

528(07)

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
ЎРТА МАХСУС, КАСБ-ҲУНАР ТАЪЛИМИ МАРКАЗИ
ЎРТА МАХСУС КАСБ-ҲУНАР ТАЪЛИМИНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИНСТИТУТИ

Э. НУРМАТОВ, Ў. ЎТАНОВ

ГЕОДЕЗИЯ

*Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим
вазирлиги олий ва ўрта махсус ўқув юртлари, касб-ҳунар
коллежлари талабалари учун ўқув қўлланма
сифатида тавсия этган*

528(07)

526 (075)

528 (075)

H-87

26.12

H 87

Тақризчилар: — ТИҚХМИИ картография кафедраси (т. ф. н., доц. И. М. Мусоев). Тошкент мелиорация ва сув ҳўжалиги касб-хўнар коллежи (геодезия фани ўқитувчиси Э. Очилов).

Нурматов Э. Ўтанов Ў.

Геодезия: Олий ва ўрта махсус касб-хўнар коллежлари талабалари учун ўқув қўлланма. Т.: Ўзбекистон, 2003. -224 бет.

Сарл. олдида: Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги ўрта махсус, касб-хўнар таълимини ривожлантириш институти.

I. Автордoш.

ISBN 5-640-03125-5

Мазкур ўқув қўлланмада геодезия, ер тузиш, ер кадастри ва бошқа давлат кадастрларини юритиш, инженерлик иншоотларини изланиш, лойиҳалаш, қуришда бажариладиган геодезик ишлар бўйича назарий ва амалий маълумотлар келтирилган. Бунда геодезия тўғрисида умумий маълумотлар, қўлланиладиган геодезик асбоблар, карта, план, профил тузиш, уларда инженерлик масалаларини ечиш, иншоотларни лойиҳалаш, лойиҳаларни жойга кўчириш учун асос тайёрлаш, планли, баландлик ва фазовий геодезик таянч тармоқларини яратиш методлари, уларнинг асосида топографик съёмкаларини бажариш, инженерлик масалаларини ечиш услублари келтирилган. Назарий материал амалий ва ҳисоб-чизма ишларини бажариш мисолларини ечилиши йўлларини ёритиш билан бирга қўшиб олиб бoрилади.

Ўқув қўлланма олий ва ўрта махсус ўқув юртлири, касб-хўнар коллежлари талабалари ҳамда геодезияни амалда қўллаётган ва ўрганаётган ходимлар учун мўлжалланган.

630768

ББК 26.12я7

Г 1802020000-111 - 2003
351 (04) - 2003

Научная библиотека
ТИИИМСХ

© «Ўзбекистон» нашриёти, Т., 2002.

Сўз боши

Олий ва ўрта махсус ўқув юртларида геодезия фанининг ўқитилишидан асосий мақсад геодезиянинг назарий ва амалий асослари, ўлчашлар аниқлигини баҳолаш ва тайинлаш, ўлчашларни зарурий аниқликда ташкил қилиш, геодезик асбобларнинг тузилиши ва вазифаси, геодезик ўлчашлар методлари ва уларни амалда қўллаш усуллари билан таништиришдан иборат. Курснинг дастури геодезия фани ва ишлаб чиқариш назарий ва амалий масалаларини кетма-кет кўриб чиқиш принципи бўйича тузилган, бунда ТИҚХМИИ геодезия кафедрасида мазкур фанни кўп йиллар давомида ўқитиш тажрибасини умумлаштирилишидан келиб чиқилган. Қўлланмада геодезик асосларни яратиш ва топографик съёмкаларни бажариш учун қўлланиладиган замонавий геодезик асбоблар ҳамда геодезиянинг инженерлик иншоотларини қидириш, лойиҳалаш, лойиҳаларни жойга кўчириш ва қуриш масалалари ҳам қисқача ёритилган.

Китобда талабаларга машқлар, амалий машғулотлар, ҳисоб-чизма ишларни бажариш учун мисоллар ва материаллар келтирилган. Улар геодезияни мустақил ўрганаётганлар ва амалий фаолиятида қўллаётган мутахассислар учун фойдали. Э. Ҳ. Нурматов китобнинг 1—4,7—10-бобларини, У. Ўтанов 5, 6 ва 11-бобларини ёзган. Умумий таҳрирни т.ф.н., доц. Э. Ҳ. Нурматов бажарган.

Ўқув қўлланма ўзбек тилида маънавий эскираётган адабиётлар, геодезик асбоб-ускуналар, усуллардан республикамиздаги лойиҳа-қидирув институтлари ва ишлаб чиқариш ташкилотларига, замонавий чет эл техника ва илғор технологияларининг кириб келиши ва кенг қўлланишига ўтиш даврида чоп этилаётганини ҳисобга олсак, у камчиликлардан холи эмас, албатта. Бундан ташқари тилимизга

юнон, араб, форс, англиз, рус ва бошқа тиллардан кириб келган айрим атамаларни ўзбекчалаштиришда соҳа мутахассислари орасида мунозаралар келиб чиқмоқда, шу сабабли уларнинг маъноси ўзгариши мумкинлигининг олдини олиш мақсадида уларга таърифлар берилиб. атамалар ўз ҳолича қолдирилди [27].

Шунинг учун китобхонлар ўз мулоҳазаларини Тошкент, Қори-Ниёзий кўчаси 39, Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш инженерлари институти (ТИҚҲМИИ) «Геодезия» кафедрасига юборсалар, муаллифлар беҳад миннатдор бўлур эдилар.

1. ГЕОДЕЗИЯ ТЎҒРИСИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

1.1. Геодезия фани ва унинг халқ хўжалигидаги аҳамияти

Геодезия — Ер сирти ёки унинг айрим қисмлари шакли ва ўлчамларини жойда ўлчаш, план, карта, профиллар тузиш орқали ўрганиш ҳамда амалий масалаларни ечиш учун олиб бориладиган махсус ўлчашлар усуллари тўғрисидаги фандир.

Геодезик ўлчашлар ер сиртида, денгизларда, коинотда ва ер остида бурчак, масофа ва баландликни ўлчаш асбоблари ёрдамида олиб борилади.

Геодезия ўз тараққиёти давомида олий геодезия, космик геодезия, амалий геодезия, фототопография, картография ва бошқа мустақил фанларга бўлинади.

Геодезия Ер сиртининг катта бўлмаган участкаларининг карта ва планларини тузиш ҳамда нуқталари баландликларини аниқлаш, уларнинг вертикал кесимлари (профиллари) ни тасвирлаш методлари билан шуғулланади.

Олий геодезия Ернинг шакли, ўлчамларини ва гравитация майдонини аниқлаш, геодезик таянч тармоқларини яратиш, ер эллипсоиди ва фазода геодезик масалаларни ечиш билан шуғулланадиган фан.

Космик геодезия Ерда ва Куёш системаси сайёраларида ўлчашлар учун космик фазодан Ернинг навигация сунъий йўлдошларидан (ЕНСИ), планеталараро кемалар ва орбитал учувчи станциялардан олинган маълумотлардан фойдаланади. Геодезиянинг бу тури Ер табиий ресурсларининг тадқиқотларида кўпроқ қўлланилади.

Илмий-тадқиқот мақсадларида ва халқ хўжалиги манфаати учун геодезик ўлчашлар ер остида ва сув остида, дарё, кўллар ва денгизлар тубида олиб борилади. Биринчи ҳолда геодезия маркшейдерия хизматига тааллуқли бўлса, иккинчисида эса сув ости геодезияси дейилади.

Амалий геодезия ҳар хил инженерлик иншоотларини изланиш, лойиҳалаш, қуриш, ишлатиш ва технологик жиҳозларнинг монтажида қўлланилади.

У олий геодезия, топография, фотограмметрия, аэрокосмик съёмкалар материалларидан фойдаланади. Фототопография топографик карта ва планларни Ернинг фото ва аэросуратлари орқали тузиш усулларини ишлаб чиқишга хизмат қилади.

Картография карталарни тузиш, нашр қилиш ва улардан фойдаланиш усулларини ўрганеди. Геодезик астрономия Ер сиртидаги нуқталарнинг географик координатлари ва чизикларининг азимутларини аниқлашга ёрдам беради. География жой рельефи ва унинг табиий қопламини тўғри баҳолашга имкон туғдиради.

Геодезик ишлар вазифада белгиланган аниқликда бажарилади. Зарурийдан юқорироқ аниқликда ўлчаш кучларни, воситаларни ва вақтни ортиқча сарфлашга сабаб бўлиши, ўлчашлар етарли аниқликда бўлмаса, у яроқсиз саналади ва қутилмаган оқибатларга олиб келиши мумкин.

Геодезик ишларни бажаришда атроф-муҳитни муҳофаза қилиш, ўрмонларни ортиқча кесмаслик, қишлоқ хўжалик экинларига зарар етказмаслик, сув ҳавзаларини ифлослантирмаслик зарур. Ишларни бажаришда хавфсизлик техникаси қоидаларига риоя қилишга эътибор берилиши керак.

Геодезия математика, физика, астрономия, фотография, электроника, география ва бошқа фанлар билан чамбарчас боғлиқ. Математика геодезияни ўлчаш натижаларини ишлаш ва таҳлил қилиш усуллари ҳамда воситалари билан қуроллантиради. Геодезияда оптик ва электромагнит ўлчов асбобларининг ишлаши физика ва механика қонунларига асосланади.

Геодезия ўз тараққиёти давомида янги маъно кашф этди, замонавий асбобларга, геодезик ўлчаш ва ҳисоблаш усулларига эга бўлди.

Геодезия жуда кўп муҳим масалаларни ҳал қилишда қўл келади. Масалан, карта, план, профиллар, сув йиғиладиган майдонлар чегараларини аниқлаш, уларнинг юзаларини ҳисоблаш, сув омбори, тўғон, кўприк, йўл ва бошқа иншоотлар қуриладиган жойлар ўрнини белгилаш, мақбуллигини ҳар томонлама таҳлил қилиш, бирини танлаш, жисмлар ҳажмларини ҳисоблаш, суғориш ва зах қочи-

риш билан боғлиқ гидротехника, шаҳар ва қишлоқ қурилиши иншоотларини қидирув, лойиҳалаш, қуриш ва ишлатиш учун ниҳоятда зарурдир.

Геодезик ўлчашлар сув омборлари ва каналларни, суғориладиган ерларни лойиҳалашда ер ишлари ҳажмларини аниқлаш, тўғонларнинг бехатар ишлаши учун улар жисмининг чўкиш ва силжиш жараёнини кузатиш, таҳлил қилиш ва башоратлаш каби масалаларни ҳал қилишда ҳам қўлланилади.

Геодезия фани ерни бўлиш, уни ҳисобга олиш, она заминни муҳофаза қилиш, ердан тўғри фойдаланиш, ер ва бошқа давлат кадастрларини юритиш, геология, гидрогеология, тупроқ, геоботаника, иқтисодий ва бошқа лойиҳақидирув ишларини олиб боришда кенг қўлланилади.

Шаҳар ва қишлоқ жойларида лойиҳаланаётган ёки амалга ошириладиган инженерлик ва бошқа тадбирларни махсус геодезик ишлар ўтказмасдан туриб бажариб бўлмайди. Мутахассислар дала ишлари, қидирув, лойиҳалаш ва қурилиш ишларини ташкил этиш ва уларга раҳбарлик қилиш ҳамда уларни яхши бажаришлари учун геодезия ва унинг амалиётда қўлланиладиган қисми — инженерлик геодезияси асосларини билишлари шарт.

1.2. Ернинг умумий шакли ва ўлчамлари

Ўлчанган Ер сирти бўлақларини қоғозга тасвирлаш учун Ернинг умумий шакли ва ўлчамларини билиш зарур. Ер сиртининг 71% и океан суви билан банд бўлганлиги учун Ернинг шакли деб тинч ҳолатидаги океан суви сатҳининг материклар тагидан фикран давом эттирилишидан ҳосил бўлган сатҳий сирт қабул қилинади (1.1-расм).

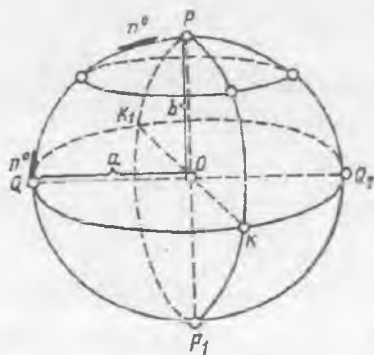


1.1- расм. Ернинг умумий шакли.



1.2-расм. Геоид ва эллипсоид кўриниши:
 pq — шовун чизиқ, mn — эллипсоидга нормал (перпендикуляр)
 чизиқ, u — шовун чизиқ огиши.

Сатҳий сирт *геоид* дейилади, у ҳар бир нуқтасида pq шовун чизиғига перпендикуляр бўлади (1.2-расм), у океанлар суви сатҳига мос келади, аммо қуруқликдаги тоғли жойларда эса ундан 4 м гача фарқ қилиши мумкин бўлган *квазигеоид* номини олган сиртни ҳосил қилади ва уларни математик формулалар ёрдамида ифодалаб бўлмайди. Шу сабабли Ернинг шакли учун геоиддан энг кам оғадиган эллипснинг кичик PP_1 қутб ўқи атрофида айланишидан ҳосил бўлган ҳар бир нуқтаси mn нормалга тик *эллипсоид сирти* — сфероид қабул қилинади (1.3-расм). Эллипсоид ўлчамлари унинг катта ярим ўқи a , кичик ярим ўқи b ва $\alpha = \frac{a-b}{a}$ формулада аниқланадиган сиқилиши билан тав-



1.3-расм. Айланиш эллипсоиди ёки сфероид.

сифланади. Эллипсоид ўлчамлари эрализнинг охири юз йиллигида кўп олимлар томонидан бир неча марта аниқланган. Улардан Даламбер томонидан 1800 йилда олинган натижалар тарихий аҳамиятга эга. Париж меридиани чорагининг ўн миллиондан бир қисми метрик системада бир метрга тенг ўлчов бирлиги сифатида қабул қилинган. 1946 йилдан МДХда ҳамма геодезик ишлар учун катта ярим ўқи $a = 6378245$ м, кичик ярим ўқи $b = 6356863$ м ва сиқилиши $\alpha = 1:298,3$ бўлган Ф. Красовский эллипсоиди қабул қилинган. Кўпинча амалий масалаларни ҳал қилишда эллипсоид сирти Ер шакли радиуси $R = 6371,11$ км бўлган шар сиртига тенг деб олинади.

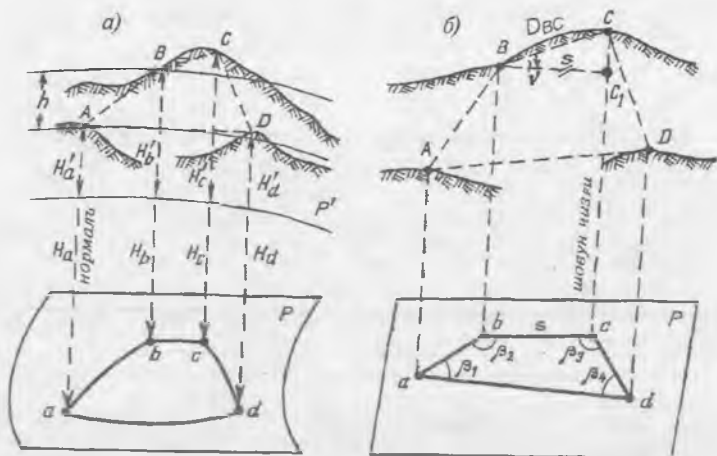
Ҳозирги даврда Ернинг шакли деб, қуруқликда унинг қаттиқ қобиғининг табиий сирти, океанлар ва денгизлар худудида эса уларнинг тинч ҳолатдаги сатҳи қабул қилинади. Ернинг табиий сиртини ўрганиш танланган системада жой нуқталари ҳолатлари (координаталарини) танланган (масалан, Красовский эллипсоиди) сиртга нисбатан ўрганилади. Геодезиянинг кўп масалаларини ечишда Ер шакли сифатида маълум радиусли сфера қабул қилинади.

Ер сирти бўлагини карта, план ва профилларда тасвирлаш учун унинг ҳамма нуқталари қабул қилинган сиртга проекцияланади. Ер сиртининг кичик участкалари учун эллипсоид сирти текислик деб қабул қилинади.

1.3. Геодезияда проекциялаш методи. Жой нуқталари координаталари ва баландликлари

Ҳар хил фазовий шакллар ва предметларни қоғозда тасвирлаш учун проекциялаш методи қўлланилади. Ернинг табиий сиртида ётган нуқталарнинг ҳолати эллипсоид сиртига нормал деб қабул қилинадиган шовун чизиқлари ёрдамида проекцияланади. Лойиҳалаш натижасида нуқталарнинг тўғри бурчакли (ортогонал) — горизонтал проекциялари ҳосил бўлади. Кўпгина амалий мақсадлар учун геоид ва эллипсоид сиртлари қандайдир участкаларга мос келувчи сатҳий (горизонтал) P сиртни (1.4-расм, a) ҳосил қилади деб ҳисоблаш мумкин. У ҳолда Ер табиий сиртида жойлашган фазовий $ABCD$ кўпбурчак шовун чизиқларида P сиртга проекцияланади.

Шовун чизиқларида бўлган a, b, c, d нуқталар сатҳий сиртларни кесади ва улар ер сирти тегишли нуқталари-



1.4-расм. Жой нуқталарининг проекциялари:
 а-кўпбурчакни R радиусли P сферага лойиҳалаш; б-кўпбурчакни горизонтал P текисликка лойиҳалаш

нинг горизонтал проекциялари дейилади. Нуқталар ҳолатини аниқлаш масаласи бу нуқталар горизонтал проекцияларини ва уларнинг сатҳий сиртидан баландликларини топишдан иборат бўлади. Нуқталарининг горизонтал ҳолати географик (кенглик φ ва узқлик λ) ва тўғри бурчакли (абсциссалар x ва ординаталар y) координаталар билан аниқланади.

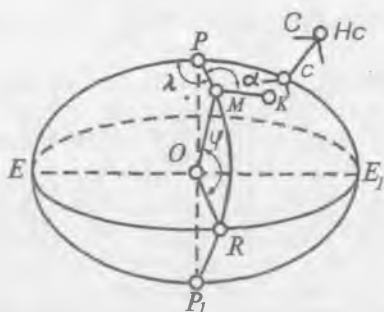
Агар жойнинг $ABCD$ тўртбурчаги ўлчамлари катта бўлмаса (1.4-расм, б), уни сатҳий P сиртга лойиҳалашда горизонтал P текислик билан алмаштириш мумкин. Aa , Bb , Cc , Dd лойиҳалаш чизиқлари P текисликка перпендикуляр, ab , bc , cd , da томонлар ва улар орасидаги $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ бурчаклар жойнинг тегишли томонлари ва бурчакларининг горизонтал проекцияси бўлади, $abcd$ ясси тўртбурчак эса Ер табиий сиртида жойлашган $ABCD$ тўртбурчакнинг горизонтал проекциясидир. Жойда бевосита AB , BC , CD , DA масофаларни ва $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ бурчакларни ўлчаш мумкин. Жойда ўлчанган $BC = D_{BC}$ қия чизиқдан унинг горизонтал текисликдаги проекцияси $BC_1 = S$ узунлигига ўтиш мумкин. Қиялик бурчаги ν жойнинг BC чизиғи ва унинг текисликдаги горизонтал BC_1 проекцияси орасидаги бурчак, уни бевосита ўлчаса бўлади. BCC_1 учбурчакдан жой чизиғи горизонтал қуйилиши қуйидаги формуладан топилади: $S = D \cos \nu$.

Жой нуқтасидан ўтувчи сатҳий сиртдан саноқ бошланиши деб қабул қилинган сатҳий сиртгача бўлган масофа *баландлик* дейилади. Баландликнинг сонли қиймати *белги* деб аталади. Горизонтал P сатҳий сиртдан саналадиган баландликлар H_a, H_b, H_c, H_d (1.4-расм, *a*) *абсолют (мутлақ) баландликлар*, исталган P' сиртга келтирилган баландликлар *шартли баландликлар* дейилади. МДХ да мутлақ баландликлар саноқ боши қилиб Болтиқ денгизи суви ўртгача сатҳини белгиловчи Кронштадт футштоки (мис тахтаси) ноли қабул қилинган, бунга *Болтиқ баландликлар системаси* дейилади. Агар жойнинг A ва B нуқталаридан сатҳий сиртлар ўтказилган деб фараз қилинса, унда баландликлар фарқи $Aa - Bb = h$ *нисбий баландлик* (орттирма) дейилади. Бир нуқтанинг иккинчи нуқтадан нисбий баландлигини ва нуқталардан бирининг баландлигини билган ҳолда бошқа нуқтанинг баландлигини топиш мумкин.

1.4. Астрономик ва геодезик координаталар системалари. Бошланғич геодезик саналар

Шовун чизиқларининг оғишлари туфайли улар ётадиган астрономик меридианлар текисликлари, эллипсоид сиртига нормаллар ётадиган геодезик меридианлар текисликлари айни бир нуқталар учун мос тушмайди. Шу сабабли нуқталарнинг геоидга тааллуқли астрономик координаталари ва референц-эллипсоидга тааллуқли геодезик координаталари текисликлари бўлиб бошланғич деб қабул қилинган экватор ва меридиан текисликлари хизмат қилади.

Астрономик координаталар. Астрономик координаталар системасида геоиддаги нуқталарнинг ўрни осмон ёриткичларини кузатиш бўйича олинadиган φ кенглик ва λ узоқлик бўйича аниқланади. M нуқтанинг астрономик кенглиги деб берилган нуқтадаги шовун MO чизиғи билан экватор текислиги орасида ҳосил бўлган φ бурчакка айтилади (1.5-расм). Кенгликлар экватордан икки томонга саналиб, экватордаги 0° дан кутблардаги 90° гача қийматларни қабул қилиши мумкин ва уларнинг шимолий ярим шарда жойлашган нуқталари учун кенгликлар *шимолий*, жанубий ярим шардаги нуқталари учун эса кенгликлар *жанубий* дейилади. M нуқтанинг астрономик узоқлиги деб бошланғич (нолинчи) астрономик меридиан PEP_1 ва берилган нуқтанинг



1.5-расм. Астрономик координаталар

астрономик меридиани PMP_1 орасидаги икки қиррали λ бурчакка айтилади.

Ҳозирги кунда МДХ да Англиянинг Гринвич (Лондон яқини)даги обсерваторияси думалоқ зали марказидан ўтадиган меридиан бошланғич деб қабул қилинган. Узоқликлар бошланғич меридиандан шарққа ва ғарбга градусли ўлчамда 0 дан 180° гача саналади ва булар тегишлича *шарқий* ва *ғарбий узоқликлар* дейилади. Астрономик узоқликлар кўпинча градусли эмас, балки соатли ўлчамда ҳам ифодаланади.

MK йўналишнинг *астрономик азимути* (1.5-расм) деб берилган нуқта астрономик меридиани текислиги билан M ва K нуқталардан ўтувчи вертикал шовун текислиги орасида M нуқтада ҳосил бўлган икки қиррали α бурчакка айтилади. Азимутлар ҳисоби соат мили ҳаракати йўли бўйича MP меридиан шимолий йўналишидан берилган MK йўналишигача саналади. Азимутлар 0 дан 360° гача ўзгариши мумкин.

Геодезик координаталар. Геодезик координаталар системасида референц-эллипсоиддаги нуқталарнинг ҳолати астрономик координаталар ва геодезик ўлчашлар бўйича ҳисоблашлардан олинадиган B кенглик ва L узоқлик билан аниқланади.

Эллипсоид сиртида жойлашган (Ер табиий сирти нуқтаси проекцияси) M нуқтанинг *геодезик кенлиги* деб бу нуқтада эллипсоид сиртига MK нормаль билан экватор текислиги орасида ҳосил бўлган B бурчакка айтилади (1.6-расм).

M нуқтанинг *геодезик узоқлиги* деб бошланғич PEP_1 ва берилган PMP_1 нуқталар геодезик меридианлари текисликлари орасидаги икки қиррали L бурчакка айтилади. MK

йўналишининг A геодезик азимутини деб (M ва K нуқталар эллипсоид сиртида жойлашган) MP геодезик меридиан текислиги ва берилган MK йўналишга эга M нуқтадаги нормалдан ўтадиган икки қиррали бурчакка айтилади. Геодезик кенгликлар, узоқликлар ва азимутлар ҳисоби астрономиядаги каби бўлади.

Ер сиртидаги C нуқтанинг геодезик H_C баландлиги деб эллипсоидга нормал бўйича саналадиган эллипсоид сиртидаги нуқтанинг баландлигига айтилади.

Геодезик координаталар системаси эллипсоид сиртида кўп геодезик масалаларни ечиш учун кенг қўлланилади. У Гаусс проекциясида ясси тўғри бурчакли координаталар зонали системасига ўтиш учун асос бўлади. Олий геодезияда астрономик ва геодезик координаталар орасидаги боғлиқлик шовун чизиқлари оғишлари орқали ўрнатилади. Бу боғлиқликни қуйидаги формулаларда ифодалаш мумкин:

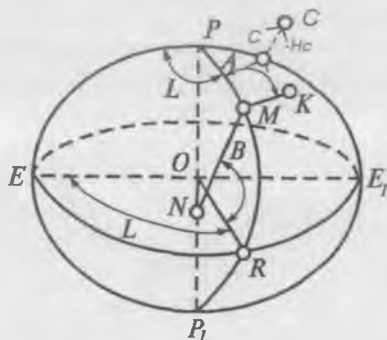
$$B = \varphi - \xi; \quad L = \lambda - \eta \sec \varphi,$$

бунда ξ ва η — тегишлича шовун чизигининг меридианда ва биринчи вертикалда оғиши.

Геодезик азимут A астрономик азимут α орқали Лаплас тенгламаси дейиладиган қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$A = \alpha + (L - \lambda) \sin \varphi.$$

Геодезик ишларда астрономик ва геодезик координаталар фарқлари майда масштабли карталарни тузишдан бошқа ҳолларда ҳисобга олинади. Геодезик координаталар фақат

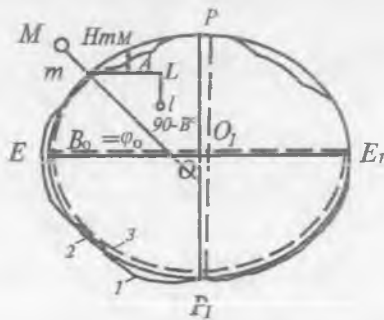


1.6-расм. Геодезик координаталар.

1- синф пунктлари учун ҳисобланади, қолган ҳамма геодезик ишларда ўлчашлар натижаларининг ишланишини иложи борица енгиллаштириш мақсадида эллипсоиддаги тармоқ Гаусс проекцияси текислигига ўтказилади.

Бошланғич геодезик саналар. Референц-эллипсоиднинг параметрларини аниқ топишдан ташқари уни геоид жисмида тўғри жойлаштириш — ориентирлаш керак. Геодезик ўлчашларни референц-эллипсоид сиртига проекциялаш натижасида бу сиртда Ер табиий сиртидан топиладиган нуқталарнинг нисбий ҳолатини аниқлаш мумкин. Бу нуқталарнинг геодезик координаталарини редукцияланган геодезик ўлчашлар натижалари бўйича ҳисоблаш учун ҳеч бўлмаса бир пунктнинг координаталарини ва бу пунктдан қандайдир йўналишнинг азимутини билиш зарур. Ҳамма пунктларнинг координаталари ҳисобланадиган бундай пункт *бошланғич пункт*, ундаги йўналишлардан бири *бошланғич йўналиш* дейилади.

Бошланғич пунктнинг координаталари, яъни геодезик В кенглиги ва L узоқлиги, А геодезик азимуту ва геоиддан H_{mM} баландлиги бошланғич геодезик саналар дейилади (1.7-расм). Бошланғич геодезик саналар референц-эллипсоидни, астрономик ва геодезик координаталар системасини Ер жисмида ориентирлайди. Референц-эллипсоидни тўғрироқ ориентирлаш учун бошланғич пунктда шовун чизиги ва азимуту аниқланади. Гесидни референц-эллипсоид сиртидан баландлиги бошқа геодезик саналардан ҳолис ҳолда астрономик гравиметрик нивелирлаш методи билан ўрнатилади. Бундай ишлар 1942 йилда Красовский эллипсоидини ориентирлашда қўлланилгани учун МДХда геодезик координаталар 1942 йил координаталар системаси дейилади.



1.7-расм. Нисбийлик сиртлари: 1—геоид; 2—умумий Ер эллипсоиди; 3—референц эллипсоид.

1.5. Ер эгрилиги таъсирини горизонтал масофаларни ва баландликларни ўлчашда ҳисобга олиш

Ер сиртини ўрганишда унинг ҳамма нуқталари олдиндан қабул қилинган ягона геоид сиртидан деярли фарқ қилмайдиган эллипсоид сиртига нормал бўлган чизиқлар билан лойиҳаланиши ва Ер табиий сиртининг ҳар бир нуқтаси ёки контурига лойиҳалаш сиртида нуқта ёки контур мос келиши кўрсатилган эди. Энди *Ер табиий сиртининг қандай ўлчамдаги участкасини эллипсоид сиртига ва горизонтал текисликка проекциялаганда уни горизонтал деб қараш мумкин деган масала келиб чиқади.* Бу масалани ечиш учун 1.8-расмдаги $AB = S$ чизиқ маркази O нуқтада, радиуси R га тенг бўлган Ер шари сиртининг бир қисми бўлсин. AB ёйга A нуқтадан ўтайдиган AB_1 уринмани OB радиуснинг давоми билан кесиштириб, B_1 нуқтани топамиз. AB ёйни унинг B нуқтадаги уринмаси AB_1 билан алмаштиришдан келиб чиқадиган фарқ

$$\Delta S = d - S \quad (1.1)$$

ва

$$\Delta h = BC - B_1C. \quad (1.2)$$

AB сфера сирти кесимини унга уринма AB_1 билан алмаштириш мутлақ хатолигига тенг бўлади.

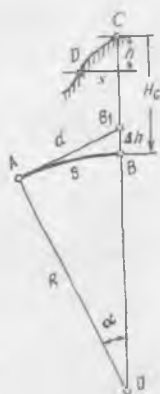
$d = R \operatorname{tg} \alpha$, $S = R \alpha$ бўлганлиги ва α радианда ифодалангани учун уларнинг қийматини (1.1) формулага қўйсақ,

$$\Delta S = R(\operatorname{tg} \alpha - \alpha). \quad (1.3)$$

$\operatorname{tg} \alpha$ ни қаторга ёйиб ва α нинг кичиклиги сабабли ёйилманинг икки ҳади билан чекланиб, ҳосил бўлган $\operatorname{tg} \alpha - \alpha + \frac{\alpha^3}{3} + \dots$ ифодани олдинги (1.3) формулага қўйиб, айрим ўзгартиришдан сўнг $\Delta S = \frac{R\alpha^3}{3}$ га эга бўламиз ва бу формулага $\alpha = \frac{d}{R}$ қиймати қўйилганда эса

$$\Delta S = \frac{d^3}{3R^2}, \quad (1.4)$$

бунда $R = 6400$ км — Ер радиуси.



1.8-расм.
Ер эгрилигининг горизонтал ва вертикал масофаларга таъсири

S , км	$\Delta S = d - S$, см	$\frac{\Delta S}{S}$	d , км	$\Delta S = d - S$, см	$\frac{\Delta S}{S}$
10	1	1:1000000	50	103	1:49000
25	13	1:192000	100	820	1:12000

1.1-жадвалдан жой чизиқларини энг юқори аниқликда ўлчаш нисбий хатолиги чеки 1:1 000 000 дан кам бўлганлиги учун радиуси 10 км гача бўлган унинг участкаларида сферик сиртни текислик билан алмаштиришдан келиб чиқадиган хатолик амалий аҳамиятга эга бўлмаслигига ишонч ҳосил қилиш мумкин. Шу сабабли бундай катталикдаги майдонда эллипсоид сирти текисликка шовун чизиғига перпендикуляр қилиб проекцияланиб, жой плани тузилади. Ўлчашлар аниқлиги камроқ бўлганда сферик сирт радиусини каттароқ қилиб олиш мумкин.

Ер эгрилигини унинг нуқталари баландликларига таъсирини ҳисоблаш формуласини келтириб чиқариш учун Ер сатҳий сиртининг катта бўлмаган AB участкасини унга уринма бўлган AB_1 билан алмаштирилса, B нуқта B_1 нуқтагача силжийди ва унинг баландлиги Δh миқдорга ўзгаради (1.8-расм) Δh миқдор Ер эгрилигининг нуқталар баландликларига таъсирини ифодалайди, шу сабабли *Ер эгрилиги учун уни тузатма дейилади*. Бунинг миқдорини жойдаги S сферик сиртга ва унга уринма d текисликка нисбатан қуйидагича аниқлаш мумкин. Уринма ва ватар орасидаги BAB_1 бурчак $1/2\alpha$. Унинг кичиклиги учун Δh ни S радиусли ёй деб қараш мумкин, яъни $\Delta h = \frac{S}{2}\alpha$. α ни $\frac{S}{R}$ билан алмаштирадик, $\Delta h = \frac{S^2}{2R + \Delta h}$ га эга бўламиз. Δh миқдор R га нисбатан жуда кичик бўлгани учун ўнг қисмдан уни ташлаб юбориш мумкин. У ҳолда:

$$\Delta h = \frac{S^2}{2R}. \quad (1.6)$$

(1.6) формуладаги S га ҳар хил қийматлар берилса, Δh нинг 1.2-жадвалда келтирилган қийматларини ҳосил қиламиз:

Масофа S , м	100	1000	2000	3000	5000	10000
$\Delta h = k$, см	0,08	7,8	31	71	105	780

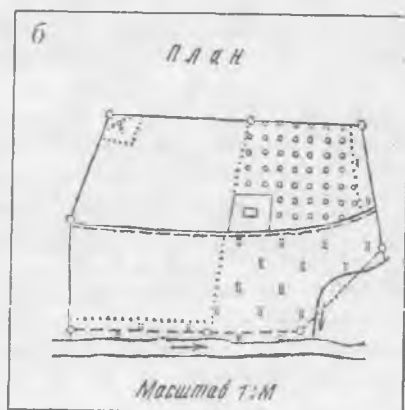
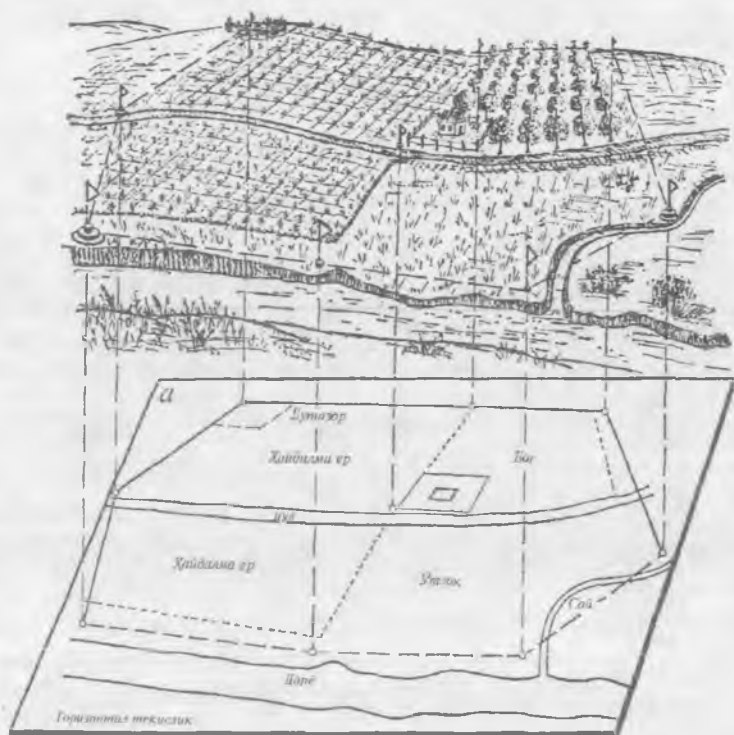
Агар $S = 1$ км ва $R = 6371$ км бўлса $k = 78,5$ мм, $S = 100$ м бўлганда эса $k = 0,8$ мм. Ер белгиларини 1 мм гача аниқликда билиш зарур. Шу сабабли қисқа 50—100 м масофаларда ҳам Ер эгрилигини нуқталар баландликларига таъсири бўлишини ва уни ҳисобга олишни билиш зарур.

1.6. Карта, план, профиль ва аэрофотосурат тўғрисида тушунча

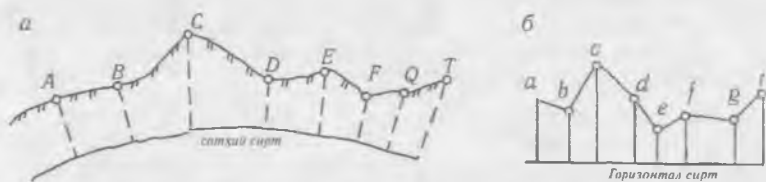
Жойнинг картасини (ёки планини) ҳар хил масштабда тузиш мақсадида бажариладиган геодезик ўлчашлар мажмуи съёмка дейилади. Жойнинг горизонтал (контурли), вертикал ва топографик съёмкаси фарқланади. Горизонтал съёмка натижасида жойнинг контурли картаси ҳосил қилинади, унда жойнинг фақат предметлари ва контурлари тасвирланади. Вертикал съёмкада жой нуқталарининг планли ўринлари ва баландликлари топилади ва улар бўйича участка тафсилоти ва рельефи горизонталлар билан тасвирланади. Горизонтал ва вертикал съёмкалар мажмуи топографик съёмкани ташкил этади, натижада жой предметлари, контурлари ва рельефи тасвирланган карта ҳосил қилинади. Горизонтал, вертикал ва топографик съёмкалар катта майдонларда ягона планли ва баландлик координаталар системалари асосида амалга оширилади.

Агар жойнинг $ABCD$ участкасининг $abcd$ горизонтал проекциясини қоғозда (текисликда) ўзига ўхшаш ва кичрайтириб яасасак, унинг *плани* ҳосил бўлади (1.4, б-расм). *Жойнинг плани деб унинг проекциясини горизонтал текисликда ўхшаш ва кичрайтирилган кўринишдаги тасвирига айтилади* (1.9-расм). Жой элементлари (ҳайдалма ерлар, дарёлар, кўллар, бинолар ва ҳ.к.) чегаралари кўрсатилган планлар *контурли*, улардан ташқари рельеф ҳам кўрсатилса, *топографик планлар* дейилади.

Жой участкаси катта бўлса, у сфера деб қабул қилинадиган сатҳий сиртга проекцияланади (1.4, а- расм). Бу *гори-*



1.9-расм. Жой участкаси (а) ва унинг плани (б).



1.10-расм. Ер сирти вертикал кесими (а) ва унинг профили (б).

зонтал проекция кичрайтирилган кўринишда маълум масштабда текисликда тасвирланади. Сферик сиртни текисликда чизиқ узунликлари, юзалар, чизиқлар йўналишлари ўзгаришсиз тасвирлаб бўлмайди, шу сабабли уни маълум математик қонунлар асосида тузиладиган картографик проекциялар ёрдамида тасвирланади. Бутун ер сиртининг ва унинг катта қисмларининг сатҳий сирт эгрилигини ҳисобга олиб текисликда умумлаштириб кичрайтирилган тасвири карта дейилади (2.1-расм). Ҳар хил картографик проекциялар, масалан, майдонлари ўзгармайдиган — тенг катталиқдаги, бурчаклари ўзгармай сақланадиган — тенг бурчакли проекциялар ва бошқалари мавжуд.

Берилган йўналиш бўйича жой вертикал кесимининг кичрайтирилган тасвири профиль дейилади (1.10-расм). Про-



1.11-расм. Жойнинг аэрофотографик тасвири (а) ва у бўйича тузилган топографик план (б).

филда рельеф ифодали тасвирланиши учун унинг горизонтал масштаби вертикалликка нисбатан 10 ёки 20 марта катта қилиб олинади.

Карта ва планларни яратиш учун кўпинча аэрофотосуратдан фойдаланилади (1.11-рasm, *a*), у марказий проекцияни ифодалайди, унда жой нуқталари, нурлари аэрофотоаппарат объективининг оптик маркази бўлган бир нуқтадан ўтиб, расмни текисликда кесишишидан нуқталар проекциясининг позитив ёки негатив тасвирини ҳосил қилади. Ортогонал проекцияга нисбатан аэрофотосуратдаги нуқталар проекцияси жой рельефи ва аэрофотосурат қиялик бурчаги таъсири ҳисобига бирмунча силжиган бўлади. Шунинг учун топографик план ёки карталарни тузишда аэрофотосуратлар трансформацияланиб, маълум масштабга келтирилади, сўнгра жойда ёки камерал шароитда ундаги жой тафсилоти мазмунни ёритилади — дешифрланади, рельефни тушириш учун махсус контурли комбинациялашган ёки стереофотограмметик съёмкалар бажарилади (1.11-б расм).

2. ТОПОГРАФИК КАРТАЛАРНИ ЎРГАНИШ

2.1. Масштаблар

Карта ва планларни тузишда уларга қўйиладиган талаблар ва аниқлигига қараб жойдаги ўлчанган чизиқлар бир неча марта кичрайтирилади.

Картадаги чизиқ s узунлигининг жойнинг тегишли S чизиқ узунлиги горизонтал проекциясига нисбати масштаб дейилади. Масштаблар сонли, чизиқли ва кўндаланг кўринишда ифодаланadi. Картанинг сонли масштабини қуйидаги муносабатдан аниқлаш мумкин:

$$M = \frac{S}{s}, \quad (2.1)$$

бунда S — жойдаги чизиқ узунлиги, s — бу чизиқнинг картадаги узунлиги. Агар $S = 1$ км, $s = 10$ см бўлса,

$$M = \frac{10 \text{ см}}{100000 \text{ см}} = \frac{1}{10000}.$$

Сурати бир бўлган каср билан ифодаланган масштабнинг махражи картадаги чизиқ узунлиги жойдаги чизиқ узунлигидан неча марта кичиклигини кўрсатади.

Топографик картада сонли масштаб ёзувидан пастда (2.1-рasmга қаранг) 1 сантиметрда 100 метрлар деб номланган

сўзни ўқиш мумкин: яъни бу (1:10 000) масштабни изоҳлайди. Агар картада чизиқ узунлиги $s = 1,75$ см, карта масштаби эса 1:10000 бўлса, жойдаги чизиқ узунлиги $S = 1,75 \text{ см} \times 10000 = 175 \text{ м}$. Тескари масала ҳам шундай ечилади: жойдаги чизиқ узунлиги $S = 325,5 \text{ м}$ бўлса, (2.1) муносабатдан унинг картадаги проекцияси $s = 325,5:10000 = 3,26 \text{ см}$ бўлади.

Карталарни тузишда жойнинг ҳар бир чизиғи бир хил сонга кичрайтирилади. Шу сабабли масалаларни график усулда ечишда, яъни оммавий ўлчашларда чизиқли масштабни қўллаш қулай.

Картанинг жанубий роми тагида кўрсатилган чизиқли масштабни яшаш учун тўғри чизиқда *масштаб асоси* дейиладиган, узунлиги 2 см ли кесмани бир неча марта ўлчаб қўйилади. Берилган сонли масштаб бўйича олинган масштаб асосига мос келадиган жой чизиқ узунлиги ҳисобланади ва масштаб ёзилади. Чапдан чеккадаги кесма одатда 10 та тенг қисмга бўлинади. Масштабдаги юзлик ва ўнлик метрлар бевосита олинади, айрим метрлари эса кўзда баҳоланади. Масалан, картадаги Голан тоғи билан ун заводи (квадрат 6511) 1:10 000 масштабли картада чизиқли масштаб бўйича топилган жойдаги 339 м га тенг масофага мос келади. Чизиқли масштаб чизиқ узунликларини кўз билан баҳолаб топиш аниқлиги масштаб асосининг энг кичик бўлагининг 0,1 улушини, яъни карта масштабида 0,2 мм ни ташкил этади.

Масофаларни каттароқ аниқликда топиш учун кўндаланг масштаб қўлланилади. Уни яшаш учун KL чизиқдаги (2.2-расм) масштаб асосида тенг икки сантиметрли кесмалар бир неча марта ўлчаб қўйилади ва ҳосил бўлган нуқталардан перпендикулярлар тикланади. Четдаги перпендикулярларга $KM = LN = 2$ см ёки бир мунча ортиқроқ кесмаларни қўямиз ва уларда $MN \parallel KL$ чизиқларни ўтказиб, $MB = KC$ асосли чизиқли масштабни яна оламиз. Энди KC ва MC кесмалар m та ҳамда KM ва LN кесмалар n та тенг бўлакка бўлинади ва топилган нуқталардан 2.2-расмда кўрсатилгандек параллел чизиқлар ўтказамиз. Бажарилган яшашлар натижасида энг кичик бўлаги $a_1 b_1$ бўлган кўндаланг масштаб ясалади, унинг ўлчами $a_1 b_1 C$ ва ABC учбурчаклар ўхшашлигидан

$$a_1 b_1 = \frac{AB}{BC} b_1 C.$$



2.1-расм. Топографик карта вараги қисми

$AB = KC/t$ ва $b_1C = BC/n$ бўлгани учун $a_1b_1 = KC/tn$. Нормал (стандарт) кўндаланг масштаб учун $t = n = 10$ шу сабабли



2.2-расм. Нормал кўндаланг масштаб номограммаси

$$a_1 b_1 = 0,01 K C.$$

Нормал кўндаланг масштабнинг энг кичик бўлаги унинг асосининг 0,01 қисмини, яъни 0,2 мм ни ташкил этади. Учбурчаклар ўхшашлигидан $a_2 b_2 = 2 a_1 b_1$, $a_3 b_3 = 3 a_1 b_1$ ва ҳ.к. Кўндаланг масштабдан фойдаланиш учун берилган сонли масштабда тегишли элементлар ҳисобланади. Масалан, 2.2-расмда тасвирланган кўндаланг масштаб номограммасидан 1:10000 масштабда 487 м кесма узунлигини топиш керак. Бу ҳолда пландаги 1 см га жойда 100 м, 2 см ли KC асосга 200 м, кичик AB бўлакка 20 м тўғри келади, энг кичик $a_1 b_1 = 2$ м, масштаб аниқлиги 1 м бўлади. Циркуль (ўлчагич) игналари орасида иккита асос (400 м) оламиз, кейин чапдаги игнани тўрт кичик бўлакка (80 м) ва ўлчагични юқорига уч ярим бўлакка (7 м) сурамиз, бунда чапдаги игна оғма чизиқ бўйича, ўнгдагиси эса вертикал бўйлаб баравар сурилади, игналар MN оралиғи 487 м кесмани ташкил этади. 2.2-расм бўйича RS кесма 1:5000 масштабда 357 м га тенг, 1:2000 масштабда 142,8 м; 1:1000 масштабда кесма $PQ = 59,0$ м ва 1:25000 масштабда 1475 м; 1:100000 масштабда кесма $TU = 5,68$ км ва 1:50000 масштабда эса 2,84 км ни ташкил этади.

Кўндаланг масштаб графиги *масштабли* дейиладиган металл чизғичларда ва айрим асбобларда гравирланади.

Берилган масштабни чизмада ифодаланган $m_t = 0,1$ мм кесмага тўғри келадиган жойдаги чизиқ кўндаланг масштабнинг чекли аниқлиги дейилади, у қуйидаги формула орқали ҳисобланади;

$$f_{\text{чекли}} = \frac{m_t}{10000} M, \quad (2.3)$$

бу ифода бўйича 1:5000, 1:2000, 1:1000 масштаблардаги планинг чекли аниқлиги мос равишда 0,5 м, 0,2 м ва 0,1 м

ни ташкил этади. Демак, ўлчамлари келтирилганлардан кичик бўлган жой предметларини планда масштабни шартли белгиларда тасвирлаш имкони бўлмайди. Бундай берилган масштабда план тузиш учун ўлчаш ишлари аниқлигини ва батафсиллигини асослаш масаласи келиб чиқади ва уни ечиш йўллари геодезияда амалиётда кўриб чиқилади. Масштаб аниқлигини билган ҳолда қуйидаги иккита масалани ечиш мумкин: а) *карта масштабида тасвирлаш мумкин бўлмаган жой предметлари ва контурлар эгри-бугриликлари ўлчамини аниқлаш*; б) *бизга керак бўлган жой предметлари картада ўхшаш шакллар бўлиб тасвирланиши учун карта масштабини танлаш*.

2.2. Шартли белгилар

Карталарда жой тафсилотини (аҳоли пунктлари, ўсимликлар, йўллар, дарёлар, қўллар, денгизлар) ва ҳар хил объектларни белгилаш учун шартли белгилардан фойдаланилади (2.1-расм).

Ҳамма масштаблар учун шартли белгилар мутасадди ташкилотлар томонидан ўрнатилади ва ҳамма бажарувчилар учун уларни қўллаш мажбурий бўлади. Шартли белгилар картани ўқиш, яъни тасвирланган жойни тушуниш имконини беради. Ҳамма шартли белгилар тўрт — *майдон (масштаб)ли, масштабсиз, чизиқли ва изоҳловчи* турларга бўлиниши мумкин.

Жойда катта майдонни эгаллаган ва карта масштабида ифодаланадиган объектлар *масштабни шартли белгилар* билан тасвирланади. *Майдонли шартли белги* объект чегараси белгиси ва уни тўлдирадиган ёки шартли бўяш белгиларидан иборат. Объект контури нуқтали пунктирда ёки объектнинг чегарасига тегишли (йўл, ариқлар, тўсиқлар ва ҳ.к.) шартли белгилардан иборат. Юзани шартли белгилар билан тўлдириш мисоли бўлиб *бутазор, яйлов, ботқоқлик*; контурни бўяшга ўрмонлар, боғлар, томорқалар ва ҳ.к. хизмат қилади. Картада (2.1-расм) майдонли белгилар — *ўтлоқ, бутазор, сийрак ўрмон, кесилган ўрмон кўрсатилган* (6411).

Агар жой объекти карта масштабида ўзининг кичиклиги туфайли ифодаланмаса, унда *масштабсиз шартли бел-*

гилар қўлланилади. Масалан, ун заводи, шамол двигатели, ўрмончи уйи, (6512).

Чизиқли шартли белгиларга йўллар, алоқа ва электр узатиш линиялари ва ҳ.к. киритилади. *Изоҳловчи белгиларда* объектлар тавсифлари ҳар хил ёзувлар ва объектларнинг ўз номлари билан кўрсатилади, масалан, кўприк (6511) узунлиги 30 м, кенглиги 6 м, юк кўтара олиши 10 т, ўрмон (6512) қайинли, дарахтлар баландлиги 16 м, танаси диаметри 0,30 м, дарахтлар орасидаги ўртача масофа 5 м.

Топографик карталар кўп рангли қилиб нашр этилади, гидрография (дарё, қўллар) ҳаворанг, ўсимликлар яшил ранг, шоссели йўллар қизил ранг, яхшиланган йўллар — сариқ, рельеф элементлари жигаррангда тасвирланади. Бундай бўяш объектларни ўқишни осонлаштиради.

2.3. Топографик карталар, уларни графалаш ва номенклатураси

Барча карталар масштаблари 1:1000000 дан майда—умумтасвирли ва масштаблари 1:1000000 дан йирик — топографик турларга бўлинади.

Масштаблари 1:1000 000, 1:500000, 1:300000, 1:200000 бўлган карталар умумтасвирли топографик карталар дейилиб, йирикроқ масштабли карталар бўйича тузилади.

Масштаблари 1:100000, 1:50000, 1:25 000, 1:10000, 1:5000, 1:2000 бўлган карталар топографияли дейилади ва ҳудудларнинг съёмкалари натижалари бўйича тузилади.

