haqida kengroq ma'lumot 2.1. da beriladi.

1.4. Ellipsoidning berilgan nuqtasidagi ogirlik bochi radiuslari

Ellipsoid aylanish o'qi orqali o'tgan tekisliklarga meridian tekisliklari, ularni ellips sirti bilan kesishishidan hosil bo'lgan chiziqlarga — meridianlar deyiladi. Barcha meridian tekisliklari ekvator tekisligiga perpendikulyar ekanini aniq va har qanday meridian ellips bo'lib, o'z aylanishidan ellipsoidni hosil qiladi. Agar ellipsoid sirtining har qanday nuqtasiga, masalan, M nuqtasiga (1.5-shakl), uinuna tekislik o'tkazilsa, shunda uringan nuqtadagi perpendikulyar chiziq Mn ellips sirtiga M nuqtasidagi normal deyiladi. Ellips sirtiga normal chiziq har doim ushbu nuqtadan o'tuvchi meridian tekisligida yotadi.



1.5-shakl

Ellipsoidning shimoliy yarmida yotgan nuqtalar normallari uning aylanish o'qini markazidan janubgaqda, janubiy yarmidagi nuqtalar normallari esa markazdan shimulroqda kesib o'tadi. Ellips sirtida nuqta qanchalik qutblarga yaqin yotsa, ushbu nuqta normali ellips aylanish o'qini markazdan shuncha uzoqroqda kesib o'tadi.

Berilgan nuqta normalidan o'tuvchi barcha tekisliklar normal tekisliklari, ellipsoid sirtini ushbu normal tekisliklar bilan kesishish chiziqlariga — normal qirgimlar deyiladi. Demak, meridianlar va ekvator chiziqlari normal qirgimlardir.

Meridian tekisligiga perpendikulyar bo'lgan normal tekislik (M nuqtasi meridiani tekisligi) birinchi vertikal tekisligi deyiladi (1.5-shakldagi YdV , tekisligi).

Birinchi vertikal tekisligi bilan ellipsoid sirtini kesishishi birinchi vertikal deyiladi. Meridian va birinchi vertikal bosh normal qirralardir. Ular bir nuqtada ikkita o'zaro perpendikulyar normal qirralar mavjud bo'lib, ularni egriligi maksimal va minimal qiymatlarga ega bo'ladi. Meridian va birinchi vertikal qirralik radiuslarini tegishlikcha M va N bilan belgilab, ular qiymatlarini hisoblash ishi formulalarini keltiramiz

$$M = a^2(1 - e^2) \frac{1 + 0,25e^2 \sin^2 B}{1 - 0,75e^2 \sin^2 B}, \quad (1.1)$$

$$N = a \frac{1 - 0,25e^2 \sin^2 B}{1 - 0,75e^2 \sin^2 B} \quad (1.2)$$

shu formulalarda: a – ellipsoid katta yarim o'qi; B – ellips sirtida olingan nuqtaning geodezik kengligi; e^2 – meridian ellipsining birinchi eksentrisiteti.

Meridian qirralik radiusi M (1.1) formula bo'yicha topilib meridianlar yo'ylari uzunligini va kengliklar farqini hisoblashda, birinchi vertikal qirralik radiusi N (1.2) formuladan topilib parallel yo'ylari uzunligini, uzoqliklar farqini va azimutlarni hisoblashda xizmat qiladi.

Ellipsoid sirtidagi nuqtalarning o'rtacha egrilik radiusi R quyidagi formulalardan topilishi mumkin:

$$R = \sqrt{MN}, \quad (1.3)$$

yoki

$$R = \frac{a\sqrt{1 - e^2}}{1 - e^2 \sin^2 B} \quad (1.4)$$

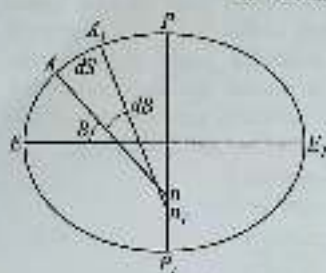
O'rtacha egrilik radiusi ellipsoid sirti qismlarini sharoit tasvirlashda, uchburchaklar sferik ortiqchalarini hisoblashda va boshqalarda foydalanadi.