Топографик карталар бошқаларидан мазмуни, тўлиқлиги, жойни батафсил ўрганиш имконини бера олиши, рельеф ва тафсилотни тасвирлаш аниқлиги билан фарқланади. Шу сабабли улар халқ хўжалигида, инженерлик иншоотлари қидирувлари, лойиҳалаш ва қурилишида ҳамда ер тузиш, ер кадастрини юритиш каби кўп масалаларни ечишда, энг муҳими мамлакат мудофаасини ташкил этишда қўлланилади.

Топографик карталар кўп варақли бўлади, уларда мамлакатнинг ҳамма ҳудуди фойдаланиш учун қулай бўладиган ўлчамли айрим варақларда қисмларга бўлиниб тасвирланади.

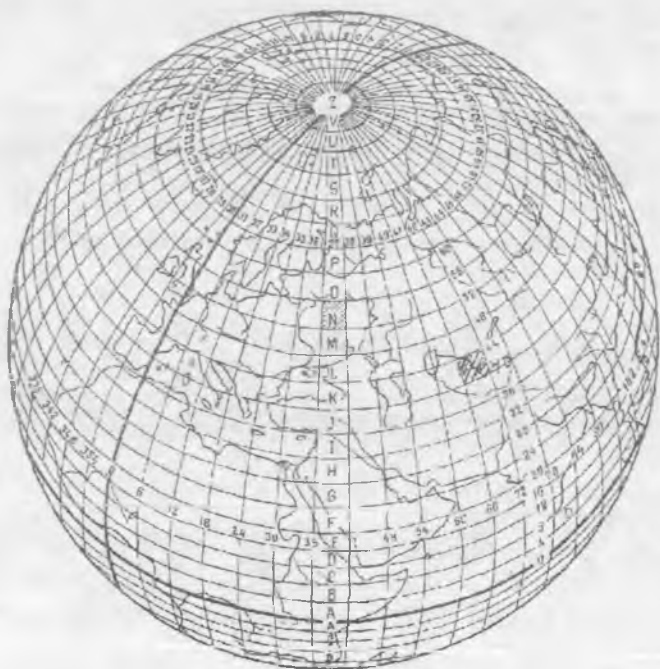
Топографик карталарни варақларга ажратиш графалаш дейилади ва уни амалга оширишга асос қилиб 1:1000000

масштабли карта варағи қабул қилинади. Номенклатура деб топографик карталар айрим варақларини белгилаш системасига айтилади.

1:1000000 масштабли картани тузиш учун Ер сирти тасвири Гринвич меридианидан бошлаб узоқлик бўйича ҳар 6° дан 60 та иккибурчак (устун)ларга бўлинади, улар араб рақамларида 180° меридиандан бошлаб шарққа томон номерланади.

Агар номерлаш 0° дан бошланса, бундай, икки бурчакликлар зоналар дейилади. Зоналар ҳисоби устунларниқидан 30 га фарқ қилади, масалан, 42 устун — бу 12 зона. Ер сирти тасвири кенглик бўйича ҳар 4° дан параллеллар билан экватордан шимолга ва жанубга латин алифбоси бош ҳарфлари билан белгиладиган қаторларга бўлинади (2.3-расм).

1:1000000 (миллионли) карта варағи номенклатураси қатор ҳарфи ва устун номеридан йиғилади, масалан, К—42.

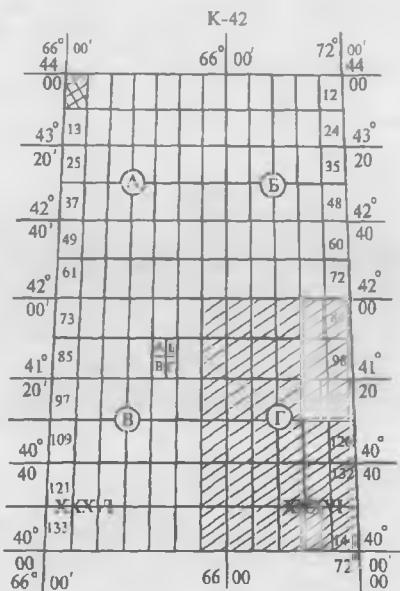


2.3-расм. 1:1000000 масштабли карта варағи номенклатураси.

1:300 000 масштабли картанинг varaғи миллионли картанинг 1/9 қисмини ташкил қилади ва миллионли varaқ номенклатураси олдига жойлашадиган I дан IX гача рим рақамлари билан белгиланади — IX — K — 42.

Миллионли карта 1:500000, 1:200000, 1:100000 масштабли карталар varaқларига ажратилиши ва уларнинг номенклатуралари ҳосил бўлиши схемаси 2.4-расмда келтирилган. Унга кўра 1:500000 масштабли карта varaғи миллионли карта varaғининг 1/4 қисмини ташкил этади ва миллионли varaқ номенклатурасига А, Б, В, Г бош ҳарфларини қўшиб белгиланади — К—42—Г; 1:200000 масштабли картанинг varaғи 1:1000000 масштабли карта varaғининг 1/36 қисмини ташкил қилади ва 1:1000000 varaқ номенклатурасидан кейин жойлашган рим рақамлари билан белгиланади — К—42—XXXVI (2.4-расм).

1:100000 картанинг varaғини ҳосил қилиш учун 1:1000000 карта varaғи 144 қисмга бўлиниши ва I дан 144 гача араб рақамлари билан белгиланиши керак: К—42—144 (2.4-расм).



2.4. расм. 1:500000; 1:200000; 1:100000 масштабли карта varaқлари номенклатураси.

1:100000 масштабли картанинг бир варағига кирилл алифбосининг бош ҳарфлари А, Б, В, Г билан белгиланадиган 1:50000 масштабли картанинг 4 варағи мос келади.

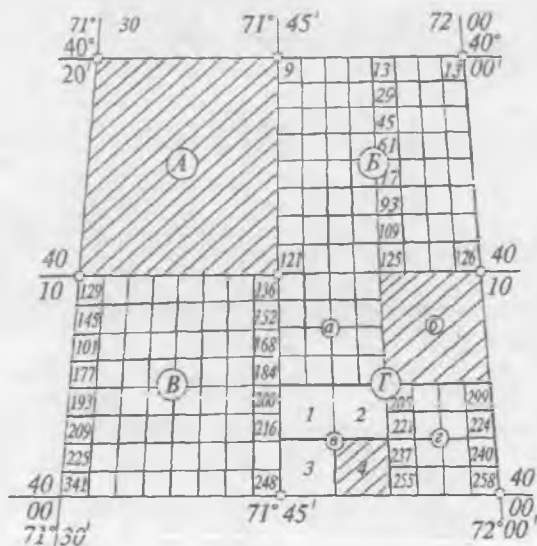
1:50000 масштабли картанинг ҳар варағи кирилл алифбосининг ёзма ҳарфлари *а, б, в, г* билан белгиланадиган 1:25000 картанинг 4 варағига эга.

1:25000 масштабли картанинг варағи араб рақамлари 1—4 билан белгиланадиган 1:1000 масштабли картанинг 4 варағига бўлинади.

1:100000 картанинг варағи араб рақамлари билан белгиланадиган 1:5000 масштабли картанинг 256 варағига эга (2.5-расм). 1:5000 масштабли картанинг варағи рус алифбосининг *а, б, в, г, д, е, ж, з, и* ёзма ҳарфлари билан белгиланадиган 1:2000 масштабли картанинг 9 варағига бўлинади (2.6-расм).

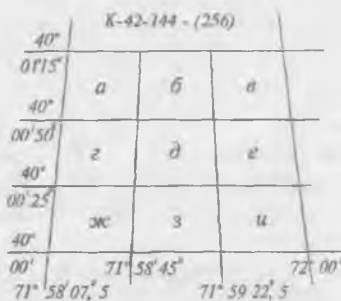
2.1-жадвалда географик кенглиги $\varphi = 40^{\circ}00'15''$ ва географик узқлиги $\lambda = 71^{\circ}59'40''$ бўлган нуқта жойлашган масштаблари 1:1000000 — 1:2000 бўлган карталар варақларини ер шари сиртидаги кенглик ва узқлик бўйича ромла-

К-42 - 144



2.5-расм. 1:50000; 1:10000; 1:5000 масштабли карта варақлари номенклатураси

ри ўлчамлари, номенклатура-лари мисоллари ва карта варақлари сони келтирилган. Юқорида ёзилганлардан 1:1000000 масштабли картадан йирикроқ масштабли карталар варақлари номенклатурасига ҳар бир масштаб варақларини белгилаш учун қабул қилинган ҳарф ёки сонни маълум тартибда қўйиш орқали ҳосил қилинади.



2.6-расм. 1:5000 масштабли карта варағида 1:2000 масштабли карта варақлари жойлашиши

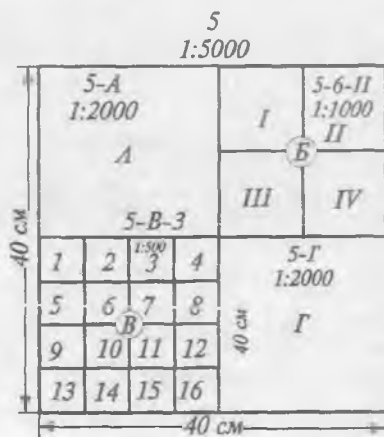
2.1-жадвал

Карталар масштаби	Ромлар ўлчамлари		Номенклатура мисоли	Карталар варақлари сони
	Кенгликда	Узоқликда		
1:1000000	4°	6°	К—42	—1
1:500000	2	3	К—42—А	4—1:1000000 варағида
1:300000	1°20′	2	IX—К—42	9—"—"
1:200000	40′	1	К—42—XXXVI	36—"—"
1:100000	20	30′	К—2—144	144—"—"
1:50000	10′	15′	К—42—144—Г	4—1:100000 варағида
1:25000	5′	1°30″	К—42—144—Г—г	4—1:50000 —"—"
1:10000	2°30″	3°45″	К—42—144—Г—г—1	4—1:25000 —"—"
1:5000	1°15″	1°52″5	К—42—144 (256)	256—1:10000 —"—"
1:2000	25″	37″,5	К—42—144 (256—и)	9—1:5000 —"—"

Топографик карталарни рақамлаш системасини билган ҳолда ҳар хил масалаларни ечиш мумкин: нуқтанинг географик координаталари бўйича берилган масштабдаги карта варағи номенклатурасини аниқлаш; номенклатура бўйича трапеция учлари бурчақларини ва ёндош варақлар

номенклатурасини топиш мумкин. Масалан, номенклатура-си N—37—144 бўлган варақ учун трапеция роми бурчакла-ри географик координаталарини топиш керак. Қатор номе-рини алфавит бўйича топамиз: N— қатор учун ромнинг ши-молий томони кенглиги $\varphi = 14 \times 4 = 56^\circ$, шимолий кенглик ва шарқий меридиан узоқлиги $\lambda = 7 \times 6^\circ = 42^\circ$ шарқий узоқ-лик N—37—144 карта варағини 144 қисмга бўламиз (2.4-расм): шимолий ром кенглиги $52^\circ 20'$, жанубий ром кенг-лиги 52° , шарқий ром узоқлиги 42° , ғарбий ром узоқлиги $41^\circ 30'$.

Топографик-геодезик ишлар бўйича йўриқномаларда 1:5000—1:500 масштабни съёмкаларни бажариш ва план-ларни тузишда трапецияларни квадратли ва тўғри бурчак-ли графаланишига йўл қўйилади (2.7-расм). Планларни квадратли графалашга асос қилиб ромлари ўлчамлари 40×40 см (2×2 км, 400 га) бўлган 1:5000 масштабни трапеция асос қилиб олинади. 2.7-расмда 1:5000 масштабни карта 5-варағи доирасида йирикроқ масштабни карта варағини тўғри бурчакли графаланиши кўрсатилган. 1:2000 масш-табни карта (план) ни ҳосил қилиш учун 1:5000 масш-табни карта варағи кирилл алифбосининг бош ҳарфлари А, Б, В, Г билан белгиланадиган (50×50 см) ўлчамли тўрт қисмга бўлинади, бунда ҳар бир трапеция юзаси 100 га ни ташкил этади. Ўз навбатида 1:2000 масштабнинг 1



2.7-расм. 1:5000—1:500 масштабни планларни тўғри бурчакли графаланиши

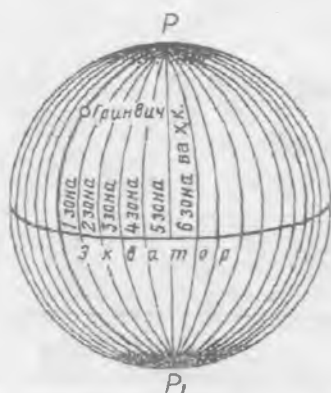
трапециясида рим рақамлари *I, II, III* ва *IV* билан белги- ланадиган 1:1000 масштабли тўрт трапеция жойлашади ва 50×50 см ли ҳар бирининг юзаси 25 га бўлган 1:5000 масштабли трапецияни ҳосил қилиш учун 16 (4×4) қисмга бўлинади. 1:2000, 1:1000, 1:5000 масштабли трапециялар тегишлича 5—А, 5—Б—II, 5—В—3 номенклатураларга эга.

2.4. Гаусс зонали кўндаланг цилиндрик проекцияси тўғрисидаги тушунча. Тўғри бурчакли ва кутбли координаталар

Гаусс проекцияси ёрдамида Ер сиртининг нуқталари- ни географик координаталари билан уларнинг текислик- даги тўғри бурчакли координаталари тасвири орасида боғ- лиқлик ўрнатилади.

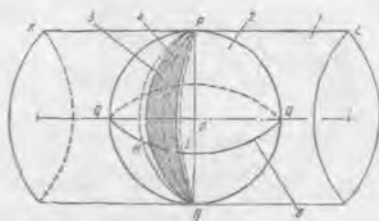
Ер сиртини текисликда тасвирлаш учун аввал Ернинг табиий шаклидан унинг математик шакли сифатида қабул қилинган айланиш эллипсоиди ёки шар сиртига ўтилади, кейин эса Ернинг математик сирти текисликда тасвирла- нади. Шар (ёки эллипсоид) сиртини текисликда бузилиш- сиз тасвирлаш мумкин бўлмаганлиги учун Ер сиртининг шартли тасвири ясалади, у шардаги нуқталарнинг коор- динаталари ва уларнинг текисликдаги тасвирлари ораси- даги олдиндан қабул қилинган айрим математик боғлиқ- ликларга асосланади. Ер сиртини текисликда бундай шарт- ли тасвирлаш усуллари картографик проекциялар дейилади. Ҳар қандай проекция Ер сиртини текисликда шартли, яъни бузилган тасвирини беради. МДХ да топографик карталар- ни тузишда Гаусснинг тенг бурчакли кўндаланг цилиндр- ик проекцияси қабул қилинган. *Гаусс проекциясини қўлашда бутун Ер сиртини меридианлар билан 6° ёки 3° ли зоналарга бўлинади (2.8-расм). Ҳар бир зона ўзининг ўқ ме- ридиани бўйича шарга уринма бўладиган цилиндр сиртига проекцияланади (2.9-расм). Зоналар кенглиги тузиладиган карта масштабига боғлиқ бўлиб, 1:10000 ва ундан майда масштабли карталарни тузишда 6° ли зоналар араб рақам- лари билан Гринвич меридианидан бошлаб шарқдан ғарбга номерланади. Зоналар ўқ меридианлари узоқликлари $L = 6^{\circ}N - 3$, бунда N — берилган зона номери.*

Ҳар бир зона текисликда ўз координата системасига эга бўлиб (2.10-расм), абсцисса ўқи учун ўқ меридиан, ордината ўқи учун эса экватор қабул қилинган. *x* ва *y* ма- софалар Гаусс координаталари дейилади. Ҳамма ордината-

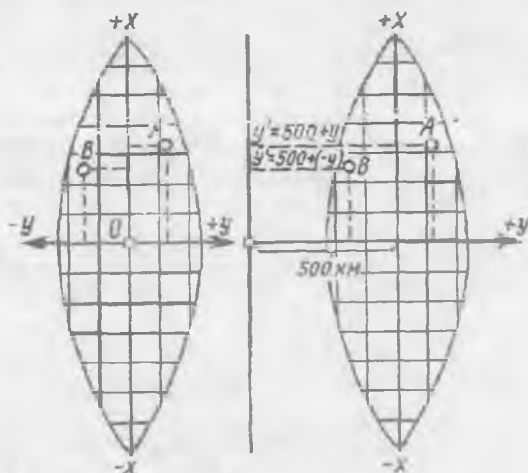


2.8-расм.

Ер шарида координатли зоналар



2.9-расм. Зонани кўндаланг цилиндр сиртига проециялаш: 1 - цилиндр; 2 - шар; 3 - зона; 4 - зонанинг ўқ меридиани.



2.10-расм. Гаусс-Крюгер зонали тўғри бурчакли координатлари системаси

лар мусбат бўлиши учун уларнинг қийматига 500 км қўшилади ва унинг олдида зона номери ёзилади. Масалан: $y_A = -14837,4$ м, $y_B = -206368,7$ м. Қайта ўзгартирилган ординаталар 7500000 м га ортади, яъни $y_A = 7514837,4$ м, $y_B = 7293631,3$ м.

Гаусс проекцияси тенг бурчакли бўлиб, Ер сирти геометрик шаклларининг бурчаклари ўзгармайди. Бундаги чексиз кичик шакллар Ер сиртидаги тегишли шаклларга ўхшаш. Бундан ташқари, унда ўқ меридианларининг ёйлари узунлиги ўзгармайди. Бу проекцияда бошқа чизиқлар узунликлари ва шакллар юзалари бузилиб ҳосил бўлади. Сфероиддаги кичик кесманинг узунлиги s , унинг Гаусс проекциясидаги тасвири эса s_{Γ} бўлса, у ҳолда Гаусс проекциясида тасвир масштабини

$$m = s_{\Gamma} / s \quad (2.4)$$

каби ифодалаш мумкин, бунда s қанчалик кичик бўлса, у шунчалик аниқ бўлади.

Чизиқ узунликларининг нисбий ўзгариши

$$\frac{s_{\Gamma} - s}{s} = \frac{\Delta s}{s} = m - 1 \quad (2.5)$$

нисбат миқдори билан аниқланади.

Тасвир масштаби айти бир зона доирасида ҳар хил бўлиб, кесманинг ўқ меридианидан узоқлигига боғлиқ ва уни қуйидаги формулада ҳисоблаш мумкин:

$$m - 1 = \frac{y^2}{2R^2}. \quad (2.6)$$

Ўқ меридианда $y = 0$, шу сабабли ундаги узунлик ўзгариши $m - 1 = 0$, тасвир масштаби эса $m = 1$. 6° ли зона чегарасидаги кесма узунлиги энг кўп ўзгаришга эга, агар у экватор

кенглигида бўлса, $y \approx 330$ км ва $m - 1 = \frac{330^2}{26400^2} = \frac{1}{800}$.

Текисликдаги ва шардаги тегишли нуқталарнинг Гаусс координаталари ва сферик тўғри бурчакли координаталари орасида қуйидагича боғлиқлик мавжуд. Проекциядаги ҳар бир нуқтанинг Гаусс абсциссаси шардаги тегишли нуқтанинг сферик тўғри бурчакли абсциссасига тенг, яъни

$$x_{\Gamma} = x. \quad (2.7)$$

Гаусс ординатаси эса

$$y_{\Gamma} = y \left(1 + \frac{y^2}{6R^2} \right). \quad (2.8)$$

(2.7) ва (2.8) тенгликлар шардаги тўғри бурчакли сферик координаталар бўйича Гаусс проекцияси текислигидаги тегишли нуқтанинг координатасини ҳисоблаш имконини беради. Чизиқларни Гаусс проекциясига редукциялаш (ўтказиш)да

$$s_{\Gamma} = s(1 + \frac{y^2}{2R^2}) = s + s \frac{y^2}{2R^2} = s + \Delta s \quad (2.9)$$

формуладан фойдаланилади. Δs миқдор эллипсоиддан Гаусс проекцияси текислигига ўтишда масофани редукциялаш учун тузатма дейилади. (2.9) формуладан Гаусс проекциясидан чизиқ узунликлари Ер сиртидаги тегишли узунликларидан катта бўлиши келиб чиқади. Бу тузатма чизиқнинг ўртача ординатаси учун ҳисобланади. Агар чизиқлар ўқ меридиандан ҳар хил, масалан, 100, 200 ва 300 км узоқликда бўлса, у тегишлича 1:8000; 1:2000 ва 1:900 нисбий ўзгаришга эга бўлади.

Гаусс проекциясида майдон ўзгариши

$$P_{\Gamma} = P(1 + \frac{y^2}{R^2}) = (P + P \frac{y^2}{R^2}) = P + \Delta P \quad (2.10)$$

формулада ҳисобланади. Агар $P = 1000$ га, $y = 100$ км бўлса, $\Delta P = 0,25$ га, $y = 200$ км бўлганда эса $\Delta P = 0,98$ га.

Гаусс проекциясида астрономик кузатишлар орқали топилган азимутдан дирекцион бурчакка ўтиш учун қуйидаги формуладан фойдаланилади (2.12, в-расм):

$$\alpha = A - \gamma - \delta, \quad (2.11)$$

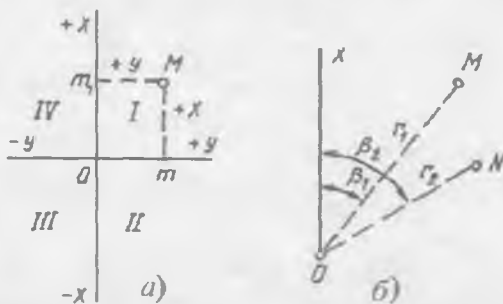
бу ерда

$$\gamma = (L - L_0) \sin B;$$

$$\delta = 0,0025(x_N - x_M)y_{\text{гр}}, \quad y_{\text{гр}} = \frac{y_M + y_N}{2}, \quad (2.12)$$

бунда A — хақиқий азимут, α — дирекцион бурчак; $\gamma = (L - L_0) \sin B$ — меридианлар яқинлашиши; δ — проекцияда жой чизиқли узунлиги тасвирининг эгрилиги учун йўналишга тузатма. Топографик съёмкаларни бажаришда δ кичиклиги сабабли уни эътиборга олинмайди ва $\alpha = A - \gamma$ формуладан фойдаланилади.

Шу сабабли кичик жойларнинг планини тузишда тўғри бурчакли координаталар системаси қўлланилади. Бу систе-



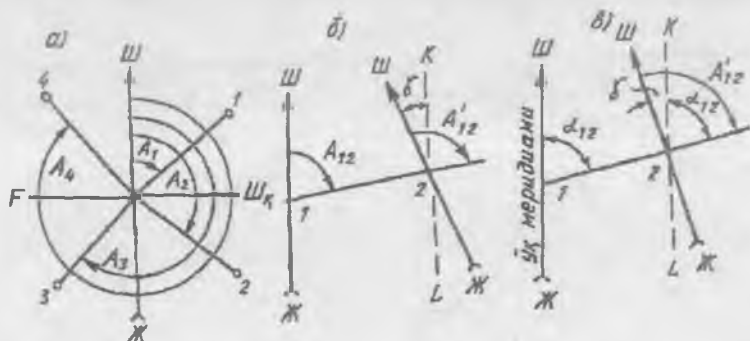
2.11-расм. Ясси координаталар: а) тўғри бурчакли; б) кутбли

мада абсцисса ўқи сифатида меридиан йўналиши қабул қилинади, чораклар соат мили йўли йўналишида ҳисобланади. M нуқтанинг ўрни координаталар системасида абсцисса $Mm = x$ ва ордината $Mm_1 = y$ билан аниқланади (2.11-расм, а). Қутб координаталар системасида жойдаги M нуқтанинг ўрни радиус вектор r_1 ва β_1 бурчак билан аниқланади. β_1 бурчак ихтиёрий танланган Ox кутб ўқидан соат мили ҳаракати йўналишида ўлчанади, O нуқта қутб дейилади (2.11-расм, б).

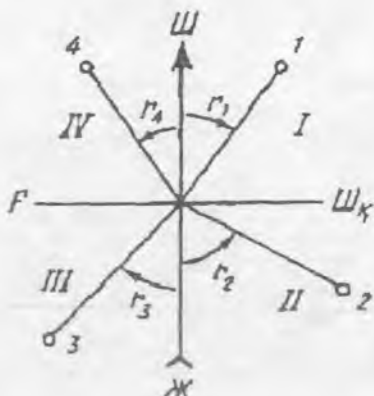
2.5. Жой чизикларини ориентирлаш

Ҳақиқий ёки магнит меридиани йўналишига нисбатан чизик йўналишини аниқлаш *ориентирлаш* дейилади. Ориентирлаш учун азимут, румб, дирекцион бурчаклар қўлланилади (2.12-расм).

Меридианнинг шимолий йўналишидан соат мили йўли бўйича чизик йўналишигача саналадиган бурчак *азимут*



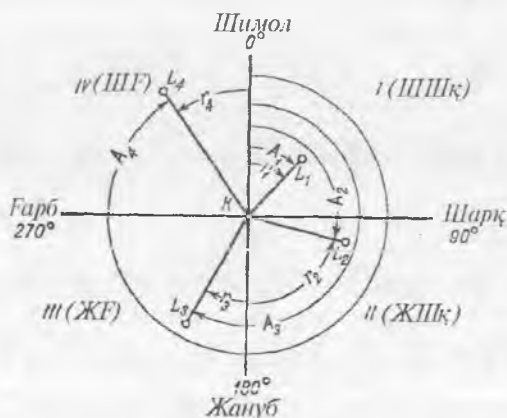
2.12-расм. Азимутлар ва дирекцион бурчаклар



2.13-расм. Румблар

дейилади (2.12-а, расм). Азимутлар 0 дан 360° гача ўзгаради. Бир чизиқнинг икки 1 ва 2 нуқтасида меридианлар параллел бўлмаганлиги сабабли азимутлар ўзаро тенг бўлмайди, яъни меридианлар яқинлашиши дейиладиган шарқ ёки ғарб томонга ўзгарадиган ү бурчакка фарқ қилади: $A_{21} = A_{12}^1 + \gamma$. Агар азимут чизиқ 1—2 йўналиш учун ҳисобланса, у тўғри ва аксинча бўлса, тесқари азимут дейилади (2.12-расм, б). Унинг қиймати:

$$A_{21} = A_{12} + 180 + \gamma. \quad (2.13)$$

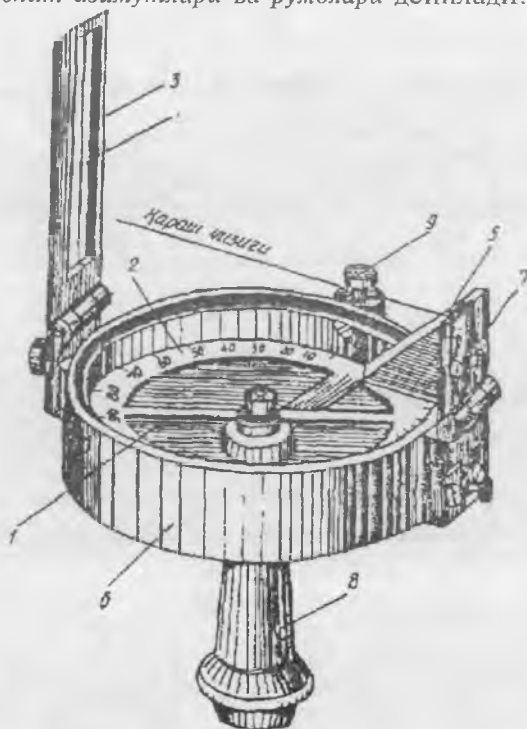


2.14-расм. Чизиқлар азимутлари ва румблари орасидаги боғланиш

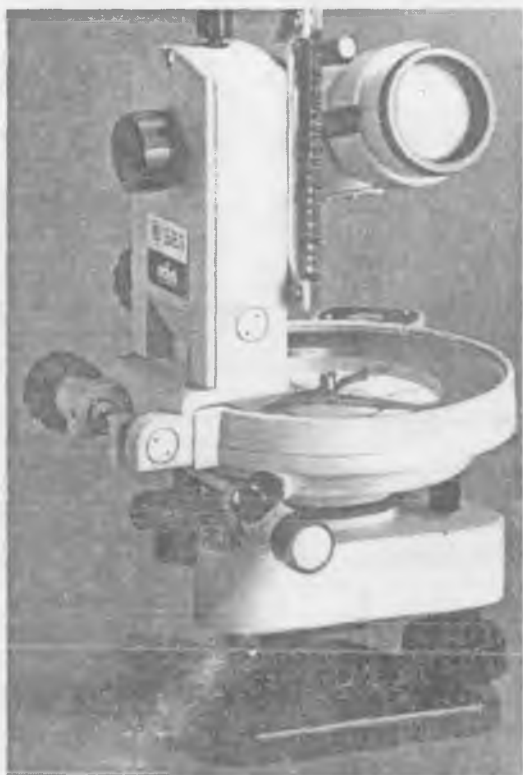
Румб деб, меридианнинг яқин учи йўналишидан чизиқ йўналишигача ҳисобланадиган бурчакка айтилади (2.13-расм). Румбларнинг ШШқ, ЖШқ, ЖҒ, ШҒ номлари бўлиб, 0 дан 90° гача ўзгаради. Азимутлардан румбларга ёки аксинча румблардан азимутларга қуйидаги муносабатлар асосида ўтилади (2.14-расм):

Азимутлар	Румблар	
0—90°	ШШқ: $r_1 = A_1$	(2.14)
90—180°	ЖШқ: $r_2 = 180^\circ - A_2$	
180—270°	ЖҒ: $r_3 = A_3 - 180^\circ$	
270—360°	ШҒ: $r_4 = 360^\circ - A_4$	

Агар азимутлар ва румблар ҳақиқий меридиан йўналишидан ҳисобланса, *ҳақиқий азимутлар ва румблар*, азимутлар ва румблар магнит меридиани йўналишидан ҳисобланса, *магнит азимутлари ва румблари* дейилади.



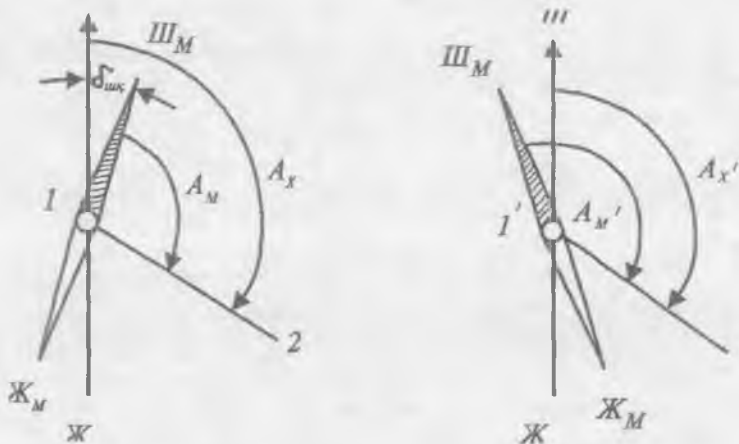
2.15-расм. а—диоптрли буссоль: 1 — буссоль мили; 2 — градусли ҳалқа; 3 — нарса диотри; 4 — ип; 5 — қўз диотри; 6 — корпус; 7 — тор ёриқ; 8 — даста; 9 — маҳкамлаш винти.



2.15-расм. б—баландлик ўлчагичли буссоль

Ҳақиқий азимутлар геодезик ўлчашлар натижасида, магнит азимутлари ёки румблари эса *буссоль* ёрдамида аниқланади. Буссоль мустақил асбоб сифатида қўлланилади ёки геодезик асбоблар комплектида бўлади. Диоптрли буссоль доиравий қутидан иборат бўлиб, унинг ичида ҳар 10° да соат мили ҳаракатига тескари 0° дан 360° ёзилган ҳалқа 2 жойлашган (2.15-а расм).

Қути ўртасида игнада эркин айланалиган магнит меридиани йўналишини кўрсатадиган буссоль мили 1 бор. Қути усти ойна билан беркитилган. Буссолда азимутни аниқлаш учун чизиқнинг бир учида буссоль қозиққа ўрнатилади ёки қўлда ушлаб турилади, иккинчи учида эса веҳа ўрнатилади. 9 винтда буссоль мили 1 бўшатилиб, нарса диоптри 2 кўз диоптри 5 да кузатиш орқали веҳага йўналтирилади. Нарса диоптри ипи 4 қаршисидаги 2 ҳалқадан



2.16-расм. Ҳақиқий ва магнит меридианлари орасидаги боғланиш

чизиқ азимути саналади. Буссолда санаш аниқлиги $0,1^\circ$ ёки $6'$ бўлади.

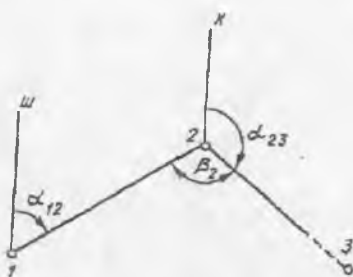
Баландлик ўлчагичли буссоля 2.15, б-расм жойда (БВГ) магнит азимутлари (румблар)ни аниқлаш, горизонтал бурчакларни, масофаларни ва баландликларни ўлчаш учун мўлжалланган. Буссол штативдаги теодолит тағлигига ёки бевосита махсус вехادا, ҳар қандай ёғочли тағликда ўрнатилиши мумкин. Бунда магнит азимути $15'$, горизонтал бурчакни тўла қабулда ўлчаш $5'$, жой предметлари ўлчаш аниқлиги $0,2$ м дан ортмайди.

Геодезик асбобларда буссоля ҳалқасининг нолинчи диаметри асбоб трубасининг кўриш ўқи йўналишида ўрнатилади. Ҳақиқий ва магнит меридианлари йўналишлари бир-биридан шарққа ёки ғарбга қараб ўзгарадиган магнит мили оғишининг δ бурчагига фарқ қилади. Шу сабабли ҳақиқий азимут (2.16-расм):

$$A = A_M + \delta,$$

бунда A_M — магнит азимути, δ — магнит милининг оғиши, унинг қиймати жойнинг топографик карталарида кўрсатилади. Магнит милининг оғиши кун, йил, аср давомида ўзгариб туради, шу сабабли магнит азимути кичик жойларнинг планларини ориентирлашда қўлланилади.

Дирекцион бурчак α деб ўқ меридиани ёки унга параллел бўлган чизиқнинг шимолий йўналишидан соат мили



2.17-расм. Дирекцион бурчаклар ва полигон ички бурчаклари орасидаги боғланиш.

бурчаклари бўйича полигоннинг қолган 2—3 ва ҳ.к. томонларининг дирекцион бурчакларини ҳисоблаш керак бўлади (2.17-расм). У ҳолда ҳисоблаш қуйидаги формула асосида бажарилади:

$$\alpha_{23} = \alpha_{12} + 180^\circ - \beta_2.$$

кейинги томоннинг дирекцион бурчаги олдинги томоннинг дирекцион бурчагига 180° қўшилиб, ўнг β бурчакнинг айрилганига (ёки чап γ бурчакнинг қушилганига) тенг бўлади. Масалан:

$$\alpha_{12} + 83^\circ 12'; \beta_2 = 155^\circ 03' \text{ бўлса, } \alpha_{23} = 108^\circ 09'.$$

2.6. Картани жойда ориентирлаш

Картани ориентирлаш дейилганда ундаги жой предметлари тасвирларини уларнинг ҳақиқий жойлашишига мос келтиришни тушунилади. Ориентирлаш фақат жой предметлари бўйича кўзда чамалаб бажарилса, у тахминий ва бу мақсад учун тегишли асбоб қўлланилса, аниқ бўлиши мумкин. Жойда ориентирлар сезиларлича етарли бўлганда кузатувчи картадаги ўз ҳолатини унчалик қийналмасдан топади ва уни ориентирлайди (2.18-расм).

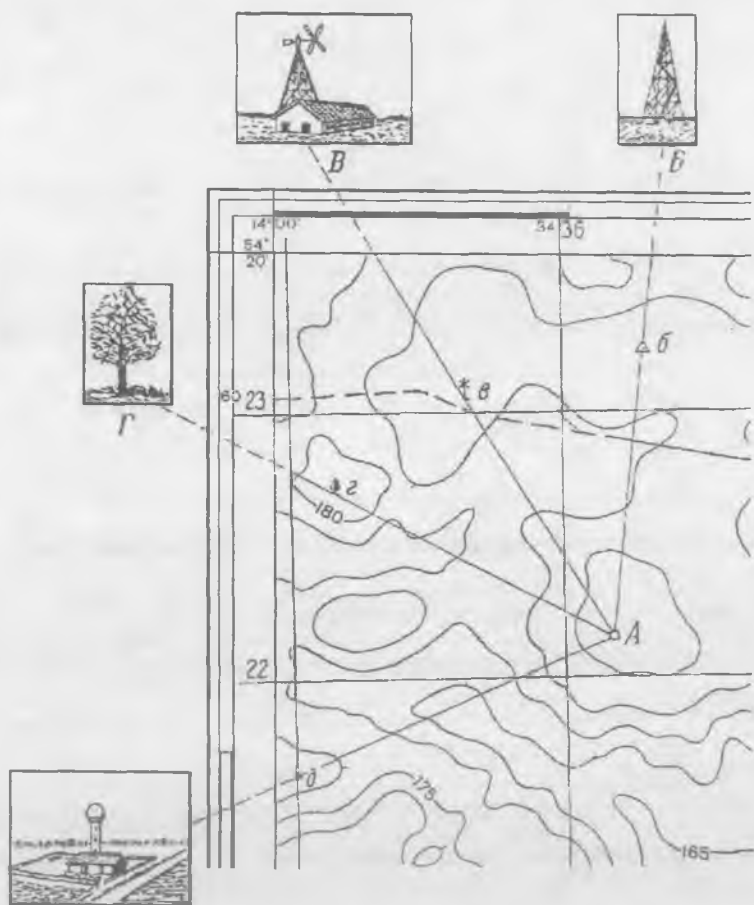
Жойда ориентирлар кам бўлганда ва чекланган кўриниш шароитида ориентирлаш кетма-кет яқинлашиш усулида дунё томонларини аниқлашдан бошланади (э с л а т м а). Эски карталарда асосий йўналиш шарққа-лотинча ориент дейилганлигидан ориентирлаш атамаси келиб чиққан).

йўли бўйича 0 дан 360° гача ўзгарадиган бурчакка айтилади (2.12, в-расм).

Бир чизиқнинг тўғри ва тескари дирекцион бурчаклари ўзаро 180° га фарқ қилади:

$$\alpha_{21} = \alpha_{12} \pm 180^\circ.$$

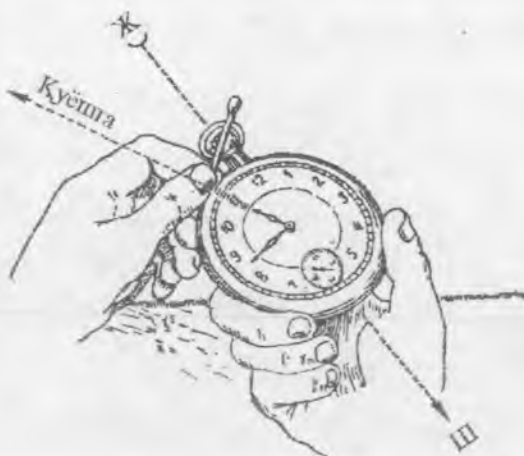
Кўпинча кўпбурчак (полигон) бошланғич 1—2 томонининг дирекцион бурчаги α_{12} ўлчанган ички ўнг β_2 (ёки чап)



2.18-расм. Жой предметлари бўйича картани ориентирлаш

Қуёшли кунда (ярим кун) тушлик чизиқ йўналишини соат циферблати бўйича аниқлаш мумкин. Циферблатга горизонтал ҳолат берилиб, соат милини Қуёшга йўналтирилади. Соат мили йўналиши ҳамда 1 рақам (қишда) ва 2 рақам (ёзда) орасидаги биссектриса тушлик чизиқ йўналишини кўрсатади (2.19-расм).

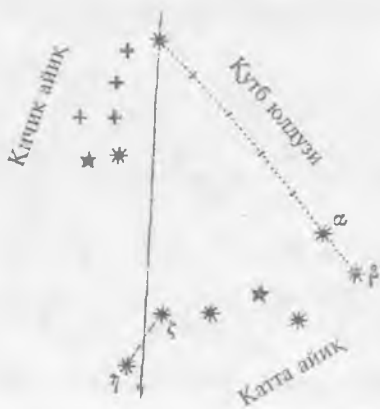
Сайёҳларнинг жой предметлари бўйича тушлик чизиқ йўналишини аниқлаш усуллари эслаш фойдали: 1) дархтларнинг шимолий томонида мох кўпроқ, у тошларнинг шимолий томонини қоплайди; 2) алоҳида ўсувчи



2.19-расм. Меридиан йўналишини Кўёш ва соат бўйича аниқлаш

даракларнинг жанубий томони шохлари зичроқ ва баргларга бойроқ туюлади; 3) кесилган даракларнинг тўнкаларида йиллик ўсиш ҳалқалари шимолдагига қараганда каттароқ ва ҳ.к. Тунги кечада меридиан йўналишини Катта Айиқ юлдузлар туркумидаги Қутб юлдузи бўйича аниқлаш мумкин (2.20-расм).

Картани аниқроқ ориентирлаш учун компаснинг ҳар хил турлари қўлланилади.



2.20-расм. Меридиан йўналишини Қутб юлдузи бўйича аниқлаш

3. ЖОЙ ЭЛЕМЕНТЛАРИ ВА РЕЛЬЕФИНИ КАРТА ВА ПЛАНЛАРДА ТАСВИРЛАШ

3.1. Жой рельефининг асосий шакллари

Келиб чиқиши табиий бўлган Ер табиий сиртининг нотекисликлари йигиндиси *рельеф* дейилади. Рельеф инсон фаолиятида катта аҳамиятга эга. Жой рельефи шаҳар ва қишлоқ қурилишини, автомобиль, темир йўллар, каналлар, гидротехника ва бошқа инженерлик иншоотларини, экин далаларини лойиҳалашда, жар ёқасида ихота дарахтзорларини барпо этишда, зах қочириш ва мелиорация ишларида, шунингдек, ерларни текислашда ҳисобга олинади. Бу масалаларнинг лойиҳавий ечимлари кўпинча топографик карталарда бажарилади. Жой рельефи характерига қараб *текислик*, *тепалик* ва *тоғликка* бўлинади. Текислик жой рельефи бўш ифодаланган шаклли ёки деярли нотекисликсиз бўлади. Тепалик (адир) ерларда баландликлари унчалик катта бўлмаган тепаликлар ва ботиқликлар алмашиб туради. Тоғлик жой денгиз сатҳидан 500 м дан ортиқ бўлган тепаликлардан ташкил топган. Тоғ тизимлари занжири водийлар билан алмашилиб туради.

Ер юзаси нотекисликлари хилма-хил бўлишига қарамай, ҳар қандай жой рельефини бешта асосий шаклга ажратиш мумкин (3.1-рasm, а).

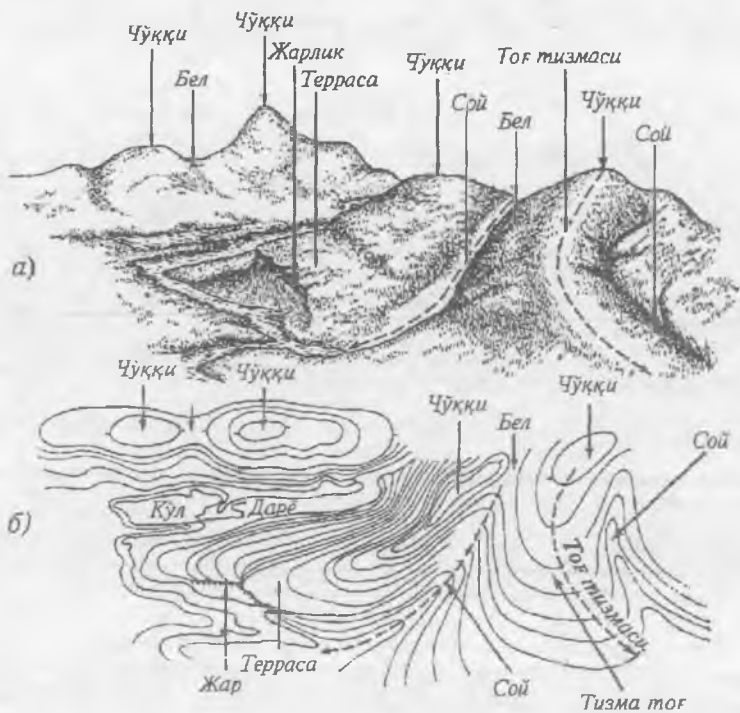
1. Тоғлик (тепалик) конуссимон кўтарилиш шаклида бўлиб, унинг энг баланд нуқтаси — *чўққиси*, ён томонлари — *ёнбағри* (қиялик), атроф билан туташган чизиғи *тоғ этаги* дейилади.

2. Чуқурлик, тоғ шаклининг акси бўлган, ҳар томондан ўралган идишсимон ботиқлик, унинг энг чуқур нуқтаси — *туби*, ёнбағри ва атрофи билан туташган чизиғи чеккаси — *этаги* бўлади.

3. Тизма тоғ — чўзилган ва бирор йўналишда секин-аста пасаядиган кўтарилиш, унинг икки ёнбағри, тизма тоғнинг юқори нуқталари *сув айирғич чизиқни* ҳосил қилади.

4. Соёй — тизма тоғ шаклининг акси кўринишида бирор йўналишда чўзилган, бир охири очиқ, секин-аста пасаядиган ўйилма. Соёйнинг энг паст нуқтасидан ўтувчи чизиқ *сув йиғувчи чизиқ* дейилади.

5. Бел — икки қўшни тоғ ёнбағирларининг туташидан ҳосил бўлган эгарсимон жой, ундан қарама-қарши йўналишда тарқаладиган икки соёй бошланади.



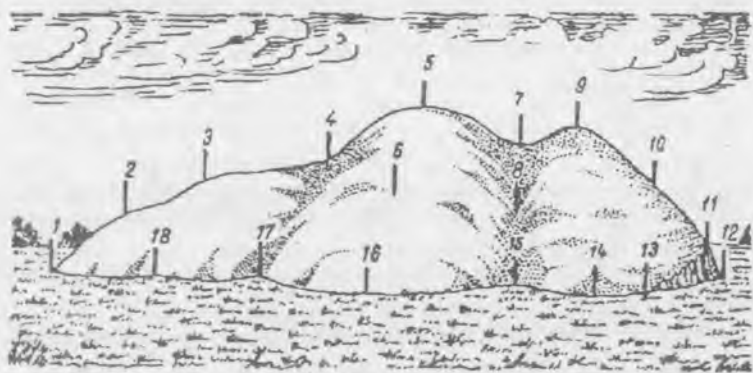
3.1- расм. Жой рельефини (а), уларни горизонталлар билан тасвирлаш (б)

Тоғнинг чўққиси, чуқурлик туби ва белнинг энг паст нуқтаси рельефнинг характерли (ўзига хос) нуқталари, тизма тоғнинг сув айирғич чизиғи, сойнинг сув йиғувчи чизиғи рельефнинг характерли чизиқлари дейилади.

Картада рельеф ҳар хил усулларда тасвирланади: рангли бўяш (тоғлар жигарраиғ, сойлар яшил), штрихлаш, горизонталлар билан (3.1-расм, б) ва ҳ.к.

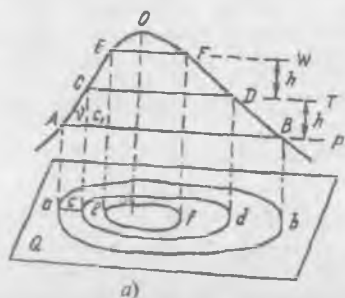
3.2. Жой рельефини карта ва планларда горизонталлар билан тасвирлаш

Топографик карта ва планларда рельефни тасвирлашда жой нуқталари баландликларини тез топиш, ёнбағир йўналишлари ва тикликларини аниқлаш мумкинлиги ва тасвирланган жой рельефи ҳамда унинг айрим шакллари-нинг ўзаро жойлашиши тўғрисидаги яхши тушунча олиш



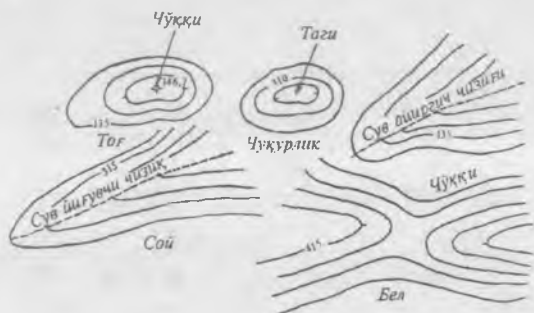
3.2-расм. Планли-баландлик сѐмкаларда баландлик нуқталари

шартлари қўйилади. Рельефни тасвирлаш учун ер юзасининг ўзига хос нуқталари 1, 2,..., ҳамда чизиқлари йўналиши бўйича нуқталарнинг планли ўринлари ва баландликлари топилади (3.2-расм), уларнинг ҳаммаси картада кўрсатилса, уни ўқиш қийин бўлади.



а)

Шу сабабли юқорида санаб ўтилган шартларни қаноатлантириш учун рельефни тасвирлашда нуқталар баландликларидан айримларини ёзиш билан биргаликда *горизонталлар* усули кенг қўлланилади (3.3-расм).



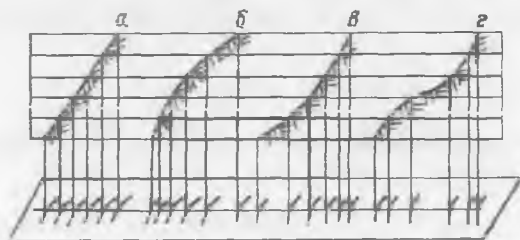
3.3-расм. Рельефни горизонталлар билан тасвирлашнинг моҳияти (а) ва унинг бешта асосий шаклининг горизонталли тасвирлари (б)

Бу усулда ер юзаси бўлаги тенг h ораликдаги горизонтал текисликлар (сатҳий сиртлар) билан фикран кесилди (3.3-рasm, *a*). Кесувчи текисликлар орасидаги h вертикал масофа *рельеф кесими баландлиги* дейилади. Текисликларнинг ер сирти билан кесишишидан ёпиқ эгри чизиқлар — горизонталлар ҳосил бўлади. Ер сиртида баландликлари тенг бўлган нуқталарни туташтирувчи чизиқ *горизонтал* дейилади. Фазодаги *ABA, CDC, FEF* горизонталлар Q текисликка проекцияланиб ва планда тегишли масштабда кичрайтирилиб, уларнинг ясси тасвирлари *aba, cdc, fef* ҳосил қилинади. Горизонталлар ўзаро кесишмайди, узлуксиз бўлади, улар орасидаги масофалар — *горизонтал қуйи-лишлар* қанчалик кичик бўлса, ёнбағир тиклиги шунча катта ва аксинча бўлади. 3.3-рasm, *b* да рельефнинг бешта асосий шакллари горизонталлар билан қандай тасвирланиши кўрсатилган. Уларни бир-биридан ажратиш учун айрим горизонталларга ёнбағир пасайиш йўналишини кўрсатадиган калта чизиқлар — берг штрихлар қўйилади, айримларига баландликларини билдирувчи рақамларнинг юқори қисми ёнбағир кўтарилиши томонига қаратиб ёзилади. Панда рельефни батафсил тасвирлаш учун горизонталлардан ташқари, ҳар 5—15 дециметрда унинг хarakterли нуқталари баландликлари ёзилади.

Пандаги горизонталлар кўринишига қараб жой қиялиги тўғрисида тушунчага эга бўлиш мумкин, масалан, 3.4-рasmдаги горизонталлар оралиғи тенг бўлганда жой қиялиги бир текис, ортиб борганда — қавариқ, ҳар хил бўлганда ботиқ ёки аралаш ва ҳ.к.

Панда жой *AC* чизигининг тиклик қиймати — нишаблик i қиялик бурчаги v орқали (3.3-рasm, *a*)

$$i = \operatorname{tg} v = \frac{CC_1}{AC_1} = \frac{h}{S} \quad (3.1)$$



3.4-рasm. Қияликлар қиёфалари:
a — текис; *b* — қавариқ, *v* — ботиқ, *g* — аралаш.

формула билан аниқланади, бунда h — рельеф кесими баландлиги, $S-AC$ чизиқ горизонтал қуйилиши.

Нишаблик i фоизда ёки промилъ (бирнинг мингдан бир улуши, ‰ билан белгиланади) да ифодаланади, v нинг қиймати эса

$$v^{\circ} = 57,3^{\circ} \frac{h}{S}, \quad (3.2)$$

бу ерда $57,3^{\circ}$ — бир радиандаги градуслар сони.

Мисол. Жойдаги AC чизиқ тиклигини аниқлаш учун унинг горизонтал қуйилиши $ac = S_{ac} = 46,5$ м ўлчанган ва пландаги рельеф кесими баландлиги $h=1$ м бўлса, (3.1) ва (3.2) формулаларга кўра жойдаги AC чизиқнинг нишаблиги ва қиялик бурчаги мос равишда бундай бўлади:

$$i = 1 / 46,5 = 0,022 = 2,2\% = 22\text{‰};$$

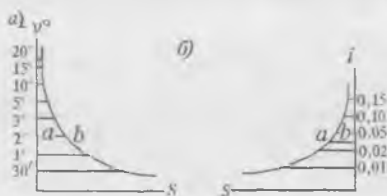
$$v = 57,3^{\circ} \cdot 0,022 = 1,2^{\circ}.$$

Шундай тарзда горизонталлари бўлган карталарда жойнинг ҳар қандай чизигининг тиклигини (қиялик бурчаги ёки нишаблигини) ҳисоблаш осон. Нишаблик i ва қиялик бурчагини (3.1) ва (3.2) формулаларда ҳисоблаш билан бирга топографик карта бўйича *қуйилишлар масштаби* дейиладиган махсус графиклар ёрдамида ҳам аниқлаш мумкин (2.1-рasm).

Қиялик бурчаклари учун қуйилиш масштаби (3.1) формуладан келиб чиқиб ясалади. Унга кўра

$$s = h \cdot \text{ctgv}. \quad (3.3)$$

(3.3) формулада қиялик бурчакларига ҳар хил қийматлар берилиб, маълум рельеф кесими h учун қуйилиш s ҳисобланади, кейин тўғри чизиқни (3.5-рasm, а) тенг узунликдаги кесмаларга бўлинади, ҳосил бўлган нуқталар қаршисида қуйилишлари ҳисобланган жой чизиқларининг



3.5-рasm. Қуйилиш масштаблари графиклари:
а — қиялик бурчаклари; б — нишабликлари.

қиялик бурчаклари ёзилади. Бу нуқталарда қуйилиш масштаби асоси бўлган чизигига перпендикулярлар тикланиб, уларда карта масштабида қиялик тиклиги миқдори қўйилган нуқталарни силлиқ эгри чизиқ билан туташтирилади. Ундан фойдаланишда пландан олинган ab қуйилишнинг жойдаги қиялик бурчаги $v_{ab} = 1^\circ 30'$, жой пасаяётган бўлса, худди шу кесманинг нишаблиги қиймати олдига минус белгиси қўйилади. Пландаги ab чизиқнинг жойдаги нишаблиги 3.5-расм, b га кўра $i = 0,035$.

Нишабликлар учун қуйилиш масштаби (3.1) формуласидан келиб чиқадиган

$$s = \frac{h}{i} \quad (3.4)$$

ифода ясалган. Унда жой чизиги нишабликлари берилиб (3.4) формула бўйича уларга тегишли қуйилишлар карта масштабида қуйилиш асосига перпендикулярда ўлчаниб қўйилади.

Ҳар хил масштаби карталарда рельеф кесимини танлаш жой рельефини картада тасвирлаш сифатига таъсир қиладиган муҳим омиллардан бўлади. Топографик пландарда ҳар хил рельеф кесими баландлигида рельефнинг ҳар хил тасвири ҳосил бўлади, рельеф кесими кичик бўлса, у батафсил ифодаланади, лекин горизонталлар сони кўпайиб, уни ўқиш қийин бўлади ва аксинча, рельеф кесими баландлиги катта бўлса, у батафсил тасвирланмайди.

Масалан, 3.4-расм, a да текис қияликни тасвирлаш учун чизиқнинг икки учи белгилари бўйича рельеф кесими каррали горизонталларни ўтказиш кифоя, аммо рельефнинг қолган формаларини батафсил тасвирлаш учун оптимал рельеф кесимини танлаш керак, чунки фақат бир қияликда ётган нуқталар орасида горизонталлар ўтказиш мумкин, акс ҳолда улар ҳақида тўғри хулоса чиқариш қийин. Шунинг учун нормал (меъёрий) рельеф кесими баландлиги топографик карта, план масштабларида 0,2 мм ни ташкил этади, яъни

$$h = 0,2 \text{ мм} \cdot M, \quad (3.5)$$

бунда M — картанинг сонли масштаби махражи. Агар жой рельефи нормал рельеф кесимда картада кучсиз ифодаланса, $0,5h$ кесимли ярим горизонталлар билан тасвирланади. Топографик съёмкаларни бажариш учун йўриқно-

маларда текис жойлар учун рельеф кесими баландлиги (3.5) формулада ҳисобланган қийматдан 2 марта кичик қилиб тайинланади. Суғориладиган жойлар учун унинг қиймати карта масштабига қараб 0,25 м, 0,5 м, 1,0 м ва 2,5 м бўлади. Картада рельефни ўқишни енгиллаштириш мақсадида рельеф кесими баландлиги 1, 2 ва 5 м бўлганда горизонталларнинг ҳар бешинчиси баландликлари 5, 10 25 м га каррали ва рельеф кесими 0,25, 0,5 ва 2,5 м бўлганда ҳар тўртинчиси шунга мувофиқ равишда баландликлари 1, 2, 10 м га каррали бўлган горизонталлар йўғонлаштирилади ва уларнинг баландликлари кўтарилиш тарафга қаратиб ёзилади. Горизонталлар картада оч жигаррангда чизилади.

3.3. Топографик карта ва планлар бўйича масалалар ечиш

(амалий машғулот)

План горизонталлари бўйича жой рельефини баҳолаш ва инженерлик иншоотларини лойиҳалаш билан боғлиқ бўлган кўпгина масалаларни ечиш мумкин. Бундай масалаларга горизонталлар устида ва улар орасида ётган нуқталарнинг баландликларини аниқлаш, жой чизиқлари нишабликлари ва қияликларини аниқлаш, берилган чизиқ йўналиши бўйича профил тузиш, берилган нишабликдаги чизиқни ўтказиш, ер текислаш учун қия сиртни лойиҳалаш, жисмлар ҳажмларини ҳисоблаш каби ечимлари қуйидаги мисолларда келтирилган масалалар киради.

1. Горизонтал белгисини берилган нуқтанинг баландлиги ва маълум рельеф кесими бўйича аниқлаш.

Бу масалани ечишда горизонтал белгиси рельеф кесими баландлигига каррали, берилган нуқта баландлиги ва энг яқин горизонтал белгиси фарқи рельеф кесими баландлигидан кам бўлиши керак. 2.1-расмдаги карта варағи қисмида горизонталлар 2,5 м дан ўтказилган, Малиновка тоғи баландлиги эса 159,7 м, демак, яқинроқ энг кичик горизонталнинг баландлиги 157,5 м (квадрат 6411).

2. Жой нуқталари белгиларини аниқлаш.

Агар нуқта горизонталда ётган бўлса, унинг белгиси горизонтал белгисига тенг. Масалан (квадрат 6511) $H_1=152,5$ м, иккинчи нуқтанинг белгиси баландлиги ҳар

хил бўлган горизонталлар орасида жойлашган. Шу сабабли уни кўзда интерполяциялаш орқали топиш мумкин. $H_2 = 155,0 + 1,3 = 156,3$ м. Агар нуқта бир номли горизонталлар орасида ётган бўлса унинг баландлиги тақрибан топилади: $0,5 h$ горизонталдан катта ёки кичик, яъни $H_3 = 155,0 - 1,2 = 153,8$ м.

Горизонталлар орасида ётган 4 нуқтанинг баландлиги H_4 ни топиш учун эса чизиқли интерполяциялашнинг қуйидаги формуласини қўллаш мумкин:

$$H_B = H_H + \frac{S_{nb}}{S_{mn}} h, \quad (3.6)$$

бунда H_H — пастда қуйи ётган горизонтал баландлиги, S_{nb} — B нуқтадан пастда қуйи ётган горизонталгача бўлган масофа, S_{mn} ёндош горизонталлар орасидаги масофа, h — рельеф кесими баландлиги.

Ечиш: картада $S_{d4} = 150$ м; $S_{mn} = 475$ м ўлчаймиз, уларни ва маълум $H_H = 152,5$ м ва $h = 2,5$ м қийматларни (3.6) формулага қўйсақ,

$$H_B = 152,5 + \frac{150}{475} \cdot 2,5 = 153,3 \text{ м.}$$

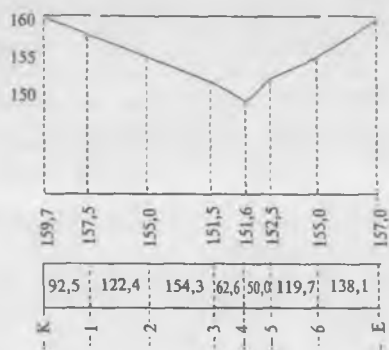
3. Қияликнинг ётиқлик нишаблиги ва қиялик бурчагини топиш. Қияликнинг ётиқлик нишаблиги ва қиялик бурчаги (3.1), (3.2) формулалардан ёки график усулда қуйилиш масштаблари графикларидан фойдаланиб 3.3-§ да баён қилинган усулларда топилади 2.1-расмдаги картанинг жануби шарқ қисмида қуйилиш масштаби келтирилган, ундан фойдаланишда картадан ўлчагич қадамига B ва C нуқталар орасидаги (6511) bc масофа олиниб, уни қуйилиш графигига қўйилади ва эгри чизиқ билан кесишиш нуқтаси топилади. Масалан, қуйилиш графигидан олингани $v_{bc} = 2,4^\circ$, (3.1) формула бўйича ҳисоблангани эса $v_{bc} = 2,3^\circ$ ёки (3.2) формулага кўра $i = 41\%$.

4. Картада берилган нишабликдаги чизиқни ўтказиш. 2.1-расмда A нуқтадан B нуқтагача нишаблиги 35% (2°) бўлган чизиқни ўтказиш керак. Қуйилиш масштабидан 35% га мос ўлчагич қадами олиниб, A нуқтадан кетма-кет ҳамма горизонталлар кесилади. Нуқталар туташтирилиб, берилган нишаблиги чекли чизиқни ҳосил қилинади. Агар ўлчагич қадами горизонталлар орасидаги масофадан кичик бўлса, улар тўғри чизиқ бўйича туташтирилади (6411, 6511).

5. Картада берилган йўналиш бўйича жой профилини ясаш. Малиновка ш (6411) шамол двигатели (6412) чизиқ бўйича планли профилни ясаш учун тўғри чизиқ ўтказилиб, унда карта масштабида К, 1, 2, 3, 4, 5, 6, Е ва ҳ.к. нуқталар, яъни горизонталларнинг *КЕ* тўғри чизиқ билан кесишиш нуқталари орасидаги горизонталлар ёки интерполяциялашдан топилган белгиларга тенг. Бу нуқталар белгилари профил асосига перпендикулярларга горизонтал масштабдан 10 марта йирикроқ масштабда қўйилади. Ҳосил бўлган нуқталар силлиқ эгри чизиқ орқали туташтирилади. (3.6-расм).

Профиль ёрдамида жой нуқталари орасидаги ўзаро кўринишни билиш мумкин, бунинг учун уларни тўғри чизиқ билан туташтириш керак. Агар нуқталар орасида кўриниш бўлмаса, улардан бирини қандай миқдорда кўтариш кераклигини аниқлаш мумкин. Агар бир нуқтадан бир неча йўналишлар бўйича профиллар ясалса, унда картага шу нуқтадан кўринмайдиган (кўринмаслик майдони) жой участкаларини картага тушириш мумкин. 3.6-расмга кўра *К* ва *Е* нуқталар ўзаро кўринарли.

6. Сув йиғиладиган майдон чегарасини аниқлаш. Ҳавза ёки сув йиғиладиган майдон деб ер сиртининг шундай қисмига айтиладики, ундан сув рельеф шароитлари бўйича берилган дарё, жарлик ва ҳ.к. оқиб тушиши керак. Сув йиғиладиган майдоннинг чегаралари бўлиб сув айирғич



3.6-расм. *КЕ* чизиқ бўйича бўйлама профиль.
 Масштаблар: горизонтал : 25 000; вертикал : 5000

чизиқлари хизмат қилади. 2.1-расмдаги топографик картада e нуқтада қурилаётган тўғон учун ҳавза чегараси кўрсатилган. Сув айирғич чизиқлари горизонталларга перпендикуляр пунктирда ўтказилган (6410, 6411).

8. Нуқталарнинг географик ва тўғри бурчакли координаталарини аниқлаш. Кенглик ва узоқликлар карта варағи роми учларида ёзилган (2.1-расмга қаранг, $\varphi_{ЖФ} = 54^{\circ}40'$, $\lambda_{юз} = 18^{\circ}03'45''$). Карта ромида кенглик ва узоқлик бўйича бутун минутлар (ранг қуюлиб) ажратилган. Ромнинг қарма-қарши томонларидан учларини туташтирилиб, параллеллар ва меридианлар минутли тўри ҳосил қилинади. Узоқлик ва кенгликнинг секундлари чизиқли кесмалар нисбатидан ҳосил қилинади. Масалан, ун заводи нуқтасидан (6511) яқин (ғарбий) меридиангача кесма a ва узоқликнинг бир минута узунлиги b (ромда) бўлса, нуқта узоқлиги

$$\lambda = \lambda_{ум} + \frac{60'' a}{b}$$

берилган нуқта учун

$$\lambda = 18^{\circ}04' + \frac{60'' \cdot 9,8 \text{ см}}{10,5 \text{ см}} = 18^{\circ}04'56''.$$

Нуқта кенглиги ҳам шундай аниқланади:

$$\varphi = 54^{\circ}04' + \frac{60'' \cdot 13,7 \text{ см}}{18,6 \text{ см}} = 54^{\circ}40'44'';$$

шу нуқтанинг тўғри бурчакли координаталари координата тўрининг вертикал ва горизонтал чизиқларига нисбатан ўлчагич ва масштаб чизиғи ёрдамида аниқланади:

$$x = 6065 \text{ км} + 542 \text{ м} = 6065542 \text{ м};$$

$$y = 4311 \text{ км} + 756 \text{ м} = 4311756 \text{ м}.$$

9. Карта бўйича чизиқнинг ҳақиқий азимути ва дирекцион бурчагини аниқлаш.

P нуқтадан яхшиланган грунтли йўлнинг ҳақиқий азимути ва дирекцион бурчагини аниқлаш учун P нуқтадан ғарбий ва шарқий минутли ромга ва километрли тўрнинг вертикал чизиғига параллел чизиқлар ўтказилади. Транспортир ноли P нуқтада шимолга қаратиб қўйи-

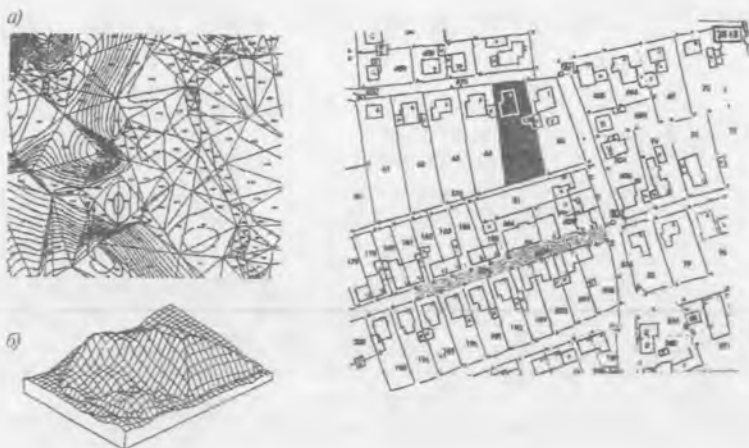
либ, йўл йўналишига $A = 89^{\circ}10'$ ва $\alpha = 91^{\circ}30'$ бурчаклар олинади.

3.4. Ер сиртини рақамли кўринишда тасвирлаш

Ҳисоблаш техникасининг ривожланиши ва автоматлаштирилган чизмачилик асбоблари, геоинформацион системаларнинг (ГИС) пайдо бўлиши иншоотларни лойиҳалаш ва қуриш билан боғлиқ бўлган ҳар хил инженерлик масалаларини ечиш учун автоматлаштирилган системалар яратилишига олиб келди. Бу масалаларнинг бир қисми топографик планлар ва карталардан фойдаланиб ечилади. Шу сабабли жой топографияси тўғрисидаги информацияни компьютерларни қўллаш учун қулай бўлган рақамли кўринишда ифодалаш ва сақлаш зарурияти пайдо бўлди.

Компьютер хотирасида жой тўғрисидаги рақамли маълумотлар энг қулай тарзда ер сирти нуқталарининг текисликда X , Y , фазода X , Y , H координаталар тўплами кўринишида тақдим этилиши мумкин. Нуқталарнинг бундай тўплами уларнинг координаталари билан биргаликда жойнинг рақами моделини (ЖРМ) ташкил этади. ЖРМ ўзининг мазмунига кўра жой контурлари тафсилотининг рақамли модели ва рельефнинг рақамли модели (РРМ)га бўлинади. Тафсилотнинг ҳамма элементлари, жой предметлари ва контурлари ҳолатини аниқловчи нуқталарнинг координаталари X , Y билан берилади. Рельефнинг рақамли модели жойнинг топографик сиртини тавсифлайди. У рельеф характерини етарли даражада тавсифлаш учун ер сиртида танланган координаталари X , Y , H бўлган қандайдир нуқталар тўплами билан аниқланади.

Рельеф шакллари турли-туман бўлганлиги учун уни рақамли кўринишда батафсил тасвирлаш анчагина қийин. Шу сабабли ечиладиган масалага ва рельеф характерига қараб рақамли моделларни тузишнинг ҳар хил усуллари қўлланилади. Масалан, РРМ қандайдир квадратлар тўри ёки жой участкаси ҳамма майдонида бир текисда жойлашган тўғри бурчакли учбурчаклар учларининг X , Y , H координаталари қийматлари жадвали кўринишга эга бўлиши мумкин. Учлар орасидаги масофа рельеф шакли ва ечиладиган масалага мос равишда танланади. Модель рельефнинг характерли (эгилган, букилган) жойларида (сув



3.7-расм. Жойнинг рақамли модели: рақамли модель нуқталарининг рельефининг характерли жойларида ва горизонталларида жойлашиши (а) ва унинг асосида тузилган жой рельефининг ҳажмли модели (б), жойнинг плани (в).

айирғичларда, тальвегларда ва ҳ.к.) ёки горизонталларида жойлашган нуқталарнинг координаталари жадвали кўринишда ҳам берилиши мумкин.

Рельефининг рақамли модели координаталаридан фойдаланиб компьютердаги махсус, масалан, AutoCAD, MAPINFO дастурларида уни батафсилроқ таърифлаш, жой участкасини берилган йўналиши бўйича бўйлама ва кўндаланг профилини, топографик планини тузиш ва уларда ҳар хил инженерлик масалаларини ечиш мумкин.

3.5. Нуқталар белгилари бўйича горизонталлар ўтказиш

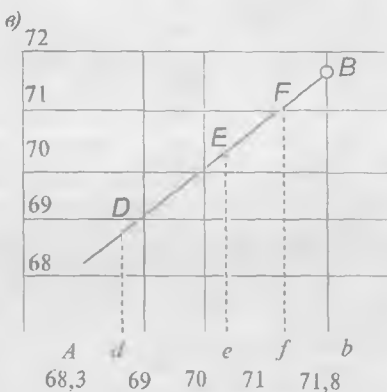
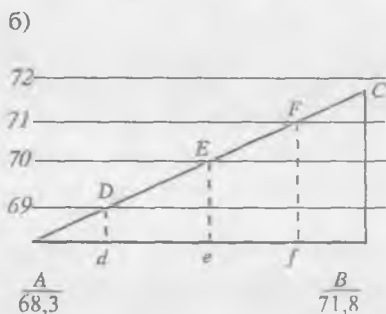
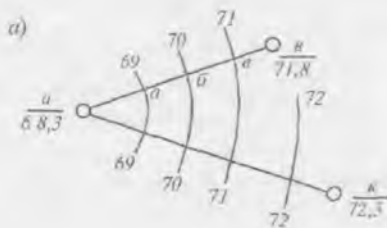
Карта ва планларда тасвирланган жой рельефининг характерли нуқталари ва қияликлар ўзгариш жойларининг нуқталари белгилари бўйича горизонталлар ўтказилади: бунда қияликлар йўналишларини билиш зарур. Панда бир қияликда ётган белгилари $H_0 = 68,3$ м, $H_B = 71,8$ м бўлган нуқталар орасида рельеф кесими баландлиги $h = 1$ м ли бўлган горизонталлар ўтказиш талаб қилинсин (3.8-расм, а). Бундай масалани ечиш учун S чизикда белгилари қабул қилинган рельеф кесимига қаррали нуқталар ўринларини

планда аниқланади; бу амал горизонталларни интерполяциялаш дейилади.

Горизонталларни интерполяциялаш фақат бир қияликда жойлашган икки нуқта орасида ўтказиш мумкин (3.8-расм).

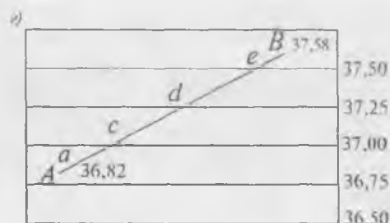
Горизонталларни интерполяциялаш аналитик, график усулларда ёки кўпинча камерал шароитда кўзда чамалаб олиб борилади.

Аналитик усул. Масалани ечиш моҳиятини асослаш учун планда A ва B чизиқни ясаб, B учидан ундан чиқарилган $H_B - H_A$ қиймат қўйилиб, C нуқта топилади. AC жой профили бўлади (3.8, б-расм). Бунда AC чизиқни кесувчи 69, 70, 71 белгили текисликларнинг ўтказсак, бу текисликларнинг AC чизиқ билан кесишган D, E, F нуқталарининг белгилари 69, 70, 71 га тенг, уларнинг av чизиқдаги проекциялари d, e, f , изланаётган нуқталар бўлади. ABC, AdD ва AfF учбурчакларнинг ўхшашлигидан:



3.8-расм. Горизонталларни интерполяциялаш схемалари:

a — планда бир текисликда ётган $a - v$ ва $a - k$ нуқталар; b — планнинг a ва v га мос жойнинг AB қиялиги — аналитик усул; v — миллиметрли қоғозда; e — шаффоф қоғоз (калька)да — график усуллар.



$$Ad = \frac{Dd}{CB} \cdot AB, \quad fB = \frac{Ff}{CB} \cdot AB, \quad de = ef = \frac{h}{CB} \cdot AB. \quad (3.7)$$

Ечилаётган масалада $CB = H_B - H_A = 3,5$ м, $Dd = 69 - 68,3 = 0,7$ м, $CP = 71,8 - 70 = 0,8$ м. Бу миқдорлар қийматларини (3,7) ифодага қўйсақ, қуйидаги қийматларга эга бўламиз: $Ad = 4$ мм, $fB = 4,6$ мм, $de = ef = 5,7$ мм. Бу кесмаларни пландаги av кесмада ўлчаб қўйсақ, изланган нуқталар ўрни топилади. Шундай йўл билан v ва k нуқталар орасида горизонталлар ҳолати аниқланади, ундан сўнг бир хил белгили нуқталардан горизонталлар ўтказилади. Келтирилган горизонталларни сонли интерполяциялашни қўллаш кўп вақтни талаб қилади.

Шу сабабли тезроқ ва етарли аниқликда интерполяциялаш учун миллиметрли қоғоз ёки калькадан фойдаланишга асосланган график усул қўлланилади.

График усул. Миллиметрли қоғознинг қирқилган четини AB чизиғига қўйилади. Чизиқ учлари белгилари бўйича AB чизиқнинг профили A , B ясалади. Профиль чизиғини кесувчи 69, 70, 71 м ли текисликларда кесишган нуқталарни пландаги AB чизиққа проекциялаб d , e , f нуқталарини ўрни топилади (3.8, в-расм).

График интерполяциялаш учун шаффоф қоғоз, масалан, калька қўлланилиши мумкин. Бунда калькада параллел чизиқлар тенг ораликда ўтказилиб, уларнинг учларида рельеф h кесимига каррали баландликлар (3.8, г-расмда 0,25 м) пландаги энг кичик баландликдан бошлаб ёзилади. Учлари баландликлари $H_A = 37,58$ м ва $H_B = 36,82$ м бўлган тўғри чизиқда горизонталлар ўрнини аниқлаш учун шаффоф қоғозни бу чизиққа шундай қўйиш керакки, A ва B нуқталарнинг ўрни улардаги баландликларга мос келсин. Тўғри чизиқнинг қоғоздаги чизиқлар билан кесишган, циркуль игнасида тешилган нуқталари берилган баландликлари тегишлича 37,50, 37,25 ва 37,00 м бўлган горизонталларнинг пландаги ўрнига мос келади.

Кўпинча съёмка жараёнида ёки камерал шароитларда план тузишда горизонталларни интерполяциялаш кўзда чамалаб бажарилади. Рельефни чизишда горизонталлар рельефнинг ривожланиш қонуниятининг геоморфологик хусусиятларини ифодалаши керак.

3.6. Геоинформацион системалар (ГИС) тўғрисида тушунча

Замонавий юқори унумли компьютерларни пайдо бўлиши, уларнинг жуда катта миқдордаги информацияни қайта ишлаш, сақлаш ва бериш имконияти инсоннинг хўжалик ва бошқариш фаолиятида янги йўналишнинг ва янги геоинформатика фанининг пайдо бўлишига олиб келди.

Олдинига «геоинформацион системалар» тушунчаси «географик информацион системалар» деб тушунилди, чунки у географик фанлар заминида пайдо бўлган эди. Ҳозир уни қўллаш соҳаси география доирасидан чиқиб кетди ва «гео» кўшимчаси эса информация фақат Ер ва ундаги инсон фаолияти билан боғлиқлигини кўрсатади.

Шундай қилиб, *геоинформация системаси дейилганда кўпинча инсонни фазода ва вақт давомида ўраб олган воқеалар тўғрисидаги информациянинг кўп турларини йиғиш, сақлаш, қайта ишлаш ва кўринишини таъминловчи табиат ва жамиятнинг худудий ўзаро ҳамкорлиги тўғрисидаги билимларнинг компьютерли омбори тушунилади.*

Уларга, жумладан география, информатика, геодезия, картография, ерни ҳисобга олиш, бошқариш, ҳуқуқ, экология ва бошқа фанлар соҳаларидан информациялар киради.

ГИС худудий қамраб олиши бўйича умуммиллий ва регионал фойдаланиш мақсадларига кўра кўп мақсадли, махсулаштирилган, информацион, маълумотли, режалаштириш, бошқариш эҳтиёжлари ва ҳ. к. мавзу бўйича, сув ресурслари, ердан фойдаланиш, ўрмонлардан фойдаланиш, турмуш ва бошқаларга бўлинади. Кадастрга ориентирланган системалар жуда фаол ривожланмоқда.

ГИС учун информация манбаи географик ва топографик карта ва планлар, аэрокосмик материаллар, меъёрий ва норматив ҳужжатлар бўлади.

Замонавий ГИС асосан рақамли бўлиб, махсус таъминлаш дастури ва маълумотлар базаси дейиладиган қисмлардан барпо этилади.

Рақамли карта маълумотлар базасига информациянинг икки варианты — объектнинг ўрнини аниқлайдиган фазовий ва объектнинг хоссаларини ифодалайдиган семантик (атрибутив) информациялар киради.

ГИСда турли-туман фазовий информация ҳар хил масалаларни ечишда жавоб берадиган айрим қатламлар кўри-

нишида ташкил этилади. Ҳар бир қатлам фақат бир ёки бир неча мавзуга тааллуқли информацияни сақлайди. Масалан, шаҳар худудини ривожлантириш масалаларини ечиш учун айрим қатламлар тўпламига ер эгаликлари ва кўчмас мулк, транспорт, таълим, соғлиқни сақлаш, маданият, инженерлик тармоқлари, рельеф, топопланлар, геодезик тармоқлар ва шаҳар хўжалигининг бошқа объектлари тўғрисидаги маълумотларни киритиш мумкин.

Карта ва планларни компьютерда кўрсатиш учун тўғри бурчакли координаталар қўлланилади бунда, ҳар бир нуқта бир жуфт X, Y координаталар билан ифодаланadi. Координата системасидан фойдаланиб, нуқталарни, чизиқларни ва полигонларни координаталар рўйхати кўринишида кўрсатиш мумкин. Бунда Ер сиртини текисликда кўрсатиш учун ҳар хил картографик проекциялар, масалан, Гаусс — Крюгер проекцияси қўлланилиши мумкин. Компьютерга карта ва планлардан маълумот рақамлаш йўли билан киритилади. Рақамлаш объектнинг ҳар бир характерли нуқтасини рақам билан кўрсатиш ёки карта варағининг ҳаммасини электронли сканерлаш йўли билан бажарилиши, объектларнинг изоҳлаш тавсифлари компьютер клавиатурасидан киритилиши мумкин. Рақамли кўринишида ёзилган аэро ва космик съёмкалар, электрон геодезик асбобларда бажарилган съёмкалар натижалари компьютернинг маълумотлар базасига қоғозли стадиядан қутилиб киритилиши ва қайта ишланиб, жойнинг рақамли ёки қоғозли элтувчидаги картаси, плани, профили тузилиши ва уларда инженерлик ёки бошқа масалаларни ечиш мумкин.

3.7. Кадастрда геоинформацияли системалар

Ер, шаҳар қурилиши, сув, ўрмон ва бошқа кадастрининг ҳар бир тури картографик информация базасидаги ер ва ер ости, табиий, хўжалик ва ҳуқуқий ҳолатнинг ишончли ва зарурий маълумотлари мажмуиға эга бўлганлиги сабабли аслида ҳам геоинформацияли системалар бўлади, картографик информация ернинг миқдори, сифати, қиймати, ердан фойдаланувчи ва ер эгалари тўғрисида маълумот олиш ва ердан фойдаланишни назорат қилиш учун ҳам хизмат қилади.

Кадастрнинг информатсион асоси ерларни инвентаризациялаш (рўйхатга олиш) ва кадастрли съёмкалар нати-

жасида яратилади. Бу ишлар катта хуудларни (шаҳар, туман, аҳоли пунктлари ва ҳ.к.) ҳамда катта бўлмаган ер участкаларини ҳам қамраб олиши мумкин.

Катта миқдордаги маълумотларни ягона информацион системада жойлаштириш учун кадастрни информацион элементлар қатламларига бўлинади, уларнинг ҳар бирдан аниқ масалани ечишда мустақил фойдаланилади.

ГИСни қўллашга асосланган кадастрнинг автоматлаштирилган системаси учун рақамли кадастрли карталар, планлар қўлланилади. Кадастрли картада планда кўрсатилган ҳамма объектлар фазовий боғланишга эга, яъни уларнинг ҳолати картани яратишда қабул қилинган координаталар системасида аниқланган. Объект (ер участкаси)ни таърифлаш маълумотлари информацион системанинг маълумотлар базаси мазмунини ташкил этади. Бу маълумотлар базасининг объектларини ва алоқаларини белгилаш учун участкалар идентификаторлари (кадастрли номерлари)дан фойдаланилади. Шу тарзда рақамли кадастрли карта метрик (график) ва семантик (ифодалаш) маълумотлар мажмуасини ифодалаб, кадастрнинг информацион системаси қисмини тасвирлаб кўрсатади. Ер участкаларининг ўрнини, уларнинг чегаралари ва майдонини аниқлаб, ундан ресурсларни бошқариш инструменти каби фойдаланилади.

Шундай қилиб, давлат ер кадастри истеъмолчига ер информациясини йиғиш, сақлаш ва беришни таъминловчи геоинформацион система бўлади.

4. ЎЛЧАШ ХАТОЛИКЛАРИ НАЗАРИЯСИ ТЎҒРИСИДА БОШЛАНҒИЧ МАЪЛУМОТЛАР

4.1. Ўлчаш ва унинг турлари

Геодезик ўлчашларни бажаришда горизонтал ва вертикал бурчаклар, чизиқлар узунликлари, нуқталар нисбий баландликлари, контурлар юзалари ва бошқа катталиклар ўлчанади. *Бирор X катталикни ўлчаш деб уни ўлчов бирлиги сифатида қабул қилинган бир жинсли катталик билан таққослашга айтилади. Ўлчаш натижаси ўлчанаётган катталикда ўлчов бирлигини неча марта ётганлигини кўрсатадиган сон бўлади. Ўлчашларда бевосита (тўғри) ва билвосита ўлчашлар фарқланади. Бевосита ўлчашларда ўлчанаётган объект ўлчов бирлиги билан таққосланади, маса-*

лан картадаги чизиқни, стол ўлчамини сантиметрли чизгичда ўлчаш ва ҳ. к. *Билвосита ўлчашларда натижа бевосита ўлчанган бошқа миқдорлар ёрдамида ҳисоблаб топилади*, масалан, учбурчак юзасини унинг асоси ва баландлигини ўлчаш орқали аниқлаш, айлана узунлигини унинг маълум радиуси бўйича ҳисоблаш ва ҳ. к. Бунда айлана узунлиги, доира ёки учбурчак юзаси билвосита ўлчаш натижалари ёки ўлчанган миқдорлар функцияси бўлади.

Ўлчаш натижалари зарурий ва ортиқчаларга бўлинади. Битта катталиқ (чизиқ узунлиги, учбурчак бурчаги ва ҳ.) n марта ўлчанса, ўлчаш натижаларидан бири зарурий, қолгани $n-1$ таси эса ортиқча (қўшимча) бўлади. Қўшимча ўлчашлар муҳим аҳамиятга эга, уларнинг ўхшашлиги назорат воситаси бўлади ва ўлчашлар натижаларини баҳолаш имконини беради, улар изланаётган катталиқнинг ишончлироқ қийматини ҳар қандай бошқа натижага нисбатан аниқроқ олиш имконини туғдиради.

Агар ўлчашлар бир хил шароитда, бир хил аниқликдаги асбоблар билан, бир хил малакали шахслар томонидан бажарилган бўлса, олинган *натижа тенг аниқли*, бу шартлардан бирортаси бажарилмай топилган натижалар эса *тенг аниқсиз* дейилади, улар ҳар хил ўрта квадратик хатоликка эга бўлади.

4.2 Ўлчаш хатоликлари ва хатоликлар назарияси

Бир катталиқни кўп марта ўлчаш қанчалик тиришқоқлик билан бажарилса ҳам унинг натижалари бир-бирларидан ва бу катталиқнинг ҳақиқий ўлчамидан бирмунча фарқ қилади. Агар ўлчаш мукамалроқ асбоблар, усулларда, тажрибали кузатувчилар томонидан қулай ташқи муҳитда бажарилса, уларнинг изланаётган натижалари абсолют миқдори бўйича кичикроқ хатоликларга эга бўлади. Лекин бундай ҳолда ҳам хатоликлар таъсиридан қутулиш мумкин эмас. Шу сабабли ўлчашлар *зарурий аниқликда* бажарилиши керак, ортиқча аниқликка эришиш катта харажатларга, етарли бўлмаган аниқлик эса қутилмаган оқибатларга олиб келиши мумкин.

Ўлчаш натижаси l билан ўлчанган катталиқнинг аниқ (ҳақиқий) қиймати X орасидаги

$$\Delta = l - X \quad (4.1)$$

фарқ *хатолик* дейилади.

У ёки бу катталикнинг ўлчанган (ҳисобланган) қийматини назарий қийматдан фарқи ҳам (4.1) формулада ҳисобланади, у ҳолда натижа *боғланмаслик* дейилади. Масалан, картада ясси учбурчак бурчаклари ўлчаниб, уларнинг йиғиндиси $179^{\circ}30'$ бўлса, унинг назарий қиймати ($X=180^{\circ}$) дан фарқи боғланмаслик $f = 179^{\circ}30' - 180^{\circ} = -30'$.

Хатоликлар келиб чиқишига кўра қўпол, мунтазам ва тасодифий хатоликларга бўлинади.

Қўпол хатолик деб хатоликлар қаторида абсолют қиймати бўйича бошқалардан катта фарқ қиладиган миқдорга айтилади. Масалан, чизиқни ўлчашда лентани ётқизиш сонини санашда адашиш ёки унинг тескари томонидан саноқ олиш кабилар. Қўпол хатолик ўлчовчи шахснинг ўз ишига бефарқ қарашидан келиб чиқади, қайта ўлчаш орқали топилади ва тузатилади.

Мунтазам хатолик деб хатоликлар қаторида бир хил ишора ва қийматлар билан такрорланадиган хатоликларга айтилади. Мунтазам хатоликлар ўлчаётган шахс, қўлланаётган асбоб ва муҳит хатоликларига бўлинади. Масалан, лентанинг қабул қилинган (номинал) узунлигини ҳақиқий узунлигидан фарқи, лента узунлигининг ҳаво температурасига қараб ўзгариши, ўлчовчи шахсни саноқни ошириб ёки камайтириб олишга одатлангани каби хатоликлар бўлади. Демак, бу хатоликларни келиб чиқиши манбалари маълум қонуниятларга бўйсунди, шу сабабли бундай хатоликларнинг ўлчаш натижасига таъсирини камайтириш ёки йўқотиш мумкин.

Тасодифий хатолик деб хатолар қаторида турли ишора ва қийматда учрайдиган ҳамда қиймати маълум чекдан ошмайдиган хатоликка айтилади.

Тасодифий хатоликлар қонуниятлари оммавий ўлчашларда намоён бўлади ва уларни ўрганиш билан хатоликлар назарияси фани шуғулланади. Унинг вазифаларига *ўлчашлар хатоликлари ва турларини ўрганиш, ўлчаш натижаларининг аниқлигини баҳолаш учун ҳар хил мезонлар ўрнатил, битта миқдорни ўлчаш қаторидан унинг энг ишончлироқ якуний қийматини топиш ва бу натижани баҳолаш, ўлчанган қийматлар функциялари аниқликларини таҳлил қилиш* каби масалаларни ечиш киради.

Ўлчашлар хатоликлари назарияси ҳал этадиган юқорида саналган масалалар геодезик ўлчашларни тўғри ташкил қилиш, ўтказиш ва натижалардан оқилона фойдаланиш учун катта аҳамиятга эга.

Ўлчашлар хатоликлари назарияси ўлчашлар бажариладиган ҳамма шароитларни тўғри ва синчковлик билан ўрганиш, уларни ишончли ўтказиш услубиятини белгилаш, бу мақсад учун зарурий асбобларни танлаш, кутилаётган ўлчаш ва якуний натижа аниқлигини ҳисоблаш, ўлчашлар бажарилгандан кейин эса натижаларга тўғри ишлов бериш ва уларнинг аниқлигини баҳолаш имконини беради.

4.3. Тасодифий хатоликлар хоссалари

Оммавий ўлчашларда намоён бўладиган тасодифий хатоликлар статистик қонуниятларга бўйсунди, бунда улар қуйидаги тўрт хоссага эга бўлади;

1) берилган ўлчаш шароитлари учун абсолют миқдори бўйича маълум бир чекдан ошмайди;

2) абсолют қийматлари бўйича мусбат ва манфий хатоликлар баравар учрайди;

3) тасодифий хатоликларнинг арифметик ўрта миқдори ўлчаш сони чексиз ортганда нолга интилади;

4) абсолют қийматлари бўйича кичик тасодифий хатоликлар катталарига қараганда кўпроқ учрайди.

Тасодифий хатоликларнинг учинчи хоссасига кўра

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0, \quad (4.2)$$

бунда $[\Delta]$ — бир жинсли миқдорларнинг йиғиндисини белгилаш учун Гаусс киритган рамзи (символ).

Агар X миқдорнинг ўлчаш натижалари l_1, l_2, \dots, l_n ва бу ўлчашларнинг (4.1) формулада ҳисобланадиган тасодифий хатоликлари $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ ўлчашлар сони n чексиз ортганда оддий арифметик ўрта қиймат $\frac{[\Delta]}{n} = x_0$ ҳақиқий x қийматга интилади, яъни $\lim_{n \rightarrow \infty} x_0 = x$. Амалиётда катталиқни ўлчашлари сони нисбатан катта бўлмайди, лекин бундай ҳолларда ҳам оддий арифметик ўрта қиймат изланаётган миқдорнинг энг ишончли қиймати бўлади.

4.4. Ўлчашлар аниқлигини баҳолашда қўлланиладиган мезонлар

Геодезияда бажарилган ўлчашлар сифатини баҳолашда ўртача хатолик (θ), эҳтимолий хатолик (r), ўрта квадратик хатолик (m), мутлақ (абсолют) ва нисбий хатоликлар

қўлланилади. Тасодикий хатоликлар абсолют қийматларининг арифметик ўртачаси *ўртача хатолик* дейилади, яъни

$$\theta = \frac{|\Delta|}{n}, \text{ бунда } [|\Delta|] = |\Delta_1| + |\Delta_2| + \dots + |\Delta_n|. \quad (4.3)$$

Эҳтимолий хатолик деб тасодикий хатоликнинг шундай қийматига айтиладики, ундан абсолют миқдорлари бўйича катта ёки кичик хатоликлар баравар учраши мумкин:

$$r = 0,67 \vartheta. \quad (4.4)$$

Ўрта квадратик хатоликлар қиймати К. Ф. Гаусс томонидан тавсия этилган қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \quad (4.5)$$

бунда $[\Delta^2] = \Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2$; $\Delta_i = x_i - X$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), Δ_i — ҳақиқий хатоликлар, X — ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий (аниқ) қиймати, x_i — катталикни ўлчаш натижалари.

Ўрта квадратик хатолик ўлчаш аниқлигини баҳолашнинг энг ишончли мезони бўлади, чунки унинг қиймати-га бажарилган ўлчаш сифатини аниқлайдиган абсолют қийматлари катта хатоликлар кучли таъсир этади, ўлчашлар сони нисбатан катта бўлмаганда ҳам ўрта квадратик хатолик етарли ишончлилик билан ҳисобланади, агар у юқорида саналган тўрт хоссага бўйсунса, унинг чекли қийматини

$$\Delta_{\text{чекли}} \leq 3m \quad (4.6)$$

формулада ҳисоблаш мумкин, у ҳолда 1000 та хатоликдан учтаси бу чекдан ортади.

Геодезик ўлчашларни бажариш бўйича техник инструкцияларда йўл қўярли хатолик

$$\Delta_{\text{чекли}} \leq 2m \quad (4.7)$$

қилиб белгиланади, бунда 100 та хатоликдан абсолют қиймати бўйича бештаси (4.7) формуладаги ҳисобланган $\Delta_{\text{чек}}$ дан ортиши мумкин, у ҳолда улар қўпол хатолик саналиб қайтадан ўлчанади.

Хатоликлар назариясида ўрта квадратик хатолик m ва чекли $\Delta_{\text{чекли}}$ хатоликлар қуйидаги боғлиқликка эга:

$$\alpha \leq m\sqrt{3}. \quad (4.8)$$

Ўлчашлар хатоликлари нормал тақсимот қонунига бўйсунганда ўрта квадратик ва ўртача хатоликлар орасида қуйидаги боғлиқлик мавжуд:

$$m = 1,250. \quad (4.9)$$

Абсолют ва нисбий хатоликлар. Ўрта квадратик, ўртача, эҳтимолий ва чекли хатоликлар *абсолют хатоликлар* дейилади.

Сурати бирга тенг бўлган каср билан ифодаланадиган абсолют хатоликни ўлчанган миқдорнинг ўртача қийматига нисбати *нисбий хатолик* дейилади. Бунда қандай хатоликдан фойдаланилганига қараб, *нисбий ўрта квадратик*, *нисбий ўртача*, *нисбий эҳтимолий*, *нисбий чекли* хатолик фарқланади. Нисбий хатолик маҳражини, агар у юзликларда ифодаланса, ўнликларгача, мингликларда ифодаланса, юзликларгача яхлитлаш мақсадга мувофиқ бўлади.

Агар ўлчаш натижаси $l = 226,3 \pm 0,27$ м кўринишида ёзилган бўлса, унинг ҳақиқий L қиймати $226,03 \leq L \leq 226,57$ чегарасида $P = 0,9545$ ишончлилиқ эҳтимоллиги билан жойлашади.

Чизиқ узунликлари ва юзаларни ўлчашларда натижа сифати ΔL абсолют хатоликни L ўлчаш натижасига нисбатини кўрсатувчи нисбий хатолик билан тавсифлаш яхшироқ, яъни

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta L : \Delta L}{L : \Delta L} = \frac{1}{L : \Delta L} = \frac{1}{N}. \quad (4.10)$$

Карта ва планларда юзаларнинг аниқлигини баҳолашда нисбий хатоликлар фоизларда ҳам ифодаланиши мумкин.

4.5. Ҳақиқий хатоликлар бўйича аниқликни баҳолаш мисоли

Ҳақиқий узунлиги 125,43 м бўлган чизиқ узунлиги ўлчов лентасида олти марта ўлчанган. Олинган натижалари 4.1-жадвалнинг 2-устунида келтирилган. Улар бўйича ўртача (мунтазам) хатоликни, эҳтимолий хатоликни ва ўлчов лентасида чизиқ ўлчашнинг ўрта квадратик хатолигини баҳолаш керак.

Е ч и ш . Барча ҳисоблар жадвалда келтирилган:

Ўлчаш номери	Ўлчашлар натижалари	Δ_i , см	Δ_i^2	Аниқликни баҳолаш
1	125,56	-13	169	Ўртача хатолик: $\theta = \frac{[\Delta]}{n} = \frac{37}{6} = 6,2$ см Эҳтимолий хатолик: $r = 5$ см Ўрта квадратик хатолик: $m = \sqrt{\frac{311}{6}} = 7,2$ см
2	49	-6	36	
3	39	+4	16	
4	38	+5	25	
5	44	-1	1	
6	35	+8	64	
	125,43		311	

4.6. Тенг аниқликда ўлчанган катталиқнинг ўлчаш натижаларини математик ишланиши

Бир катталиқнинг тенг аниқликда ўлчанган натижалари қатори олинган бўлса, уларнинг математик ишланишида қуйидагилар ҳисобланади:

1. Ўлчанган катталиқнинг энг ишончли бўлган арифметик ўртача қиймати.

2. Айрим ўлчашнинг ўрта квадратик хатолиги.

3. Арифметик ўртанинг ўрта квадратик хатолиги.

Тенг аниқликли ўлчашнинг l_1, l_2, \dots, l_n натижаларидан арифметик ўртача қиймат қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$L = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n} = \frac{[l]}{n} \quad (4.11)$$

Уни ҳисоблашни осонлаштириш мақсадида ўлчанаётган катталиқнинг тақрибий l_0 қиймати сифатида l_i ўлчанганлардан энг кичиги танланиб, қолдиқлар қуйидаги формулада топилади:

$$\varepsilon_i = l_i - l_0 \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$

Бу ифодани (4.11) формулага қўйиб, айрим ўзгаришлар киритилса,

$$L = l_0 + \frac{[\varepsilon]}{n} \quad (4.12)$$

тенглик ҳосил бўлади ва у арифметик ўртача қийматни тақрибий қийматлар орқали ҳисоблаш учун хизмат қилади.

Ўлчаш натижаларини баҳолашда ҳақиқий хатоликлар камдан-кам ҳолларда маълум бўлади, шунинг учун кўпинча *геодезик ўлчашлар амалиётида ўлчаш аниқлигини баҳолаш учун Бесселнинг қуйидаги формуласи қўлланилади:*

$$m = \sqrt{\frac{[\vartheta^2]}{n-1}}, \quad (4.13)$$

бунда $\vartheta_i = l_i - L$ — энг эҳтимолий хатоликлар, $n-1$ — ортиқча ўлчашлар сони.

Тенг аниқликли ўлчашлар натижалари арифметик ўрта-часининг ўрта квадратик хатолиги

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{[\vartheta^2]}{n(n-1)}} \quad (4.14)$$

формулада ҳисобланади, яъни *арифметик ўртанинг ўрта квадратик хатолиги M айрим ўлчашнинг ўрта квадратик хатолиги m дан \sqrt{n} марта кичик бўлади.*

(4.13) формулада топилган ўрта квадратик хатоликнинг ишончлигини баҳолаш учун қуйидаги формула қўлланилади:

$$m_m = \pm \frac{m}{\sqrt{2(n-1)}} \quad (4.15)$$

Агар $n=4$ бўлса, ўрта квадратик хатоликнинг ишончлиги $m_m = 0,4$, $n = 8$ бўлганда эса $m_m = 0,3$, бундан $n \leq 8$ бўлганда бажарилган ўлчашлар ишончсиз.

4.2- жадвалда чизиқ узунлигини тенг аниқликда беш марта ўлчаш натижалари бўйича унинг энг эҳтимолий қиймати ҳамда m , m_m ва M ўрта квадратик хатоликларини топиш масаласини ечилиши намунаси келтирилган.

4.2-жадвал

N	$l, м$	ϑ	ϑ^2	
1	226,1	-0,2	0,04	<p>Аниқликни баҳолаш:</p> $m = \sqrt{\frac{[\vartheta^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,10}{4}} = \pm 0,16 м; \Delta_{чекли} = 2m = 0,32 м;$ $m_m = \frac{m}{\sqrt{2(n-1)}} = \frac{0,16}{\sqrt{8}} = \pm 0,04 м; \frac{m_m}{L} = \frac{0,16}{226,3} = \frac{1}{1400};$ $M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} = \pm \frac{0,16}{\sqrt{5}} = \pm 0,07 м; \quad 226,0 \leq L \leq 226,6 м.$
2	226,2	-0,1	0,01	
3	226,5	+0,2	0,04	
4	226,4	+0,1	0,01	
5	226,3	0,0	0,0	
	226,3	$[\vartheta] = 0$	0,10	

4.3- жадвалда бурчакни тенг аниқликда ўлчаш қаторининг математик ишланишини ўтказиш, яъни айрим ўлчашнинг арифметик ўртачасини, ўрта квадратик хатолиги ва арифметик ўртанинг ўрта квадратик хатолигини топиш намунаси келтирилган.

4.3-жадвал

Ўлчаш N	Ўлчаш натижаси l_i	ϵ	ϑ	ϑ^2	$\vartheta\epsilon$
1	125°36'15"	5"	+5"	25	+25
2	32"	22"	-1,2	144	-264
3	24	14	-4	16	-56
4	10	0	+10	100	0
5	21	11	-1	1	-11
$l_0 = 125^\circ 36' 10''$		52"	-2"	286	-306

$$L = 125^\circ 36' 10'' + \frac{52}{5} = 125^\circ 36' 20''; \quad m = \sqrt{\frac{286}{4}} = 8''; \quad M = \frac{8}{\sqrt{5}} = 4''.$$

4.3- жадвалнинг охириги устуни $[\vartheta^2] \approx -[\vartheta\epsilon]$ эканлигини текшириш учун хизмат қилади.