1.5. Meridian va parallel yo'ylari uzunligini hisoblash

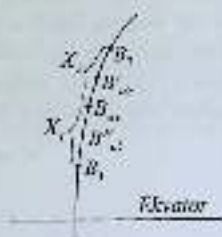
1. Meridian yo'yi uzunligini hisoblash. Meridian ellipsidagi A nuqtasining kengligi B bo'lsin (1.6-shakl). A nuqtasidan cheksiz kichik masafa ds da $R \rightarrow dB$ kenglikka ega A_1 nuqtasini olamiz. Shunda ds meridian

yoyga bo'g'ri keluvchi A va X_1 nuqtalari kengliklarining farqi dB bo'ladi. Elementar yoy dS ni M radiusga ega doiraning yoyi deb qabul qilib, quyidagini yo'lash mumkin

$$dS = M dB \quad (1.5)$$



1.6-shakl



1.7-shakl

1.6-shaklning A va X_1 nuqtalar o'rtasidagi meridian yoyi uzunligi S_M ni ular kengliklari B_1 va B_2 nuqali quyidagi elliptik integralni yechib topish mumkin

$$S_M = \int_{B_1}^{B_2} M dB \quad (1.6)$$

Ushbu integral raqamli integrallash usulida aniqroq va osanroq yechiladi. Buning uchun Simpsonni quyidagi raqamli integrallash formulasidan foydalanish mumkin

$$S_M = \int_{B_1}^{B_2} M dB = \frac{(B_2 - B_1)}{6} (M_1 + 4M_M + M_2) \quad (1.7)$$

bu yerda,

$$M_i = a(1 - e^2) \frac{1 + 0.25e^2 \sin^2 B_i}{1 - 1.25e^2 \sin^2 B_i} \quad (1.8)$$

B_1 va B_2 — meridian yoyi uchlarning kengliklari; M_1 , M_2 va M_M — B_1 , B_2 va $B_M = (B_1 + B_2)/2$ kenglikka ega nuqtalarda meridian egrilik radiusi qiymatlari.

Yuqoridagi (1.7) va (1.8) formulalar bo'yicha hisoblangan S_M qiymati kengligi B_1 bo'lgan nuqtadan to'g'ri B_2 va B_3 kenglikdagi nuqtalargacha bo'lgan X_1 va X_2 yoylar yig'indisi topilib, S_M qiymati bilan solishtirilish

nezomet qilinadi. Keltirilgan (1.7) formula asosida quyidagilarni yozish mumkin (1.7-shaklga qarasin):

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= \frac{(B_0 - B_1)^2}{5\rho^2} (M_1 + 4M_2 + M_3); \\ X_2 &= \frac{(B_1 - B_2)^2}{5\rho^2} (M_2 + 4M_3 + M_4). \end{aligned} \right\} \quad (1.9)$$

bu yerda: $M_1, \dots$ va $M_4, \dots$ — kengliklari $B' = (B_1 + B_0)/2$ va $B'' = (B_2 + B_1)/2$ bo'lgan nuqtalarda meridian egrilik radiusi qiymatlari, ular (1.8) formuladan topiladi.

Bitta meridianda olingan nuqtalar orasidagi yoy uzunligi 500 km gacha bo'lganda (1.7) bo'yicha hisoblash aniqligi 1–2 sm ni tashkil qiladi.

Meridian yoyi uzunligi 45 km dan kam bo'lganda (1.7) formulani birinchi hadi bo'yicha hisoblash yetarli, ya'ni

$$S_{\mu} = \frac{(B_0 - B_1)^2}{\rho^2} \cdot M_1. \quad (1.10)$$

Misol: kengliklari $B_1 = 45^{\circ}30'17,22''$ va $B_0 = 47^{\circ}30'08,08''$ bo'lgan nuqtalar orasidagi meridian yoyi uzunligi (1.7) formuladan quyidakilik hisoblansin. Hisoblab topilgan natija (1.9) formulalar bo'yicha nezomet qilinsin.

Hisoblashlar tartibi va olingan natijalar quyidagi 2-jadvalda keltiriladi.