Кўпинча амалиётда аниқланаётган миқдорни назорат қилиш ва аниқлигини ошириш учун у икки мартадан ўлчанади, масалан, чизиқ тўғри ва тескари йўналишда, нисбий баландлик икки горизонтда ёки икки томонлама рейкада ўлчанади, буларнинг ўртачаси якуний қиймат сифатида қабул қилинади. Бу ҳолда айрим ўлчашнинг ўрта квадратик хатолиги қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$m = \sqrt{\frac{[d^2]}{2n}}, \quad (4.16)$$

бунда d_i — миқдорларнинг икки карра ўлчаниши фарқи, n — фарқлар сони; икки ўлчаш натижалари ўртачасининг ўрта квадратик хатолиги эса қуйидаги формулада топилади:

$$M = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[d^2]}{n}}. \quad (4.17)$$

4.4-жадвалда бир бурчакнинг ўрта квадратик хатолигини тенг аниқликда қўш ўлчашлар натижалари бўйича топишни ҳисоблаш намунаси келтирилган.

Ўлчаш тартиби	Ўлчашлар		d	d^2
	l_i	l_i		
1	56°15'20"	56°15'36"	-16	256
2	142°38'51"	142°38'30"	+21	441
3	204°05'20"	204°05'25"	-5	25
4	67°24'56"	67°24'56"	-6	36
			+6"	758

$$m = \sqrt{\frac{|d^2|}{2n}} = \sqrt{\frac{758}{2,4}} = 10''.$$

Чизиқ икки марта ўлчаниб $l=123,64$ м ва $l_2=123,68$ м натижалар олинган бўлсин. Ўлчанган чизиқнинг эҳтимолий қиймати $l=123,66$ м, нисбий хатолик $0,04/123,66=1/3091$ бўлади.

4.7. Ўлчанган миқдорлар функциялари аниқлигини баҳолаш

Кўпинча инженерлик амалиётида кузатувчини қизиқтираётган катталиқни бевосита ўлчашнинг имкони бўлмайди. Бундай ҳолларда изланаётган катталиқ билан функционал боғланган бирор миқдорлар (аргументлар) ўлчаниб, изланаётган функция ҳисобланади.

Агар ўлчашларда олинган аргументлар x_1, x_2, \dots, x_n ўзаро боғлиқ бўлмаса, m_i ўрта квадратик хатоликлар билан ўлчашлардан топилган

$$F = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (4.18)$$

функция берилган бўлса, унинг ўрта квадратик хатолиги m_F қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$m_F^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 m_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 m_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 m_{x_n}^2. \quad (4.19)$$

бунда $\partial f / \partial x_i$ — ҳар бир аргумент бўйича олинган хусусий ҳосилалар, улар ўлчанган x_1, x_2, \dots, x_n аргументлар қийматларидан фойдаланиб ҳисобланади.

Демак, умумий кўринишдаги функция ўрта квадратик хатолигининг квадрати ҳар бир аргумент бўйича олинган

хусусий ҳосилалар квадратларини тегишли аргументлар ўрта квадратик хатоликлари квадратларига қўйайтмаларининг йиғиндисига тенг.

(4.19) формула ўлчашлар хатоликлари назариясининг билвосита масаласини ечишда кенг қўлланилади, бунда аргументларнинг ўлчанган қийматлари ва уларнинг ўрта квадратик хатоликларидан фойдаланиб, изланаётган функция аниқлиги баҳоланади. Бунга қуйидагилар мисол бўла олади:

1. Учбурчакнинг икки бурчаги $m_{\beta_1} = 3''$ ва $m_{\beta_2} = 4''$ ўрта квадратик хатоликлар билан ўлчанган бўлса, m_{β_3} ни топиш керак.

(4.18) формулага биноан

$$\beta_3 = 180 - \beta_1 - \beta_2$$

функцияни тузамиз, сўнгра (4.19) ифода асосида

$$m_{\beta_3}^2 = m_{\beta_1}^2 + m_{\beta_2}^2 = 3^2 + 4^2 + 25; \quad m_{\beta_3} = 5''.$$

2. Тўғри тўртбурчак томонлари картадан $a \pm m_a = 100,0 \pm 0,6$ м ва $b \pm m_b = 200,0 \pm 1,0$ м аниқликда ўлчанган бўлса,

$$p = ab \quad (4.20)$$

формулада ҳисобланган юзанинг абсолют ва нисбий хатоликларини топиш керак бўлсин. У ҳолда

$$\frac{\partial p}{\partial a} = b; \quad \frac{\partial p}{\partial a} = a$$

бўлганлиги учун (4.19) формулага кўра

$$m_p = (b^2 m_a^2 + a^2 m_b^2)^{1/2} = (200,0^2 \cdot 0,6^2 + 100^2 \cdot 1,0^2)^{1/2} = 160\text{м}^2.$$

3. Нисбий ўрта квадратик хатоликни аниқлаш формуласини келтириб чиқариш учун (4.20) формула логарифмланади:

$$\lg p = \lg a + \lg b$$

ва уни дифференциаллаб, (4.19) формула асосида қуйидаги кўринишга келтирилади:

$$\left(\frac{m_p}{p}\right)^2 = \left(\frac{m_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{m_b}{b}\right)^2. \quad (4.21)$$

Бу формулага мисолдаги тегишли аргументлар қиймати қўйилганда

$$\frac{m_p}{p} = \frac{1}{125} \quad \text{ёки} \quad m_p = 0,8 \text{ } p\%$$

бўлади.

4. Агар горизонтал қўйилиши $S = 143,5$ м ва қиялик бурчаги $v = 2^\circ 30'$ тегишлича $m_s = 1,0$ м ва $m_v = 1'$ ўрта квадратик хатоликлар билан ўлчанган бўлса, қуйидагича ҳисобланган

$$h = S \operatorname{tg} v = 143,5 \operatorname{tg} 2^\circ 30' = 0,36 \text{ м}$$

нисбий баландликнинг ўрта квадратик хатолигини топиш керак бўлсин. У ҳолда

$$\begin{aligned} m_h^2 &= (\operatorname{tg} v \cdot m_s)^2 + (S \cdot \sec^2 v \cdot \frac{m_v}{p})^2 = \\ &= (0,5 \cdot 0,0042)^2 + (\frac{144}{0,99} \cdot \frac{1,0'}{3438'})^2 = 0,0025 \text{ м}^2 \end{aligned}$$

ёки $h \pm m_h = 0,36 \pm 0,05$ м; $0,31 \leq h \leq 0,41$.

5. Бажарилиши керак бўлган ўлчаш аниқлигини олдиндан тайинлаш, керакли аниқликдаги асбобларни танлаш хатоликлар назариясининг тескари масаласини ечишга асосланади. Бу масалада (4.18) функциянинг ошкор кўриниши ва унинг аниқлиги m_F (4.19) маълум ҳисобланиб, ҳар бир x_i аргументни ўлчаш m_{x_i} аниқликларини танлаш талаб қилинади. Берилган функция аниқлигига аргументларнинг ўлчаш аниқликлари ҳар хил танлаб олинганда эришиш мумкин бўлганлиги учун тескари масала саноқсиз кўп ечимга эга бўлади. Айрим ҳолларда бу масаланинг энг содда ечимига тенг таъсир этиш принципи асосида эришилади. Бу принципга кўра функция аниқлигига ҳамма кўшилувчилар тенг таъсир этади деб қабул қилинади. Масалан, тригонометрик нивелирлашда нисбий баландлик ўлчанган горизонтал масофа S ва қиялик бурчаги v орқали қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$h = S \operatorname{tg} v. \quad (4.22)$$

Нисбий баландликни $m_p = 0,01$ м аниқликда ҳисоблаш учун $S = 100$ м масофа ва $v \approx 2^\circ$ қиялик бурчаги қандай аниқликда ўлчаниши керак?

(4.19) формулага кўра (4.22) функция аниқлиги

$$m_h^2 = (\operatorname{tg} v \cdot m_s)^2 + (S \cdot \sec^2 v \frac{m_v}{\rho})^2. \quad (4.23)$$

Нисбий баландликнинг аниқлигига масофа ва қиялик бурчагини ўлчаш аниқлиги тенг таъсир этишини шарт қилиб қўйсак,

$$\operatorname{tg} v \cdot m_s = S \cdot \sec^2 v \frac{m_v}{\rho} = \frac{m_h}{\sqrt{2}},$$

у ҳолда

$$m_h = \operatorname{tg} v \cdot m_s \sqrt{2} \quad \text{ёки} \quad m_h = S \cdot \sec^2 v \frac{m_v}{\rho} \sqrt{2},$$

натижада $\frac{m_s}{S} = \frac{m_h \cdot \operatorname{ctg} v}{\sqrt{2} \cdot S} = \frac{0,01 \text{ м} \cdot 28,6}{1,41 \cdot 100 \text{ м}} \approx \frac{1}{500},$

$$m_v = \frac{m_h \cdot \rho \cdot \cos^2 v}{\sqrt{2} \cdot S} = \frac{0,01 \text{ м} \cdot 3438 \cdot 0,999^2}{1,41 \cdot 100 \text{ м}} = 0,24'.$$

Демак, нисбий баландликнинг талаб қилинган аниқлигига эришиш учун масофани ипли дальномерда ўлчаш аниқлиги (1:400 дан кичик) етарли бўлмайди. Бурчак эса 15'' аниқликда ўлчаниши керак. Шу сабабли хатоликлар муносабатини ўзгартириб, яъни чизикни ўлчаш аниқлигини 2 марта ошириб (1:1000), бурчак ўлчаш аниқлигини 2 марта камайтирсак ($m_v = 30''$), функция хатолиги ($m_h = 0,01 \text{ м}$) ўзгармайди. Бу эса шундай ҳисобга асосланган мулоҳаза орқали маълум аниқликдаги геодезик асбоб танлаш имконини беради, яъни масалани ечиш учун масофа пўлат лентада, бурчак эса 30 секундли теодолитда ўлчаниши керак.

4.8. Тенг аниқликсиз ўлчашлар натижаларини баҳолаш

Агар якуний натижа тенг аниқликсиз ўлчашлар натижаларидан топиладиган бўлса, у ҳолда ўлчанаётган катталикнинг эҳтимолий қийматини ҳисоблаш учун (4.11) формулани қўллаш мумкин эмас, чунки ҳар бир ўлчаш учун унга ишонч даражаси бир хил эмас. Бу ерда ўлчаш натижасига унга ишонч даражасини тавсифлайдиган ўлчаш натижаси вази тушунчаси киритилиши керак, яъни

$$p = \frac{k}{m^2}, \quad (4.24)$$

бунда k — ҳисоблашлар учун қулай ихтиёрий сон, m — ўрта квадратик хатолик.

Агар l_1, l_2, l_3 ўлчаш натижаларининг ўрта квадратик хатоликлари 2, 3 ва 6 бўлса, вазнлари қуйидаги формуларда ҳисобланадиган сонлар бўлади:

$$p_1 = \frac{k}{4}, \quad p_2 = \frac{k}{9} \quad \text{ва} \quad p_3 = \frac{k}{36}.$$

Қаср сонлардан қутулиш учун $k = 36$ қабул қилинса, $p_1 = 9$, $p_2 = 4$ ва $p_3 = 1$ бўлади. Яқуний натижа эса

$$L_0 = \frac{l_1 p_1 + l_2 p_2 + l_3 p_3}{p_1 + p_2 + p_3} \quad (4.25)$$

ёки Гаусс белгилашларида

$$L_0 = \frac{[pl]}{[p]} \quad (4.26)$$

L_0 миқдор *умумий арифметик ўрта* дейилади, унинг ўрта квадратик хатолиги қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$M_0 = \frac{\mu}{[p]}, \quad (4.27)$$

бунда μ — вазни бирга тенг бўлган ўлчаш натижасининг квадратик хатолиги, у

$$\mu = \sqrt{\frac{[p\vartheta^2]}{n-1}} \quad (4.28)$$

формулада топилади, ундаги ϑ — айрим ўлчаш натижаларини L_0 дан оғишлари. 4.5-жадвалда бирор L чизиқнинг уч ўлчаш натижалари ва уларнинг вазнлари бўйича умумий арифметик ўртани ва унинг ўрта квадратик хатолигини баҳолаш мисолини ечиш намунаси келтирилган.

4.5-жадвал

Сериялар, N	l , м	p	ϑ , мм	ϑ^2	$p\vartheta^2$
1	124,745	3	+3	9	27
2	754	4	-6	36	144
3	740	2	+8	64	128
	$L_0 = 124,748$	$\sum p = 9$			$\sum p\vartheta^2 = 229$

$$\mu = \sqrt{\frac{229}{3-1}} = 10,7\text{мм}; \quad M = \frac{0,7}{\sqrt{9}} = +3,6\text{мм}, \quad \Delta_{\text{чек}} = 3M = 10,8 \text{ мм};$$

натижа $L_0 = 124,748 \pm 0,011\text{м}$.

Тенг аниқликсиз ўлчанган катталиклар функцияларининг аниқлигини баҳолашда тенг аниқликли ўлчанган миқдорлар функцияларининг аниқлигини баҳолашда қўлланиладиган (4.19) формуладаги ўрта квадратик хатоликлар квадратлари (4.24) ифода асосида тескари вазнлар билан алмаштирилишидан келиб чиқадиган қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$\frac{1}{p} = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \right)^2 \frac{1}{p_{x_1}} = \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \right)^2 \frac{1}{p_{x_2}} + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \right)^2 \frac{1}{p_{x_n}}. \quad (4.30)$$

бу ерда $1/p$ — функциянинг тескари вазни; $1/p_{x_i}$ — аргументларнинг тескари вазнлари.

Мисол. Агар йўналишни ўлчаш ўрта квадратик хатолиги m га тенг бўлса, икки йўналиш фарқлари каби олинган бурчакнинг вазнини аниқлаш керак.

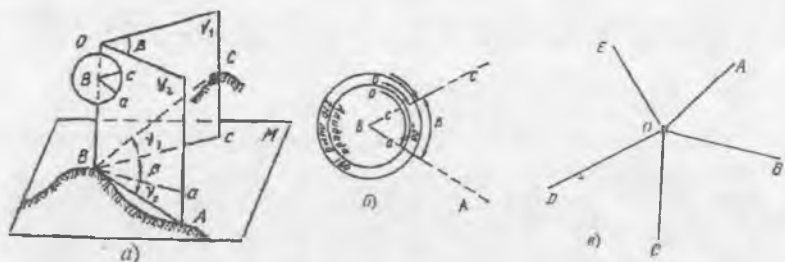
Ечиш. Агар йўналишнинг ўрта квадратик хатолиги m га тенг бўлса, ўлчанган бурчакнинг ўрта квадратик хатолиги $m\sqrt{2}$ бўлади. Йўналиш вазни $p = 1/m^2$. Бурчак вазни

$$p_0 = \frac{1}{(m\sqrt{2})^2} = \frac{1}{2m^2} = \frac{1}{2} p_n.$$

5. БУРЧАКЛАРНИ ЎЛЧАШ

5.1. Теодолитларнинг тузилиши

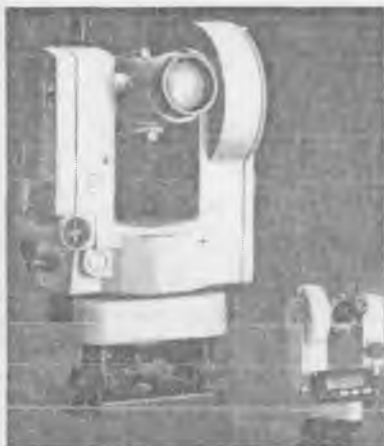
Горизонтал бурчакни ўлчаш принципида бурчакнинг B учидан ўтувчи сатҳий сиртга фикран уринма M текислик ўтказилади (5.1-рasm, *a*). BA ва BC чизиқлар йўналишлари шовун чизигида ётувчи вертикал V_1 ва V_2 текисликлар билан горизонтал M текисликка проекцияланади. Проекцияланган BA ва BC чизиқлар орасидаги β бурчак *горизонтал бурчак* дейилади. Жойдаги BA ва BC чизиқлар билан M текислик орасидаги ν_1 ва ν_2 бурчаклар *вертикал (қиялик) бурчаклар* бўлади. Горизонтал ва вертикал бурчакларни ўлчаш учун теодолит қўлланилади (5.2-рasm, *a*). Теодолит асосан ички фокусланувчи кўриш труба *18*, горизонтал доира *1*, вертикал доира *5*, горизонтал доира ёнидаги ци-



5.1-расм. Горизонтал бурчакни ўлчаш: *a* — принципи; *b* — схемаси, *в* — *O* пунктидаги йўналишлар.

линдрик адилак 14, таглик 2 дан иборат. Теодолит Шр штативга (5.2-расм, б) ўрнаткич винт ёрдамида маҳкамланади. Ўрнаткич винт илмоғига теодолитни нуқта устида марказлаштириш учун шовун илинади.

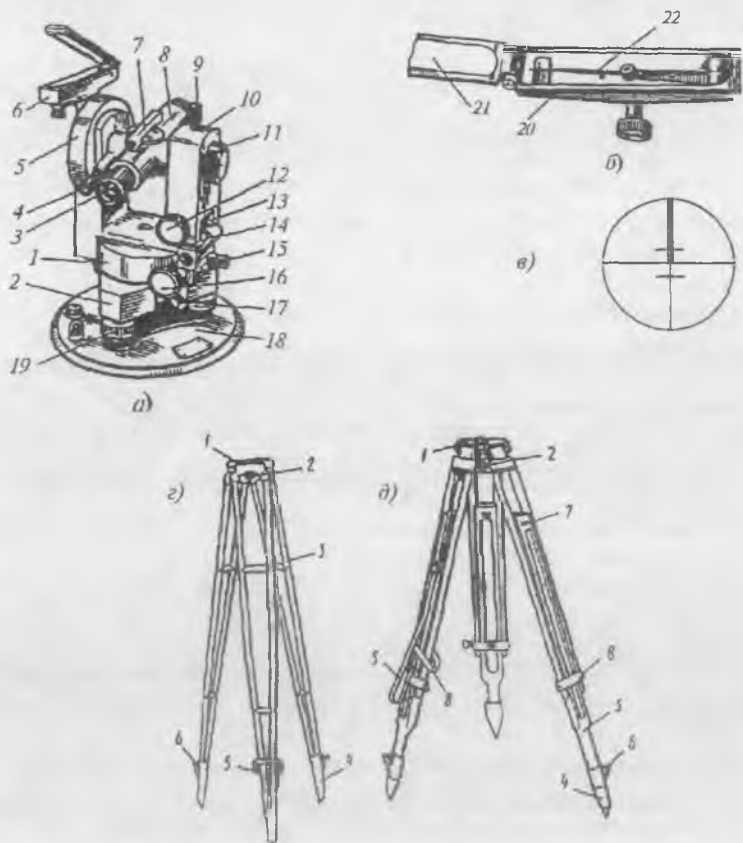
Теодолитда горизонтал текислик вазифасини даража бўлақларга бўлинган ва ёзувлари соат мили йўли бўйича 0 дан 360° бўлган горизонтал доира — лимб бажаради (5.1-расм, б). Штативга ўрнатилган теодолит лимби доираси маркази *B* нуқтадан ўтувчи шовун чизигида ётқизилади.



T10 Электрон теодолити.

4Т3ОП теодолити.

Кўзгалмас лимб устида BA ва BC чизиқлар йўналишларининг проекцияларидан саноқ олиш учун маркази B нуқтадан ўтувчи алидада доираси бор. Алидада доирасидан саноқ штрих ёки шкала кўринишидаги микроскопдан олинади. Теодолитнинг кўриш трубаси йўналишларни горизонтал M текисликка V_1 ва V_2 вертикал текисликлар бўйича проек-



5.2-расм. ЗТЗОП теодолити (а), ориентирлаш буссоли (б),
трубанинг кўриш майдони (в):

1 — горизонтал доира, 2 — таглик, 3, 4 — окуляр, 5 — вертикал доира, 6 — ориентирлаш буссоли, 7 — визир, 8 — кўриш трубаси, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 19 — винтлар, 10 — устун, 14 — алидак, 18 — асос.
20 — корпус, 21 — кўзгу, 22 — магнит мили.

Штативлар ШН (г), ШР (д); 1 — каллак, 2 — ўрнаткич винт, 3 — оёқ, 4 — уч, 5 — кўтариш камари, 6 — таянч, 7 — чеклагич, 8 — қисиш блоки.

циялайди. β бурчакни ўлчаш учун кўриш трубаси ундаги A нуқтага йўналтирилади ва лимбдан oa санок олинади. Сўнгра алидада бўшатилиб, кўриш трубаси чапдаги C нуқтага йўналтирилади ва oc санок олинади. Саноклар фарқи горизонтал β бурчак қийматига тенг бўлади:

$$\beta = oa - oc. \quad (5.1)$$

Теодолитлар бурчак ўлчаш аниқлигига қараб юқори аниқликдаги Т05, аниқ 2Т2, 2Т5 ва техникавий теодолитлар Т30 (4Т30, 3Т30П), Т10Э га бўлинади. Теодолит шифри олдидаги сон унинг модификациясини, ортидагилари эса унинг секундларда ифодалаган аниқлигини, П тўғри тасвири Э — электронли эканлигини билдиради. Инженерлик ишларида асосан техник теодолитлар қўлланилади. 3Т сериядаги теодолитлар :3Т2КП триангуляция, полигонометрия, геодезик зичлаш тармоқларида, амалий геодезияда, астрономик геодезик ўлчашларда; 3Т2К-машина ва механизмлар конструкцияларини монтажида, саноат ва бошқа иншоотлари қурилишида қўлланилади, 3Т5КП-геодезик зичлаш тармоқларида, амалий геодезияда қидирув ишларида, теодолитли съёмкаларда ва ҳ.к. қўлланилади. 4Т30П асбоби теодолитли ва тахеометрик йўлларда горизонтал ва вертикал бурчакларни ўлчаш, планли ва баландлик тармоқларини режалашда, ипли дальномериди масофа ўлчаш, трубадаги адилак ёрдамида горизонтал нурда нивелирлаш учун мўлжалланган. 5.2-расмда 3Т30П теодолитининг асосий қисмлари (a), ориентирлаш буссоли (b), трубанинг кўриш майдони кўрсатилган.

Санок олиш мосламалари. Техник теодолитларда лимб бўлаклари ҳар 1° дан ёзилади, лимбдан саноклар штрихли ёки шкалали микроскопдан олинади. 5.3, a -расмда 3Т30П оптик теодолит штрихли микроскопининг кўриш майдони келтирилган. Кўриш майдонинини B ҳарфи билан белгиланган юқори қисмида вертикал доира штрихи, Γ ҳарфи билан белгиланган пастки қисмида эса горизонтал доира штрихи кўрсатилган, ёзилган штрихлар ораси $10'$ ли олти бўлакка бўлинган. Улар орасидаги штрихлар бўлган минутлар саногини кўз билан чамалаб олинади. 5.3, a -расмда вертикал доира лимбидан олинган санок $B = 358^\circ 27'$, горизонтал доирадан олинган санок эса $\Gamma = 69^\circ 46'$.

3Т30, 3Т30П теодолитларида горизонтал ва вертикал доиралари лимб бўлаклари 1° га тенг. Лимб бўлаги қисми



5.3-расм. Санок олиш мосламалари:

а — штрихли микроскоп ЗТЗ0П.

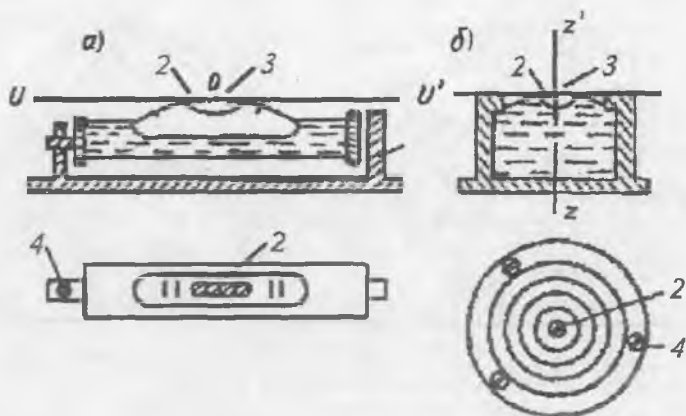
В — $358^{\circ}27'$, Г — $69^{\circ}46'$;

б — шкалали микроскоп ЗТЗ0, В — $2^{\circ}26,5'$, Г — $125^{\circ}11,5'$;

узунлиги лимб бир бўлагига тенг бўлган $60'$ ли шкала ёрдамида олинади (5.3, б-расм). Шкала 12 бўлакка бўлингани учун унинг бир бўлаги $5'$. Бўлак қиймати кўз билан чамалаб $0,5'$ аниқлик билан баҳоланади. 5.3, б-расмда горизонтал доирадан санок $125^{\circ}11,5'$. 2ТЗ0 теодолити вертикал доираси шкаласи икки қатор рақамларга эга. Юқори қатордаги рақамлар мусбат бўлади. Саноклар нолдан (чапдан ўнгга) ортиб боради. Пастки қаторда бўлақлар манфий ишорали бўлади. Агар санок мусбат ишорали лимб штрихидан олинса, юқоридаги шкаладан фойдаланилади. Агар пастки манфий белгили штрихдан олинса, санок пастки шкаладан олинади. 5.3, б-расмда вертикал доира лимбдаги санок — $2^{\circ}26,5'$.

Адилаклар. Геодезик асбоблар ўқи ва текисликларини горизонтал ёки вертикал ҳолатга келтириш учун цилиндрик ва доиравий адилаклар билан таъминланади.

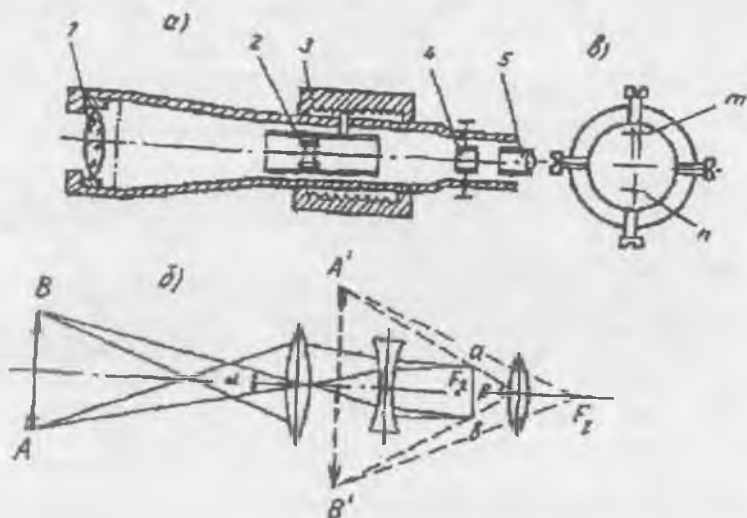
Цилиндрик адилак ичи силлиқ, сирти маълум радиусли ёй шаклидаги шиша найча — ампуладан иборат (5.4-расм, а). Унинг ичига қиздирилган спирт ёки олтингугурт эфири тўлдирилади ва тешиклари кавшарланади. Суюқлик совугач, адилак пуфакчаси 2 ҳосил бўлади. Ампула юқори қисмига штрихли бўлақлар чизилиб, тузаткич винти 4 бўлган металл қолипга ўрнатилади. Адилак ўртасидаги штрих бўлганда ёки у бўлмаганда ампула ўртасидаги штрих 3 ноль пункт бўлади. Ноль пунктдан ўтадиган адилак ёйига



5.4-расм. Адилаклар: а — цилиндрик, б — доиравий.

уринма UU^1 адилак ўқи дейилади. Пуфакча ноль пунктда турганда адилак ўқи горизонтал жойлашади. Доиравий адилак шиша ампуласи ички томонида маълум радиусли сферик сирт бўлади (5.4, б-расм), унинг устидаги концентрик доиралар маркази ноль пункт дейилади. Адилак нуфакчаси ампулада бир бўлимга сурилганда ҳосил бўлган τ бурчак адилак бўлим қиймати дейилади. У цилиндрик адилакларда 1" дан 2' гача, доиравий адилакларда эса 5' дан катта бўлади. Шунинг учун цилиндрик адилаклар асбобларни аниқ, доиравийлари эса тахминий ўрнатишда қўлланилади.

Кўриш трубалари. Геодезик асбобларда кўриш трубалари олисдаги буюмларни кузатиш учун қўлланилади. Замоनावий геодезик асбобларнинг қарийб ҳаммаси катталаштирилган тескари, айримлари тўғри мавҳум тасвир берувчи ва ички фокусланадиган кўриш трубалари билан таъминланган. Кўриш трубагининг бўйлама кесими 5.5, а-расмда кўрсатилган, у объектив 1, окуляр 5 ва ички фокуслайдиган линза 2 системасидан иборат. Кўриш труба-сида AB буюм тасвири ҳосил бўлиши 5.5-расмда кўрсатилган. Узоқдаги AB буюмдан келаётган нурлар телеобъектив (объектив ва фокусланувчи линза) системасидан ўтиб, буюмнинг биринчи ва тескари тасвирини беради. Бу тасвир F_2 фокус ва тасвир орқасида ётган окуляр орқали кўрилади, шунинг учун кузатувчи катталаштирилган тескари $B' A'$ тасвирини кўради.



5.5-расм. Ички фокусланувчи кўриш трубаси:
a — трубанинг тузилиши, *б* — кўриш трубасида нурларнинг йўли,
в — тўрли диафрагма.

Окулярнинг олдинги фокуси F_2 яқинида иплар тўри чизилган шиша пластинкали оптик ўққа нисбатан тўртта винт ёрдамида суриладиган тўрли диафрагма бор (5.5, *в*-расм). Горизонтал ва вертикал штрихларнинг кесишиш нуқтаси иплар тўри маркази бўлади, шу нуқта ва объективнинг оптик марказидан ўтувчи нур трубанинг кўриш ўқи дейилади. Четдаги иккита калта горизонтал *mn* штрихлар дальномер иплари бўлади, улар масофани аниқлаш учун хизмат қилади.

Кўриш трубасида кузатишда окуляр тирсаги 5 ни суриш орқали иплар тўрини тиниқ кўринишига ва ички фокусловчи 2 линзани крамальера 3 да суриб, буюмнинг тиниқ кўринишига эришилади. Буюм тасвирининг труба орқали кўринган β бурчагининг курулланмаган кўз билан кўринган α бурчагига нисбати *труба катталаштириши* дейилади:

$$v = \frac{\beta}{\alpha}.$$

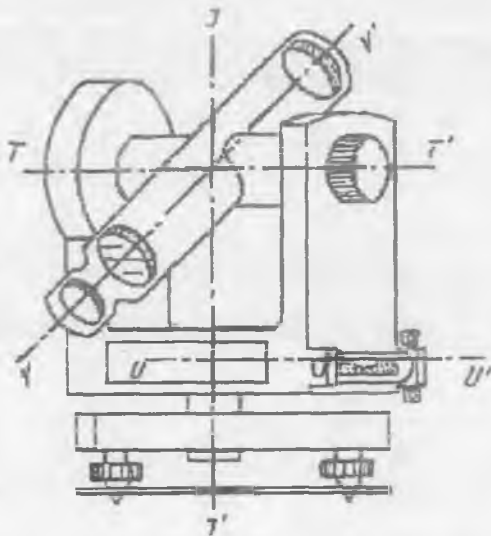
Т30 теодолити трубасида катталаштириш $20\times$ бўлади.

5.2. Теодолитни текшириш ва созлаш

Теодолитда бурчакларни ўлчаш унинг қисмларининг ўзаро жойлашишини бурчак ўлчашдан келиб чиқадиган қатор геометрик шартлар бўйича текширилгандан сўнг бошланади. Агар геометрик шартлар бажарилмаётганлиги аниқланса, асбоб тузатилади.

Теодолитни текшириш ва тузатиш қуйидаги тартибда бажарилади.

1. *Горизонтал доира алидадасидаги цилиндрик адилак ўқи UU' асбоб айланиш ўқи JJ' га тик бўлиши керак, яъни $UU' \perp JJ'$ (5.6 расм). Бу шартни текшириш учун адилак икки кўтаргич винт йўналиши бўйича ўрнатилади, уларни қарама-қарши томонга бураш орқали адилак пуфакчаси ноль пунктга келтирилади. Сўнгра алидада 180° га айлантирилганда адилак пуфакчаси ҳолати ўзгармаса, шарт бажарилган бўлади. Акс ҳолда адилак пуфакчаси оғиш ёйининг ярмига тузатгич винт (5.4, *a*-расм) ёрдамида қайтарилади, кейин кўтаргич винтлар орқали пуфакча ноль пунктга келтирилади. Агар алидада яна 180° га айлантирилганда пуфакча ноль пунктда қолса, шарт бажарилган бўлади,*



5.6-расм. Теодолитнинг асосий геометрик ўқлари:
 JJ' — асбобнинг айланиш ўқи, TT' — кўриш трубаси айланиш ўқи;
 UU' — цилиндрик адилак ўқи.

акс ҳолда тузатиш такрорланади. *Асбобни* горизонтал ҳолга келтириш учун адилак пуфакчаси аввал икки кўтаргич винт йўналишида уларни қарама-қарши томонга бураш орқали, сўнгра учинчи винт йўналишида фақат уни бураш орқали ноль пунктга келтирилади.

2. *Трубининг кўриш ўқи трубининг айланиш ўқига тик бўлиши керак* ($VV', \perp TT'$). Бу шартни текшириш учун асбоб бўлганда олисдан яққол кўринадиган нуқта танланади. Труба вертикал доирадан ўнг (D_1) ҳолатида ўша нуқтага қаратилиб, горизонтал доирадан D_2 саноқ олинади. Сўнгра труба вертикал текисликда 180° га айлантдирилиб, яна ўша нуқтадан D_3 саноқ олинади. Коллимацион хатолик $C = (G_2 - G_1 + 180^\circ)$ ҳисобланади. Унинг қиймати асбоб саноқ олиш мосламасининг иккиланган аниқлиги қийматидан ошса, горизонтал доирада $G = G_1 - C$ саноқ алидада қаратиш винти ёрдамида қўйилади, бунда иплар тўри нуқтадан силжийди. Энди иплар тўрининг кесишган нуқтаси иплар тўри диафрагмасининг (5.5, в-расм) винтлари ёнбошидагилари орқали сурилиб, кузатилаётган нуқта устига туширилади. Ишонч ҳосил қилиш учун текшириш такрорланади.

3. *Теодолитнинг горизонтал ўқи вертикал ўққа тик бўлиши керак* ($TT' \perp JJ'$). Теодолитдан 10—20 м нарида илинган шовун ипига труба йўналтирилади ва у вертикал текисликда буралганда иплар тўри кесишган нуқтаси тасвирдан ташқарига чиқмаса, шарт бажарилган бўлади. Бу шартнинг бажарилишига завод томонидан кафолат берилади. Мабодо шарт бажарилмаса, теодолит устахонада созланади.

4. *Иплар тўрининг вертикал ипи теодолит горизонтал текислигига тик бўлиши керак*. Труба шовун чизигига қаратилганда, вертикал ип унинг тасвирини қопласа, шарт бажарилади. Акс ҳолда иплар тўри диафрагма винтлари бўшатилиб буралади.

5.3. Горизонтал бурчакни ўлчаш

Горизонтал бурчакни ўлчашдан олдин теодолит иш ҳолатига келтирилиши керак; бунинг учун шовун ёрдамида вертикал ҳолатга келтирилади, труба кузатиш учун тайёрланади — труба кўз ва буюм ҳолати бўйича ўрнатилади.

Горизонтал бурчаклар қабуллар усулида, такрорлаш ва доиравий қабуллар усулида ўлчанади.

1. Қабуллар усули. Инженерлик ишларида бурчакларни ўлчаш учун асосан *қабуллар* усули қўлланилади. Бу усулда *ABC* (5.1, б-расм) бурчакни ўлчаш учун теодолит *B* нуқтада ўрнатилиб, иш ҳолатига келтирилади ва лимб маҳкамланиб, алидадани айлантириш орқали кўриш трубаси ўнгдаги *A* нуқтага йўналтирилади. Горизонтал доирадан *oa* саноқ олинади, сўнгра алидада буралиб, труба *C* нуқтага қаратилади ва *oc* саноқ олинади. Ўлчанаётган бурчак қиймати $\beta = oa - oc$ бўлади. Бажарилган амал ярим қабулни ташкил этади. Натижани текшириш ва ўлчаш аниқлигини ошириш учун бурчак иккинчи ярим қабулда ўлчанади. Ярим қабул орасида труба зенитдан ўтказилиб, лимб ҳолати $1-2^\circ$ ўзгартирилади, лимб маҳкамланади ва алидада бўшатилиб, труба янгидан тегишлича *A* ва *C* нуқталарга қаратилади. Иккита ярим қабул тўла қабулни ташкил этади. Ярим қабулларда топилган натижалар фарқи асбоб саноқ олиш мосламасининг иккиланган аниқлигидан ошмаса, уларнинг ўртачаси ҳисобланади. Қабуллар усулида полигон ички бурчакларини ўлчаш натижаларини ёзиш мисоли 5.1-жадвалда келтирилган.

Қабуллар усулида бурчак ўлчаш ўрта квадратик хатолиги $m_p = t/2$, чекли хатолиги эса $\Delta\beta = 1,5t$, бунда t — саноқ олиш мосламаси аниқлиги.

2. Доиравий қабуллар усули пунктда йўналишлар сони иккитадан кўп бўлганда қўлланилади ва ҳар қандай бурчакни ўлчанган йўналишлар фарқи орқали ҳисоблаш имконини беради. Бу усул зичлаштириш ва съёмка тармоқларида пунктда йўналишлар сони кўп бўлганда бурчакларни $2-5''$ аниқликда ўлчаш талаб қилинганда қўлланилади. Ўлчаш куйидаги кетма-кетликда олиб борилади: теодолит *O* нуқта устида марказлаштирилади (5.1 в-расм). Ўлчашлар доиранинг чап ҳолатида бошланади, бунда саноқ 0 дан $2-5'$ қилиб олинади. Кейин алидада лимб билан маҳкамланиб, труба яхши кўринадиган *A* нуқтага йўналтирилади. Доира маҳкамланиб, алидада соат мили ҳаракати йўли бўйича *B*, *C*, *D*, *E* ва қайтадан *A* нуқтагача қаратилади ва ҳар гал горизонтал доирадан саноқлар олинади ва журналга ёзилади. Бу ўлчашлар ярим қабулни ташкил этади. Иккинчи ярим қабулда труба зенит орқали ўтказилиб, *A* нуқтага қаратилади ва саноқ олинади. Доира кўзгалмай қолади. Кейин труба *E*, *D*, *C*, *B* ва қайтадан *A* нуқтага қаратилиб, ҳар қайсисидан саноқлар олинади ва журналга ёзилади.

Трубани икки марта бошланғич нуқтага қаратилиши горизонтал доиранинг қўзғалмаслигини текшириш учун хизмат қилади. Бу пунктга ярим қабуллар бошланиш ва тугашидаги саноклар фарқи $2T5$ теодолити учун $0,2''$ ошмаслиги керак. D_y ва D_z кузатишлар тўла қабулни ташкил этади.

Йўналишларни ўлчаш натижаларини текшириш ва аниқлигини ошириш учун кузатишлар бир неча қабулда бажарилади. Булар орасида доира

$$\sigma = \frac{180^\circ}{p},$$

қийматиғача буралади, бунда p — қабуллар сони.

Ҳар хил қабулларда бир нарсага қаратилиб ўлчанган йўналишларни таққослаш учун уларнинг ҳар бирини бошланғич нолга тенг бўлган санокқа келтирилади. Бунинг учун ҳамма ўлчанган йўналишлардан бошланғич йўналиш ўртачаси айрилади. Йўналишларга горизонтнинг боғланмаслиги учун ушбу тузатма киритилади:

$$\delta_k = \frac{-\Delta_{yp}}{n} (k - 1),$$

бунда Δ_{yp} — горизонтнинг ўртача бекилмаслиги, k — йўналиш номери, n — йўналишлар сони. Бир номли бошланғич нолга келтирилган йўналишлар фарқи $T5$ турдаги теодолитлар учун $0,2'$ дан ошмаслиги керак. p қабулда ўлчанган йўналишлар ўртасини ўрта квадратик хатолиги қуйидаги формулада ҳисобланади:

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

бунда m — бир қабулда ўлчанган йўналишнинг ўрта квадратик хатолиги.

5.4. Вертикал бурчакларни ўлчаш

Вертикал бурчак аниқланаётган нуқтага йўналтирилган трубаинг кўриш ўқи VV' билан горизонтал текислик орасидаги бурчак ν бўлади (5.7-расм). Бу бурчак нисбий баландлик ва чизиқ горизонтал қуйилишини аниқлашга керак бўлади, теодолит вертикал доирасида ўлчанади. Вертикал доира кўриш трубаини билан биргаликда айланадиган лимб ва қўзғалмас алидададан иборат. Вертикал бурчакни ўлчаш-

Горизонтал бурчакларни ўлчаш журнали

Нуқталар рақами		Лимбдаги саноклар		Бурчаклар				Дирекцион бурчаги α ёки румби	Чизиқ ўлчами 1-ўлчаш, м 2-ўлчаш, м	Қиялик бурчаги, ν
Ту-рил-гани	Куза-тил-гани	0	1	Ў ва Ч		Ўртачаси				
				0	1	0	1	0	1	
1	5	174	35	69	47	69	47	143°12'	(1—2) 168,31 168,23	0°36'
	2	104	48							
	5	173	15							
	2	103	28							
2	1	250	38	155	03	155	0,25	168°09'	(2—3) 166,19 166,25	1°12'
	3	95	35							
	1	252	37							
	3	97	35							
3	2	232	37	72	33	72	33,5	275°35'	(3—4) 165,02 164,98	1°03'
	4	160	04							
	2	233	58							
	4	161	24							
4	3	217	10	116	58	116	58	338°37'	(4—5) 158,57 158,61	0°06'
	5	100	12							
	3	223	02							
	5	106	04							
5	4	191	14	125	38	125	37,5	32°59'	(5—1) 159,72 159,78	0°24'
	1	65	36							
	4	199	09							
	1	73	32							

да бурчак томонларидан бири кўриш ўқи йўналиши IV' бўлса, иккинчи томони саноқ олиш мосламаси ноли OO' бўлади (5.7-расм). Бу эса вертикал бурчакни ўлчаш учун труба кўриш ўқи IV' (5.6-расм) ва горизонтал доирадаги адилак ўқи ўзаро параллел бўлганда вертикал доирадан олинadиган саноқ ноль ўрни ($H\check{U}$) маълум бўлиши кераклигини кўрсатади. Ноль ўрнини аниқлаш учун труба узоқдаги аниқ кўринадиган нуқтага йўналтирилади, вертикал доирани трубага нисбатан ўнг ($У$) ва чап ($Ч$) ҳолатида саноқлар олинади. 2Т30 теодолитида вертикал доирадаги саноқлар 0 дан 75° гача соат мили йўли (манфий ишорали) ва унга тескари йўл бўйича ёзилган.

Шунинг учун ноль ўрнини ва қиялик бурчакларини ҳисоблаш формулалари қуйидагича бўлади:

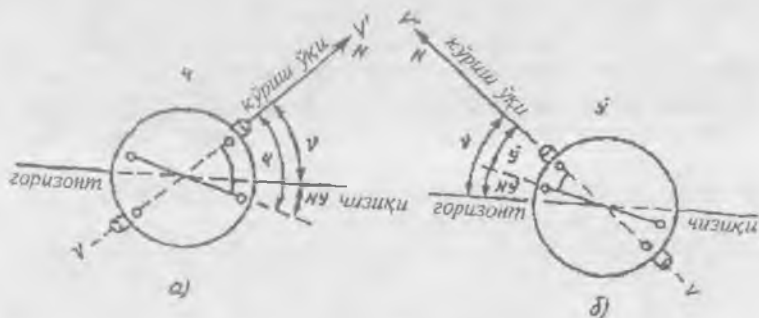
$$H\check{U} = 0,5(Ч + \check{U}); \quad (5.2)$$

$$v = 0,5(Ч - \check{U}); \quad (5.3)$$

$$v = Ч - H\check{U}; \quad (5.4)$$

$$v = H\check{U} - \check{U}. \quad (5.5)$$

Охириги (5.4) ва (5.5) формулалардан топографик съёмкаларни бажаришда ўлчашлар доиранинг фақат бир ҳолатида олиб борилганда ва олдиндан $H\check{U}$ қиймати маълум бўлганда қўлланилади. Масалан, 2Т30 теодолитида вертикал бурчакни ўлчаш учун $Ч = -4^\circ 20'$ ва $H\check{U} = 4^\circ 26'$ саноқлар олинган бўлса, ноль ўрни ва қиялик бурчаги:



5.7-расм. Вертикал бурчакни ўлчаш принципи

$$H\ddot{U} = 0,5 (-4^{\circ}20' + 4^{\circ}26') = 0^{\circ}03';$$

$$v = 0,5 (-4^{\circ}20' - 4^{\circ}26') = -4^{\circ}23';$$

$$v = -4^{\circ}20' - 0^{\circ}03' = -4^{\circ}23';$$

$$v = 0^{\circ}03' - 4^{\circ}26' = -4^{\circ}23'.$$

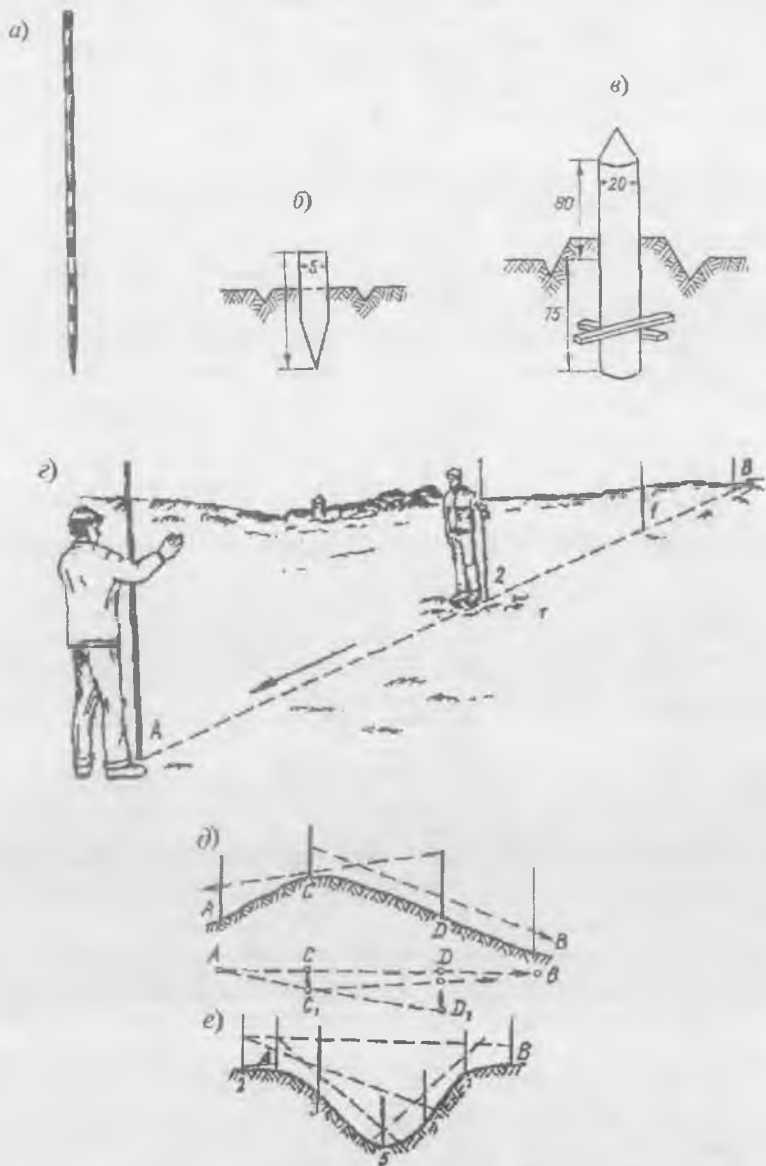
$H\ddot{U}$ қиймати $0^{\circ}03'$ бўлгани учун (5.4) ва (5.5) формулардан фойдаланиб бўлмайди. Шунинг учун ноль ўрни қиймати нолга қуйидагича келтирилади. *Охирги саноқни олишда труба нуқтага қаратилган ҳолича қолдирилиб, труба қаратиш винти 10 (5.2-расм) ёрдамида ҳисобланган 0 қийматига тенг саноқ лимбда қўйилади.* Натижада иплар тўри кузатилаётган нуқтадан силжийди. *Иплар тўрини вертикал тузаткич винтларини (5.5- расм в) бураш орқали унинг маркази нуқта тасвири билан туташтирилади.* Текшириш учун $H\ddot{U}$ қиймати бошқа нуқтани кузатиш орқали қайтадан топилиб, унинг нолга ёки унга яқин сонга келтирилганлигига ишонч ҳосил қилинади.

6. ЖОЙДА МАСОФА ЎЛЧАШ

6.1. Жойдаги чизиқни ўлчашга тайёрлаш

Бурчак ўлчаш учун геодезик асбоб ўрнатиладиган бурчак учлари ва ўлчаниши керак бўлган чизиқнинг бош ва охирги нуқталари жой шароити, ўлчаш аниқлиги ва сақланиш муддатларига қараб доимий марказ, вақтинчалик ёғоч ёки металл қозиқлар (8.6, 8.7-расмлар) билан маҳкамланади, ёғоч қозиқлар узунлиги 60 см гача бўлиб, улар ердан икки см гача чиқариб қоқилади ва атрофига учбурчак, квадрат ёки доира шаклида чуқурчалар ўйилади (6.1-расм, а, б, в).

Чизиқларни ўлчашда нуқталар ўзаро кўринишини таъминлаш учун улар учларига узунлиги 2 м гача таёқча — вехалар ўрнатилади, чизиқ узунликлари 200 м дан ошганда лентани чизиқ учларидан ўтувчи вертикал текисликда — створда ётқизиш учун қўшимча вехалар ўрнатилади ва бунини *чизиқ олиш* дейилади. Чизиқ олиш учун ишчи A нуқтада ўрнатилган веха орқали B нуқтадаги вехага қарайди (6.1, г-расм). Ишчининг кўрсатмасига биноан ёрдамчи 1-вехани B нуқта яқинига уни бекитадиган қилиб ўрнатади. Шу тартибда 2, ... ва бошқа вехалар ўрнатилади. Қўшимча вехалар ўрнатиш B нуқта яқинидан бошлангани учун бундай чизиқ олиш *ўзига чизиқ олиш*, чизиқ олиш A нуқта

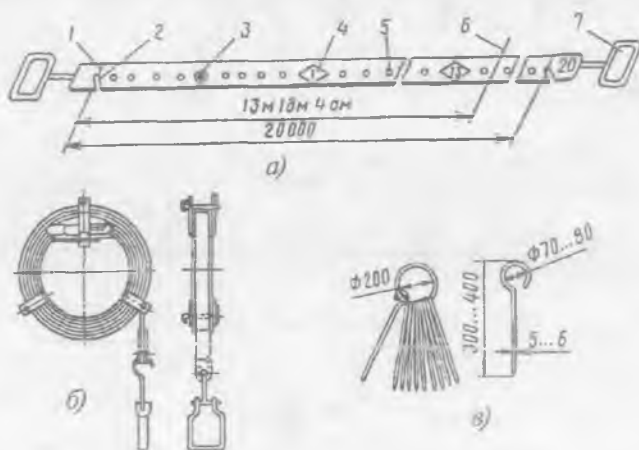


6.1-рasm. Нуқталарни белгилаш ва чизиқ олиш усуллари:
a—веха; *б*—нуқта, *в*— вақтинчалик репер,
г—ўзига, *д*—дўнглик орқали; *е*—жарлик орқали.

яқинидан бошланса, ўзидан чизик олиш дейилади. A нуқтадан B нуқта кўринмаган тақдирда AB чизик яқинида D_1 нуқта танланади. DA чизикда C_1 нуқтага веха ўрнатилади, бу нуқтадан C_1B чизигида D_2 нуқта топилади (6.1, δ -расм). Шу тартибда бир неча яқинлашиш орқали A нуқтада D_1B нуқтадан эса C нуқталари кўринадиган вехалар AB чизик устида ўрнатилади. Жарлик орқали чизик олиш (6.1, e -расм) ҳам ёзилган тартибда амалга оширилади.

6.2. Лентада чизик ўлчаш

Талаб қилинган аниқликка қараб чизик узунлиги рулетка, пўлат лента, инвар сим, ипли, оптик ва электромагнит дальномерлар ёрдамида ўлчанади. Инженерлик ишларида чизик узунлигини ўлчашда кўпинча 20 м ли пўлат лента қўлланилади (6.2-расм). Сақлаш, ташиш, кўтариб юриш қулай бўлиши учун пўлат лента темир ҳалқага ўралади. Лента штрихли, шкалали ва учли бўлади. Лента комплектида 6 ёки 11 та темир сихчалар мавжуд. Штрихли лентанинг нолинчи штрихи сихча қўйиладиган ҳалқа олдида чизилган. Лентада ҳар бир метр икки томондан ёзилган пластинка, ярим метр пистон, дециметр бўлаги — сан-



6.2-расм. Ер ўлчаш лентаси; a —ўлчашда, b —станокда, c —сихчалар:
 1—штрих, 2—ҳалқа, 3—пистон, 4—пластинка, 5—тешик,
 6—ўлчаш бажариладиган чизик, 7—даста.



6.3-расм. Чизиқни лентада ўлчаш.

тиметрлар кўз билан чамалаб олинади. Ўлчашлардан олдин ишчи лента узунлиги l ни катта аниқликда маълум бўлган, нормал лента узунлиги l_0 билан таққосланади ва улар фарқи учун тузатма $\Delta l = l - l_0$ аниқланади.

Чизиқ ўлчашни икки киши бажаради (6.3-расм). Орқадаги ишчи нолинчи штрих ҳалқасини чизиқ бошланишига қадалган сихчага илади ва ёрдамчига лентани чизиқда ётқизишга кўрсатма беради. Бунга эришилгач, ёрдамчи лентани силкитиб маълум (5 кг) кучланиш билан тортади ва ҳалқасига қўлидаги сихчалардан бирини ўрнатади. Орқадаги ишчи сихчани суғириб олади, сўнгра лента ёрдамчи томонидан кейинги оралиққа сурилади ва юқорида ёзилганидек иш такрорланади. Ҳар юз метрли кесма ўлчангач, бир сихча ерда, 5 та сих эса орқадаги ишчи қўлида йиғилади ва улар олдинги ишчига узатилади. Охирги сихчадан чизиқ учигача бўлган 20 м дан кичик бўлак саноғи r -қолдиқ лентадан олинади. Ўлчанган чизиқ узунлиги қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$D = nl + r + n\Delta l, \quad (6.1)$$

бунда n — орқадаги ишчида бўлган сихчалар сони, l_0 — лента номинал узунлиги, r — қолдиқ, Δl — лента узунлиги учун тузатма. Топилган чизиқ узунлиги уни тескари йўналишда ўлчаш орқали текширилади. Лентада чизиқни қулай (йўл, ўрилган бедазор, текис ер) жойларда 1:3000, ўртача шароитда 1:2000 ва ноқулай (ҳайдалган ер, қумлоқ, жарлик) жойларда 1:1000 чекли нисбий хатолик билан ўлчанади.

Тўғри ва тескари йўналишларда ўлчанган чизиқ узунликлари қийматларидаги фарқлар тегишлича 1:2000, 1:1500, 1:1000 бўлишига йўл қўйилади.

Мисол. 5.1-жадвалнинг 10-устунида полигон томонларини лентада ўлчаш натижалари келтирилган. Унда 1-2 томонни тўғри ва тескари йўналишда ўлчанган узунлиги қийматлари $D_{12}=168,31$ м ва $D_{21}=168,23$ м, уларнинг фарқи $\Delta D=168,31-168,23=0,08$ м ва ўртачаси $D_7=168,27$ м. Томонни ўлчаш нисбий хатолиги эса $\Delta D : D_7 = 0,08 : 168,27 \approx 1 : 2000$. Демак, у лентада ўлчаш учун қулай жойлашган.

6.3. Лентада бевосита ўлчаб бўлмайдиган чизиқ узунлигини аниқлаш

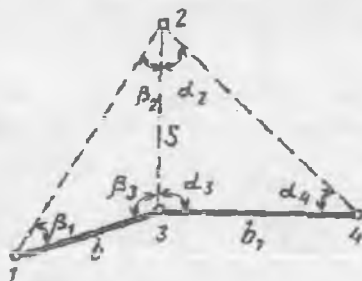
Дарё, жарлик, ботқоқлик ва бошқа тўсиқларни кесиб ўтадиган чизиқларни лентада ўлчашнинг иложи бўлмайди. Бундай ҳолларда чизиқ узунлигини аниқлаш учун базис b ва учбурчакнинг β_1, β_2 ва β_3 бурчаклари ўлчанади (6.4-расм). Синуслар теоремаси асосида чизиқ узунлиги

$$S = b \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_2} \quad (6.2)$$

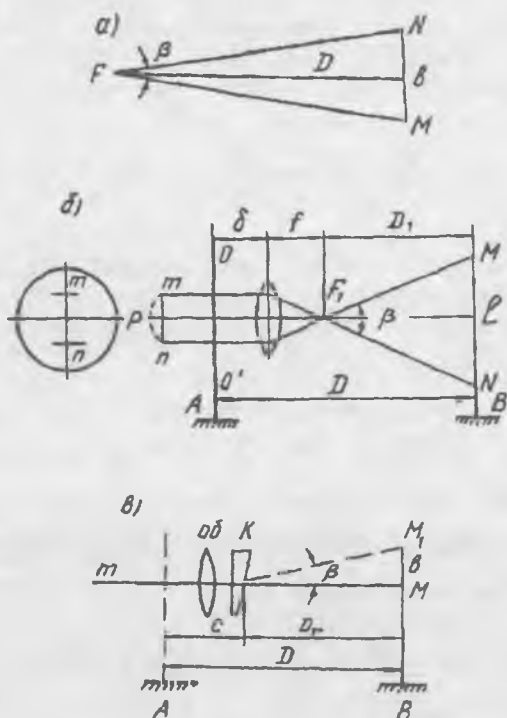
формулада ҳисобланади. Базис b лентада ўлчаш қулай жойда ва учбурчак 123 иложи борича тенг томонли қилиб танланади. Учбурчак β_1, β_2 бурчакларининг ҳар бири теодолит билан тўла қабулда ўлчанади. Уларнинг тўғри ўлчанганлигини иложи бўлса β_3 бурчакни ўлчаш орқали текширилади. У ҳолда

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + 180^\circ \quad (6.3)$$

бўлиши керак.



6.4-расм. Бевосита ўлчаб бўлмайдиган масофани аниқлаш



6.5-расм. Оптик дальномерларда масофа ўлчаш схемалари
 а—параллакттик учбурчак; б—ипли дальномер;
 в—иккиланма тасвирли дальномер

Ўлчаш ва ҳисоблашни текшириш учун иккинчи учбурчак 234 дан ўлчанган базис b_2 ва $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ бурчаклар орқали чизиқ узунлиги қайтадан қуйидаги формула бўйича топилиши мумкин:

$$S = b_1 \frac{\sin \alpha_4}{\sin \alpha_2} \quad (6.4)$$

Ҳисобланган чизиқ узунликлари нисбий хатолиги 1:1000 дан ошмаса, уларнинг ўртача арифметик қиймати топилади.

6.4. Оптик дальномерлар. Ипли дальномерлар. Иккиланма тасвирли дальномерлар

Оптик дальномерларда масофани аниқлаш тенг ёнли MFN (6.5, а-расм) учбурчакларни ечишга асосланган. D масофа

параллакттик — кичик β бурчак ва унинг қаршисида ётадиган база b томон орқали аниқланади. Масофа аниқлашда β ёки b қийматлардан бири доимий бўлади, иккинчиси эса ўлчанади. Шунга қараб:

- а) доимий бурчакли ва ўзгарувчан базали дальномерлар;
 б) ўзгарувчан бурчакли ва доимий базали дальномерлар бўлади.

Оптик дальномерлардан энг кўп тарқалгани доимий параллакттик бурчакли ипли дальномердир. Бундай дальномер ҳамма геодезик асбобларнинг кўриш трубаларида бўлиб, иккита дальномер иплари деб аталадиган m штрихлардан иборат (6.5, б-расм). Улар дальномер рейкалари билан биргаликда масофа ўлчаш имконини беради. А нуктага асбоб ўрнатилганда унинг трубаси дальномер ипларининг m ва n нукталаридан чиққан нурлар объективда синиб, олдинги фокус F_1 дан β бурчак остида ўтади ва B нуктага ўрнатилган рейканинг M ва N нукталарини кўрсатади. Бу нукталар оралиғига тўғри келадиган кесма l дальномер саноғи бўлади. Ипли дальномерда β бурчак доимий бўлганлиги учун дальномер саноғи D масофа ўзгаришига боғлиқ. 6.5, б-расмга кўра

$$D = D_1 + f + \delta. \quad (6.5)$$

MF_1N учбурчакдан

$$D_1 = \frac{f}{p} l, \quad (6.6)$$

бунда l — дальномер саноғи, f — объектив фокус оралиғи, p — дальномер иплари орасидаги масофа, $f/p=K$ дальномер коэффиценти, $f + \delta=c$ — дальномер доимий кўшилувчиси дейилади. У ҳолда (6.5)

$$D = Kl + c. \quad (6.7)$$

Ички фокусланувчи замонавий теодолитларда $c=0$, шунинг учун

$$D = Kl. \quad (6.8)$$

Дальномер коэффиценти одатда 100 га тенг бўлиши керак, бунга ишонч ҳосил қилиш учун жойда лентада ўлчанган 50, 100 ва 150 м масофаларга рейка ўрнатилиб олинган саноқлар тегишлича 50, 100 ва 150 см бўлса, дальномер коэффиценти ҳақиқатан 100 га тенгдир. Акс ҳолда берилган дальномер учун махсус рейка тайёрланади ёки тузатмалар жадвали тузилади.

Ипли дальномерда масофа ўлчаш нисбий хатолиги 1:400 гача бўлади.

Иккиланма тасвири оптик дальномерларда масофа ўлчаш учун кўриш трубаси объективи олдига унинг ёруғлик тешигининг ярмини ёпиб турадиган оптик пона ёки компенсатор ўрнатилади. Кўриш нури оптик пона орқали ўтгач, паралактик β бурчак остида M_1 нуқтага оғади (6.5, в-расм). Бунинг натижасида кузатувчи базис Vb қиймати га сурилган рейканинг икки тасвирини кўради. Дальномерлар доимий паралактик бурчакли бўлганда рейканинг иккита тасвирини устма-уст тушириш орқали база қиймати b ўлчанади.

Доимий базали дальномерларда эса линзали компенсаторни суриш орқали махсус шкала ёрдамида β бурчак ўлчанади ва масофа

$$D = \frac{k}{\beta} + c \quad (6.9)$$

формула ёрдамида ҳисобланади, бунда $k = br$ — дальномер коэффициентини, c — дальномер доимий қўшилувчиси.

Оптик дальномерларда масофа: 1:1200—1:5000 нисбий хатоликлар билан ўлчанади.

Ҳозирги кунда чизик ўлчашда ёзилганлардан ташқари узунлиги 30,50 м бўлган пўлат ва фибергласли рулеткалар, см ли аниқликни таъминлайдиган айланаси 30 см ва 1 м бўлган тегишлича 99,9 м ва 999,9 м узунликдаги ўлчаш филдираклари ҳамда оддий сиртдан 30 м, қайтарувчи сиртдан бир неча юз метр масофани ўлчаш ҳажм, юза ҳисоблаш имконини берадиган лазерли рулеткалар қўлланилмоқда.

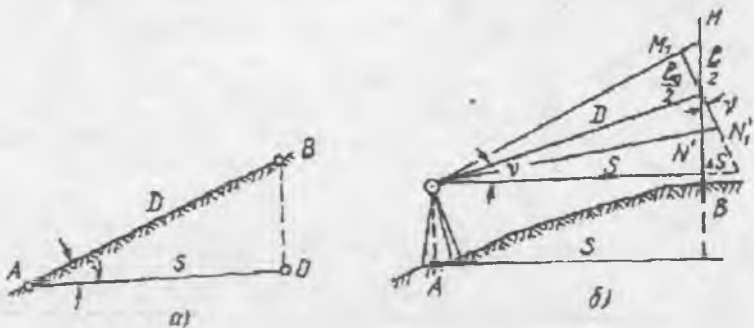
6.5. Лента ва ипли дальномерларда ўлчанган қия чизикнинг горизонтал қуйилишини аниқлаш

План тузишда жойда ўлчанган қия чизик узунлиги D нинг горизонтал қуйилиши S дан фойдаланилади (6.6-расм). Агар қиялик бурчаги v маълум бўлса,

$$S = D \cos v. \quad (6.10)$$

Амалда бу формула ўрнига AO чизикнинг горизонтга нисбатан қиялиги учун тузатма

$$\Delta D = D - S = D(1 - \cos v) = \frac{D}{2} \sin^2 v \quad (6.11)$$



6.6-расм. Лентада (а), ипли дальномерда (б) ўлчанган қия масофа горизонтал қуйилишини аниқлаш схемалари.

топилиб $S=D-\Delta D$ ҳисобланади. Қиялик бурчаги $\nu \geq 1,5^\circ$ бўлганда ΔD (6.11) формулада ҳисобланади (ўлчанган натижадан ΔD доимо айрилади). Қиялик бурчаги ν теодолит вертикал доирасида ёки эклиметрда (6.7-расм) ўлчанади. Эклиметрда AB чизиқ қиялик бурчагини (6.7-расм, б) аниқлаш учун кузатувчи кўзи k баландлигида бўлган веханинг M белгисиди DD кўриш диоптри (6,7-расм, а) орқали қаралади. P юкли ҳалқа тебраниб туради. У тинчлангач, пистон A босилади ва нарса диоптри DD чизиқчаси ҳолатига мос келган ν бурчаги саноғи олинади. Қия жойларда ипли дальномерда масофа ўлчанганда рейка теодолит трубади кўриш ўқига тик бўлмай, бурчак остиди бўлади (6.6. б-расм). Шунинг учун рейкадан олинган саноқ $l_0 = l \cos \nu$ бўлиши керак, бу ҳолда дальнометрга формуласи (6.6) қуйидаги кўринишга келади:

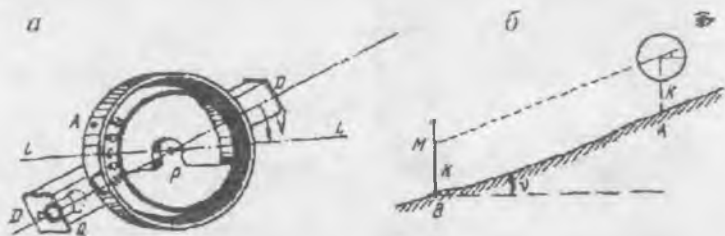
$$D = kl \cos \nu.$$

Бу формулада ҳисобланадиган D қия масофанинг горизонтал қуйилиши S эса (3.10) формулага биноан

$$S = D \cos^2 \nu \quad (6.12)$$

формула аниқланади. Қиялик учун тузатма (6.11) формулага кўра $\Delta D = D \sin^2 \nu$ бўлади ва унинг қиймати қиялик бурчаклари $\nu \geq 2^\circ$ бўлганда ҳисобга олиниб, $S=D-\Delta D$ топилади.

6.6. Электромагнитли дальномерлар ёрдамида масофа ўлчашнинг асосий принциплари



6.7.-расм. Эклиметр ва унда AB чизик қиялик бурчагини ўлчаш схемаси.

Замонавий геодезик чизиқли ўлчашлар радио ва оптик диапазондаги электромагнитли тўлқинлардан фойдаланувчи электронли дальномерларда бажарилади. Бундай дальномерларда масофа ўлчаш принципи ўлчанадиган дистанция бўйлаб электромагнит тўлқинларини тарқалиш тезлиги ва вақтини аниқлашга асосланган. Электронли дальнометриянинг ҳамма методлари асосида қуйидаги муносабат ётади:

$$D = \frac{\vartheta \tau}{2}, \quad (6.13)$$

бунда D — изланаётган масофа, ϑ — атмосферада электромагнит тўлқинлари (ЭМТ)ни тарқалиш тезлиги; τ — ЭМТнинг оралиқ бўйлаб тўғри ва тескари йўналишда тарқалиш вақти.

Ҳар қандай дальномерли аппаратура тарқалиш вақти t тўғрисидаги информацияни етказди, J тезлик эса вакуумдаги ёруғлик тезлиги $c=299792458 \pm 1,2$ м/с маълум қиймати ва метеорологик ўлчашлар бўйича аниқланадиган атмосферада нурнинг синиш коэффициенти n дан фойдаланиб, $\vartheta = \frac{c}{n}$ формулада аниқланади.

Дальномерли мосламаларда вақтли интервал τ — бевоқифа ўлчанади ёки бу вақтли интервалнинг маълум функцияси бўлган бошқа параметр аниқланади.

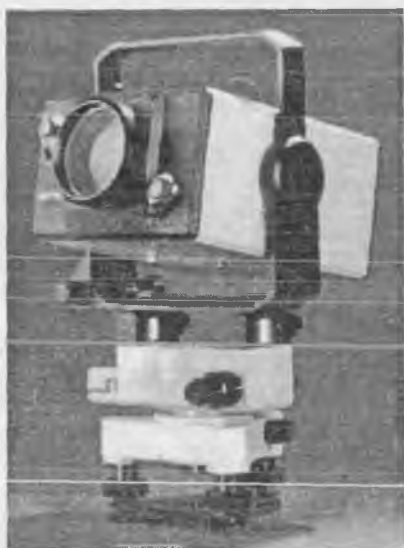
Масофа ўлчашнинг ҳамма методларининг физик моҳияти электромагнит нурланиш билан боғлиқ бўлган айни бир параметрни ўлчанадиган иккиланган дистанциядан олдин ва ўтгандан кейин таққослашга асосланган.

Бунинг учун ўлчанадиган чизиқнинг бир учида передатчик (узаткич) ва приёмник (қабул қилгич) бўлади. Айни



6.8-расм. Электрон дальномерли
асоблар:

а) Светодальномер; Блеск-2;
СТ-10 б) Электронли тахеометр
ЗТА-5 (Тотал станция ЗТА5)



а)

надиган дистанция орқали йўналтирилади. Биринчи йўл таянч канали ёки тракт, ундан кетаётган сигнал таянч сигнал дейилади. Иккинчи йўл дистанцияли (информацияли) канални ташкил этади ва тегишлича қайтаргич (отражател)дан келаётган сигнал дистанцияли ёки информацияли сигнал дейилади. Приёмникда танланган параметр бўйича таянч ва информацияли сигналларни таққослаш амалга оширилади ёки, бошқача айтганда, ўлчанган масофа тўғрисида информацияга эга бу параметр бўйича фарқ аниқланади (6.9-рasm). Таянч ва информацияли сигналларни таққослаш учун танланган параметр ўлчаш методини аниқлайди. Бундай параметрлар сифатида нурланиш импульсининг келиш вақти; узлуксиз ёки импульсли нурланишни модуллаштирувчи сигнал фазаси ва бошқалар бўлиши мумкин. Шунга кўра масофа ўлчашнинг вақтли (импульсли) информацияли, фазали, частотали методлари фарқланади.

Масофа ўлчашнинг фазали методи геодезик дальномерларда энг кўп тарқалган ва бир неча метрдан ўнлаб километргача масофаларни ўлчаш учун қўлланади. Амалда ҳамма свето (ёруғлик) ёки радиодальномерлар, шунингдек, кўпчилик радиогодезик системалар (РГС)да фақат шу методдан фойдаланилади.

Светодальномер Блеск 2СТ-10 (6.8, а-рasm) томонлари узунлиги 10 км гача бўлган полигонометрияда ва зичлаш тармоқларини барпо этишда қўлланилади. Масофа ўлчаш ўрта квадратик хатолиги $\leq (5 \pm 3 \times 10^{-6} D)$ мм.

Электромагнитли дальномерларда масофа юқори аниқликда ўлчанади. Масалан, электронли тахеометр ЗТА5 да (6.8-рasm, б) 5 км гача базали чизиқни ўлчаш ўрта квадратик хатослиги $m_D = (10 + 3 \times 10^{-6} D)$ мм; $D = 5$ км бўлса, $m_D = 2,5$ см.



6.9-рasm. Дальнометриянинг фазали методини реаллаштириш схемаси

6.7. Масофа ўлчашнинг фазали методи

Фазали методнинг асосий принципи 6.9-расмда кўрсатилган. Узаткич f частотали гармоник тўлқинларни нурлатади, улар қайтаргичгача бўлган D масофани тўғри ва тескари йўналишда ўтиб ва қайтадан приёмникка $\varphi = 2\pi ft - 2\pi f \frac{2D}{v}$ бўлган фазалар силжиши билан киради. Бу фазалар силжиши узаткич ва приёмник орасига киритилган фазометрларда ўлчанади.

Ўлчанадиган масофа қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$D = \frac{v}{2f} \cdot \frac{\varphi}{2\pi}, \quad (6.14)$$

фазалар силжиши

$$\varphi = 2\pi N + \Delta\varphi, \quad (6.15)$$

бунда N — бутун сон; $\Delta\varphi$ эса 2π дан кичик миқдор ($0 < \Delta\varphi < 2\pi$). Ҳар қандай реал фазометр фазалар силжишини 0 дан 2π гача, яъни фақат $\Delta\varphi$ доирасида ўлчаши мумкин, N ни аниқлаш учун махсус тадбирлар қўлланади. (6.15) формулани (6.14) га қўйиш фазали дальнометриянинг асосий тенгламасини беради:

$$D = \frac{v}{2f} \left(N + \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \right), \quad (6.16)$$

бу тенглама кўпинча қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$D = \frac{\lambda}{2} (N + \Delta N), \quad (6.17)$$

бунда $\lambda = v/f$ — тўлқин узунлиги, $\Delta N = \Delta\varphi/2\pi$ бирдан кичик бўлган каср ($0 < \Delta N < 1$).

Дальномерли тенгламада қатнашаётган f частота *масштаби* (ўлчаш) *частотаси* дейилади. 6.9-расмда тасвирланган схемада узаткичдан нурланаётган частота *масштаби частота* бўлади.

Элтувчи тўлқинлар фойдаланаётган частоталар диапазонига қараб фазали дальномерлар: ҳар хил сифатли икки синфга — *светодальномерга* ва *радиодальномерга* бўлинади.

Светодальномерда — элтувчи тўлқинлар сифатида спектрнинг оптик диапазонидаги — кўринадиган ёруғлик ёки инфрақизил нурланиш тўлқинларидан фойдаланилади.

Радиодальномерда — элтувчи тўлқинлар сифатида радиодиапазондаги ўта юқори частотали тўлқинлардан фойдаланилади. Одатда улар сантиметрли ёки камроқ миллиметрли радиотўлқинлар.

Фазали дальномерларда кўп қийматлиликини ечишга тўғри келади. Кўп қийматлилики деб (6.16) ва (6.17) дальномерли тенгламаларда номаълум бутун N сонни аниқлашга айтилади. Замоनावий ёруғлик дальномерларида ва ҳамма радиодальномерларда кўп қийматлилики белгиланган частотали дейиладиган усулда ечилади, бунда дальномерда модуляцияни бир неча аниқ частоталарда ўтказиш кўзда тутилади. Белгиланган частоталар тўрини яшашнинг иккита варианты бўлиши мумкин, яъни частоталарнинг бутун сон марта кетма-кет камайдиган қуйидаги қаторларини ташкил қиладиган

$$f_1 > f_2 > \dots > f_m \quad (6.18)$$

ва яқин частоталарнинг ҳар гал биринчи ва қолган частоталар фарқлари бутун сонга каррали кетма-кет камайдиган қилиб танланган яқин частоталарни уларни кичрайиши таркибида рақамланган қуйидаги қаторни беради:

$$f_1 > (f_1 - f_m) > \dots > (f_1 - f_2). \quad (6.19)$$

Биринчи вариант кўпинча *каррали частоталар методи*, иккинчиси *комбинацияланган частоталар методи* дейилади. (6.18) ёки (6.19) қаторлар қўшни босқич нисбатлари *бир қийматли эмаслик коэффициенти* дейилади. Улар бутун ёки ҳар хил сон бўлиши мумкин ёки кўпинча ҳамма босқичлар бўйича ҳар хил бўлиши мумкин. Бу ноаниқликни ечишда ҳисоблаш амалларини минимумга келтириш ва масофани ўлчаш натижасини ўнлик метрик кўринишда олиш учун кўпинча ноаниқликни разряд (босқич) лар бўйича ечишдан фойдаланилади. Бунинг учун (6.18) ва (6.19) частотали қатор шундай ясаладики, унда ҳамма даражалар бўйлаб ноаниқлик коэффициенти бир хил ва 10 га тенг, биринчи частота эса $\lambda_1/2$ 10 м ёки 1 м га тенг қилиб танланади. Бу ҳолда ҳамма частоталарда бажарилган ўлчашлар натижаларига ишлов берилиб, N сонни ҳисобламасдан масофа қийматидан ўнли разрядларни оддий ҳисоблашга олиб келади. Бунда энг аниқ разряд ва унинг улуши биринчи частотада аниқланади. Бу усул рақамли техникалардан фойдаланиб масофаларни аниқлашда энг кўп яроқлидир.

7. ГЕОМЕТРИК НИВЕЛИРЛАШ

7.1. Нивелирлаш турлари

Ер сирти нуқталари орасидаги нисбий баландликларни аниқлаш нивелирлаш дейилади. Нивелирлашнинг қуйидаги турлари мавжуд:

а) *геометрик* — горизонтал кўриш нури ёрдамида нисбий баландлик аниқланади;

б) *тригонометрик* — ўлчанган қиялик бурчаги ва масофа орқали нисбий баландлик ҳисобланади;

в) *барометрик* — нуқтада атмосфера босими билан баландлик орасидаги боғланишни аниқлашга асосланади, барометрларда амалга оширилади;

г) *гидростатик* — туташ идишларда суюқлик сатҳининг барабар туришига асосланади;

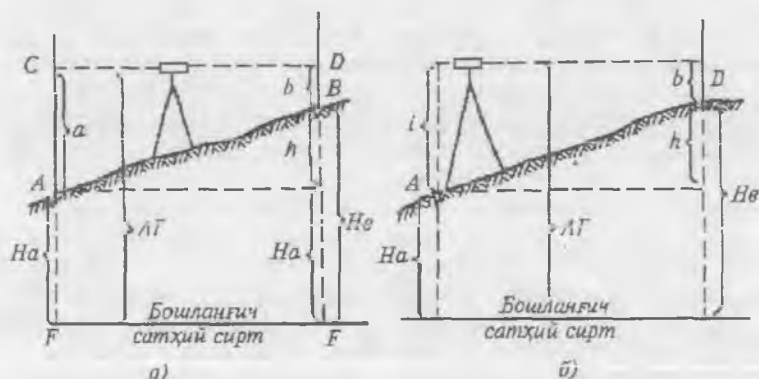
д) *механик* — шовун таъсирига асосланган мосламали нивелир автоматлар ёрдамида бажарилади;

е) *фотограмметрик* — қўшни фотосуратларни стереоскопик ишлайдиган махсус асбобларда амалга оширилади.

Юқоридида кўрсатилган нивелирлаш турларидан энг кўп қўлланиладигани ва аниғи геометрик нивелирлаш усулидир, тригонометрик нивелирлаш асосан топографик съёмкаларни бажаришда қўлланилади.

7.1. Геометрик нивелирлаш усуллари

Геометрик нивелирлашнинг ўртадан ва олдинга нивелирлаш усуллари мавжуд. *Ўртадан нивелирлаш* усулида (7.1-



7.1-расм. Геометрик нивелирлаш усуллари:
 a — ўртадан, b — олдинга.

расм, а) B нуқтани A нуқтадан h нисбий баландлигини аниқлаш учун улар ўртасига нивелир ўрнатилади ва бу нуқталарда тик қўйилган рейкалардан тегишлича орқадан a ва олдиндан b саноклар олинади. 7.1-расм, a га кўра нисбий баландлик

$$h = a - b. \quad (7.1)$$

Агар $a > b$ бўлса, нисбий баландлик мусбат ва аксинча, тескари йўналишда нивелирланса, саноклар номи ўрни алмашиб $a < b$ ва нисбий баландлик манфий бўлади. A нуқтанинг баландлиги H_A маълум бўлганда B нуқтанинг баландлиги H_B қуйидаги икки формула ёрдамида ҳисобланади:

1. Нисбий баландлик орқали

$$H_B = H_A + h, \quad (7.2)$$

яъни кейинги нуқтанинг баландлиги олдинги нуқтанинг баландлигига нуқталар орасидаги нисбий баландлик қўшилганига тенг.

2. Асбоб горизонти орқали (7.1) ни (7.2) қўйсақ,

$$H_B = H_A + a - b, \quad (7.3)$$

Тенгликнинг ўнг қисмидаги A нуқта баландлиги H_A ва шу нуқтадан олинган a санок йиғиндиси

$$H_I = H_A + a, \quad (7.4)$$

яъни асбоб кўриш ўқининг баландлиги асбоб горизонти дейилади. (7.4) ни (7.3) га қўйсақ,

$$H_B = H_I - a = AI - b, \quad (7.5)$$

бундан нуқтанинг баландлиги асбоб горизонтдан шу нуқтада олинган b санок айрилганига тенг.

Олдинга нивелирлаш усулида (7.1-расм, б) A нуқтада кўриш трубасти окуляри шу нуқта устида турадиган нивелир, B нуқтада эса рейка ўрнатилади. Рулетка ёки рейка ёрдамида асбоб баландлиги i ўлчанади, B нуқтадаги рейкадан олдинги b санок олинади. 7.1-расм, б га кўра

$$h = i - b. \quad (7.6)$$

A ва B нуқталар орасидаги масофа катта бўлганда нивелирни бир ўрнатиш орқали уларнинг нисбий баландликларини аниқлаш имкони бўлмайди. Шу сабабли ва жойнинг бўйлама профилини тузиш учун кетма-кет нивелир-

лаш бажарилади. 7.2-расмга кўра кетма-кет нивелирлашда охириги B нуқтанинг бошланғич A нуқтага нисбатан баландлиги

$$h_0 = \sum h = \sum a - \sum b, \quad (7.7)$$

яъни олдинги ва кейинги саноклар йиғиндилари (айирмаси)га тенг. Асбоб ўрнатилган J_1, J_2, \dots нуқталар *бекатлар* дейилади. Олдинги бекатга кейинги ва кейинги бекатга олдинги бўлган ҳамда баландлик узатиш учун нивелирланган $1, 2, \dots$ нуқталар *боғловчи нуқталар* дейилади. Боғловчи нуқталар баландликлари тегишлича куйидаги формулаларда ҳисобланади:

$$H_1 = H_A + h_1;$$

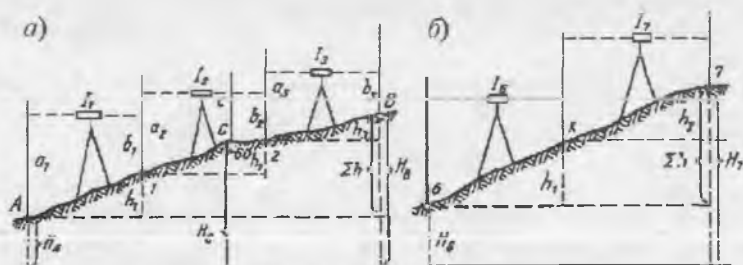
$$H_2 = H_1 + h_2;$$

$$H_3 = H_2 + h_3;$$

ёки

$$H_B = H_A + \sum h.$$

Тик ёнбағирларни бир бекатдан нивелирлашда кўриш ўқи рейка устидан ўтиши ёки ерга тегиб қолиши мумкин. У ҳолда орқадаги боғловчи нуқтадан олдиндаги боғловчи нуқтага баландлик узатиш учун қўшимча X ли нуқталар деб аталувчи нуқталар нивелирланади (7.2, б-расм). Бу нуқталаргача масофа ўлчанмайди ва улар профилда кўрсатилмайди. Нивелирлашда боғловчи нуқталар кўпинча 100 метрдан белгиланади. Профиль тузишда эса жой рельефи ўзгариш нуқталари баландликлари ҳам аниқланиши керак. Бундай нуқталар *оралиқ ёки плюсли* нуқталар дейлиб, кейинги боғловчи нуқтагача бўлган масофа метрлар сони билан белгиланади. Масалан, 7.2, а-расмдан 2 бекатдаги $2+60$ нуқта. Уларга орқадаги рейка ўрнатилиб, c са-



7.2-расм. Кетма-кет нивелирлаш усуллари

ноқ олинади. Оралиқ нуқталар баландликлари (7.5) формула асосида ҳисобланади:

$$H_+ = A\Gamma - c. \quad (7.10)$$

Олдинга нивелирлаш усулида катта масофаларга баландлик узатиш тавсия этилмайди, чунки бу ҳолда ҳисобга олиш қийин бўлган асбоб хатоликлари таъсиридан ташқари нивелирлаш натижасига ер эгрилиги ва рефракция учун тузатма киритиш талаб қилинади.

7.3. Ер эгрилиги ва вертикал рефракциянинг нивелирлаш натижаларига таъсири

(7.1) формулани келтириб чиқаришда бошланғич сатҳий сирт EF текислик, A ва B нуқталарга ўрнатилган рейкалар эса ўзаро параллел ва атмосферада юрадиган CD нур тўғри чизиқли деб қабул қилинган эди. Ҳақиқатда эса рейкалар A ва B нуқталардаги сатҳий сиртларга перпендикуляр. (7.1, а-расм).

Агар сатҳий сиртни сфера деб қабул қилинса, B нуқтанинг A нуқтадан нисбий баландлиги (7.3-расм)

$$h = BC = MA - NB \quad (7.11)$$

кесмани ташкил этади.

A ва B нуқталарда вертикал қўйилган рейкалардан MA ва NB санокларни ҳосил қилиш учун горизонтал қараш нурларининг PA ва QB санокларидан Ер эгрилиги учун тегишлича $k_1 = PM$ ва $k_2 = QN$ тузатмалар айирилиши керак. Бундай шартларда $h = BC$ нисбий баландлик



7.3-расм. Ер эгрилиги ва вертикал рефракциянинг нивелирлашга таъсири.

$$h = (PA - k) - (QB - k) \quad (7.12)$$

бўлади. (1.6) формулага биноан ер эгрилиги учун тузатма

$$\Delta h = k = \frac{S_1^2}{2R}. \quad (7.13)$$

Аммо OP ва OQ қараш нурлари нивелир ва рейка орасидаги ўз йўлида ҳар хил зичликдаги атмосфера қатламлари билан учрашади ва улар орқали ўтишда синиб, рефракцияли дейиладиган эгри чизиқни ифодалайди (7.3-расм). Шу сабабли PA ва QB саноклар ўрнига ҳақиқатда рейкадан mA ва nB санокларни оламиз. Pm ва Qn кесмалар A ва B нуқталар турган рейкалар бўйича санокларга рефракция учун тузатма бўлади, кузатилаётган нарсалар рефракция таъсирида ўз ҳолатидан кўтарилиброқ кўринади, бунга ботиб бўлган Куёшнинг қизариб кўриниб туриши мисол бўлади.

Кузатишлардан рефракция учун тузатма ўртача ер эгрилиги учун k тузатманинг ((1.6) формула) тахминан 16%ини ташкил этиши исботланган, яъни

$$r = 0,16 \frac{S_1^2}{2R}. \quad (7.14)$$

Рефракция учун тузатма ер эгрилиги учун тузатмани камайтиради, шу сабабли 7.3-расмда Ер эгрилиги ва рефракция учун тузатмани ифодалайдиган mM ва nN кесмалар

$$f = k - r$$

бўлади, бу формулага k ва r ўрнига уларнинг (7.13) ва (7.14) формулалардаги қийматлари қўйилса,

$$f = 0,42 \frac{S_1^2}{R}. \quad (7.15)$$

Нивелир нивелирланувчи нуқталарнинг аниқ ўртасига ўрнатилса, $f_1 - f_2$ фарқини нолга тенг деб қабул қилиш мумкин. Шу сабабли геометрик нивелирлаш асосан ўртадан усулида олиб борилади. Олдинга нивелирлаш эса айрим ҳолларда дарё, жарлик ва бошқа тўсиқлардан баландлик узатишда қўлланилади.

Агар (7.15) формулага Ер радиуси сонли қиймати ва S масофанинг қиймати юзлаб метрларда қўйилса, f нинг миллиметрларда ифодаланган қийматини ҳисоблаш учун қулай формулага эга бўламиз:

$$f_{\text{мм}} = 0,66S^2 \text{ (юзлаб метрларда)}. \quad (7.16)$$

Агар $S = 100$ м бўлса, $f = 0,66$ мм, агар $S = 400$ м бўлса, $f = 10,6$ мм.

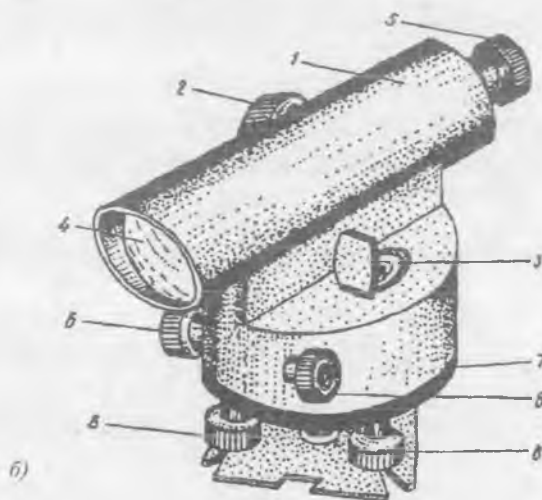
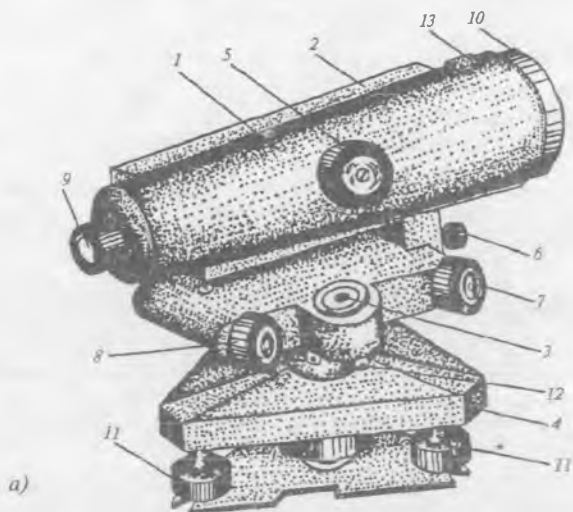
Ўртадан нивелирлашда Ер эгрилиги таъсири тўла компенсацияланади, рефракция таъсири сезиларли даражада камаяди.

7.4. Нивелирлар, нивелирлаш рейкалари, уларнинг тузилиши ва текшириш

Нивелирлар аниқлиги бўйича уч хилга бўлинади: юқори аниқликда Н-0,5-I, II синф нивелирлаш, аниқ Н-3, Н-3К, Н-3КЛ-III ва IV синфлар нивелирлаш ва техникавий Н-10, Н-10К — техник нивелирлаш учун қўлланилади.

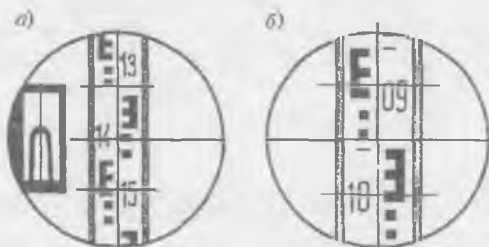
Нивелир шифри ёнидаги сон 1 км иккиланган йўлни нивелирлаш аниқлигини, ҳарфлар эса К — компенсаторли, Л — лимбли эканлигини кўрсатади. Конструкциясига кўра нивелирлар кўриш ўқи горизонтал ҳолга адилак ёрдамида келтириладиган ва горизонтал кўриш чизиги ўзи ўрнатиладиган (компенсаторли) нивелирларга бўлинади.

Техник нивелирлашда кўпинча аниқ Н-3 ва Н3К нивелирлари қўлланилади. Н-3 нивелирининг умумий кўриниши 7.4 а-расмда келтирилган. Нивелир ўрнатгич винт ёрдамида усти горизонтал ҳолга чамалаб келтирилган штативга ўрнатилади. Труба икки кўтаргич винтга параллел қўйилиб, аввал уларни қарама-қарши томонга ва кейин учинчи винтни бураш орқали доиравий адилак пуфакчаси доира ўртасига келтирилади. Бунда нивелир айланиш ўқи тахминан тик ҳолатда бўлади. Труба рейкага қаратилиб, винт 6 да маҳкамланади, кремальера 5 винтини бураш рейканинг ва окуляр ғилофини бураш орқали иплар тўрининг аниқ тасвирлари ҳосил қилинади. Нивелир кўриш трубаси 7 нинг чап томонига асбоб кўриш ўқини горизонтал ҳолга аниқ келтиришда қўлланиладиган цилиндрик адилак жойлашган. Рейка тасвирини ва пуфакча элевацион винт 9 ёрдамида ўртага келтирилаётган пайтда адилак туташган учларини кузатувчи кўриш майдонини кўради ва горизонтал ип қаршисидаги рейкадан саноқ олади (7.5-расм). Умумий кўриниши 7.4-расмда келтирилган аниқ Н-3К нивелири штативга ўрнатилгандан кейин доиравий адилак пуфакчаси 3 ўртага келтирилади. Иккита кесишган пўлат ипларда илинган кўзгалувчи ва кўзгалмас призмдан иборат бўлган маятникли оптик компенсатор асбобни автоматик тарзда горизонтал ҳолга келтиради ва ниве-



7.4.-расм. а—Н-3 нивелирининг умумий тузилиши; 1—кўриш трубаси; 2—цилиндрик адилак; 3—доиравий адилак; 4—таглик; 5—кремальера; 6—маҳкамлаш винти; 7— қаратиш винти; 8—элевацион винти; 9—окуляр; 10— объектив; 11—кўтаргич винтлар; 12—доиравий адилакнинг тузатгич винтлари; 13— нишонча билан қирраси

б—Н-3К нивелирининг умумий тузилиши: 1—кўриш трубаси; 2— кремальера; 3— доиравий адилак; 4— объектив; 5— окуляр; 6—қаратиш винтлари; 7—доиравий адилак; 8—кўтаргич винтлар.



7.5-расм. Трубанинг кўриш майдони:

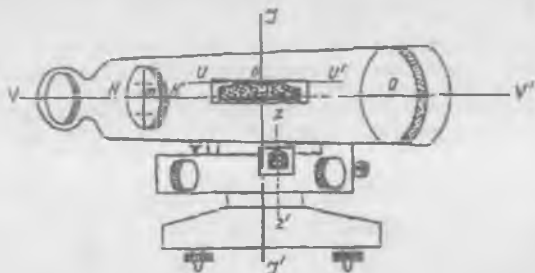
а — Н-3 нивелирида саноқ: 1466. Дальномер саноқлари: 1390, 1540.
 б — Н-3К нивелирида саноқ: 0991. Дальномер саноқлари 0936, 1043.

лир иш ҳолатида бўлади. Оптик компенсатор ишлаши учун доиравий таглик 7 қиялиги 15° ошмаслиги керак. Н-3 ва Н-3К нивелирларида саноқ олиш 7.5-расмда келтирилган.

Н-3 нивелирини текшириш. Нивелирни ишлатишдан олдин унинг қуйидаги геометрик шартларни қаноатлантириши текширилади:

1. *Доиравий адилак ўқи нивелир айланиш ўқиغا параллел бўлиши керак*, яъни $ZZ' \perp JJ'$ (7.6-расм). Кўтаргич винтлар орқали доиравий адилак пуфакчаси адилак қутисидаги доира марказига келтирилади ва нивелир юқори қисми 180° буралади. Пуфакча ўртада қолган бўлса, шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда пуфакча оғган қисмининг ярми марказга адилак тузаткич винтлари билан, қолган ярми кўтаргич винтлар билан келтирилади. Текшириш назорат учун такрорланади.

2. *Иплар тўрининг горизонтал ипи нивелир айланиш ўқиغا перпендикуляр бўлиши керак* ($HH' \perp JJ'$). Иплар тўрининг



7.6-расм. Нивелирнинг асосий геометрик ўқлари: VV' — трубанинг кўриш ўқи; UU' — цилиндрик адилак ўқи; ZZ' — доиравий адилак ўқи; JJ' — нивелирнинг айланиш ўқи; HH' — иплар тўрининг горизонтал ипи.

ўртадаги ипи нивелирдан 25—30 м наридаги яққол кўринадиган нуқтага йўналтирилади ва труба секин-аста сурилганда тўр ипи танланган нуқтадан ташқарига чиқмаса, шарт бажарилган бўлади. Акс ҳолда тўрни труба корпуси билан маҳкамлайдиган винти бўшатилиб, иплар тўри ҳалқаси буралади.

3. *Трубанинг кўриш ўқи цилиндрик адилак ўқига параллел бўлиши керак* ($VV' \perp UU'$).

Бу асосий геометрик шартни текшириш учун узунлиги 50—75 м бўлган чизиқ учлари жойда қозиқлар билан маҳкамланади (7.7-расм), улар олдинга нивелирлаш усулида тўғри ва тескари йўналишларда нивелирланади. Агар кўриш ўқи цилиндрик адилак ўқига параллел бўлмаса, b санокқа x хатолик киради. 7.7, a расмдан тўғри йўналишда нивелирлашда

$$h = i_1 - (b_1 - x), \quad (7.16)$$

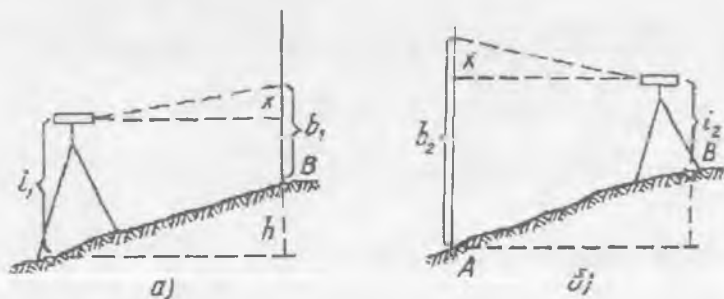
7.7. b -расмдан тескари йўналишда нивелирлашда

$$h = (b_2 - x) - i_2. \quad (7.17)$$

(7.16) ва (7.17) тенгламаларни ечсак,

$$x = \frac{b_1 - b_2}{2} - \frac{i_1 - i_2}{2}. \quad (7.18)$$

x нинг қиймати 4 мм кичик бўлса, шарт бажарилган ҳисобланади. Акс ҳолда элевацион винт ёрдамида тўрнинг ўртадаги ипи $b = b_2 - x$ санокқа йўналтирилади, бунинг эвазига адилак пуфакчаси ўртадан чиқиб кетади. Адилак тузаткич (7.4-расм, a) винтлари δ ёрдамида пуфакча қайтадан ўртага келтирилади.

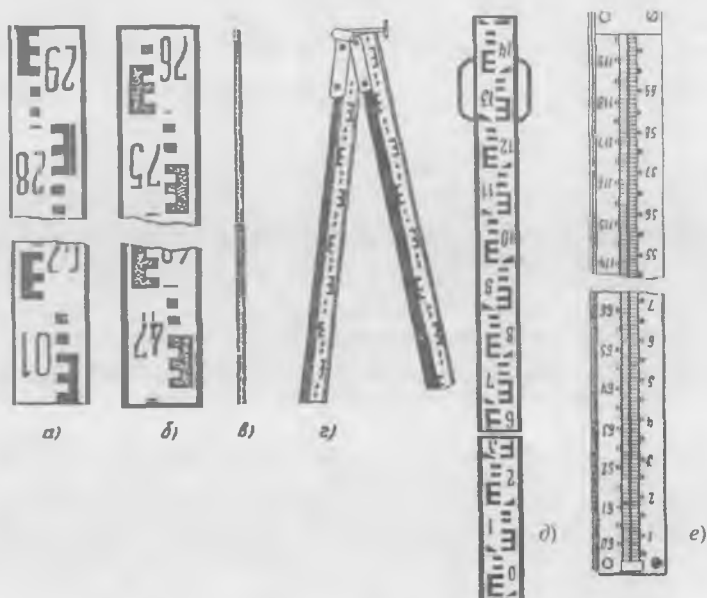


7.7-расм Нивелирнинг асосий шартини текшириш

Нивелирлаш рейкалари, уларнинг тузилиши ва текшириши.

Техник нивелирлашда икки томонли яхлит, узунлиги 3000 мм, қалинлиги 2—3 см, кенглиги 8—10 см бўлган рН-10 рейкалари (7.8-расм, *в*) ва узунлиги 3000—4000 мм букланадиган рН-10 рейкалари қўлланилади (7.8-расм, *г*). Рейка эгилмайдиган ва чидамли бўлиши учун қўштавир кесимли қилиниб, сифатли ёғочдан ясалади ва икки учидан металл қопланади.

Рейкалар бир томонида сантиметрли бўлақлар шашкасимон оқ ва қора, иккинчи томондагилари эса оқ ва қизил ранг билан бўялади. Шунинг учун рейканинг қора рангли томони — қора томон, қизил рангли томони — қизил томон деб фарқланади. Саноқ олиш қулай бўлиши учун ҳар дециметрли бўлакнинг дастлабки бешта сантиметрли бўлақлари «Е» ҳарфи кўринишида бирлаштирилади. Рейкаларни қора томонида саноқ нолдан (7.8-расм, *а*), қизил томонида эса ихтиёрий саноқдан, масалан, 4687 мм (7.8-расм, *б*) дан бошланади. Натижада рейканинг қора ва қизил томонларидан олинган саноқлар фарқи доимий сон бўлиб, ниверлирлашни бекатда текшириш учун хизмат қилади.



7.8-расм. Нивелирлаш рейкалари: *а, б, в* — икки томонли бутун рейка; *г, д* — икки томонли букланадиган рейка; *е* — инварли рейка.

Саноклар рейканинг қуйи қисмидан ортиб боради, рақамлар ҳар дециметрдан ағдарилган кўринишда ёзилади, труба кўриш майдонида эса уларнинг тасвири тўғри бўлади. Рейкаларни тик ҳолатга келтириш учун уларга доиравий адилак ўрнатилади. Адилак бўлмаган тақдирда рейкага қаралганда у олдинга ва орқага аста-секин оғдирилади, энг кичик санок рейканинг вертикал ҳолатига тегишли бўлади. Нивелирлаш вақтида рейкалар ёғоч қоziқларга, металл бошмоқларга ўрнатилади. Ишнинг бажарилишидан аввал пўлат рулетка ёрдамида олдин рейканинг метрли кесмалари, кейин дециметрли кесмалари текширилади.