Formulaalar	Natijalar	Formulaalar	Natijalar
σ	6378245	$0,25\epsilon^2 \sin^2 B_1$	0,00085142
ϵ^2	0,00660342	$0,75\epsilon^2 \sin^2 B_2$	0,00090966
$a(1-\epsilon^2)$	6335552,7170	$0,25\epsilon^2 \sin^2 B_{\text{av}}$	0,00088057
b_{av}	1237590	$1,25\epsilon^2 \sin^2 B_1$	0,00125710
B_1	45° 30' 17,22"	$1,25\epsilon^2 \sin^2 B_2$	0,00154832
B_2	47° 30' 08,08"	$1,75\epsilon^2 \sin^2 B_{\text{av}}$	0,00440784
B_{av}	46° 30' 12,65"	$1 + 0,25\epsilon^2$	
		$\sin^2 B_1$	1,00085142
$\sin B_1$	0,71330896	$1 + 0,25\epsilon^2$	
		$\sin^2 B_2$	1,00090966
$\sin B_2$	0,73730580	$1 + 0,75\epsilon^2$	
$\sin B_{\text{av}}$	0,72541659	$\sin^2 B_{\text{av}}$	1,00088057
$0,25\epsilon^2$	0,00165086	$1 - 1,25\epsilon^2 \sin^2 B_1$	0,99574290
		$1 - 1,25\epsilon^2 \sin^2 B_2$	0,99545168
$1,25\epsilon^2$	0,00826678	$1 - 0,25\epsilon^2$	
$\sin^2 B_1$	0,50880668	$\sin^2 B_{\text{av}}$	0,99559716
$\sin^2 B_2$	0,54361689	M_1	6368056,361
$\sin^2 B_{\text{av}}$	0,52622922	M_2	6370290,069
		M_{av}	6369174,076
		$(B_1 - B_2)''$	7190,86
		$(B_1 - B_2)''/6,0$	0,00581037
		S_{av}	222043,667

Meridian yoyi uzunligini nazorat hisoblash tartibi quyidagi 3-jadvalda keltiriladi.

Formulele	Natijalar	Formulele	Natijalar
a	6378245	$0,25e^2 \sin^2 B_1$	0,000851419
e^2	0,006693431823	$0,25e^2 \sin^2 B_2$	0,000909668
$a(1 - e^2)$	6335552,7170	$0,25e^2 \sin^2 B_{\text{av}}$	0,000830569
b	1237950	$0,25e^2 \sin^2 B'_{1av}$	0,000805998
B_1	45° 30' 17,22"	$0,25e^2 \sin^2 B'_{2av}$	0,00095125
B_2	45° 30' 08,08"	$1,35e^2 \sin^2 B_1$	0,004257097
B_{av}	46° 30' 12,65"	$1,35e^2 \sin^2 B_2$	0,004548321
B'_{1av}	46° 30' 14,94"	$1,25e^2 \sin^2 B_{av}$	0,004402843
B'_{2av}	45° 00' 10,36"	$1,35e^2 \sin^2 B'_{1av}$	0,004529992
$\sin B_1$	0,713308562	$1,35e^2 \sin^2 B'_{2av}$	0,004475626
$\sin B_2$	0,737303801	$1 - 0,25e^2 \sin^2 B_1$	1,000851419
$\sin B_{av}$	0,725415385	$1 - 0,25e^2 \sin^2 B_2$	1,000909664
$\sin B'_{1av}$	0,719390113	$1 + 0,15e^2 \sin^2 B_{av}$	1,00080569
$\sin B'_{2av}$	0,731387955	$1 + 0,25e^2 \sin^2 B'_{1av}$	1,000869998
$0,25e^2$	0,001673355	$1 + 0,25e^2 \sin^2 B'_{2av}$	1,00095125
$1,35e^2$	0,009060772	$1 - 1,35e^2 \sin^2 B_1$	0,995742801
$\sin^2 B_1$	0,508896673	$1 - 1,25e^2 \sin^2 B_2$	0,995451679
$\sin^2 B_2$	0,543616895	$1 - 1,25e^2 \sin^2 B_{av}$	0,995597157
$\sin^2 B_{av}$	0,526228232	$1 - 1,25e^2 \sin^2 B'_{1av}$	0,995670008
$\sin^2 B'_{1av}$	0,517522132	$1 - 1,35e^2 \sin^2 B'_{2av}$	0,995524374
$\sin^2 B'_{2av}$	0,534928541	M_1	6368056,364
		M_2	6370280,569
		M_{av}	6369174,076
		M'_{1av}	6368615,351
		M'_{2av}	6369732,371
		$(B_{av} - B_1)^2$	3595,41
		$(B_2 - B_{av})^2$	3595,41
		$(B_{av} - B_1)^2 / b$	0,000905187
		$(B_2 - B_{av})^2 / b$	0,000905187
		a	111025,0790
		a_0	111018,588
		R_{av}	222043,667