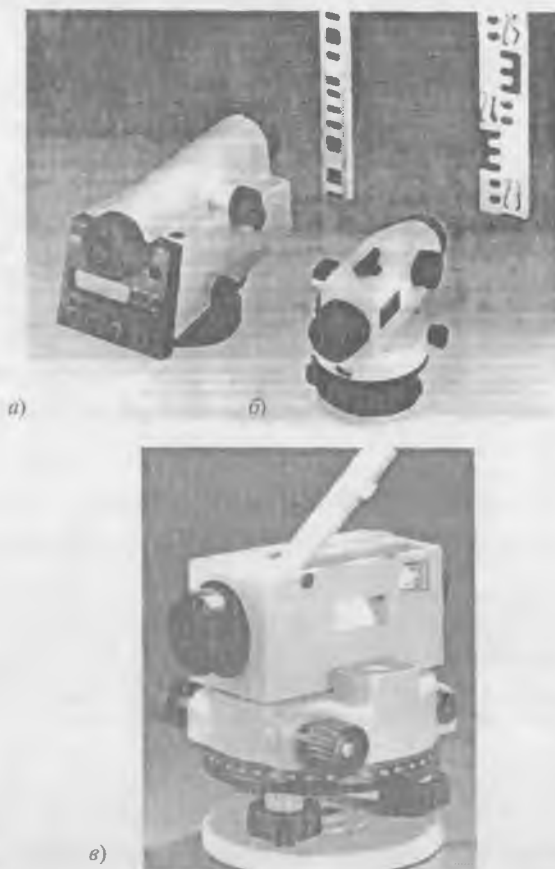
Дециметрли бўлақлар хатолиги 1 мм, рейканинг ҳамма узунлиги хатолиги 2 мм дан ошмаслиги керак. Инверли рейкалар I ва II синфли нивелирлашларда қўлланилади (7.8- расм, е), улар бошмоқларга ўрнатилади.

7.5. Замоनावий нивелирлар тўғрисида умумий маълумотлар

Электрон нивелирлар — ҳозирги кунда геодезик асбобларнинг янги тури ҳисобланиб, нивелирлаш ишларини сезиларли автоматлаштириш имконини туғдирди. Электрон нивелирларнинг функционал имкониятлари кенгайтирилиб, масофа ўлчаш аниқлигини 20 мм гача оширишга эришилган.

Электрон нивелирлар техник тавсифлари бўйича қуйидагиларга бўлинади: аниқлиги бўйича — аниқ, 0,7 мм/км йўлга; юқори аниқликда 0,3 мм/км йўлга; ўлчанган информацияни сақлаш турига қараб ички ва ташқи хотирали (РСМСИА). Дастурли таъминот қуйидаги функцияларни бажариш имкониятини таъминлайди: текшириш ишлари: *i* бурчакни аниқлаш (қараш нурининг адилак ўқиға параллел эмаслиги); нивелирлаш ишлари — рейка бўйича айрим санокларни ва масофаларни аниқлаш, йўлни нивелирлаш, нивелирланган якка йўлни тенглаштириш; тахеометрик масалалар — бурчакли йўналишларни ўлчаш; координаталар орттирмаларни аниқлаш; назорат функциялари: рейка бўйича санок аниқлиги назорати, қараш нурини ердан баландлигини назорати, бекатда нисбий баландликни назорати, секцияда ва бекатда елкалар фарқлари назорати. 7.9- а-расмда рақамли DINI нивелири кодли рейкаси билан, 7.9, б-расмда эса қараш ўқи автоматик тарзда горизонтал холға келадиган Ni нивелири умумий кўринишлар келтирилган.

Рақамли нивелирлар аниқлиги бўйича: аниқ DINI 21, DINI22, юқори аниқликдаги: DINI 11, DINI 12; юқори



7.9-расм. Замонавий нивелирлар: а — рақамни нивелир DINI рейкаси билан, б — автоматик нивелир NA рейкаси билан; в—3Н—5Л нивелири.

аниқликдаги нивелирли тахеометрик станциялари: DINI 11 Т, DINI 21 Т га бўлинади. 7.9, в-расмда Россиянинг Урал оптика механик заводи ишлаб чиқараётган киритилган компенсатор ёрдамида қараш нури горизонтал ҳолга автоматик тарзда келадиган 3Н-5Л нивелири кўрсатилган. Унинг комплектига иккита рейка ва штатив киради. У лимбли ва компенсаторли бўлиб, унда 1 км иккиланган рейка ва штатив киради. У лимбли ва компенсаторли бўлиб, унда 1 км иккиланган йўлни нивелирлаш ўрта квадратик хатолиги 5мм. Бундан ташқари шу форманинг 3Н-5Л техник аниқликдаги кичик габаритли нивелир қурилиш майдон-

ларида, бориш қийин бўлган районларда қидириувларида нисбий баландликларни ўлчаш учун мўлжалланган, лимбли бир км йўлни нисбий баландлигини ўлчаш ўрта квадратик ҳатолиги 5 мм.

7.6. Техник нивелирлаш. Трассани нивелирлашга тайёрлаш

Инженерлик иншоотларини қидирув, лойиҳалаш, қуриш мақсадида бажариладиган нивелирлаш *техник нивелирлаш* дейилади. Техник нивелирлаш бўлажак иншоотларнинг ўқлари бўйлаб жой профилини ва тор эни (йўлкаси) планини тузиш учун қўлланилса, *бўйлама нивелирлаш*, ерларни текислаш ва бошқа жойларининг топографик планини тузиш учун бажарилса, *юза нивелирлаш* дейилади.

Картада ёки жойда белгиланган лойиҳалаштириладиган иншоот (йўл, канал, қувур ва ҳоказо) ўқи *трасса* дейилади (7.12, а-рasm). Трасса лойиҳаси топографик картада ҳар хил вариантларда тузилади, улардан бири техникавий ва иқтисодий шартларни қаноатлантирадиган даражада бўлса, қуриш учун асос қилиб олинади ва қидирув ишлари бошланади.

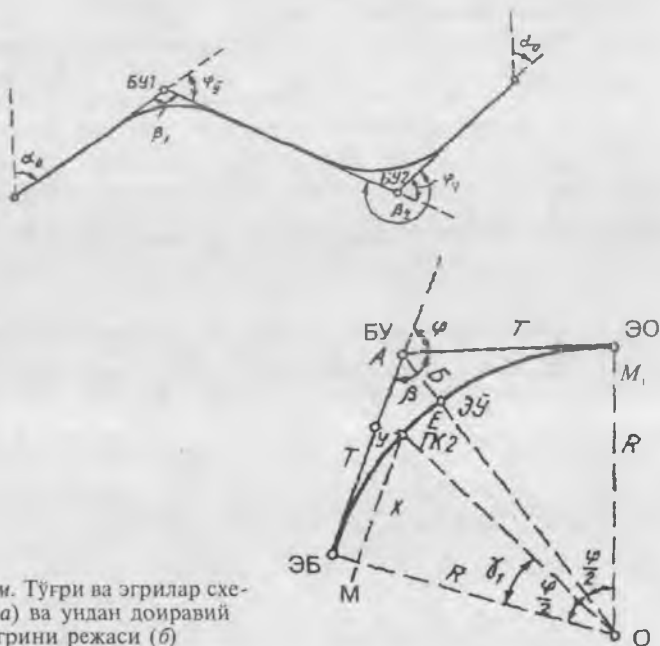
Трассани қидирув жой билан танишиш, трассанинг томонлари ва бурчакларини ўлчаш, эгрини бўлиш, трассани маҳкамлаш, трасса тор энини съёмка қилиш, трассани нивелирлаш, ҳисоблаш ишлари, трасса бўйлаб профил ва жой планини тузишдан иборат.

Тузилган лойиҳа асосида жой билан танишилади, трасса бўйлаб теодолит йўли ўрнатилади, бурчак учлари қозиқчалар билан маҳкамланади. Трасса йўналишлари ўзгарган нуқталарда (7.10-рasm) ўнг (ёки чап) бурчаклар теодолитда тўла қабулда ўлчанади. Олдинги йўналишни давом эттирилиши билан янги йўналиш орасидаги ҳосил бўлган ўнг ёки чап бурчаклар — бурилиш бурчаклари $\varphi_1 = 180^\circ - \beta_1$ ва $\varphi_2 = \beta_2 - 180^\circ$ формулалар ёрдамида ҳисобланади. Трасса жойда синиқ чизиқлардан иборат бўлади, иншоот эса маълум радиусли доиравий эгри чизиқлар бўйича лойиҳалаштирилади ва қурилади. Шунинг учун кўпинча трасса томонларини ўлчаш билан бирга трасса бурилиш жойларида синиқ чизиқларини туташтирувчи доиравий эгрилар қўйилади.

7.7. Доиравий эгрини режалаш

Агар A нуқтада (7.10-расм, a) трасса φ бурчакка бурилса, унинг икки қисми радиуси R бўлган доира k ёй билан M ва M_1 нуқталарга уринма қилиб туташтирилади. Марказий MOM_1 бурчак трасса бурилиш φ бурчагига тенг, трасса бурилишида OA чизиқ эса бурилиш φ бурчаги ва трасса бурилиши бурчаги β нинг биссектриссаси. Шунга кўра нуқта ёйнинг ўрта қисмида жойлашган. M, E, M_1 нуқталар эгрининг асосий нуқталари — тегишлича эгрининг боши (ЭБ), эгрининг ўртаси (ЭЎ) ва эгрининг охири (ЭО) дейилади. Уларни жойда белгилаш учун эгрининг элементлари деб аталувчи олтига қиймат: трасса бурилиш бурчаги φ , эгри чизиқ радиуси R , икки уринмалар узунлиги $MA=MA_1=T$ —тангенс, эгри узунлиги K ва бурчак учидан эгривача масофа $AE=B$ — биссектрисса ва дөмер (камтик) $D=2T-K$ қийматларини билиш зарур.

Ҳисобланган бурилиш бурчаги φ ва эгрининг радиуси R иншоот аҳамиятига қараб тайинланади: Масалан, магистрал каналлар учун энг кичик радиус $R \leq 5B$, бу ерда



7.10-расм. Тўғри ва эгривача схемаси (а) ва ундан доиравий эгрини режаси (б)

B-каналнинг сув сатҳи бўйича кенглиги, эгрининг қолган элементлари қийматлари қуйидаги

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}; \quad (7.19)$$

$$B = R \left(\sec \frac{\varphi}{2} - 1 \right); \quad (7.20)$$

$$K = \frac{\pi \varphi^\circ}{180^\circ} \cdot R; \quad (7.21)$$

$$D = 2T - K \quad (7.22)$$

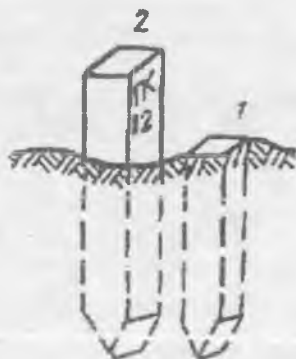
формулалар асосида микроЭХМлардан ёки жадваллардан фойдаланиб топилади. [24] Эгрининг аниқланган элементлари бўйича ЭБ ва ЭО қийматлари ушбу формула ёрдамида қуйидагича ҳисобланади:

$$\text{ЭБ} = \text{БУ} - T; \quad (7.23)$$

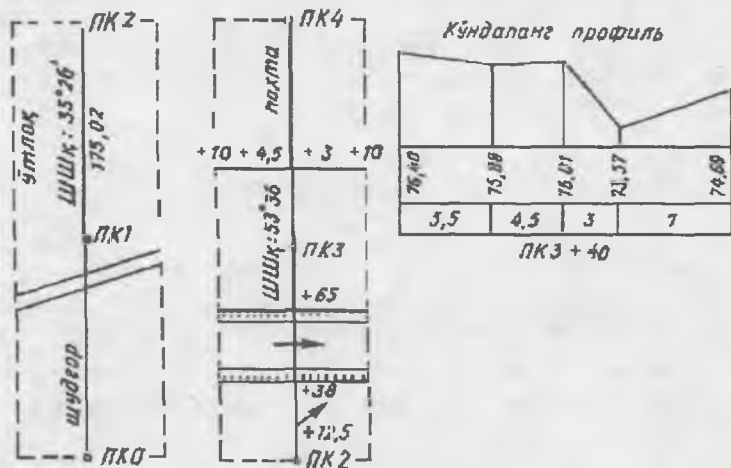
$$\text{ЭО} = \text{ЭБ} + K = \text{ЭБ} + 2T - D. \quad (7.24)$$

7.8. Трасса томонларини ўлчаш ва уни пикетлаш

Трасса томонларини ўлчаш, уларнинг пикетларга ва трассага тик характерли нуқталари баландликлари аниқланиши керак бўлган кўндаланг (чизиқ)ларга бўлиш, трасса йўлакчасини съёмка қилиш билан биргаликда олиб борилади. Бунда икки ишчи лентани тортиб, трасса узунлигини ўлчайди, учинчиси эса ҳар юз метрга иккита қозиқ қоқади (7.11-расм). Биринчи қозиқ усти ер билан баравад бўлади,



7.11-расм. Пикетли нуқтани маҳкамлаш



7.12-расм. Пикетлаш дафтари

пикетли (ПК) нуқта дейилади, кейинчалик нивелирлашда рейка ўрнатилади: қоровул қозиқ усти эса ердан 0,2 м баландликда бўлади, унга юз метрли кесмалар сонини кўрсатувчи пикет тартиб рақами (ПК 12) ёзилади. Пикетлар орасида бўйлама нишаблик ўзгарган жойларига қоровул қозиқлар қоқилади, улар *плюсли ёки оралиқ нуқталар* бўлиб, нивелирланишида рейка ерга қўйилади. Сугориш каналлари трассаларини пикетлаш сув олинadиган жойдан, зовурларники эса сув қабул қилинадиган жойдан бошланади.

Трасса бўйлама профилининг бурилиш нуқталарида, шунингдек катта ҳажмда ер ишлари бажарилиши мумкин булган жойларда трассанинг ўнг ва чап ёнларида қабул қилинган, план масштабида 2 см кенгликда *кўндаланглик* (чизик)лар трассага перпендикуляр қилиб бўлинади. Кўндалангликда нуқталар сони жой рельефига қараб танланади ва улар қоровул қозиқлар билан маҳкамланади. Трасса ёнлари бўйлаб жой контурлари асосан перпендикулярлар усулида съёмка қилинади. Пикетлаш, кўндалангликларни режалаш ва съёмка натижаси миллиметрли қоғозда план масштабида тузиладиган *пикетлаш дафтарида* кўрсатилади (7.12-расм).

Эгри чизиқнинг радиуси R олдиндан тайинланган бўлса, ўлчанган ϕ қийматидан фойдаланиб, эгри чизиқнинг элементлари (7.19—7.22) формулаларда ҳисобланади ва пикетлаш дафтарида келтирилади. Масалан, $\phi = 28^{\circ}08'$, $R = 150$

бўлса, $T = 37,58$ м; $K = 73,65$ м; $D = 1,51$ м, $B = 4,61$ м бўлади ва (7.23—7.24) формулалар асосида эгрининг бош нуқталари пикетлашда ўлчанган бурчак учи (БУ) қийматидан фойдаланиб қуйидагича ҳисобланади:

$\begin{array}{r} \text{БУ } IK\ 2+12,6 \\ \hline T \quad 37,58 \\ \hline \text{ЭБ } IK\ 2+75,02 \\ \hline K \quad 73,65 \\ \hline \text{ЭО } IK\ 2+48,67 \end{array}$	$\begin{array}{r} \text{БУ } IK\ 2+12,6 \\ + \\ T \quad 37,58 \\ \hline IK\ 2+49,18 \\ \hline D \quad 1,51 \\ \hline \text{ЭО } IK\ 2+48,67 \end{array}$
--	--

Жойда белгиланган бурчак учидан трасса тўғри ва тескари йўналишларда тангенслар қиймати лентада ўлчаниб, топилган ЭБ ва ЭО нуқталарига қоровул қозиклар қоқилади, уларга трасса бошланишидан ҳисобланган масофалар ёзилади.

Бурчак учига теодолит ўрнатилиб, бурчак биссектрисаси йўналиши бўйича B қийматини ўлчаб қўйиш орқали ЭБ ўрни топилади.

Пикетлаш тўғри ва уларни туташтирувчи эгри чизиқлар бўйича олиб борилса, кўпинча эгрида пикетнинг ўрнини ҳисоблаш ва белгилаш керак бўлади. Бундай ҳолларда ЭБ ёки ЭО дан пикетгача бўлган эгрининг узунлиги қийматидан фойдаланиб, марказий бурчак қиймати (7.10, б-расм)

$$\gamma_1 = \frac{S_1}{\pi R} \quad (7.25)$$

формулада ва пикетнинг эгри чизиқдаги ўрни координаталари

$$x_1 = R \sin \gamma_1, \quad (7.26)$$

$$\varphi_1 = 2R \sin^2 \frac{\gamma_1}{2} \quad (7.27)$$

формулалар бўйича ҳисобланади.

Юқорида кўрилган мисолда ЭБ дан IK гача бўлган эгри узунлиги $S_1 = IK\ 2\ IK\ 1+75,02 = 24,98$ м бўлса, (7.25), (7.26) ва (7.27) формулалар асосида $\gamma_1 = 9^\circ 32'$, $x_1 = 24,84$ м, $y_1 = 2,07$ м бўлади. ЭБ дан трасса бўйлаб $x_1 = 24,84$ м ва унга перпендикуляр чизиқда $y_1 = 2,07$ м ни ўлчаш орқали $IK\ 2$ нинг эгридаги ўрни топилади. ЭО = $IK\ 2+48,67$ дан $IK\ 3$ гача

бўлган 51,33 м масофа ўлчаниб, ЛЗ нинг трассадан ўрни топилади ва пикетлаш шу тарзда давом эттирилади.

7.9. Трассани нивелирлаш

Нуқталар нисбий баландликлари асосан ўртадан нивелирлаш усулида аниқланади. Нивелирдан рейкагача бўлган масофа — 150 м гача йўл қўйилади. Нивелир икки боғловчи нуқта ўртасига — бекатга ўрнатилади, доиравий адилак пуфакчаси ноль пунктга келтирилади, кўриш трубази рейкага қаратилади, окуляр гардиши ва кремальерани бураш орқали иплар тўри ва рейканинг аниқ кўринишига эришилади. Рейкадан саноқ 1 мм аниқликда цилиндрик адилак пуфакчаси учлари элевацион винт ёрдамида туташтирилгандан сўнггина олинади.

Техник нивелирлашда (икки томонли рейкалар қўлланилганда) ҳар бир бекатда нивелир ўрнатилгандан кейин саноқ қуйидаги тартибда олинади:

- 1) орқадаги рейканинг қора томонидан;
- 2) олдиндаги рейканинг қора томонидан;
- 3) олдиндаги рейканинг қизил томонидан;
- 4) орқадаги рейканинг қизил томонидан;
- 5) оралиқ (ёки кўндаланг чизик) нуқталардаги рейканинг қора томонидан.

Оралиқ нуқталарга орқадаги рейка ўрнатилади. Рейкадан олинган саноқлар 7.1-жадвал (нивелирлаш журнали) нинг 3, 4 ва 5-устунларига ёзилади. Рейканинг қора ва қизил томонларидан олинган саноқлар бўйича топилган нисбий баландликлар 6-устунга ёзилиб, уларнинг фарқи 4 мм дан ошмаса, уларнинг ўртача қиймати 7-устунда келтирилади.

Нивелирлашда бир томонли рейкалар қўлланилса, бекатда нивелирлаш икки горизонтда қуйидагича бажарилади: орқадаги ва олдиндаги рейкалардан саноқлар олинган, асбоб баландлиги тахминан 10 см га ўзгартирилади, нивелир қайтадан иш ҳолатига келтирилиб, олдинги ва орқадаги рейкалардан саноқлар олинади. Натижада топилган нисбий баландликлар фарқи 4 мм ошмаса, орқадаги рейка оралиқ (ёки кўндаланг чизик) нуқталарга қўйилади ва саноқлар олинади.

Кейинги бекатларда ҳам нивелирлаш юқорида ёзилган тартибда олиб борилади. Нивелирлаш натижасида топиладиган нуқталар баландликлари маълум баландлик сис-

Техник нивелирлаш журнали

Бекатлар тартиб рақами	Пикетлар тартиб рақами	Рейкадан саноклар, мм			Нисбий баландликлар, мм			Асбоб гори-зонти АГ, м	Баландликлар Н, м
		Орқадаги, а	Олдиндаги, б	Ораликдаги, с	Ҳисоблангани	Урта-часи	Тузати-лгани		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Rp11 JK0	1238 5925	2889 7580		-1651 -1651	+3 -1653	-1650		78,312 76,662
2	JK0 +60 JK1	0534 5220	1546 6230	0314	-1012 -1010	+2 -1011	-1009	77,196	76,662 76,882 75,653
3	JK1 JK2	1642 6329	0921 5612	2338	721 717	+2 719	721	77,295	75,653 74,957 76,374
4	JK +38 С.С.15.04.02 +47 +57 +65 JK3	0672 5359	1624 6313	1748 226 2917 2979 1950	-952 -954	+2 -953	-951	76,046	76,374 75,298 74,820 74,129 74,067 75,096 75,423
5	JK +40 Ў3 Ў10 Ч4,5 Ч10 JK4	1034 5721	1679 6363	0448 2885 1764 0676 0057	645 -642	+2 644		76,457	75,423 76,009 73,572 74,693 75,881 76,400 74,781
6	JK4 Rp18	2204 6891	0561 5247		1643 1644	+2 1644	1646		74,781 76,427
	Σ=	42769	46557		-3796	-1898	1885		

$$\sum h_{\text{yp}} = \frac{42796 - 46557}{2} = \frac{-3796}{2} = -1898 \text{ мм};$$

$$f_h = \sum h_{\text{yp}} - (H_{Rp18} - H_{Rp11}) = -1898 - (-1885) = -13 \text{ мм};$$

$$f_{h \text{ чеки}} = 30 \text{ мм} \sqrt{L} = 30 \text{ мм} \sqrt{0,5} = 21 \text{ мм}.$$

темасида бўлиши ва нивелирлашни текшириш учун нивелирлаш репердан бошланиб, реперда тугатилиши — реперларга боғланиши шарт.

Баландлик узатиш учун нивелирлаш фақат бир репердан бошланса, бу йўл тўғри ва тескари йўналишда нивелирланади. Бу ҳолда тўғри йўналишда нивелирлашда ҳамма нуқталар, тескари йўналишда нивелирлашда эса фақат боғловчи нуқталар нивелирланади. Умумий йўлдаги нисбий баландлик тўғри ва тескари нивелирлаш натижалари бўйича текширилади.

7.10. Трассани нивелирлаш натижаларини ишлаб чиқиш (1-ҳисоб-чизма иш)

Нивелирлаш натижасини ишлаш нивелирлаш журналида даладаги ҳисоблашларни текширишдан бошланади. Бунинг учун журналларнинг (7.1-жадвал) ҳар бетида ва умумий нивелир йўли учун тегишли устунларда келтирилган маълумотлар бўйича

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \frac{\sum h}{2} = \sum h_{\text{yp}} \quad (7.28)$$

эканлиги текширилади.

Нивелир йўли баландликлари H_1 ва H_2 маълум реперлар орасида ўтказилган бўлса, ундаги боғланмаслик қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$f_h = \sum h_{\text{yp}} - (H_2 - H_1), \quad (7.29)$$

бунда $\sum h_{\text{yp}}$ — умумий йўлдаги нисбий баландликлар йиғиндиси. Техник нивелирлашда чекли хатолик қиймати:

$$f_{h \text{ чеки}} = 30 \text{ мм} \sqrt{L} \text{ ёки } f_h = 10 \text{ мм} \sqrt{n}.$$

бунда L — нивелир йўли узунлиги км, n — бекатлар сони.

Иккинчи формула нишабликлари катта бўлган жойларни нивелирлашда қўлланилади. Агар $f_h \leq f_{h \text{ чеки}}$ бўлса, унинг қиймати йўл қўярли ҳисобланади, тескари ишора

билан нисбий баландликларга тарқатилади. Тузатмалар йиғиндисига тескари ишора билан боғланмасликка тенг бўлиши керак. Тузатилган нисбий баландликлар бўйича боғловчи нуқталар баландликлари (7.2) формулада, нивелирланган плюсли нуқталар ва кўндаланг чизиқ нуқталари баландликлари (7.4) формулада ҳисобланган асбоб горизонти орқали (7.10) формулада аниқланади ва тегишли равишда 9, 10-устунларга ёзилади.

Нивелирлаш тўғри ва тескари йўналишда бажарилган бўлса, нивелирлаш йўлидаги боғланмаслик ўртача нисбий баландликларнинг алгебраик йиғиндисига тенг, яъни:

$$f_h = \sum h_{yp},$$

унинг чекли қиймати

$$f_{h_{чекли}} \leq 30 \text{ мм} \sqrt{2L}. \quad (7.31)$$

Хатолик йўл кўрарли даражада $f_h \leq f_{чекли}$ бўлса, унинг ярми тескари ишора билан тўғри йўналиш нисбий баландликларига тарқатилади. Ҳисоблаш ишларини давоми юқорида ёзилган тартибда амалга оширилади. Техник нивелирлаш натижасини журналга ёзиш ва икки репер орасидаги нивелир йўлини ишлаш намунаси 7.1-жадвалда келтирилган.

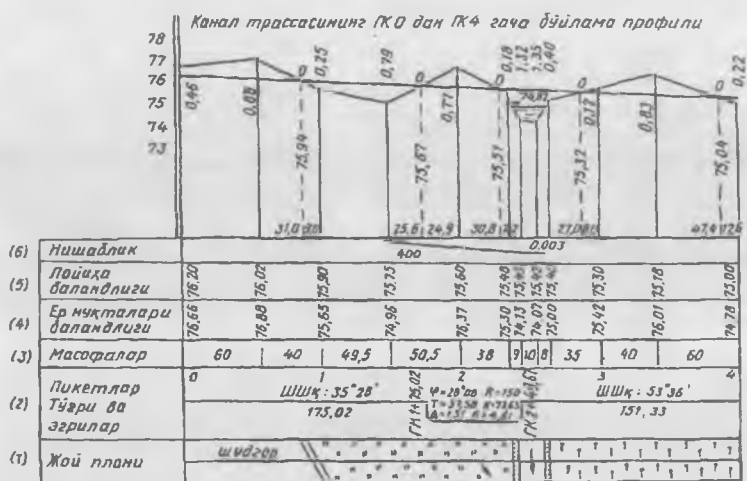
7.11. Трасса бўйлама профилини тузиш, иншоотни лойиҳалаш

Трасса бўйлама профили иншоотни лойиҳалаш ва қуриш учун зарур. У пикетлаш ва нивелирлаш журналлари асосида миллиметрли қоғозда тузилади. Трасса бўйлама профили ифодали бўлиши учун вертикал масофалар масштаби горизонталлариникига қараганда 10—20 марта йирик қилиб олинади.

Ҳар бир иншоот бўйлама профилини тузиш учун стандарт масштаблар қабул қилинган. Бўйлама профилда мавжуд ва лойиҳавий қийматлар биргаликда махсус профиль тўрида жойлаштирилади. 7.13-расмда суғориш канали туби чизигини лойиҳалаш учун қабул қилинган шартли профиль тўри келтирилган. Бўйлама профиль тузиш пикетлар, плюсли нуқталарни тушириш ва масофалар графасини тўлдиришдан бошланади, (4) қаторга нивелирлаш журналидаги 7.1-жадвалдан олинган пикетли ва плюсли нуқталар баландликлари 0,01 м гача яхлитлаштириб ёзи-

лади; (1) қатор пикетлаш дафтарида берилганлар бўйича тўлдирилади; қатор ўртасидан трасса ўқи ўтказилади, трасса бурилишларига эса уларнинг йўналиши мил (стрелка) билан кўрсатилади, контурлар чегаралари туширилади; (2) қаторга тўғри ва эгри чизиқлар планида, трасса томонлари йўналишлари, уларнинг узунликлари, эгрининг бош нуқталари ва элементлари қийматлари келтирилади; (3), (4) қаторларга нивелирланган нуқталар оралиғидаги масофалар ва баландликлар ёзилади. Шартли горизонтал пикетлар ва плюсли нуқталар баландликлари қабул қилинган масштабда қўйилади, ҳосил бўлган нуқталар тўғри чизиқлар билан туташтирилади ва шу йўсинда трасса бўйлама профили ясалади. Кўндаланг профиллар тегишли нуқталар устида горизонтал ва вертикал масофалар масштаблари тенг қилиб тузилади.

Профиль тузилгандан кейин чизиқли иншоот, масалан, канал туби лойиҳалаштирилади. Бунинг учун лойиҳа чизиғи ер ишлари ҳажми кам, тупроқ қазиш ва тўкиш ҳажмлари тахминан тенг ва нишаблиги канал туби ювилиб кетмаслик ёки лойқаланмаслик каби шартларни ҳисобга олган ҳолда ўтказилади. Лойиҳа чизиқ нишаблиги қуйидаги формулада ҳисобланади:



7.13-расм. Канал трассасининг бўйлама ва кўндаланг профиллари.
 Масштаблар: горизонтал чизиқлар 1:2000, вертикал чизиқлар 1:100,
 кўндаланг профиль 1:500.

$$i = \frac{H_2 - H_1}{S}, \quad (7.32)$$

бунда H_1 ва H_2 лойиҳа чизиғи бошланиш ва охири нуқталари баландликлари, S — бу нуқталар орасидаги масофа, нишаблик ва масофа (6) қаторга ёзилади. Лойиҳа тўғри чизиғида ётган профиль нуқталари баландликлари

$$H_k = H_{k-1} + iS \quad (7.33)$$

формулада ҳисобланиб, (5) қаторга ёзилади. Лойиҳавий баландлик H_n ва ер баландлиги $H_{ер}$ айирмаси

$$H_k = H_n - H_{ер} \quad (7.34)$$

иш баландлиги дейилади, агар, унинг қиймати манфий ишорали бўлса, ер қазиш (ўйилма) чуқурлиги, мусбат ишорали бўлса, тупроқ тўкиш (кўтарма) баландлигини кўрсатади ва у шунга мувофиқ равишда лойиҳа чизиғи тагида ёки устида ёзилади. Лойиҳа чизиғининг ер билан кесишган нуқталари *ноль ишлари нуқталари* дейилади, улардан олдинги пикетгача бўлган масофа

$$x = \frac{r_1}{r_1 + r_2} \cdot S \quad (7.35)$$

формулада r_1 нинг ишоралари эътиборга олинмай ҳисобланади ва унинг қийматидан фойдаланиб, *ноль ишлари нуқталари баландликлари* (7.33) формула асосида топилади. 7.13-расмдаги лойиҳавий қийматлар (7.32)—(7.35) формулалардан фойдаланиб, қуйидагича аниқланган:

6-қатордаги лойиҳавий чизиқ нишаблиги (7.32) формула бўйича

$$i = (75,00 - 76,20) : 400 = -0,003.$$

5-қатордаги ПК0+60 ва ПК 1 нуқталарнинг лойиҳа чизиғидаги баландликлари (7.33) формула бўйича тегишлича:

$$H_{\text{ПК0+60}} = 76,20 - 0,003 \times 60 = 76,20 \text{ м};$$

$$H_{\text{ПК 1}} = 76,02 - 0,003 \times 40 = 75,90 \text{ м}.$$

Улар тегишли равишда лойиҳа чизиғи таги ва устида келтирилган. ПК+60 нуқтадан *ноль ишлари нуқтасигача* бўлган масофа (4.30) формула асосида

$$x_i = (0,86 \times 40) : (0,86 + 0,25) = 31,0 \text{ м}.$$

Унинг лойиҳа чизиғидаги баландлиги (7.33) формула асосида

$$H_{\text{н}} = 76,02 - 0,003 \times 31 = 75,93 \text{ м.}$$

Бу қийматлар профиль тўри устида ва ноль ишлари чизигида ёзилган.

Бўйлама профилда лойиҳа чизиги: унинг нишабликлари, лойиҳавий ва иш баландликлари қизил тушда, ноль ишлари нуқталари ва масофалари кўк тушда, ҳамма қолганлари қора тушда чизилади ва ёзилади.

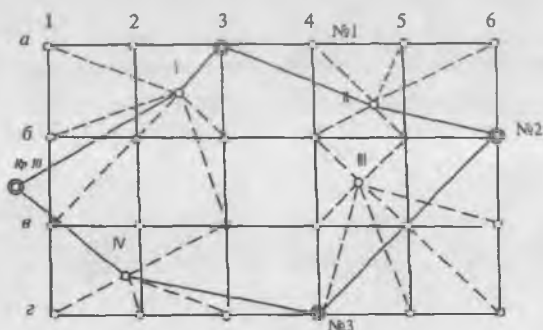
Жойни ифодали тасвирлаш мақсадида кўндаланг профиль горизонтал ва вертикал масштабларни бир хил йирик масштабда тузилади.

7.12. Юзани квадрат ва магистрал усулларида нивелирлаш

Юзани нивелирлаш ер текислаш ва қурилиш учун ажратилган рельефи кучсиз ифодаланган жойларнинг йирик масштаби топографик планларини тузишда қўлланади. Юзани нивелирлаш асосан икки хил: квадрат ва магистрал усулларида бажарилади.

Юзани квадрат усулида нивелирлаш учун теодолит ва лента ёрдамида жой микрорельефи мураккаблигига қараб томонлари 10, 20, 30, 40, 50, 100 метрли квадратлар тўри ясалади. Квадратлар учлари қозиклар билан маҳкамланади, контурлар квадрат томонларига нисбатан съёмка қилинади.

Агар участка ётиқ ёки катта бўлмаса (4 га гача), уни бир бекатдан нивелирлаш мумкин. Нивелир участканинг тахминан ўртасига ўрнатилиб, трубаинг қараш нури горизонтал ҳолатга келтирилади ва ҳамма квадратларнинг



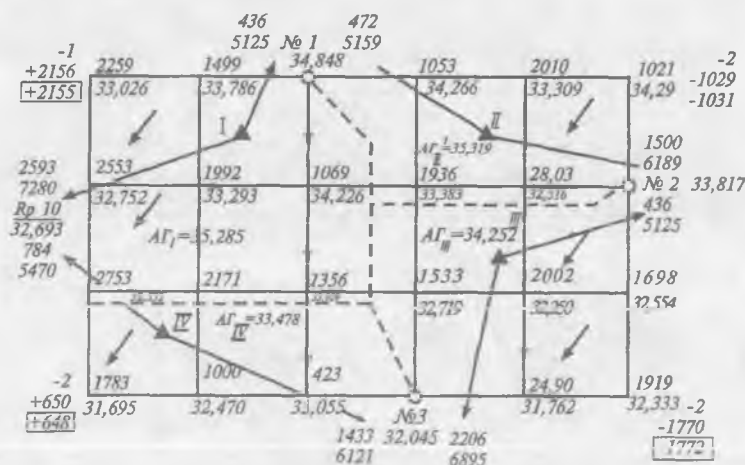
7.14-расм. Юзани квадратлар бўйича нивелирлаш схемаси

учларига навбат билан қўйилган рейкадан саноклар олинади. Саноклар квадратлар турлари схемаси — дала журналіга ёзилади. Учлардан бирининг белгиси яқин репердан, қолганлари эса асбоб горизонти орқали ҳисобланади.

Томонлари 50 м ва ундан кичик бўлган квадратлар майдон катта бўлганда бир неча бекатдан нивелирланади (7.14-расм). Ҳар бир бекатда боғловчи нуқталар икки томонли рейкада ёки икки горизонтда ёпиқ нивелир йўли ҳосил бўладиган қилиб нивелирланади, қолган квадрат учларидан қора саноклар олинади, натижалар нивелирлаш журналі — дала схемасига (7.15-расм) ёзилади, жойдаги нишабликлар йўналишлари миллир билан кўрсатилади. Томонлари 100 м ва ундан катта бўлган квадратлар ҳар бирининг, икки томони рейкада алоҳида-алоҳида нивелирланади. Нивелир квадрат ўртасига ўрнатилиб, унинг учларидан олинган саноклар дала схемасида квадрат учларига ёзилади. Бунда қарама-қарши ётган саноклар фарқи 5 мм дан ошмаса, саноклар тўғри олинган ҳисобланади. Боғловчи нуқта сифатида қабул қилинган квадрат учларидан бири реперга боғланади.

Ҳисоблаш ишларида боғловчи нуқталар нисбий баландликлари ва уларнинг ўртачаси топилади, ёпиқ нивелир йўлида боғланмаслик, яъни нисбий баландликлари алгебраик йиғиндиси:

$$\sum h_{yp} \neq 0 = f_h \quad (7.36)$$



7.15-расм. Юзани квадратлар усулида нивелирлаш журналі

ҳисобланади. Агар $f_h \leq f_{h_{\text{мекли}}} = 10\sqrt{n}$ мм бўлса, бу ерда n — бекатлар сони, боғланмаслик f_h тескари ишора билан нисбий баландликларга тарқатилади. Боғловчи нуқталардан бирига баландлик репердан узатилиб, қолганлари баландликлари тузатилган нисбий баландликлардан фойдаланиб аниқланади. Ҳар бир бекатда асбоб горизонти AG (7.4) формулада, квадратлар учлари баландликлари эса (7.10) формулада ҳисобланади ва тегишли квадратлар учларида ёзилади. Ҳар бири алоҳида-алоҳида нивелирланган квадратлар томонлари нисбий баландликлари ҳисобланиб, ташқи периметр ва ички йўллар бўйича тенглаштирилади, квадратлар учлари баландликлари аниқланади.



7.16-расм. Юзани магистраллар усулида нивелирлаш журнали

Юзани магистраллар усулида нивелирлаш (7.16-расм) теодолит ва нивелир йўллар биргаликда ўтказилиб, жой рельефи ва план масштабига қараб, 10 м дан 50 м оралиқларда нуқталар белгиланади. Бу нуқталар кўндаланг чизиқларга бўлиниб, улардаги нуқталар нивелирланади. Магистрал йўллар ўзаро параллел бўлса, улар ёпиқ полигонлар ҳосил қилувчи кўндаланг нивелир йўллари билан туташтирилади. Магистрал нивелир йўллари учлари реперларга боғланади. Нисбий баландликларни ҳисоблаш, тенглаш ва баландликларни ҳисоблаш юқорида ёзилган тартибда амалга оширилади.

7.13. Юзани бир неча бекатдан нивелирлаш ва натижаларни ишлаб чиқиш, планини тузиш (амалий машғулот)

Агар участка ўлчами 100 м дан катта бўлса, рельефи тавсифи ҳамма квадратлар учларини бир неча бекатдан нивелирланади. Боғловчи нуқталар сифатида икки қўшни бекатдан нивелирлаш мумкин бўлган квадратлар учлари танланади. Боғловчи нуқталар икки марта нивелирланади: бир томонли рейкаларда асбобнинг икки горизонтида ва икки томонли рейкаларда — бир горизонтда, лекин рейкаларнинг икки томонидан, саноклар олинади. Қолган учлари бир марта оралиқ нуқталар каби назоратсиз нивелир-

ланади. Юзани квадратлар бўйича нивелирлашда иш ва нуқталар баландликларини ҳисоблаш тартиби 7.15-расмда келтирилган, бунда боғловчи нуқталар доирачалар билан белгиланади.

Нивелир 1-бекатда 10 репер ва №1 нуқта ўртасида ўрнатилади. Уни иш ҳолатига келтирилиб, орқадаги R_p 10 ва олдиндаги №1 боғловчи нуқталарга қўйилган рейкаларнинг ишчи ва қўшимча томонларидан саноқлар олинади. Нисбий баландликлар ҳисобланишининг тўғрилиги қуйидагича назорат қилинади:

$$h' = 2593 - 436 = +2157;$$

$$h'' = 7280 - 5125 = +2155.$$

Нисбий баландликлар фарқи йўл қўярли — 5 мм, дан кичик бўлганлиги учун унинг қиймати журнал ҳошиясида R_p 10 ва №1 боғловчи нуқта орасида ёзилади. I бекатдан кўринадиган квадратларнинг ҳамма учлари оралиқ нуқталар сингари нивелирланади. Бунда рейка мазкур учни белгиловчи қоровул қозик ёнига ерга қўйилиб, унинг фақат ишчи томонидан саноқ олинади; уни схемадаги тегишли квадрат учи ёнига журналга ёзилади. Кейин рейка бошқа учга қўйилади ва саноқ олинади, жойдаги нишабликлар йўналишлари миллар билан кўрсатилади ва ҳ.к. Шундай тартибда 2259, 1499, 2553 ва бошқа саноқлар олинган. I бекатдан нивелирланган нуқталар контури бўйлаб пунктирлар юритилади ва кейинги II, III ва IV бекатларда ҳам нивелирлаш юқорида ёзилган тартибда ўтказилади ва йўлнинг охири R_p 10 га боғланиб ёпиқ нивелир йўли R_p 10—№1—№2—№3— R_p 10 ҳосил қилинади. Дала ишлари тугагач, квадратлар учлари белгилари ҳисобланади ва горизонталли плани тузилади.

Ҳисоблаш ишлари қуйидаги кетма-кетликда олиб борилади:

1. *Боғловчи нуқталар орасидаги нисбий баландликлардаги боғланмаслик топилади, унинг йўл қўярли эканлиги текширилади ва тузатмалар киритилади.* Репер ва боғловчи №1, №2, №3 нуқталар ёпиқ йўлни ҳосил қилгани учун, ундаги нисбий баландликлар йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак, яъни ($\sum h_{yp} = 0$). Амалда хатоликлар жамғарилиши таъсирида боғланмаслик ҳосил бўлади. Мисолда боғловчи нуқталар орасидаги нисбий баландликлардаги боғланмаслик

$$f_h = \sum h_{yp} = +2156 - 1029 - 1770 + 650 = +7 \text{ мм.}$$

Юзани квадратлар бўйича нивелирлашда йўл қўйилади-
ган боғланмаслик қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$f_{h \text{ чеки}} = 10 \text{ мм} \sqrt{n},$$

бунда n — бекатлар сони.

Кўрилатган мисолда чекли боғланмаслик

$$f_h = 7 \text{ мм} < f_{h \text{ чеки}} = 10 \text{ мм} \sqrt{2} = +14 \text{ мм}$$

бўлганлиги учун нисбий баландликлар тенглаштирилади,
яъни уларга боғланмаслик +7 мм тескари ишора билан
тарқатилади:

Тузатмалар журналда ўртача нисбий баландликлар қий-
матлари устига кўчирилади ва тузатилган нисбий баланд-
ликлари қуйироқда ёзилади.

2. *Боғловчи нуқталар белгилари ҳисобланади*, бунда умумий
қоидага кўра кейинги нуқтанинг белгиси берилган
нуқта белгисига нисбий баландлик қўшилганига тенг. Ми-
солда репер белгиси $H_{Rp10} = 32,693$.

$$H_1 = 32,693 + 2,155 = 34,848;$$

$$H_2 = 34,484 - 1,031 = 33,817;$$

$$H_3 = 33,817 - 1,772 = 32,045;$$

$$H_{Rp10} = 32,045 + 0,643 = 32,693.$$

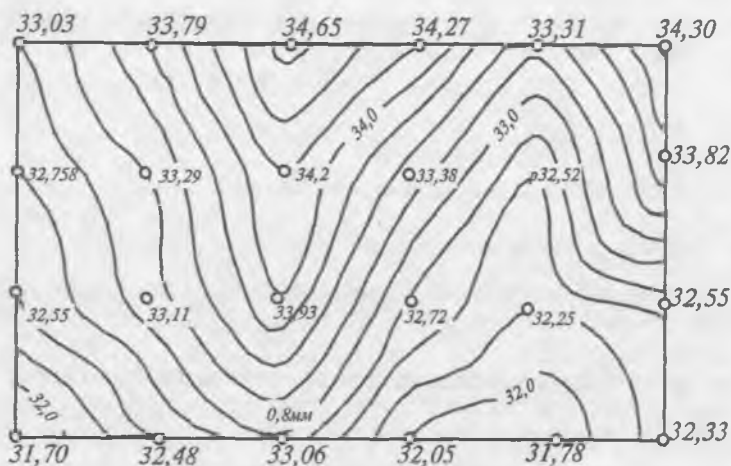
Тўғри ҳисоблашлар охирида репернинг бошланғич бел-
гиси келиб чиқади.

3. *Қолган квадратлар учлари белгилари ҳисобланади*.

Қолган учлар оралиқ нуқталар каби нивелирланганли-
ги учун уларнинг белгилари AG асбоб горизонтдан фой-
даланиб ҳисобланади. Ҳар бир бекат учун белги қиймати
икки марта — орқадаги ва олдиндаги боғловчи нуқталар
бўйича топилади:

$$AG = H_2 + a \text{ ва } AG = H_B + b,$$

бунда H_2 ва H_B — орқадаги ва олдиндаги нуқталар белгила-
ри, a ва b — бу нуқталардаги рейкаларнинг ишчи томони-
дан олинган саноклар. I бекатда орқадаги рейка бўйича
ҳисобланган асбоб горизонти $AG = 32,693 + 2,593 = 35,286$, ол-
динги рейка бўйича эса $AG = 34,848 + 0,436 = 35,284$, қий-
матлардаги фарқлар 10 мм дан кичик бўлганлиги учун
журналга ўртача миқдор — 35,285 кўчирилади.



7.17-расм. Топографик план (горизонталлар 0,25 м дан ўтказилган)

Шундай тарзда AG бошқа бекатлар учун ҳам ҳисобланади.

Оралиқ нуқталар белгиларини ҳисоблашда AG дан бу нуқталардаги рейкалар бўйича олинган саноклар c айирилади, яъни $H_0 = AG - c$:

$$H_1 = 35,285 - 2,259 = 33,026;$$

$$H_2 = 35,282 - 1,499 = 33,186 \text{ ва ҳ.к.}$$

Журналда нуқталар белгилари квадратлар учларига қўйилган рейкадан олинган саноклар тагида ёзилади.

Ўзани нивелирлаш планини тузиш қоғозда тегишли масштабда квадратлар тўрини ва уларда плюсли нуқталарни яшадан бошланади, пландаги ҳар бир нуқта ёнида сантиметргача яхлитланган белги ёзилади. Кейин 3.4-бандда келтирилган график интерполяциялаш усулида берилган рельеф кесимида горизонталлар ўтказилади ва абрис маълумотлари бўйича предметлар ва контурлар туширилади (7.17-расм). Планини тушда чизишдан олдин уни жой билан солиштирилади.

8. ГЕОДЕЗИК ТАЯНЧ ТАРМОҚЛАРИ

8.1. Геодезик тармоқлар ва уларнинг вазифалари

Геодезик ишлар икки муҳим қисмдан — Ер сиртида вазиятлари аниқланган таянч нуқталар системасини яратиш ва

бу нуқталар системаси асосида съёмкаларни бажаришдан иборат. Таянч нуқталар системаси катта ҳудудда бажариладиган съёмкаларнинг ҳамма қисмларида олдиндан ўрнатилган аниқликни таъминлаши зарур. Шу сабабли ҳолатлари улар учун умумий бўлган ягона координаталар ва баландликлар системасида аниқланган, жойда маҳкамланган ер сиртининг нуқталари тизими — *геодезик тармоқ яратилади*.

Геодезик тармоқлар кичик майдонларда қандай яратилса, катта майдонларда ҳам шу каби барпо этилиши мумкин.

Ҳудудий хусусиятларига кўра улар бутун ер шарини қоплайдиган — *глобал геодезик тармоқларга*, ҳар бир айрим мамлакат ҳудуди доирасида мазкур давлатда қабул қилинган ягона координаталар ва баландликлар — *референц системасидаги миллий* (давлат) *геодезик тармоқларига*, топографик съёмкаларга асос учун мўлжалланган *зичлаштириш* ва *съёмка* тармоқларига ва ҳар хил масалаларни ечиш учун фойдаланиладиган *локал участкаларда* барпо этиладиган *маҳаллий геодезик тармоқларга* бўлинади.

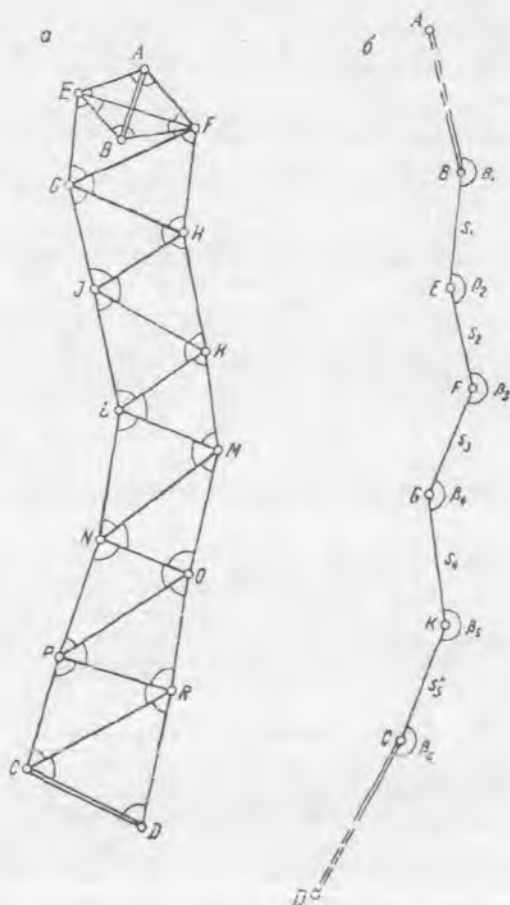
Геометрик моҳияти бўйича *планли*, *баландлик* ва *фазовий геодезик тармоқлар* фарқланади. Планли тармоқда ўлчашларни ишланиши натижасида қабул қилинган нисбийлик сиртида координаталар ҳисобланади, баландлик тармоқларида пунктлар баландликлари саноқ сиртига нисбатан олинади, фазовий тармоқларда ўлчашлар ишланишидан фазода пунктларнинг ўзаро ҳолати аниқланади.

Глобал геодезик ва қисман миллий тармоқлар ҳозирги кунда космик геодезия усулларида ер сунъий йўлдошларини кузатиш натижалари бўйича яратилади. Бундай тармоқда пунктларнинг ҳолати *XYZ* бутун дунё тўғри бурчакли координаталарининг геомарказий *WGS-84* системасида ҳисобланади, унинг бошланиши ер массаси марказига, *Z* ўқи — унинг айланиш ўқи билан, *X* ўқи текислиги эса бошланғич меридиан текислиги билан мослаштирилган, *Y* ўқи системани ўнгга тўлдиради (8.10-расмга қаранг). Глобал геодезик тармоқ олий геодезия, геодинамика, астрономия ва бошқа фанлар илмий ва илмий-техника муаммолари ва масалаларни ечиш (масалан, ернинг шакли ва гравитация майдонини ўрганиш) учун фойдаланилади. Давлат геодезик тармоғи танланган нисбийлик сиртида геодезик тармоқларнинг ўзаро ҳолатини энг юқори аниқликда яратишни кўзда тутди, маҳаллий геодезик тармоқ

локал участкаларда планли ва баландлик тармоқлари пунктлари координаталарини инженерлик масалаларини ечиш учун етарли бўлган зарурий аниқликда барпо этилади.

8.2. Геодезик таянч тармоқларини яратиш принциплари

Топографик съёмкаларни бажариш, инженерлик иншоотларини қуриш ва илмий масалаларни ҳал қилиш учун ер сиртида ўрни ягона координата системасида — планли ва ягона баландлик системасида бўлган баландлик геоде-



8.1-расм. Триангуляция звеноси (а), полигонометрия йўли (б) схемалари

зик тармоқ пунктлари барпо этилади. Планли геодезик тармоқлар илк бор триангуляция, полигонометрия, трилатерация ёки уларнинг комбинациялари усулларида яратилган.

Триангуляция усулида жойда бир-бирига туташиб кетадиган учбурчаклар қатори ясалиб, уларнинг ҳамма бурчаклари, *базис* дейиладиган S_{EF} ва S_{CD} томонлари ўлчанади (8.1-расм, а). Ўлчанган базис томони узунлиги S_{EF} ва β , бурчаклар орқали учбурчакларнинг қолган ҳамма томонлари узунликлари синуслар теоремаси асосида ҳисобланади ва ўлчанган томон S_{CD} узунлиги бўйича текширилади. EF томон азимути (дирекцион бурчаги) A_{EF} ва A нуқтанинг x_A ва y_A координаталаридан фойдаланиб, ҳамма нуқталарнинг координаталари ҳисобланади.

Полигонометрия усулида жойда синиқ чизиқлар системаси AB, BE, \dots, CD полигонометрия йўллари ясалади ва томонлар узунликлари S_i ва улар орасидаги β_i бурчаклари ўлчанади (8.1-расм, б). Бу йўллар асосан триангуляция пунктлари орасидан ўтказилади.

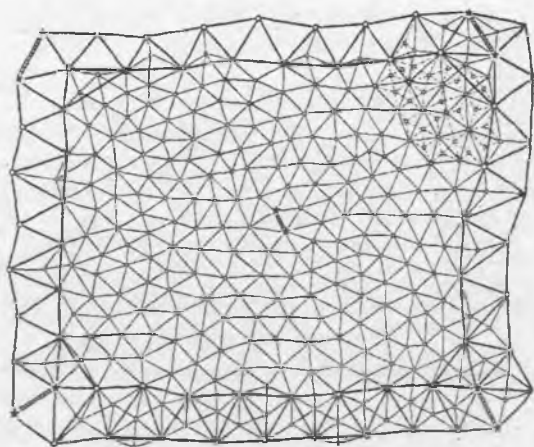
Трилатерация усулида жойда учбурчаклар қатори ясалиб, унинг ҳамма томонлари электромагнит дальномерларда ўлчанади.

Геодезик баландлик тармоғи геометрик ёки тригонометрик нивелирлаш усулларида барпо этилади.

Геодезик таянч тармоқлари умумийдан хусусийга ўтиш принципи асосида ясалади. Бунда олдин катта худудда сийрак геодезик тармоқ юқори аниқликда ясалиб, кейин унинг ичида пунктлар сони кўп, лекин аниқлиги камроқ бўлган тармоқ ясалади. Шу тартибда зичлаштириш қўйилган масалани ечиш учун керак бўлган зичлик ва аниқликка эга бўлгунга қадар бир неча босқичда бажарилади. Шунга асосланиб планли ва баландлик геодезик тармоқлар пунктлари аниқлиги ҳамда зичлиги бўйича давлат (миллий) геодезик тармоғига, зичлаштириш геодезик тармоғига ва съёмка геодезик тармоғига бўлинади.

8.3. Давлат геодезик тармоғи

Давлат геодезик тармоғи бошқа ҳамма геодезик тармоқларни барпо этиш учун асос бўлади. Зичлаштириш геодезик тармоғи геодезик тармоқ пунктлари сонини кўпайтириш учун, съёмка тармоғи эса топографик съёмкаларни бевосита бажаришга ва ҳар хил инженерлик геодезик ишларини олиб боришга хизмат қилади.

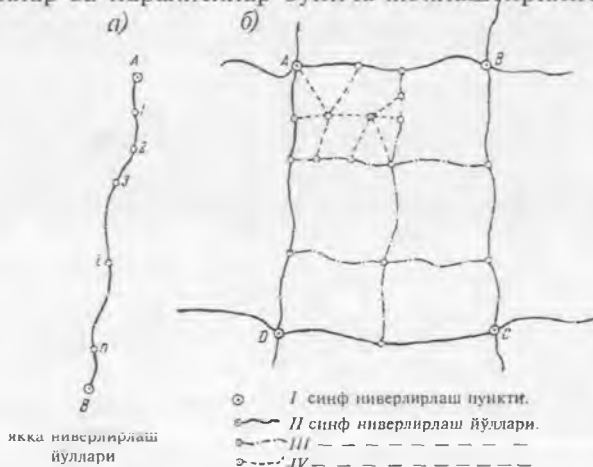


8.2-расм. Давлат плани геодезик тармоғи

* Лаплас пункти

- 1-синф триангуляцияси томони
- ▨▨▨▨▨▨ Базис,
- 2-синф триангуляцияси томони
- 3-синф триангуляцияси томони

Давлат плани геодезик тармоғи 4 синфга бўлинади (8.2-расм); 1-синф тармоғи илмий масалаларни ҳал қилиш учун мўлжалланади ва қуйи синф геодезик тармоқларини ривожлантириш учун асос бўлади. У иложи борича меридианлар ва параллеллар бўйича жойлаштирилиб, звено-



8.3-расм. Давлат геодезик баландлик тармоғини яратиш схемалари

лари 200 км га ва периметри 800 км га яқин учбурчаклар қаторидан ташкил топган *полигонлар* кўринишида бўлади. Базислар учларидаги пунктлар *Лаплас пунктлари* дейилиб, геодезик координаталари — кенглик B ва узоқлиқ L осмон ёриткичларини астрономик усулда кузатиш йўли билан топилган астрономик координаталар — кенглик φ ва узоқлик λ ҳамда уларда шовун чизиклари йўналишларини гра-вимметрик усулда аниқланган қийматларидан фойдаланиб ҳисобланади, шу сабабли уни *астрономик — геодезик тармоқ* дейилади. 2- синф тармоғи 1-синф полигонларини қоплайдиган узлуксиз учбурчаклар тармоғи ёки бир-бирини кесиб ўтадиган полигонометрия йўллари кўринишида бўлади. 3- ва 4-синф триангуляция юқори синфлари пунктларининг орасига қўйиладиган учбурчаклар системалари ёки айрим пунктлардан иборат бўлади. 1—4-синфлар триангуляциясининг асосий кўрсаткичлари 8.1-жадвалда келтирилган.

8.1- жадвал

1—4-синфлар триангуляциясининг асосий кўрсаткичлари

Кўрсаткичлар	Синфлар			
	1	2	3	4
Учбурчак томони узунлиги, км	20—25	7—20	5—8	2—5
Учбурчак бурчакларини ўлчаш ўрта квадратик хатолиги, б.с	0,7	1,0	1,5	2,0
Базис томони нисбий хатолиги	1:400000	1:300000	1:200000	1:100000

Давлат геодезик баландлик тармоғи ҳам 4 синфга бўлинади (8.3-расм). I ва II синфлар нивелирлаш тармоқлари мамлакат худудида ягона баландликлар системасини ўрнатиш учун асос бўлади. III ва IV синфлар нивелирлаш тармоқлари топографик съёмкаларни бажариш ва инженерлик масалаларини ҳал қилиш учун хизмат қилади. I синф нивелирлаш йўллари энг юқори аниқликда, II, III ва IV синф нивелирлаш йўллари ва полигонлари боғланмасликлари тегишлича

$$f_{h_{II}} = 5\text{мм}\sqrt{L}; \quad f_{h_{III}} = 10\text{мм}\sqrt{L}; \quad f_{h_{IV}} = 20\text{мм}\sqrt{L}$$

формулаларда ҳисобланади; булардаги L — полигон периметри ёки нивелир йўли узунлиги, километр ҳисобида. Давлат нивелирлаш тармоғи пунктлари баландликлари Болтиқ денгизи ўртача сатҳини белгиловчи Кронштадт футштоки нолидан бошланадиган Болтиқ системасида ҳисобланади.

Геодезик зичлаштириш тармоғи давлат геодезик тармоғи 1—4 синфлар пунктларига нисбатан 1- ва 2-разрядли триангуляция ва полигонометрия усулларида ривожлантирилади. 1-разрядли триангуляция ва полигонометрия томонлари узунликлари $0,5 \leq S_1 \leq 5$ км бўлади, бурчаклари $m_b = 5''$ ўрта квадратик хатолик билан ўлчанади, 2-разрядлилари учун мос ҳолда $0,25 \leq S_2 \leq 3$ км ва $m_b = 10''$ бўлади. Зичлаштириш геодезик баландлик тармоғи яшаш аниқлиги юқори бўлган нивелирлаш тармоғи пунктлари орасида IV синф ва техник нивелирлаш йўллари ўтказиш орқали амалга оширилади.

Планли геодезик съёмка тармоқлари теодолит, тахеометрик, мензула йўллари юқори аниқликдаги пунктлар орасида ўтказиш орқали ҳамда тўғри, тескари ва чизиқли кестирмалар усулларида ясалади. Баландлик геодезик съёмка тармоғи пунктлари баландликлари техник ва тригонометрик нивелирлаш усулларида аниқланади.

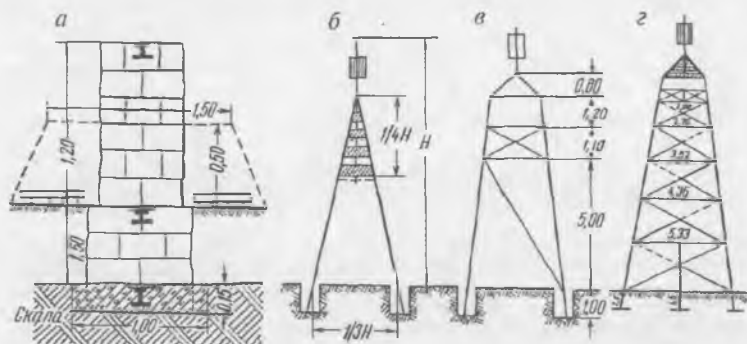
Съёмка тармоқлари асосида горизонтал, вертикал ва топографик съёмкалар бажарилади.

8.4. Геодезик тармоқлар пунктларини жойда маҳкамлаш ва белгилаш

Планли ва баландлик давлат геодезик тармоғи ва зичлаштириш геодезик тармоғи пунктлари узоқ муддатли бўлиб, улар ҳолатининг ўзгармаслигини таъминлайдиган белгилар билан ерда маҳкамланади ва белгиланади.

Ердаги геодезик белгилар конструкциясига қараб турларга, пирамидаларга, оддий ва мураккаб сигналларга бўлинади.

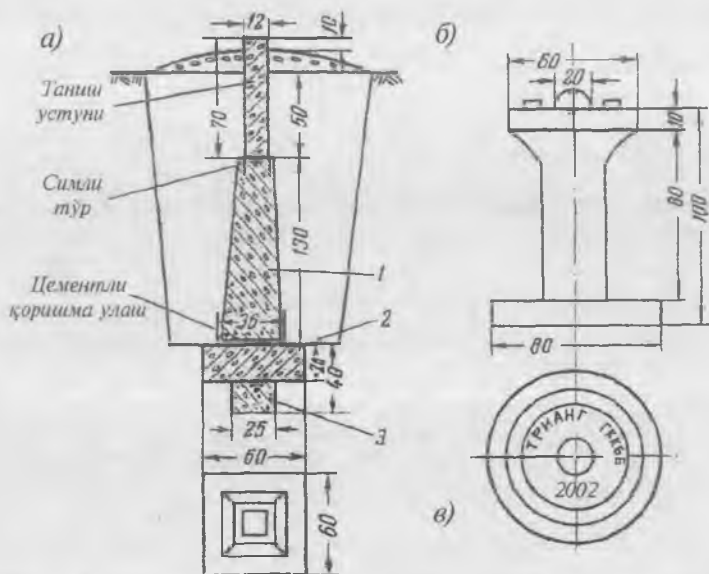
Турлар — бу қояга маҳкамланган марка устида қурилади, тошдан, гиштдан, бетондан, темир бетондан ясалган устунлар бўлиб, уларни тоғли ерларда ўрнатилади. (8.4-расм, а). Қараш мосламалари тур устида ёки турдаги маркада ўрнатилади. Асосий марканинг устида иккинчи ва учинчи маркалар жойлаштирилади.



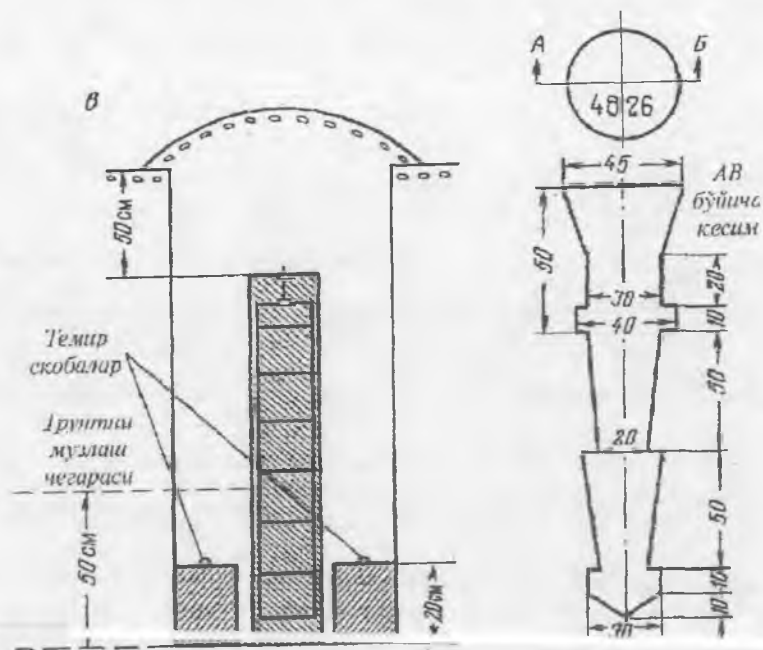
8.4-расм. Геодезик белгилар: а — турлар; б — оддий пирамида; в — ташқи пирамида; г — мураккаб сигнал

Пирамидалар ёндош пунктларга ердан кўриниши мумкин бўлган очиқ жойларда қурилади. Улар уч ва тўрт қиррали, оддий штативли ва вехали бўлади. Пирамидалар баландлиги 5 м дан 8 м гача. Пирамидалар ва уларнинг ўлчамлари 8.4, б- расмда кўрсатилган.

Оддий сигналлар икки пирамидали: асбоб ўрнатиш учун хизмат қиладиган ички ва кузатувчи учун ташқи плат-



8.5-расм. Белгилар марказлари: а — пункт маркази; б — чўян марка



8.5-рasm. в — грунтли репер ва унингт маркази;

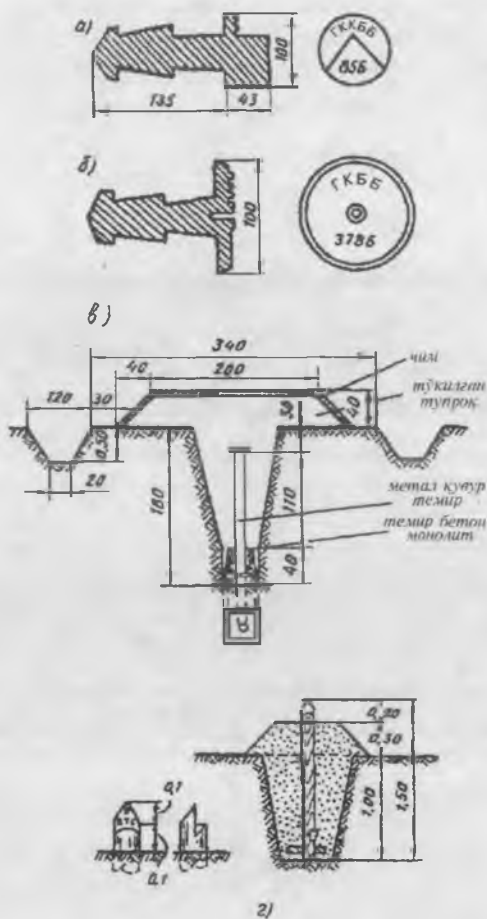
формадан иборат. Оддий сигналлар 4—10 м баландликка эга. Ташқи пирамидалар асосан тўрт қиррали, ичкарилари уч қиррали (8.4-рasm, в).

Мураккаб сигналлар 10 м дан 40 м гача баландликка эга бўлиб, мураккаб уч қиррали ва тўрт қиррали кўри-нишда қурилади; ички пирамида ташқиси устунларига таянади, яъни улар ягона конструкцияни ифодалайди (8.4-рasm, г). Ерости белги (марказ)лари, турлари ишлар райони физик-географик шароитларига, грунт таркибига ва тупроқнинг музлаш чуқурлигига қараб ўрнатилади. Марказлар темир бетон пилонлар ва металл трубалардан тайёрланади. Бетонли блоklarга ёки трубаларга чўян марка маҳкамланиб, уларнинг марказида тешикли ёки крестли ярим сфера жойлашади. Бу нуқтага ҳамма чизиқлар ва бурчакли ўлчашлар координаталари ва баландликларни ҳосил қилиш учун келтирилади.

8.5, а-рasmда грунтлар музлаши унчалик чуқур бўлмаган районларда ўрнатиладиган пункт маркази кўрсатилган. У бетон монолит 3, марказнинг таги бўлган бетон якорь 2, марказнинг усти бўлиб хизмат қиладиган бетон пилон

I дан иборат. Монолитнинг ва пилоннинг устки қисмида чўян марка ўрнатилган. Марканинг тузилиши 8.5-расм, б да кўрсатилган.

Давлат баландлиқ геодезик тармоғи грунтли реперлар (8.5-расм, в), деворий маркалар ва деворий реперлар (8.6-расм, а, б) билан маҳкамланади. Грунтли репер темир бетон пилондан ёки асбоцемент трубадан иборат. Пилоннинг

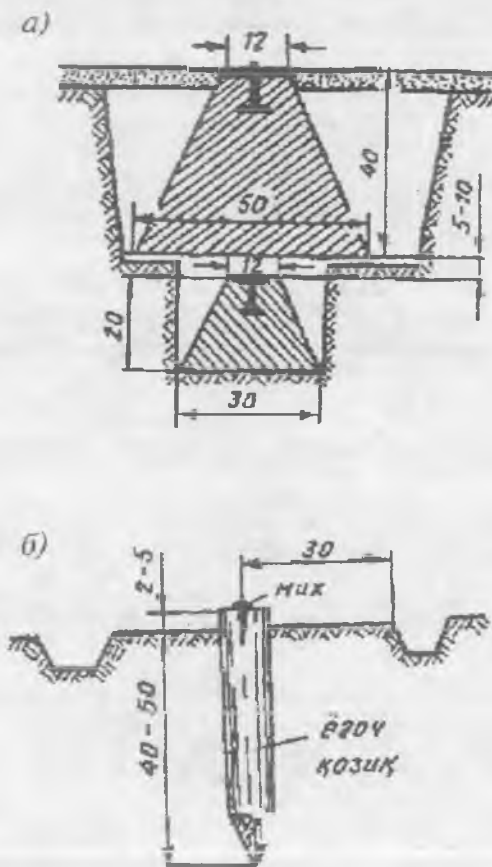


8.6-расм. Баландлиқ тармоғини маҳкамлаш:
 а — деворий репер; б — деворий марка; в — грунтли репер;
 г — ёғоч репер.

юқори қисмида марка цементланади. Белги қазилган қудуқ ёки чуқурга ўрнатилади.

Шаҳарларда пунктларни сақланиши учун уларни махсус конструкциялар (асфальт тагида қоладиган), грунтли марказлар, капитал иморатлар деворларига ўрнатилади. Белги марка тешигининг марказига тегишли. Деворий реперлар фундаментал бинолар цоколига ўрнатилади.

Зичлаш ва съёмка тармоқлари пунктлари марказлар ва вақтинчалик белгилар ёғоч устунчалар ва қозиқлар, металл қувур қирқимлар билан маҳкамланади, (8.7, б-расм) улар ёнида вехалар ўрнатилади.



8.7-расм. 1 ва 2-разрядли пунктлар маркази (а); планли ва балиндлик съёмка тармоғини маҳкамлаш белгиси (б).

Давлат баландлик геодезик тармоғи ва зичлаш геодезик баландлик тармоғи пунктлари деворий реперлар ва маркалар (8.6-расм, *а, б*) грунтли реперлар билан маҳкамланади (8.6-расм, *в, г*).

Деворий репер ва маркалар кўприк устунларига, иморатлар пойдеворларига ўрнатилади, бундай иншоотлар бўлмаган тақдирда грунтли репер юқори қисмда сферик бошли маркалар жойлаштирилган бетонли монолитдаги темир қувур ёки рельс бўлаги ўрнатилади. Съёмка тармоғи пунктлари вақтинчалик реперлар билан маҳкамланади (8.7-расм, *б*). Ҳамма планли геодезик тармоқ пунктлари координаталари ҳамда баландлик геодезик тармоғи пунктлари баландликлари махсус каталогларга киритилади, унда пунктлар номи ва жойлашган ўрни кўрсатилади.

8.5. Геодезик зичлаштириш ва съёмка тармоқларини барпо этиш

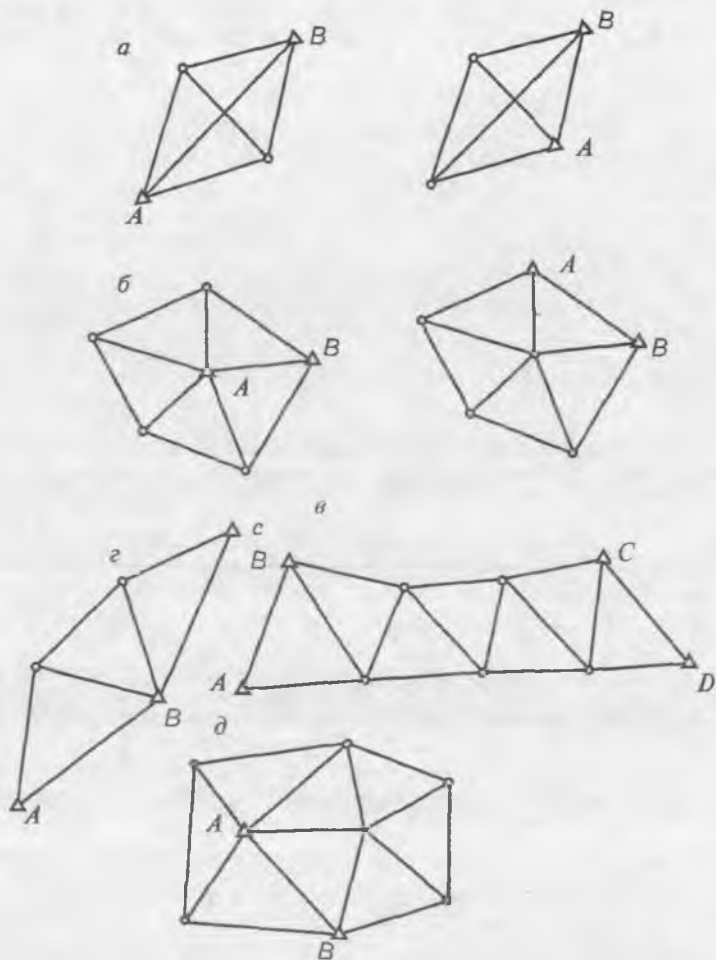
1 ва 2-разрядли геодезик зичлаштириш тармоқлари 1:5000 ва ундан йирик масштабли карта ва планларда ер сиртини тасвирлашда давлат геодезик тармоқлари етарли бўлмаганда қўлланилади тавсифлари 8.2- жадвалда келтирилган.

Планли зичлаштириш тармоқлари ҳам давлат геодезик тармоқлари сингари триангуляция, полигонометрия ва уларнинг комбинациялари ва айрим пунктлари кўринишида қурилади. Аниқлиги бўйича улар 2 разрядга бўлинади. Тармоқнинг энг кўп тарқалгин схемаларига *геодезик тўртбурчак, марказий система, учбурчаклар занжири, якка пунктни учбурчакка қўйиш, гуруҳ пунктларини қўйиш, узлуксиз триангуляция қатори, якка бир тугунли полигонометрия системаси* ва бошқалар кўринишида яратилади (8.8-расм).

Узлуксиз триангуляция тармоғи давлат геодезик тармоғининг камида 3 та пунктига таяниши керак, айрим занжир ва системалар камида иккита пунктга таянади.

Зичлаштириш геодезик тармоғи яшаш схемасини танлаш жойнинг топографик шароитига, қўйилган вазифага боғлиқ ва у 1:10 000, 1:25 000 масштабли планларда тузилади. Пунктлар ўрни жой билан батафсил танишилгандан сўнг танланади. Триангуляция пунктлари бориш осон борадиган, узоқ сақланадиган, тез топиш мумкин бўлган жойда ўрнатилади.

Зичлаштириш тармоқларида ҳамма бурчаклар ўлчанади, пунктлар ҳолатини кесиштириш усулида аниқлашда



8.8-расм. Геодезик зичлаштириш тармоқларини яратиш схемалари. *a* — геодезик тўртбурчак; *б* — марказий система; *в* — учбурчаклар занжири, *г* — гурғун учбурчакка киритиш; *д* — гуруҳ пунктларини киритиш;

камида 3 та йўналиш ўлчанади. Зичлаштириш геодезик тармоғи пунктлари ўзоқ муддатли ўлар ҳолатининг ўзгармаслигини таъминлайдиган марказлар билан маҳкамланади (8.7-расм, *a*).

Геодезик зичлаштириш тармоқларининг асосий кўрсаткичлари

№	Триангуляция Полигонометрия		Триангуляция		Полигонометрия	
	Томон узудлиги, L км	Бурчак ўлчаш ўрта квадратик хатолиги	Учбурчак- да йўл қў- йиладиган хатолик чеки	Чиқиш (базис) Томон ўлчаш нисбий хатоси	Бурчак боғлан- маслиги	Йўл қўйи- ладиган чизиқли боғланмас- лик
1	0,5—5	5"	20"	1:50000	$10 : \sqrt{n}$	1:10000
2	0.25—3	10"	40"	1:20000	$20 : \sqrt{n}$	1:5000

Зичлаштириш баландлик тармоқлари асосан давлат нивелирлаш пунктлари орасида техник нивелирлашни ўтказиш орқали яратилади.

Техник нивелирлаш аниқлиги йўл бўйича нисбий баландликларни йиғиндисидида боғланмасликни қуйидаги формулада ҳисобланадиган чекли хатолиги

$$f_{\text{чекли}} = 50\sqrt{L}, \text{ мм} \quad (8.1)$$

билан тавсифланади, бунда L — йўл узунлиги, км да.

Нишаблиги катта жойларда, 1 км йўлда бекатлар сони 25 дан ортиқ бўлганда чекли боғланмаслик миқдори қуйидаги формулада ҳисобланади:

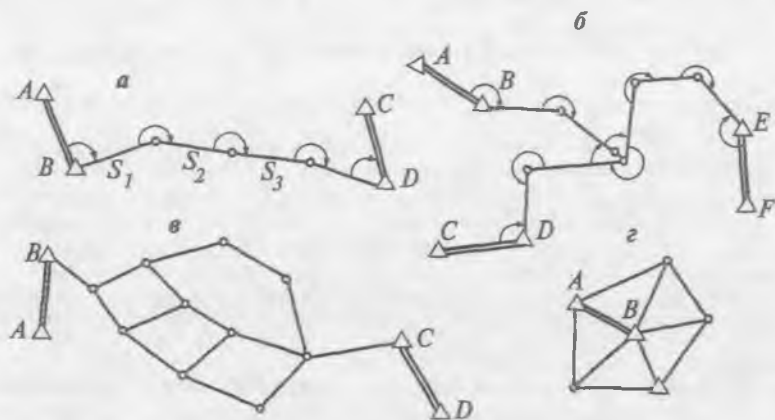
$$f_{h \text{ чекли}} = 10\sqrt{n}, \text{ мм} \quad (8.2)$$

бунда n — йўлда штатив (бекат)лар сони.

Техник нивелирлашда IV синф нивелирлаш тармоғига ҳамма пунктлар киритилади.

Геодезик съёмка тармоқлари топографик съёмкаларни бевосита асоси бўлади. Улар инженерлик иншоотлари лойиҳаларини жойга кўчиришда у ёки бошқа масштабдаги топографик съёмкани бажаришда етарли зичликни таъминлаш учун ясалади ҳамда бошқа ишларни бажаришда бевосита геодезик асос бўлиши мумкин.

Съёмка тармоқлари якка теодолит йўли, бир тугунли теодолит йўли, полигонлар системаси, марказий система ясаш, теодолит, мензула йўлларини ўтказиш, тўғри, тескари, комбинациялашган кестирмаларни ясаш орқали яратилади (8. 9-расм).



8.9-расм. Съёмка тармоқларини яратиш схемалари:
a — якка теодолит йўли; *b* — бир тугунли теодолит йўли; *в* — полигон-
 лар системаси; *г* — марказий система.

Съёмка геодезик тармоқлари баландликлари геометрик ёки тригонометрик усулларда аниқланиши мумкин. Бунда йўл қўйиладиган чекли хатолик

$$f_h \leq 10\sqrt{L}, \text{ см} \quad (3)$$

бўлиши керак.

Съёмка тармоқлари пунктларининг зичлиги съёмканинг ҳар хил методлари учун ҳар хил бўлиб, у рельеф характерига, контур сони ва ўлчамига боғлиқ: 1 кв км га маҳкамланган пунктлар умумий сони: 0,1—1:25000 масштабда, 0,3—1:10000; 1,0—1:5000; 3—1:2000 кам бўлмаслиги керак.

Съёмка тармоқлари пунктлари вақтинчалик белгилар — ёғоч устунчалар ва қозиклар, металл қувур қирқимлари билан маҳкамланади (8.7-расм, б), улар ёнида вехалар ўрнатилади, баландликлари ҳолати вақтинчалик реперлар билан маҳкамланади (8.6-расм, г). Ҳамма планли геодезик тармоқ пунктлари координаталари ҳамда баландлик геодезик тармоғи пунктлари баландликлари махсус каталогларга киритилади, унда пунктлар номи ва жойлашган ўрни кўрсатилади.

8.6. Геодезик тармоқларни Ер навигацияли сунъий йўлдошлари (ЕНСЙ) системаларидан фойдаланувчи GPS-приёмниклар ёрдамида яратиш тўғрисида умумий маълумотлар

Ҳозирги даврда дунёда етакчи геодезик асбобларни ишлаб чиқарувчи фирмалар томонидан анъанавий оптик асбоблар, замонавий оптик-электрон асбоблар (электрон тахеометрик станциялар ва электрон-рақамли нивелирлар) билан биргаликда NAVSTAR (GPS) ва Глонасс (Россия) каби геодезик йўлдошли приёмниклар — ГИП ишлаб чиқарилмоқда.

Шу сабабли МДХ давлатларида ҳозирги вақтда Ер сирти ва Ер атрофи фазоси нуқталари (пунктлари) координатларини бевосита аниқлашда йўлдошли усуллар кенг қўлланилмоқда. Автоном методлар билан координаталарни аниқлаш космик ЕНСЙ йўлдошларидан GPS-приёмниклар оладиган маълумотларга таянади. ЕНСЙ системалари синфли давлат геодезик тармоқларини яратишдан тортиб то топографик съёмкаларни бажаришгача бўлган геодезик ишларнинг деярли ҳамма турларини қамраб олади. Сигналларни қабул қилиш учун каналлар қўлланилади. 12 каналли приёмник одатда бир частотали, 24 каналлиги эса икки частотали ҳисобланади ёки ҳар бир частотаси бўйича GPS ва Глонасс дан сигналларни қабул қилиши мумкин. Бир частота бўйича сигналларни қабул қилиш учун 12 тагача каналлар қўлланилиб, бир пайтда 12 та йўлдошдан сигналларни қабул қилиш мумкин. Каналларнинг умумий миқдори частоталар миқдорига ёки фойдаланиладиган йўлдошли системалар сонига пропорционал тарқатилади. Икки частотали приёмниклар ионосферали тузатмаларни ҳисобга олиш имкониятига эга бўлганлиги сабабли бир частотали приёмникларга нисбатан аниқроқ бўлади ва Ер сиртидаги нуқталар планли координаталари ва баландликлари ортгирмаларини тегишлича $\pm 10\text{мм} + 2 \cdot 10^{-6} D$ ва $\pm 20\text{мм} + 2 \cdot 10^{-6} D$ нисбий хатоликлар билан аниқлашни таъминлайди, бунда D — бошланғич ва аниқланадиган пунктлар орасидаги масофа, км. Икки частотали приёмникларда аниқлашда йўлдошларни кузатиш сеанслари давомийлигини ошириш ва аниқлаштирилган эфемеридлардан фойдаланиш фазовий координаталар ортгирмаларини 1000 км гача масофаларда $\pm 10\text{мм} + 2 \cdot 10^{-8}$ хатолик билан аниқлаш имконини беради.

GPS-приёмникларда ўлчашлар натижаларини компьютерли қайта ишлаш (пост) ва реал вақт (RTK — Real Time Kinematik) режимларида олиниши мумкин. Ўлчашлар жараёнида координаталарни миллиметрли аниқликда топиш, инженерлик-геодезик ишларини бажаришда — инженерлик иншоотлари лойиҳавий нуқталари, чегараларни, бурчакларни ва ҳ.к. жойга кўчиришда ва съёмка қилиш учун киритилган RTK функцияли GPS приёмниклар қўлланилади.

Бажарилган экспериментал тадқиқотлар йўлдошли методлар аниқлиги бўйича анъанавий—методларга нисбатан топографик-геодезик ишларнинг ҳамма турларини таъминлашини кўрсатмоқда. Бунга геодезик сигналлар қуриш, пунктлар орасида ўзаро кўринишни таъминлаш, ўлчашларнинг об-ҳавога боғлиқ эмаслиги, ҳаракатдаги ташувчи (ер усти, сув, ҳаво)ларда приёмниклар ўрнатилган ҳолда координаталарни аниқлаш, меҳнатнинг унумдорлиги ва тезкорлиги туфайли йўлдошли информацияни пост режимида ва вақтнинг реал масштабида автоматик қабул қилиш ва ишлов бериш ҳисобига эришилади.

Бу афзалликлар бориш қийин бўлган ҳудудларда геодинamik тадқиқотларни ва ҳ.к. ишларни ташкил этиш ва юритишни сезиларли енгиллаштирилади.

Ўтказилган тадқиқотлар икки частотали GPS-приёмниклар 1- синф йўлдошли геодезик тармоқ (ЙГТ) пунктлари орасидаги ўртача масофа 40 км гача бўлганда, пландаги астрономик-геодезик тармоқда (АГТ) пунктлари орасидаги ўртача масофа 12 км гача бўлган ўзаро пландаги хатолик 2—3 см ни, баландлик бўйича эса 3—4 см ни ташкил этишини исботлади.

Бир частотали GPS-приёмниклар 3-синф геодезик зичлаштириш тармоғи пунктлари орасидаги масофа 6 км ва 4-синф, 1-разряд, 2-разряд тармоқлар пунктлари орасидаги масофалар тегишлича 3, 4 ва 2 км бўлганда пунктларнинг хатодиклари 3—4 см дан, баландлиги эса 4—5 см дан ортмайди.

Йўлдошли методлар давлат геодезик тармоқ пунктлари координаталарини аниқлашда иқтисодий самарадор ҳисобланади, улар анъанавий методларга нисбатан уч каррали ижобий самара беради, съёмка тармоқлари пунктлари координаталарни аниқлашда эса харажатлар тахминан тенг бўлади.

8.7. WGS-84 координаталар системаси

Ҳозирги кунда GPS системасидан фойдаланишда кузатишлар пунктлар ҳолатини 1984 й. Дунё геодезик системаси (WGS-84) да аниқлаш кўзда тутилган. Системанинг бошланиши Ер массаси марказида берилган. Фазовий тўғри бурчакли координаталар системаси Z ўқи шартли Ер қутби йўналишига параллел (ҳалқаро шартли бошланиш), X ўқи WGS-84 шартли меридиан текисликлари билан аниқланади (нолинчи меридианга параллел (8.10-расм)). Y ўқи система координаталарини ўнгга тўлдирлади. WGS-84 координаталар системаси координата ўқларининг бошланиши ва ҳолати WGS-84 эллипсоиди геометрик маркази ва ўқларига мос тушади. WGS-84 координаталар системасини 2000 йил даврига берилган FK-5 юлдузлар каталогига берилган координаталар системалари орасида боғлиқлик ўрнатилган. Эллипсоид параметрлари 8.3-жадвалда берилган, бу параметрлар собиқ иттифоқ ҳудудида йиғилган ерда ўлчаш информацияси асосида ўрнатилган, МДХда нисбийлик системаси сифатида қабул қилинган Красовский эллипсоиди параметрлари ҳам келтирилган.

WGS-84 нинг 80 та геодезик координата системалари билан боғлиқлиги ўрнатилган.

Координаталар системасининг энг муҳим тавсифлари пунктлар ўзаро ҳолатларининг аниқлиги бўлади.

8.3-жадвал

Параметр	WGS-84	Красовский
Катта ярим ўқи, L км	6378,137	6378,245
Сиқилиши	1:298,26	1:298,3

Йўлдошли геодезияда вақтнинг учта ҳар хил системасидан фойдаланилади: *динамик, атомли ва юлдузли вақт*.

Динамик вақт — бу гравитацион майдонда жисмлар ҳаракати бериладиган доимий шкала. Бу вақт (ноаниқ кўринишда) CPS системаси йўлдошлари эфемерид (координата)ларини ҳисоблашда фойдаланиладиган вақт. Ҳозирги кунда динамик вақтнинг дастлабки асоси умумий нисбийлик назарияси ва инерциал референцли координаталар системаси бўлади. Саноқнинг инерциал системаларидан инерциаллигига энг яқини Қуёш системаси марказидан бошланадиган (баримарказий) система бўлади, бу сис-

темада ўлчанадиган динамик вақт Баримарказий Динамик Вақт (ВДТ) дейилади.

Йўлдош орбитасини ҳисоблаш учун *Ерли Динамик Вақт* (ТДТ) ҳам қўлланилади, у Ердаги атомли соат сингари тезликка эга.

Ердаги ҳамма шкалалар учун фундаментал вақт шкаласи бўлиб, Халқаро Атомли Вақт (IAT) хизмат қилади. У Куёш суткалик вақти билан синхронлашмаганлиги сабабли IAT дан фойдаланиш ноқулай, шу сабабли координаталаштирилган универсал Вақт (UTC)га ўтилади. У IAT вақти сингари тезликда юради, лекин зарурат туғилганда 1 секундга сакраш тарзда ўзгаради.

GPS йўлдошлари узатадиган вақтли сигналлар Бош Назорат Станцияси (Колорадо Спрингс) атомли соатлари билан синхронлаштирилади (8.13-расм). Бу соатлар ўз навбатида UTC вақти билан даврли равишда синхронлаштириб турилади.

Вақт шкаласи ва геодезик координаталар орасидаги боғлиқликни Гринвич ҳақиқий юлдузли вақти берилган эпоха учун баҳорги тенг кунлик ҳақиқий нуқтасига Ер айланиш бурчаги орқали ўрнатиш мумкин. Ҳақиқий Гринвич вақти нотекис. Эфемеридларни тузишда бир текис ўтадиган вақтни аргументи сифатида фойдаланиш зарурати қуйидаги $UT1 = UTC + T$ формулада ҳисобланадиган эфемеридли дейиладиган вақтни киритишга олиб келди T тузатма вақтнинг миллий ва халқаро хизматлари томонидан кўриб чиқилади, ҳисобланади ва жадваллаштирилади.

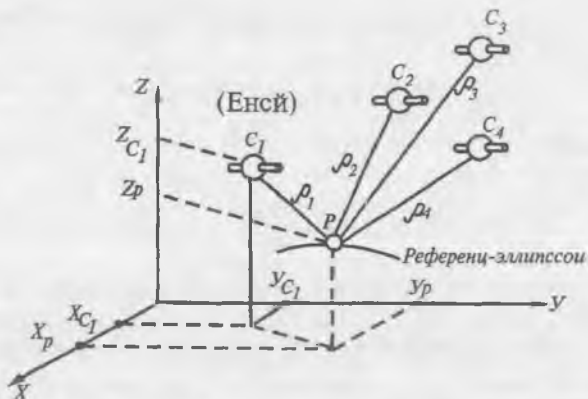
8.8. Ер сирти нуқталари ўрни координаталарини Ер сунъий йўлдошлари бўйича аниқлаш принципи

GPS (Global Position System — ер сирти нуқтаси ўрнининг ҳолатини аниқлашнинг глобал системаси) нуқталарнинг фазовий координаталарини аниқлаш учун бошланиши Ер марказида бўлган декарт координаталар системасини киритамиз.

Ернинг навигация сунъий йўлдоши (ЕНСЎ) координаталарини X_u, Y_u, Z_u Ер сиртида жойлашган геодезик P пункт координаталари X_p, Y_p, Z_p орқали белгилаймиз. ЕНСЎ ва P нуқта орасидаги D_j ($j = 1, 2, 3$) масофанинг квадрати куйидаги кўринишда ифодаalayмиз (8.10-расм)

$$D^2 = (X_u - X_p)^2 + (Y_u - Y_p)^2 + (Z_u - Z_p)^2. \quad (8.1)$$

ЕНСЎ координаталари ҳамда йўлдош ва P нуқта орасидаги D масофа (ўлчанган) маълум деб фараз қиламиз. У



8.10.-расм. Нуқта ўрнининг ҳолатини аниқлаш принципи

ҳолда (8.1) тенгламада P нуқтанинг учта координатаси номаълум.

Демак X_p , Y_p , Z_p координаталарни аниқлаш учун учта ЕНСЙ гача учта D_j ($j=1, 2, 3$) масофани ўлчаш зарур. Бунда ўлчаш лаҳзасида йўлдошлар X_{cj} , Y_{cj} , Z_{cj} ($j=1, 2, 3$) координаталари маълум бўлиши керак. Киритилган белгиларни эътиборга олинса, (8.1) ифода учта тенглама системаси кўринишига эга бўлади:

$$D^2 = (X_{cj} - X_p)^2 + (Y_{cj} - Y_p)^2 + (Z_{cj} - Z_p)^2 \quad (8.2)$$

бунда $j = 1, 2, 3$ ЕНСЙ номерига мос.

(8.2) тенглама қуйидаги кўринишга келтирилиши мумкин:

$$\Delta D_{j1} = \left[(X_{cj} - X_j)^2 + (Y_{cj} - Y_p)^2 + (Z_{cj} - Z_p)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \left[(X_{c1} - X_p)^2 + (Y_{c1} - Y_p)^2 + (Z_{c1} - Z_p)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8.3)$$

бунда $j = 1, 2, 3$; D_{j1} — P нуқта ва икки ЕНСЙ (j ва биринчи) икки йўлдош орасидаги (ўлчанган) масофалар фарқлари;

(8.3) система иккита тенгламадан иборат бўлиб, X_p , Y_p , Z_p координаталарнинг фарқли дальномерли ўлчашлар натижалари бўйича аниқлаш имконини беради.

Баён қилинганлар дальномерли системада нуқта ўрни ҳолатини аниқлаш принципини ифодалайди. Бунда ЕНСЙ юқори аниқлик билан боғлиқ бўлган сигналларни тарқатади, ўз координаталарини аниқлаётган абонент берил-

ган лаҳзада кўриниш зонасида қулай жойлашган ЕНСЙ дан тўрттасини танлайди (8.10-расм) ва улардан абонент-гача сигналларнинг тарқалиш вақтини ёруғлик тезлигига кўпайтирилишидан аниқланадиган (8. 2) формулани қайта ўзгартирилишидан келиб чиқадиган куйидаги псевдо-узоқлик дейиладиган миқдорларни ўлчайди:

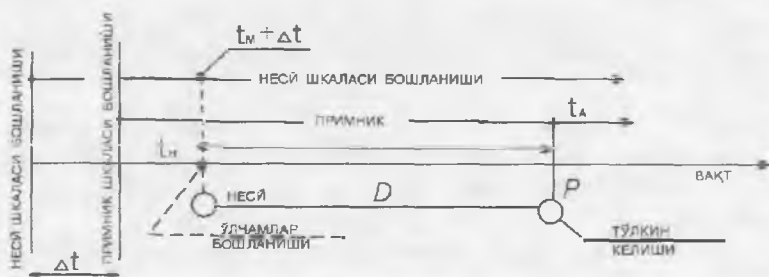
$$\rho_j^2 = (D_j + \vartheta \Delta t_w)^2. \quad (8.4)$$

Бу системада $\Delta t_w = \text{const}$ номаълумлар сони тўртга тенг (учта координата X_p, Y_p, Z_p ва вақт шкаласи фарқи Δt_w). Демак, уни ечиш учун тўртта ($j = 1, 2, 3, 4$) ЕНСЙ гача масофани ўлчаш ва тўрт тенгламадан иборат (8.4) системани ечиш керак. Умуман:

— Ер сунъий йўлдошлари сигналлари бўйича нуқталар ўрни ҳолатини аниқлашда ўлчашни ўтказиш вақти учун йўлдошларнинг координаталари (эфемеридлари)ни билиш зарур;

— йўлдошли радионавигация системалари баллистик структураси бир пайтда ўлчашларни камида тўртта йўлдош бўйича ўтказишни таъминлаши керак;

— нуқта ҳолатини ҳисоблашда аниқланадиган параметр ЕНСЙ дан аниқланадиган нуқтагача электромагнит тўлқинларнинг тарқалиш вақти бўлади; бу параметр фазали методда ўлчанади (6.6-бандга қаранг). Кейинчалик, бу ўлчанган фазалар фарқи тегишли псевдоузоқлик қиймати билан таққосланади. Бунда ЕНСЙ узаткичининг ва приёмникнинг вақт шкалалари фарқи ўлчаш жараёнида ўзгармаган деб ҳисобланади.



8. 11-расм. Псевдоузоқликни ўлчаш принципи.

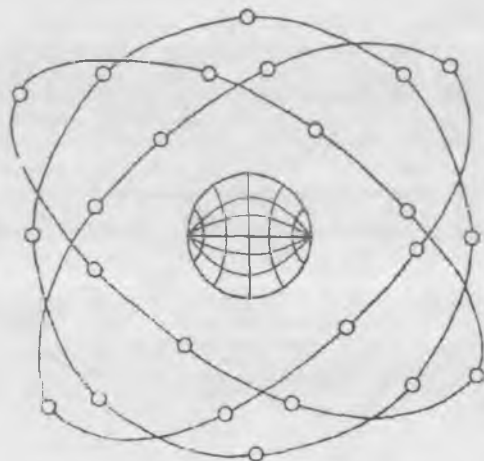
8.9. ЕНСЙ тармоқлари баллистик структураси ва сигналлари

Ер сунъий йўлдошлари тармоқлари баллистик структурасини танлашда асосан объектлар ҳолатини зарурий қоплаш қарралиги ва топиш аниқлиги эътиборга олинади. Бунда ЕНСЙ хизмат кўрсатиш сферасига қўйиладиган энг аҳамиятли талаблар мажмуи ўз ўрин ҳолатини реал вақт ичида берилган хатоликдан ошмайдиган даражада аниқлашдан иборат.

ЕНСЙ баллистик таркиби тармоғи йўлдошли радионавигация системалари (ИРНС) хизмат қиладиган зонанинг ҳар бир нуқтасида тўрттадан кам бўлмаган ЕНСЙ бўлиш имконини таъминлаши шарт. Системада ва бир орбитада йўлдошлар сони минимал бўлиши жой объектлари ҳолатини оптимал аниқлаш талаби ва бошқа қатор принциплар йўлдошлар радионавигация системалари тармоқ баллистик структураларини танлаш асосида ётади.

GPS йўлдошли радионавигация системаси таркибига учта резервдагиларни қўшган ҳолда 24 ЕНСЙ (1994) ки-ради. Йўлдошлар узоқлиги бўйича 120° га тарқатилган уч орбитал текисликда тенг ораликда жойлашган (8.12-расм), орбиталар баландлиги 20183 ($a = 26560$) км атрофида, орбитал эллипс эксцентритети 0,1 га тенг.

Орбитанинг экватор текислигига оғиш бурчаги 60° . Ҳар бир текисликда ЕНСЙ шундай жойлашадики, унда ЕНСЙ



8.12-расм. ЕНСЙ юлдузлари туркуми

ҳар бир текисликлардан экватор орқали қўшни шарқий текисликка охиргисидан шимолга 40° олдинда бўлади (8.12-расм). Ҳар бир текисликда ҳаммаси 8 тадан йўлдош бўлиб, биринчи, учинчи ва бешинчи текисликларда биттадан резерв — зарурат туғилганда ишчи режимга ўтишга тайёр йўлдош ўрнатилган.

Орбитанинг Ер сиртидан баландлиги йўлдошнинг айланиш даври юлдуз суткасининг ярми ($11^h57^m58.3^s$)га тенг. Бу ЕНСЙ юлдуз суткасида Ер сиртининг айнаи бир нуқта-сидан ўтади, демак, ҳар бир ЕНСЙ шу нуқтадан ўтган қуёш суткасига нисбатан тўрт минут олдин ўтади.

Йўлдошлар ҳар бир орбитал текисликларда 1,5 соат интервал билан юради, улар орбиталари излари экваторни $22,5^\circ$ узоқликда силжиш билан кесиб ўтади.

ЕНСЙ ўтиш структураси (таркиби) суткада назорат сегменти системасида ҳар бир ЕНСЙ бир марта кузатиш имконини беради. ЕНСЙ миқдори 4 йўлдош томонидан Ер сиртининг ҳар бир нуқтасини 100% кўринишини қамраб олишни таъминлайди.

Ер сиртининг қандайдир нуқтасидан йўлдошнинг кўри-ниш зонаси асосан йўлдошнинг горизонтдан кўтарилиш ва ЕНСЙ сигналлари Ер сиртини қоплаш майдони билан аниқланади.

Йўлдошлар шакли диаметри 580 см бўлган шар, мас-саси 544 кг. Ер сиртини гофриланган гидрид рупор систе-маси йўналтириш диаграммасида «ёритилиш» бурчаги 28.6° ни ташкил этади.

Ҳамма ЕНСЙ учишини ва бортлар системалари ишла-шини ердаги бошқариш — ўлчаш комплекси (ЎБК) амалга оширилади (8.13-расм). Унинг вазифаларига ҳамма ЕНСЙ орбиталари траекторияларини ўлчаш, бортлардаги вақт



8.13-расм. Ердаги бошқариш-ўлчаш комплекси системаси

шкалалари системали вақтдан фарқини аниқлаш учун ўлчаш, ҳар бир келажакдаги ҳолати (эфемериди) ва бортли вақт кетишини олдиндан айтиш, хизматчилик ахборот массивини башорат қилинадиган эфемерид, альманах (эфемеридлар жадвали) ни кўшган ҳолда йиғиш, бутун системани ишлашини назорат қилиш ва бошқа вазифалар киради.

GPS радионавигация йўлдошли системаларининг сигналлари. Йўлдошдан келадиган сигналлар хизмат информацияси фазоси, дальномерли кодлар фазоси ва нурланадиган радионавигация сигналларини ўз ичига олади. Радионавигация сигналлари когерентли иккита элтувчи частоталарда нур тарқатади, уларнинг ҳар бири синхронли частотани 10,23 МГц га кўпайтиришдан ҳосил бўлади, бунда бу L1 дейиладиган частота 1575,4 МГц (тўлқин узунлиги 19 см), иккинчиси L2=1227,6 МГц (24,4 см) ни ташкил этади.

ЕНСЙ хизмат ахборотли фазоси айрим кодлардан иборат тезкор информация қуйидагиларга эга: йўлдошнинг эфемеридлари — учта координатаси, тезликнинг учта ташкил этувчиси ҳамда Қуёш ва Ойнинг тортишишидан келиб чиққан тезланишнинг учта таркибий қисми; йўлдошлар вақтининг рақамланган белгилари; система вақтининг шкаласига нисбатан йўлдош вақти шкаласининг силжиши; вақтнинг марказий сақловчиси таянч частотаси радиосигналидан нурланадиган элтувчи частотасининг нисбий фарқи.