2. *Parallel yayi uzunligini hisoblash.* Aylanma ellipsoidni paralleli aylantiri tashkil qiladigan yay uzunligini hisoblash yay uchlari nuqtalarining uzunligini aylantirishga teng markaziy burchak orqali aylana yayini hisoblashga o'xshash bajariladi. Parallel radiusi r quyidagicha teng $r = \rho \cos B$, shunda parallel yayi uzunligini S_a bilan belgilab uni hisoblash uchun quyidagi formula qo'llaniladi

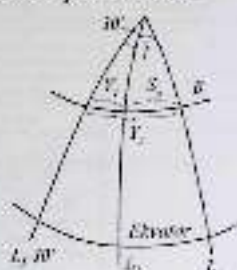
$$S_a = \frac{l^2}{\rho^2} \rho \cos B, \quad (1.11)$$

bu yerda: $l = L_2 - L_1$; B parallel yayi kengligi; (1.11) formuladagi birinchi vertikal egiligi radiusi N (1.2) formuladan hisoblanadi.

Parallel yayi uzunligini hisoblash asosida uchun $L_1 = 50^\circ$ uzunlikda ega meridianidan hisoblanadigan yaylar Y_2 va Y_1 uzunliklari (1.8-shakl) ayirmasi $S_a = Y_2 - Y_1$ hisoblanadi. Y_2 va Y_1 qiymatlari uchun (1.11) formuladan foydalanib yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} Y_2 &= \frac{(l+1600)^2}{\rho^2} N \cos B; \\ Y_1 &= \frac{1600^2}{\rho^2} N \cos B. \end{aligned} \right\} \quad (1.12)$$

Yay uzunligini (1.11) formula orqali hisoblash aniqligi uzunliklar ayirmasi l qiymatiga bog'liq. Agar $l < 1^\circ$ bo'lsa, o'rta kengliklarda S_a qiymati $\pm 0,001$ m atrofida topilishi mumkin.



1.8-shakl

Misol: Bitta parallelda yotgan ikkita nuqtalar orasidagi yay uzunligi S_a nuqtalar uzunliklari farqi $l = 0^{\circ}45'45,88''$ va parallel kengligi $B =$

$34^{\circ}32'10,33''$ dan foydalanib hisoblab topilsin. Topilgan natija (1.12) formula bo'yicha tekshirilsin.

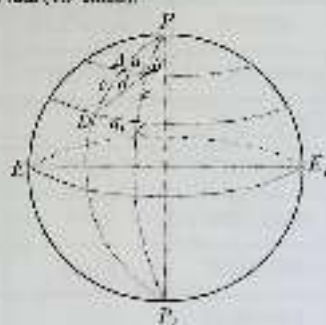
Parabol yayi uzunligini hisoblash tartibi quyidagi 4-jadvalda keltiriladi.

4-jadval

Formula	Natijalar	Formula	Natijalar
L	6378245	$I = 0,25 \cdot \sin^2 B$	0,99888994
a^2	0,006693421623	$I = 0,75 \cdot \sin^2 B$	0,99666978
L	$0^{\circ} 45' 45,88''$	N	6392452,948
B	$54^{\circ} 32' 10,33''$	$\cos B$	0,58018843
$0,25 \cdot a^2$	0,00167336	I''	2745,88
$0,75 \cdot a^2$	0,00502007	$N \cos B$	3708827,266
$\sin B$	0,81448228	I''/ρ	0,01391239
$\sin^2 B$	0,66338138	S_1	49379,153
$0,25 \cdot \sin^2 B$	0,0011007		
$0,75 \cdot \sin^2 B$	0,00539022		
Nazorat hisoblash			
$N \cos B$	3708827,266	L_1	81738,946
$\rho \cdot (1800)''/\rho$	0,02203903	L_2	32365,593
$(1800)''/\rho$	0,00872664	S_2	49375,553

1.6. Svonka trapetsiyasi tomonlari uzunliklari va maydonini hisoblash

1. Trapetsiya tomonlari uzunliklarini hisoblash. Svonka trapetsiyasi ellipsoid sirtining bir qismi bo'lib, u meridianlar va parallelar yaylari bilan chegaralangan bo'ladi (1.9-shakl).



1.9-shakl

Bunda shimoliy va janubiy ekanliklar parallelar yaylari a_1 va a_2 , sharqiy va g'arbiy ekanliklar esa — meridianlar yaylari c hisoblanadi. Trapetsiya diagonali d — Trapetsiyaning olingan mashtabdagi o'lchamlarini topish uchun har bir yoy uzunligini 100 ga ko'paytirib sonli mashtab maxraji m ga bo'linib, tomonlar uzunligi santimetrla chiqadi. Shunday qilib (1.7) va (1.11) formulalarni hisabga olib ishchi formulalar quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{100}{m} \cdot \frac{N_1}{\rho''} \cos B_1 B''; \\ a_2 &= \frac{100}{m} \cdot \frac{N_2}{\rho''} \cos B_2 B''; \\ c &= \frac{100}{m} \cdot \frac{M_0}{\rho''} \Delta B''; \\ d &= \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + c^2}. \end{aligned} \right\} \quad (1.13)$$

bu yerda: m – syyonka masshtabining maxrafi; N_1 va N_2 – B_1 va B_2 kengliklari ega nuqtalarda birinchi vertikal egriklik radiuslari; $M_{0.5}$ – kengligi $B_{0.5} = (B_1 + B_2)/2$ nuqtadagi meridian egriklik radiusi; $\Delta B = B_2 - B_1$.

Masshtabi 1:100 000 va undan yirikroq syyonka trapetsiyalarining rasmkari asosida to'g'ri chiziqli bo'lib tasvirlanadi. Shunda 1.8-shakildagi a yoq uzunligi bilan uning vertikal uzunligi $DC = S$ orasidagi farq hisobga olinmasa ham bo'ladigan kichik qiymatga ega bo'ladi.

Agarda bu farqni $(a - S)$ hisobga olish zaruriyati tug'lsa u quyidagi formuladan topiladi:

$$(a - S) = \frac{8}{3} \left(\frac{b^2}{r} \right); \quad (1.14)$$

bu yerda

$$b = \frac{l^2 \sin 2B_p N_p}{16\sigma}, \quad (1.15)$$

b – osilish strekasi; $l = C$ va D nuqtalari uzunliklarining farqi, $l = L_C - L_D$;

N_p – kengligi $B_{0.5} = (B_1 + B_2)/2$ bo'lgan nuqtada birinchi vertikal egriklik radiusi.

Agarda syyonka trapetsiyasi tekislikda xatosiz tasvirlansa (1.13) formulalar to'g'ri natijalarni beradi. Masshtabi 1:10 000 va undan yirik syyonka trapetsiyalari 6° li zona chegarasida joylashsa Gauss-Kryuger proyeksiyasida rasmkari hisobga olinmasa bo'ladigan kichik xato bilan tasvirlanadi.

Misol: 1:50 000 masshtabli trapetsiya o'lchamlari hisoblansa, agarda uni chegaralovchi parallelar kengliklari $B_1 = 50^\circ 10'$ va $B_2 = 50^\circ 20'$ hamda ushbu trapetsiyani uzunlik bo'yicha qiymati $l = 15'' = 900$ bo'lsa.

Syyonka trapetsiyasi tomonlari uzunliklarini hisoblash tartibi quyidagi 5-jadvalda keltiriladi.