Тезкор бўлмаган информацияни қуйидагиларга эга бўлган альманах ташкил этади:

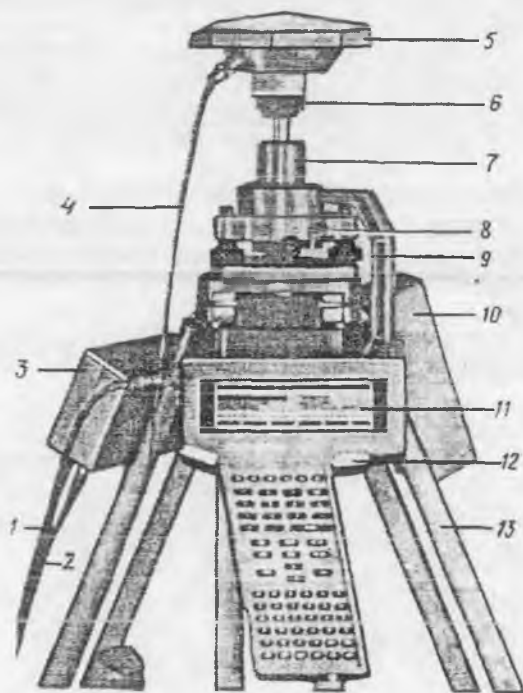
Системанинг ҳамма йўлдошлари орбиталари параметрлари вақт шкаласининг силжиши яхлитланган қийматлари; система ҳамма йўлдошларининг ишлаш қобилияти белгилари; UTC шкаласига нисбатан вақт шкаласини тузатмалари. Ер сунъий йўлдошлари кузатишлари натижаларини қайта ишланиши учун махсус дастурлар тузилган. Унда GPS кузатишлар натижалари маълумотлари бўйича якуний ҳисоботни режалаш, ишлаш ва тузиш учун бирлаштирилган математик дастурли махсус ишлаб чиқилган пакет қўлланилади.

8.10. Қабул қилиш (приёмникли) аппаратуранинг қуриш принципи

Приёмникли аппаратуранинг ечадиган асосий масалаларидан ЕНСЙ ишчи туркумини танлаш, навигация сиг-

налларини излаш, дальномерли сигналларни кузатиш, синхронли системасига кириш, навигацияли ахборотни ажратиш ва масалани ечиш (қабул қилувчи аппаратура ўрнатилган жойнинг координаталарини аниқлаш), маълумотларни рақамли таблода акс эттириш киради (8.14-расм).

GPS приёмникни амалда қўллашни енгиллаштириш мақсадида уни ишлаб чиқарувчи ҳар бир фирма ундан фойдаланиш учун қўлланма ишлаб чиққан. Бунда приёмник, унинг стандарт ва қўшимча конфигурацияси, ишга тайёрлаш, таъминотига талаблар ва бошқа қўшимча жиҳозлар билан боғлиқлиги ёритилган, приёмникни қандай ўрнатиш, ишни бошлаш ва маълумотларни тўплаш йўллари кўрсатилади.



8.14-расм. Геодезик тармоқларни яратишда қўлланиладиган GPS-приёмникнинг тузилиши.

1—таъминот шнури, 2—кабель, 3—таъминот блоки, 4—кабель, 5—антенна, 6,7,8,9—таглик деталлари, 10—таъминот блоки, 11—контрол (кичик ЭХМ), 12—устун, 13—штатив.

Ҳамма GPS сигнал қабул қиладиган антеннанинг юқори қисмидаги фазали марказга келтирилади. Бунинг учун антенна ва пункт орасидаги *антенна ёки асбоб баландлиги* дейиладиган масофа ўлчанади ва у приёмникка киритилади, маълумотларни йиғиш учун приёмник уланади. Бунда приёмник автоматик тарзда назорат тестларини бажаради, имкони борича ҳамма йўлдошларни излайди ва қайд қилади, GPS ўлчашларни бажаради ва ўз ҳолатини ҳисоблайди, файл очиб, унга ҳамма маълумотларни тўплайди. Съёмка тугагач, приёмник узилганда файл автоматик тарзда бекилиб, тўпланган маълумотлар сақланади.

GPS-приёмник геодезия ва навигация мақсадлари учун ўрин ҳолатини аниқлашнинг глобал NAVSTAR система-сидан фойдаланади. Антенна приёмникни кўриш майдо-нида жойлашган ҳамма йўлдошларни ўзаро боғлиқ бўлмаган 12 канал бўйича кўлда ёки олдиндан дастурлаб тан-лаш заруриятисиз кузатади.

Навигацияли режимда фуқаро фойдаланувчилар мут-лақ координаталарни 30 — 100 м, ҳарбий фойдаланувчи-лар эса мутлақ координаталарни 1 м гача хатолик билан топиш имкониятига эга. Геодезияда икки ва ундан ортиқ приёмниклар билан йўлдошларгача масофа фазали усулда аниқланади ва бу ўлчашлар натижалари бўйича пунктлар орасида фазовий векторлар ҳисобланади, бу пунктлар ора-сида координаталарни узатиш имконини беради.

GPS билан ишлаш осон, съёмкани бажариш учун шта-тивни пункт устида марказлаштириш, ўрнатиш ва приём-никни улаш етарли. У маълумотларни автоматик тарзда то узилгунича тўплай бошлайди.

Приёмник учта йўлдошни кузатганда антеннанинг ҳола-ти ва тезлигини ҳисоблаши мумкин, тўртта йўлдошни ушлаганда эса уч ўлчамли ҳолатини ва тезлигини аниқла-ши мумкин. Ўзаро боғлиқ бўлмаган ўлчашлар интерполя-ция ва экстраполяциясиз ҳар ярим секундда бажарилади, бир пайтда кўринаётган ҳамма йўлдошлар ҳолати ва тез-лиги ҳисобланади. Бунда динамик тезликни ҳисоблаш учун координаталарни дифференциялашни талаб қилмайдиган тўртта йўлдошдан лаҳзали ўлчашлардан фойдаланилади. Приёмник 12 кўринадиган йўлдошни 12 та ўзаро боғлиқ бўлмаган каналларда кузатиши мумкин. Ҳар бир йўлдош 30 сек частота билан альманах ва эфемеридлар тўғрисида информация беради, приёмник бу информацияни ўчмай-диган хотирасига ёзади.

Координаталарни аниқлашнинг абсолют (мутлақ) ва нисбий методлари фарқланади.

Мутлақ координатани аниқлашда пунктлар ҳолати пунктлар координаталарини йўлдошли радионавигация системасида қабул қилинган бошқа объект координата системасида аниқлаш кўзда тутилади.

Объектнинг нисбий ҳолатини аниқлашда бир объект ҳолатини бошланғич деб қабул қилинган бошқа объект координата системасида аниқлаш кўзда тутилади.

8.11. GPS съёмка

Қўлланиладиган GPS-приёмниклар сони икки ва ундан ортиқ бўлганда съёмка (тасвирлаш) ўтказишнинг уч тури мавжуд. Бу турлар *умумий*, *нисбий ёки дифференциал аниқлашлар* номига эга бўлиб, *статик*, *псевдокинематик* ва *кинематик тасвирлаш* дейилади.

Статик тасвирлашда икки GPS-приёмникда бир вақтда ушланган умумий бир неча йўлдошлар ҳолати фазали ўлчашлар бўйича аниқланади. Бир приёмник маълум пунктнинг ҳолати, иккинчиси эса номаълум пунктнинг кўриниш ҳолати тўғрисида маълумот йиғади. Дифференциаланган фазоли ўлчашлар йўлдошли ахборот ва приёмник мунтазам хатоликлари билан боғлиқ фазоли ўлчашлар хатолигини минималлаштиради (8.15-расм).

Статик съёмкада камида иккита стационар GPS қўлланилади, улар бир пайтда вақтнинг конкрет даврида бир неча умумий йўлдошлардан псевдоузоқликлар ва элтувчи частоталар фазаларини ўлчайди. Антенналардан бири маълум пунктда марказлаштирилади, бошқалари аниқландиган пунктларда ўрнатилади.

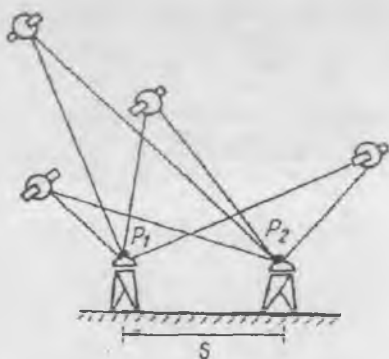
Статик съёмка энг ишончли ва энг аниқ усул бўлиб, координата орттирмаларини миллиметрли аниқликда аниқлайди. Приёмникнинг бир пунктда нисбатан узоқ вақт ортиқча ўлчашларни олиш учун қоплаши бу усулнинг камчилиги бўлади.

Псевдокинематик съёмкада нуқталарда приёмниклар вақт бўйича узоқ давр (1 соат) билан ажралган икки, қисқа давр (маълумотларни йиғиш 5 дан 10 минутгача) туриши талаб қилинади. Кейинги нуқтага ўтиш вақтида йўлдошларни узлуксиз кўзатиш талаб қилинмаганлиги сабабли бу усул маршрут бўйлаб ҳаволи тўсиқлари бўлган жойларга мос келади.

Псевдокинематик тасвирлашни статик тасвирлашдан афзаллиги нуқтада кам вақт туриши, кинематик усулдан фарқи эса приёмникни кўчиришда йўлдошни узлуксиз ўлчаш зарурати йўқлигидан иборат. Камчилиги эса маълумотлар сегменти ўлчами статик ва кинематик тасвирлашларга қараганда аниқлиги камлиги, такрорий ўлчашлар оралиғида ионосфера тўлқинлари таъсирига сезгирлиги бўлади.

Кинематик усул йўлдошли кўриниши яхши бўлган жойда кўп миқдорда базисли векторларни аниқлаш имконини беради. Бу усул учун координаталари маълум нуқтада камида бир приёмник ва нуқтадан нуқтага ўтишда бир ёки кўп ҳаракатланиш приёмниклари зарур (муқовага қаранг).

Бу усуллардан ҳар хил комбинацияларда фойдаланиш мумкин. Бунда ҳар бир тасвирлаш лойиҳаси участкалари учун ўлчаш усулининг мақбул вариантыни танлашга катта эътибор берилиши керак. Тасвирлаш лойиҳасини тузишда энг яхши кўринишни таъминлаш маршрутини танлаш аҳамиятли. Бу съёмкаларни бажаришда асосий амалларни бажариш: комплектни ўрнатиш, антенна баландлигини ўлчаш, приёмник билан ишлаш ва бошқа зарурий маълумотлар ҳамда Ер сунъий йўлдошлари кузатишлари натижаларини қайта ишлаш учун махсус дастурли пакетлар тузилган. Ҳамма математик таъминотни бирлаштириш учун конструкцияланган Ashtek фирмаси (АҚШ) дастурли пакети GPS кузатишларни режалаштириш, натижаларни қайта ишлаш ва якуний ҳисоботни тузиш бўйича қулай восита тақдим этган. У кузатишларни режалаштириш, приёмникдан информацияни шахсий ЭҲМга ташиш, ўлчаш файллари билан ишлаш, бошланғич маълумотларни киритиш ва қайта ўзлаштириш, тармоқни шакллантириш, шахсий ЭҲМ параметрларини ўрнатиш, тенглаштириш, ишлар натижаларини графикли ифодалаш, таҳрир қилиш, координаталарни бир системадан бошқасига қайта ҳисоблаш учун дастурли модулларга эга.



8.15-расм.

Нисбий аниқлашлар принципи.

9. ГОРИЗОНТАЛ СЪЁМКАЛАР

9.1. Теодолит съёмкаси, теодолит йўлини ўрнатиш

Теодолит съёмкаси жойнинг контурли планини тузиш мақсадида бажарилади. Теодолит съёмкаси тайёргарлик ишлари, теодолит йўлининг лойиҳасини тузиш, уни жойда ўрнатиш, геодезик тармоқ пунктларига боғлаш, тафсилотни съёмка қилиш, камерал (ҳисоблаш ва чизма-график) ишлардан иборат.

Ҳамма томонлари ва улар орасидаги горизонтал бурчаклари ўлчанган очиқ ёки ёпиқ кўпбурчак *теодолит йўли* дейилади (9.1-расм). Теодолит йўли учлари атроф яхши кўринадиган бурчак ва чизиқ ўлчаш учун қулай жойларда танланади ва маҳкамланади, томонлар узунликлари ўртача 200—250 м бўлади, улар лентада тўғри ва тескари йўналишда 1:2000 чекли нисбий хатолик билан, бурчаклари теодолитда тўла қабул усулида техник аниқликда ўлчанади, жой тафсилоти йўл томонларига нисбатан съёмка қилинади, олинган натижалар махсус ҳужжатларда қайд қилинади. Ёпиқ ва очик (диагональ) теодолит йўлларида бурчак ва чизиқ ўлчаш натижаларини ёзиш намунаси 9.1-жадвалда келтирилган.

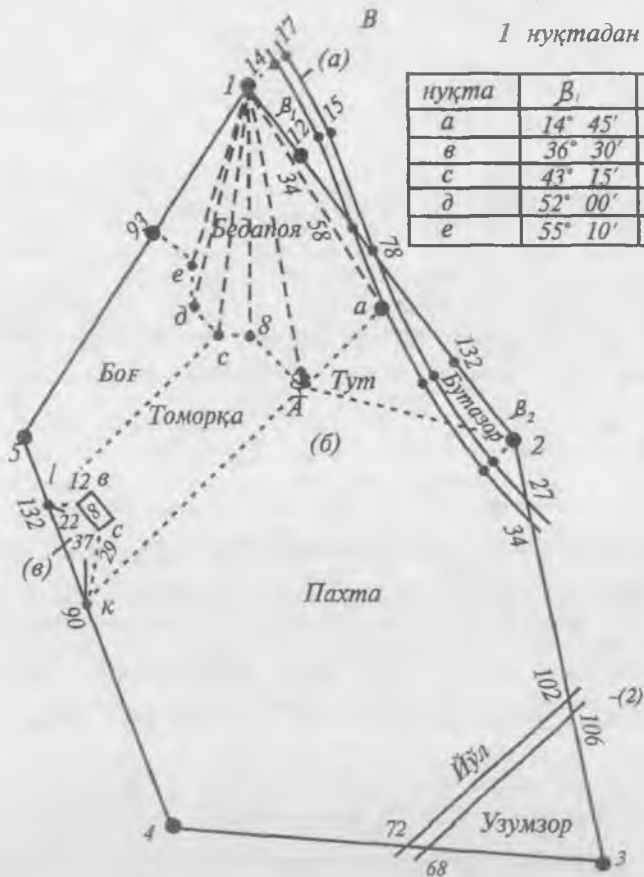
Теодолит йўли учлари координаталари давлат планли координата системасида бўлиши учун маълум геодезик тармоқ (A ва B) пунктларига бурчаклар ва чизиқлар узунликларини (9.1, a -расмда β_B, β_1 ва S_{B_1}) ўлчаш орқали боғланади. Кичик жойларнинг планлари шартли координата системасида тузилса, теодолит йўли магнит меридиани бўйича буссоль ёрдамида ориентирланади. 1—2 чизиқ магнит азимутни теодолитда аниқлаш учун 1 нуқтада лимбдаги санок



9.1-расм. Теодолит йўллари схемалари: a —ёпиқ; b —очиқ

1 нуктадан

нуқта	β_i	S
a	$14^\circ 45'$	99,0
b	$36^\circ 30'$	96,0
c	$43^\circ 15'$	96,5
d	$52^\circ 00'$	87,0
e	$55^\circ 10'$	74,5



9.2-расм. Съёмка усуллари кўрсатилган абрис.

ноль ҳолатида буссоль мили (9.2-расм) нолинчи диаметр устига келтирилади. Лимб маҳкамланиб, алидада бўшатилади ва кузатилаётган 2 нуктага труба қаратилганда лимбдаги санок 1—2 чизиқ магнит азимути A_m қийматига тенг бўлади.

9.2. Тафсилотни съёмка қилиш

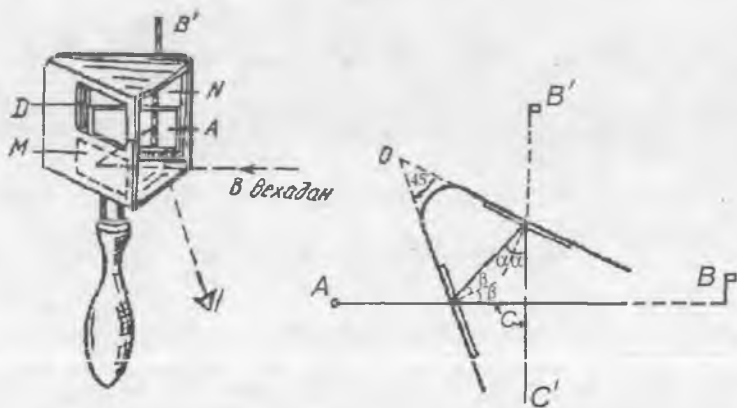
Тафсилотни айланма, перпендикулярлар, бурчаклар кестирмалари, чизиқлар кестирмалари, қутб координаталари, чизиқлар (створлар) усулларида съёмка қилинади. Майдонни чегаралари бўйлаб теодолит йўлини ўрнатиш орқали съёмка қилишда айланма усул қўлланилади. Пер-

пендикулярлар усули тўғри геометрик шаклларни ёки эгри контурларни съёмка қилишда қўлланилади. Контурнинг бурилиш нуқталарида абсцисса ўқи сифатида танланган чизиққа перпендикулярлар туширилади, уларнинг ордината ва абсцисса узунликлари ўлчанади (9.2, а-расм).

Ордината узунлиги 10 м дан катта бўлганда перпендикулярлар эккер ёрдамида туширилади.

Икки кўзгули эккерда (9.3-расм) 45° бурчак остида ўрнатилган икки M ва N кўзгу шовун осииш учун дастага эга бўлган корпуснинг ички томонига маҳкамланади. Корпусда кўзгулар устида дарчалар бор, M кўзгуга B нуқтадан β бурчак остида тушаётган нур бу кўзгудан қайтарилиб, бошқа N кўзгуга α бурчак остида тушади ва бу кўзгудан қайтиб, CC' йўналишида кузатувчининг кўзига тушади. Бу йўналиш AB чизиқни 90° бурчак остида кесиб ўтади. C нуқтадан AB га перпендикулярни тиклаш учун эккерни шовун чизиғи бўйича C нуқтада M кўзгунини B даги веҳа томонга қаратиб ушлаб турилади. Кейин N кўзгу ва унинг устидаги дарчадан B даги веҳанинг тасвири йўналишида B' веҳа ўрнатилади. B' нуқтадан AB га перпендикуляр тушириш кузатувчи эккер билан B даги веҳанинг тасвири B' веҳани тўсгунча AB чизиқда ўз жойини ўзгартириб туради.

Бурчаклар кестирмалари усули бориш қийин бўлган контурларни съёмка қилишда қўлланилади. Масалан, дала ўртасидаги якка тутнинг (9.2, б-расм) A ўрнини аниқлаш учун 1 ва 2 таянч нуқталарида β_1 ва β_2 бурчаклар теодолитда ярим қабулда ўлчанади. Чизиқлар кестирмалари усулида таянч чизиғи нуқталари ҳамда яқин b ва c нуқталарининг ўрнини аниқлаш учун уларгача бўлган чизиқлар узун-



9.3-расм. Икки кўзгули эккер

ликлари икки k, l нуқталардан лентада ўлчанади (9.2, в-расм).

Қутб координаталари усулида l нуқтага — қутбга теодолит ўрнатилиб, труба иккинчи нуқтага қаратилади, лимб саноғи ноль ҳолатида маҳкамланади. Алидада бўшатилиб, контурнинг e, d, c нуқталарига ўрнатилган рейкалардан ма-софалар S_i ва қутб β_i бурчаклари ўлчанади, улар жадвалга ёзилади (9.2, d-расм).

Чизиқлар усули теодолит йўли томонларида, масалан, каналнинг икки чеккасида ётган нуқталарнинг ўрнини аниқлашда қўлланилади (9.2, г-расм).

Тафсилот съёмкасида схематик чизма-абрис қаламда чизилади. Абрисда ҳамма олинган контурлар нуқталарнинг тартиби ўзаро ва таянч чизиқларга нисбатан жойлашиши кўрсатилади (9.2-расм).

9.3. Далада ўлчаш натижаларини ишлаш (2-ҳисоб-чизма иш)

Теодолит съёмкасида ҳосил бўлган бурчаклар, чизиқлар ўлчаш журналлари ва абрис планини ясаш асос бўлади (9.1- жадвал, 9.2-расм). Бунда ўлчанган бурчакларни ишлаш, томонлари дирекцион бурчаклари ва румбларини ҳисоблаш, координата орттирмаларини ва кўпбурчак учлари координаталарини ҳисоблаш, жой қисми теодолит съёмкаси планини тузиш ишлари бажарилади. Ёпиқ n бурчакли кўпбурчакда ички бурчаклар амалий йиғиндиси $\Sigma\beta_\alpha$ ва назарий қиймати йиғиндиси

$$\Sigma\beta_n = 180^\circ(n - 2) \quad (9.1)$$

ҳисобланади ва полигонда бурчак боғланмаслиги

$$f_\beta = \Sigma\beta_\alpha - \Sigma\beta_n \quad (9.2)$$

аниқланади. Бурчаклар ўттиз секундли теодолитда тўла қабулда ўлчанадиган бўлса, чекли боғланмаслик

$$f_{\beta_{чекли}} = 1 \cdot \sqrt{n} \quad (9.3)$$

формулада ҳисобланади $f_\beta \leq f_{\beta_{чекли}}$ бўлса, йўл қўярли боғланмаслик бурчакларга 0,5 гача яхлитланиб, тескари ишора билан тарқатилади. Бошланғич $1 - 2$ томон дирекцион бурчаги (ёки магнит азимути) маълум қиймати $a_{12}(A_{12})$ ва тузатилган β_i бурчаклар бўйича (2.13) формула асосида, қолган томонлар дирекцион бурчаклари куйидаги формулаларда ҳисобланади:

Координата ҳисоблаш қайдномаси

Йул уч ла- ри¹	Ички бурчақлар		Дирек- цион бурчақ- лар, α	Румблар	Чизик узунлиги (горизон- тал қуйи- лиш) S , м	Кордината орттирмалари, м				Кординаталар, м	
	Ўлчанган- ни β^1	Тузатил- гани β				ҳисоблангани		Тузатилган		x	y
						$\pm\Delta x$	$\pm\Delta y$	$\pm\Delta x$	$\pm\Delta y$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Асосий йул											
1	69°47' +0,5'	69°47'	143°12'	ЖШ:36°48'	— 168,27	—6 -134,74	+3 100,79	-134,80	+165,20	+300,00	+300,00
2	155°02,5'	155°03'	168°03'	ЖШ:11°51'	166,27	-6 -162,27	-6 34,13	-162,74	+34,16	+165,20	+400,82
3	72°34' +0,5'	72°34'	275°35'	ШФ:84°25'	165,00	-6 +16,05	+3 -164,22	+15,99	-164,19	+2,46	+434,98
4	116°57,5'	116°58'	338°37'	ШФ:25°23'	158,59	-6 +147,67	+3 -57,82	+147,61	-57,79	+18,45	270,79
5	125°38'	125°38'	32°59'	ШШ _к :32°59'	159,75	-6 +134,00	+3 86,97	+133,94	+87,00	+166,06	+213,00
1					$\sum S = 817,82$	-297,72	+221,89	-297,54	+221,98	+300,00	+300,00
						+297,42	-222,04	297,54	221,98		
						$f_x = +0,30$	$f_y = -0,15$	0,00	0,00		
$\sum \beta_a = 539°59'$ $\sum \beta_n = 180°(n - 2) = 540°00'$ $f_\beta = \sum \beta_a - \sum \beta_n = -1'$ $f_{\beta_v} = 1' \sqrt{n} = 2,2'$						$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(0,30)^2 + (0,15)^2} = 0,34$					

						$\frac{f_s}{\Sigma_s} = \frac{0,34}{817,82} = \frac{1}{2400} < \frac{1}{2000}$				
						Диагонал йўл*				
1										
			143°12'							
2	77°29'	77°30'				+10	+5			165,20 400,82
			245°42'	ЖФ:65°42'	104,91	-43,16	-95,61	-43,06	-95,56	
6	130°18'	130°18'				+10	+4			122,14 305,26
			295°24'	ШФ:64°36'	102,19	-43,82	-92,30	+43,92	02,26	
5	82°25'	82°25'								166,06 213,00
			32°59'							
1	$\Sigma\beta_a = 290°12'$				207,10	$\Sigma\Delta x_\alpha =$ = +0,66	$\Sigma\Delta y_\alpha =$ = -187,91			
	$\Sigma\beta_n = \alpha_{12} + 180^\circ \times$ $\times n - \alpha_{51} = 290°13'$					$\Sigma\Delta x_n = x_5 -$ $- x_2 + 0,86$	$\Sigma\Delta y_n = y_5 -$ $- y_2 = -187,82$			
	$f_\beta = \Sigma\beta_a - \Sigma\beta_n = -1'$		$f_{чеки} = 1,5\sqrt{n} = 1,4$	$f_x = +0,20$	$f_y = +0,09$					
	$\Sigma\beta \leq \Sigma\beta_{чеки}$			$f_s = \sqrt{0,20^2 + 0,09^2} =$ = 0,22 м			$\frac{f_s}{\Sigma_s} = \frac{1}{940}$			

* Эслатма. Диагонал (очиқ) теодолит йўлида учлари кординаталарини ҳисоблаш услуби батафсил 10 2-бандда ёритилган.

$$\begin{aligned}
\alpha_{23} &= \alpha_{12} + 180^\circ - \beta_2, \\
\alpha_{34} &= \alpha_{23} + 180^\circ - \beta_3, \\
&\dots\dots\dots \\
\alpha_n &= \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n, \\
\alpha_{12} &= \alpha_n + 180^\circ - \beta_1 (!).
\end{aligned}
\tag{9.4}$$

Тенгликларнинг охирги қатори текшириш учун хизмат қилади. Дирекцион бурчаклардан румбларга улар орасидаги (2.14) муносабатдан фойдаланиб ўтилади.

Очиқ теодолит йўли (9,1 б-расм) учун бурчакларнинг назарий йиғиндиси

$$\Sigma \beta_n = \alpha_0 - \alpha_n + n \cdot 180^\circ \tag{9.5}$$

формулада, бурчак боғланмаслиги эса (9.2) формулаларда ҳисобланади. Очиқ теодолит йўлида йўл қўярли боғланмасликни тарқатиш, томонлар дирекцион бурчаклари ва румбларини ва бошқа ҳисоблаш ёпиқ полигондаги каби бажарилади, уларнинг натижаси 9.2-жадвал давомида келтирилган.

9.4. Тўғри ва тескари масалалар

Жойдаги ўлчаш натижаларини математик ишланишида, инженерлик иншоотлари лойиҳаларини тузиш ва уларни жойга кўчиришда тўғри ва тескари геодезик масалаларни ечишга тўғри келади.

Тўғри геодезик масала. 1—2 чизик биринчи нуқтасининг координаталари x_1, y_1 , горизонтал қўйилиши S_{12} ва дирекцион бурчаги α_{12} берилган (9.4-расм). Иккинчи нуқтанинг координаталари x_2, y_2 ни топиш керак. 9.4-расмда:

$$\begin{aligned}
x_2 &= x_1 + \Delta x, \\
y_2 &= y_1 + \Delta y.
\end{aligned}
\tag{9.6}$$

1—2 чизик учлари нуқталарининг координаталари айирмалари координата орттирмалари дейилади,

$$\begin{aligned}
x_2 - x_1 &= \Delta x = S \cos \alpha_{12} = +S \cos r_{12}, \\
y_2 - y_1 &= \Delta y = S \sin \alpha_{12} = +S \sin r_{12}.
\end{aligned}
\tag{9.7}$$

Координата орттирмалари ишоралари $\cos \alpha$ ва $\sin \alpha$ ишораларига ёки румбнинг номига боғлиқ:

Румблар	ШШқ	ЖШқ	ЖҒ	ШҒ
Орттирмалар $\Delta x \dots$	+	-	-	+
$\Delta y \dots$	+	+	-	-

Координата орттирмалари \sin ва \cos натурал қийматлари жадвали ёки ҳисоблаш машиналари ёрдамида ҳисобланади.

Тескари геодезик масала. 1—2 чизиқнинг биринчи нуқтаси координаталари x_1, y_1 ва иккинчи нуқтаси координаталари x_2, y_2 берилган. Бу чизиқнинг узунлиги S_{12} , дирекцион бурчаги α_{12} ни топиш талаб қилинади.

9.4-расмда:

$$\operatorname{tg} \alpha_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (9.8)$$

ёки

$$\operatorname{tg} r_{12} = \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (9.9)$$

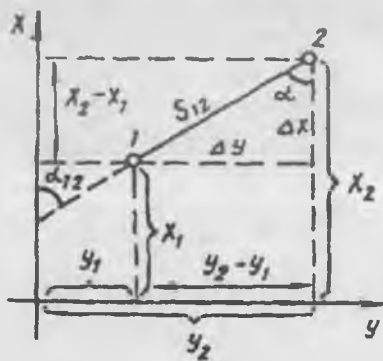
r — ҳисоблаш билан ёки тригонометрик функциялар натурал қийматлари жадваллари ёрдамида топилади. Румб номи Δy ва Δx ишоралари бўйича аниқланади ва дирекцион бурчак α_{12} ҳисобланади. Масофа

$$S_{12} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (9.10)$$

ёки

$$S_{12} = \Delta x / \cos r = \Delta y / \sin r \quad (9.11)$$

формуларда топилади.



9.4-расм. Тўғри ва тескари геодезик масалалар

9.5. Теодолит йўли учларининг координаталарини ҳисоблаш

Ёпиқ кўпбурчакда координата орттирмаларининг назарий йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак:

$$\begin{aligned}\Sigma \Delta x &= 0, \\ \Sigma \Delta y &= 0.\end{aligned}\quad (9.12)$$

Амалда чизиқ, бурчакни ўлчаш ва ҳисоблашда яхлитлаш хатоликлари таъсири бўлганлиги учун:

$$\begin{aligned}\Sigma \Delta x &= f_x, \\ \Sigma \Delta y &= f_y.\end{aligned}\quad (9.13)$$

Бу ерда f_x, f_y лар абсцисса ва ордината ўқлари бўйича координата орттирмалари боғланмаслиги дейилади (9.5-расм).

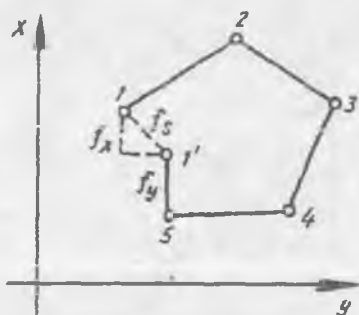
Боғланмаслик тарқатилишидан олдин уларни йўл қўярли эканлигига ишонч ҳосил қилиш учун полигон периметридаги хатолик

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (9.14)$$

ҳисобланади ва унинг йўл қўярли

$$\frac{f_s}{\Sigma S} \leq \frac{1}{2000} \quad (9.15)$$

бўлганлиги аниқланади, бу ерда ΣS — полигон периметри. Агар периметрда боғланмаслик йўл қўярли бўлса, f_x ва f_y хатоликлар чизиқлар узунлигига пропорционал равиш-



9.5-расм. Полигон периметридаги боғланмаслик.

да тескари ишора билан қуйидаги формулалар асосида ҳисобланиб тарқатилади:

$$\delta_{x_1} = -\frac{f_x}{\Sigma S} - S_i; \quad \delta_{y_1} = -\frac{f_y}{\Sigma S} S_i. \quad (9.16)$$

Тузатилган координата орттирмалари ва I нуқтанинг маълум координаталари x_1 , y_1 дан фойдаланиб, қолган полигон учлари координаталари (9.6) формула асосида ҳисобланади. I нуқтанинг қайтадан топилган координаталарининг берилганига тенглиги ҳисоблашнинг тўғри ба- жарилганини кўрсатади. 9.1-жадвалда 5.1-жадвалдан олин- ган бурчаклар ўртача қийматлари (2-устун), чизиқ узун- ликлари ўртача қийматлари (6-устун) ва бошланғич $I-2$ томон дирекцион бурчаги α_{12} бўйича бешбурчак учлари координаталарини юқорида кўрсатилган формулалар асо- сида ҳисоблаш натижалари келтирилган.

Хусусан, 2-устундаги ўлчанган бурчаклар бўйича (9.2) формулада ҳисобланган бурчак боғланмаслиги $f_\beta = 1'$, унинг қиймати 2 ва 4-бурчакларга тескари ишора билан $0,5'$ дан тарқатилган. 3-устундаги тузатилган бурчаклар қийматла- ри β_i ва бошланғич $1-2$ томоннинг дирекцион бурчаги $\alpha_{12} = 143^\circ 12'$ қийматидан фойдаланиб, (9.4) формулалар асосида $2-3$ ва $3-4$ томонлар дирекцион бурчаклари:

$$a_{23} = 143^\circ 12' + 180^\circ - 155^\circ 03' = 168^\circ 09';$$

$$a_{34} = 168^\circ 09' + 180^\circ - 72^\circ 34' = 215^\circ 35'$$

ва қолган томонлар дирекцион бурчаклари ҳисобланган. ва ҳоказо; улар олдидаги ишоралари эса румблар ва орт- тирмалар орасидаги муносабат (9.3-§) асосида аниқлан- ган (9.13) формулада ҳисобланган координата орттирма- лари боғланмасликлари бўйича (9.15) формулада аниқ- ланган полигон периметридаги нисбий боғланмаслик $f_s / \Sigma S = 1 / 2000$ йўл кўярли бўлганлиги учун $f_x = -0,30$ м; $f_y = 0,15$ м координата орттирмалари боғланмасликлари тескари ишора билан чизиқ узунликларига пропорционал равишда (9.16) формула асосида ҳисобланиб тарқатилган:

$$\delta_{x_1} = \frac{-0,30}{817,82} \cdot 168,27 = -0,06 \text{ м};$$

$$\delta_{y_1} = \frac{0,15}{817,92} \cdot 168,27 = 0,03 \text{ м}.$$

Натижани текшириш учун 1—2 томон дирекцион бурчаги қайтадан $\alpha_1 = 32^\circ 59' + 180^\circ - 69^\circ 47' = 143^\circ 12'$ аниқланган. 4-устундаги дирекцион бурчаклардан румбларга улар орасидаги муносабатлар (2.5-банд) асосида ўтилган 7 ва 8-устундаги координата орттирмалари (9.7) формулалар асосида:

$$\Delta x_{12} = 168,27 \cos 36^\circ 48' = 134,74 \text{ м};$$

$$\Delta y_{12} = 168,27 \cdot 36^\circ 48' = 100,79 \text{ м}.$$

9, 10-устунларда тuzатилган Δx ва Δy лар ва x_1, y_1 маълум қийматларидан фойдаланиб, полигоннинг қолган учлари координаталари (9.6) формула асосида ҳисобланган; 2 нуқта координатаси:

$$x_2 = 300,00 - 134,80 = 165,20 \text{ м};$$

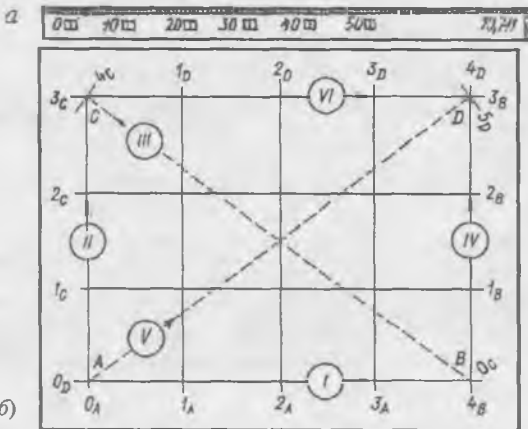
$$y_2 = 300,00 + 100,82 = 400,82 \text{ м ва ҳ.к.}$$

x_1 ва y_1 қайтадан топилган қийматлари берилган қийматларга тенглиги ҳисоблашнинг тўғри бажарилганлигини кўрсатади.

9.6. Теодолит съёмкаси планини тузиш

Сифатли чизма қоғозда томонлари 10 см ва ўлчамлари 50×50 ёки 30—40 см бўлган квадратлар тўри Ф. Д. Дробишчев чизғичида ясалади. (9.6-расм, а) Бу чизғичнинг бир қирраси йўнилган бўлиб, ундан чизиқларни чизишда фойдаланилади, чизғичнинг ўзида эса ҳар 10 см дарчалар ёйлари концентрик доиралар қирралари йўнилган ёйлар бўйича кесилган томонлари 50 см дан ва диагонали 70,711 см бўлган тўғри бурчакли учбурчакни яшашга асосланган. Дробишчев чизғичида квадратлар тўрини яшаш 9.6 б-расмда кўрсатилган кетма-кет амалларни бажаришдан иборат.

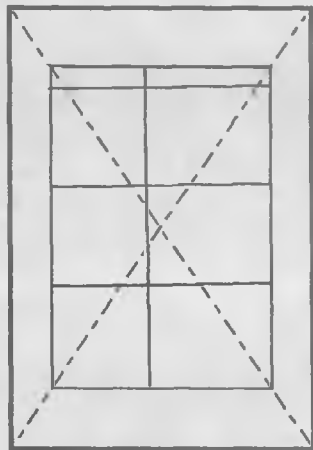
Тўрнинг асоси чизилиб, унга чизғич қўйилади, ёйлар маркази ўткир учли қаламда белгиланади, бунинг билан асос тўрт қисмга бўлинади ва $O_A - A_B$ олинади (I ҳолати). Бундан кейин чизғич тахминан 90° га II ҳолатга буралади ва $1_C - 3_C$ ёйи чизилади. Кейин чизғич диагонал BC — гипотенуза бўйича жойлаштирилади (III ҳолат) ва унинг йўнилган учи -5_C ёй билан 3_C ёй кестирилади, бунда C нуқта топилади. Шунга ўхшаш (IV ва V ҳолатлар) иккинчи учбурчак ясалади ва D нуқта олинади. Якунида чизиқ ноль



9.6-расм. Дробишчев чизғичи (а) ва унда координаталар тўрини ясаш схемаси (б) (Амаллар кетма-кетлиги рим рақамларида кўрсатилган).

пункти C нукта билан туташтирилиб, 4 ёйнинг D нуктадан ўтиши текширилади. Агар AB ва CD чизиқлар орасидаги фарқ $0,2$ мм дан ортмаса, ўша чизғич ёрдамида тўғри бурчак чегараларида белгиланган нукталар орқали чизиқлар ўтказилади ва шу тарзда томонлари 10 см бўлган квадратлар тўри ҳосил қилинади. Бу тўр диагоналлار бўйича циркуль ўлчагичда синчковлик билан текширилади, улар орасидаги фарқ $0,2$ мм бўлишига йўл қўйилади. Томонлари 50×50 см ли ва ундан катта бўлган квадратлар ҳам юқоридагидек ясалади.

Квадратлар сони кам бўлган тўрни текширилган чизғич, масштаб чизғичи ва ўлчагич ёрдамида ясаш мумкин. Бунинг учун қоғоз диагоналлари бўйича ўзаро кесишадиган иккита тўғри чизиқ ўтказилади (9.7-расм). Уларда кесишган нуктасидан тенг кесмалар ўлчаб қўйилади, кесмалар учлари туташтирилади, тўғри тўртбурчак ясалади. Унда масштаб чизғичи ва ўлчагичдан фойдаланиб, 10 см ли

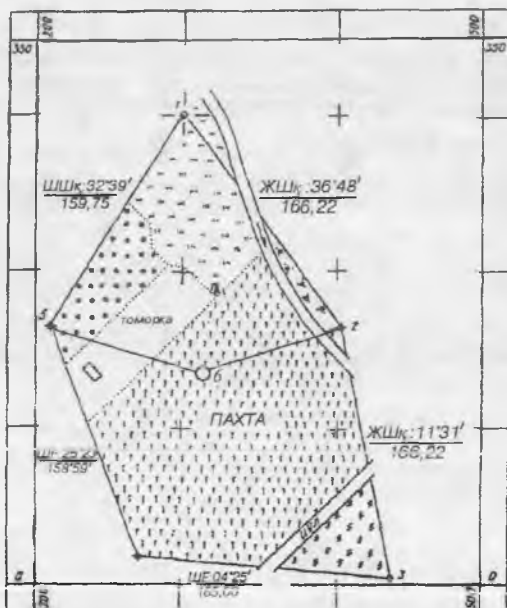


9.7-расм. Квадратлар тўрини ясаш.

кесмалар ўлчаб қўйилади. Қарама-қарши томондаги тегишли нуқталар тўғри чизиқлар билан туташтирилишидан квадрат тўри ҳосил бўлади. Ҳар бир квадрат томонлари ва диагональ узунликлари ўлчагичда ва масштаб чизгичида текширилади, оғиш 0,1 ммдан ошмаслиги керак. Ясалган квадрат тўрида съёмка қилинган жой қоғознинг тахминан ўртасида жойлашадиган қилиб координаталар боши танланади. Координаталар бўйича теодолит йўллари учлари масштаб чизгичи ва ўлчагичдан фойдаланиб туширилади. Планада ўлчанган чизиқлар узунликлари қайдномада келтирилган тегишли узунликларга тенг бўлиши керак. Ҳосил бўлган пландаги теодолит йўли асосида абрисда (9.2-расм) келтирилган қийматлар бўйича ўлчагич, масштаб чизгичи ва транспортирдан фойдаланиб, жой тафсилоти планга туширилади.

Қаламда тузилган теодолит съёмкаси плани амалдаги шартли белгиларга риоя қилган ҳолда расмийлаштирилади.

9.7-расмда координата ҳисоблаш қайдномаси (9.1-жалвал) ва абрис (9.2-расм) асосида тузилган теодолит съёмкаси плани келтирилган.

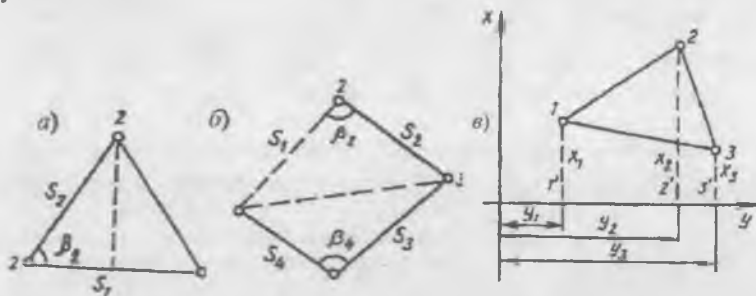


9.8-расм. Теодолит съёмкасининг плани

9.7. Юзани аналитик усулда ҳисоблаш

Кўпинча амалий масалаларни ечиш жойдаги ёки картадаги шакллар юзаларини аниқлаш билан боғлиқ бўлади. Жойдаги шакллар юзалари аналитик усулда, картадаги майдон юзалари эса график ёки механик усулларда аниқланади.

Аналитик усулда шакл юзаси жойда бевосита ўлчанган чизиқлар ва улар орасидаги бурчаклар натижалари ёки майдон чегаралари учларининг координаталари бўйича ҳисобланади. Агарда жойда учбурчакнинг икки томони S_1 , S_2 ва улар орасидаги бурчак β (9.9, а-расм) ўлчанган бўлса, унинг юзаси



9.9-расм. а, б — аналитик усулда юза аниқлаш схемалари, в — полигон юзасини унинг учлари координаталари бўйича аниқлаш

$$2P = S_1 S_2 \sin \beta_2. \quad (9.17)$$

Тўртбурчакнинг ҳамма томонлари ва улар орасидаги бурчаклари β_2 ва β_4 (9.9, б-расм) ўлчанган бўлса, унинг юзаси

$$2P = S_1 S_2 \sin \beta_2 + S_3 S_4 \sin \beta_4. \quad (9.18)$$

Ёпиқ кўпбурчак юзини унинг учлари координаталари бўйича ҳисоблаш мумкин. Керакли формулани келтириб чиқаришни учларидан ордината (ёки абсцисса) ўқига перпендикуляр туширилган учбурчак мисолида кўриб чиқамиз (9.9, в-расм). Учбурчак юзаси $1'122'$, $2'233'$ ва $1'133'$ трапециялар юзаларининг алгебраик йиғиндиси билан ифодаланади. Шунинг учун учбурчакнинг иккиланган юзаси қиймати учун

$$2P = (x_1 + x_2)(y_2 - y_1) + (x_2 + x_3)(y_3 - y_2) + (x_1 + x_3)(y_3 - y_1)$$

ёки қавсларни очиб, керакли қисқартиришдан ва қайта гуруҳлангандан сўнг

$$\begin{aligned} 2P &= x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2); \\ \text{ёки} \quad 2P &= y_1(x_3 - x_2) + y_2(x_1 - x_3) + y_3(x_2 - x_1). \end{aligned}$$

Келтирилган формулаларни n учли кўпбурчак юзасини ҳисоблаш учун умумлаштирсак:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i(y_{i+1} - y_{i-1}); \quad (9.19)$$

$$2P = \sum_{i=1}^n y_i(x_{i-1} - x_{i+1}), \quad (9.10)$$

бунда n —кўпбурчак учлари сони — соат мили йўли бўйича ортиб борадиган уч тартиб рақами.

Яъни полигоннинг иккиланган юзаси ҳар бир абсциссани кейинги ва олдинги нуқталар ординаталари фарқига кўпайтмалари йиғиндисига ёки ҳар бир ординатани олдинги ва кейинги нуқталар абсциссалари фарқига кўпайтмалари йиғиндисига тенг.

9.2-жадвалда ёпиқ теодолит йўли учлари координаталарини ҳисоблаш қайдномаси асосида у билан чегараланган участка юзасини ҳисоблаш намунаси келтирилган. Аналитик усулда ҳисобланган юзанинг нисбий хатолиги полигон учлари координаталарининг аниқлигига боғлиқ бўлади. Агар юзалар (9.19)—(9.20) формулалардаги координаталар полигонометрия усулида топилган бўлса 1:5000, теодолит йўллари усулида аниқланганда 1:2000 нисбий хатоликлар билан

9.2- жадвал

Кўпбурчак юзасини унинг учларининг координаталари бўйича ҳисоблаш

T/p	x	y	$x_{i-1} - x_{i+1}$	$y_{i+1} - y_{i-1}$	$y_i(x_{i-1} - x_{i+1})$	$x_i(y_{i+1} - y_{i-1})$
1	+300,00	+300,00	+0,86	-187,82	+258	-56346
2	+165,20	+400,82	+297,54	-034,98	+119260	-22299
3	+2,46	+434,98	+146,75	+130,03	+63833	+320
4	+18,45	+270,79	-163,60	+221,98	-44301	+4096
5	+166,06	+213,00	-281,55	-29,21	-59970	-4851
					+183351	+4416
					-104271	-83496
					+79080	-79080

$$p = 39540 \text{ м}^2.$$

ҳисобланади, юза пландан олинган кўпбурчак учлари координаталари бўйича ҳисобланса, бундай юза аниқлаш

усули *график усул* дейилади, унинг натижаси аниқлиги катта бўлмайди.

(9.19), (9.20) формулалар компьютердаги рақамли карта ва планларда ёпиқ контурлар юзаларини ва периметрларини махсус дастур асосида аниқлашга асос бўлади, бунда шакл чегараси бўйлаб курсор юритилиб танланган ва бошланғич нуқталарда тугмача кетма-кет босилиб ёпиқ контур ҳосил қилинади ва ҳисобланган натижалар таблога чиқарилади.

9.8. Юзани график усулда аниқлаш

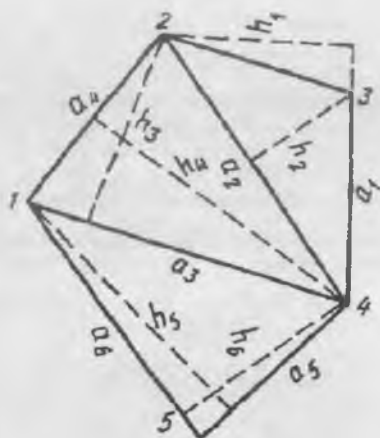
Юза аниқлашнинг бу усулида пландаги кўпбурчак юзаси тахминан тенг томонли учбурчакларга бўлинади. Ҳар бир учбурчак юзаси (9.10-расм) узунликлари ўлчагич ва масштаб чизигида топилган ҳар хил асос ва баландликлар бўйича $P = a \cdot h / 2$ формулада икки мартадан ҳисобланади. Икки вариантда ҳисобланган учбурчак юзаси фарқи қуйидаги $\Delta P_{чекка} = 0.05 \frac{M}{10000} \sqrt{P}$ (бунда M —сонли масштаб махражи; P — учбурчак юзаси), формулада топилган чекдан ошмаса, уларнинг ўртачаси бўйича ҳисобланган шаклнинг иккиланган юзаси

$$2P = a_1 h_1 + a_2 h_2 + \dots + a_n h_n \quad (9.21)$$

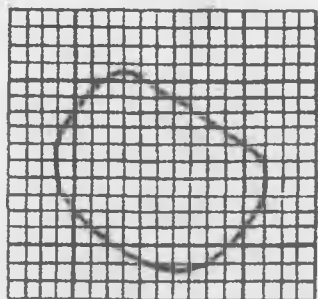
бўлади.

Эгри чизиқлар билан чегараланган кичик майдон юзаларини аниқлаш учун квадрат ёки параллел палеткалар (9.11-расм) қўлланилади.

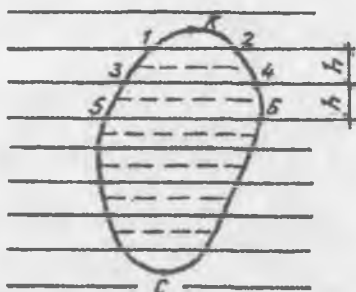
Квадрат палетка шаффоф асосга (калькага) чизилган томонлари 1—2 мм ли квадрат тўрлардан иборат (9.11, *a*-расм). Палетка шакл устига ётқизибли, тўла квадратлар сони, чалаларидан бутун сон чамалаб саналади. 1:10000 масштабда квадрат томони 2 мм бўлса, унинг юзаси 0,04 га, шакл юзаси эса квадрат юзасининг квад-



9.10-расм. График усулда юза аниқлаш схамаси.



а)

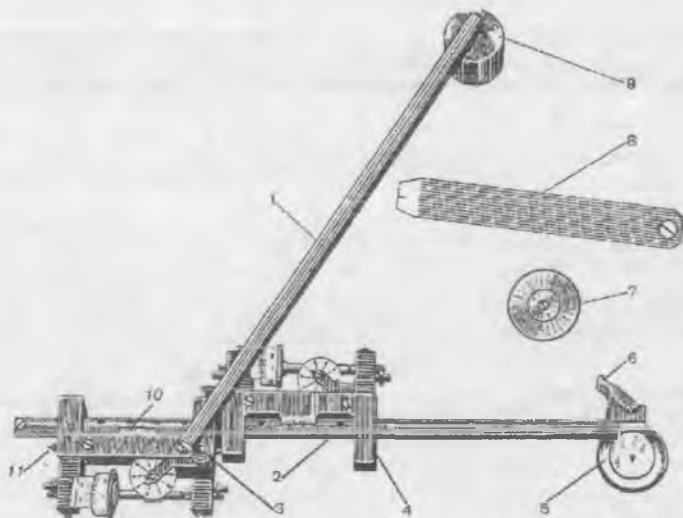


б)

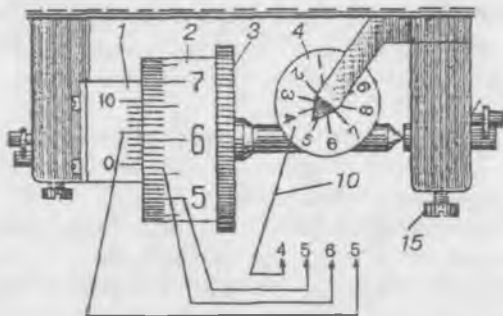
9.11-расм. Юза аниқлаш палеткалари; а—квадратли; б—параллел.

ратлар сонига бўлган кўпайтмасига тенг. Квадратлар сонини санашни енгиллаштириш мақсадида сантиметрли чизиклар йўғонлаштирилади.

Параллел палетка — шаффоф асосга ораликлари $h=2$ мм қилиб ўтказилган қатор параллел тўғри чизиклардан иборат (9.11, б-расм) бўлиб, 10см^2 гача бўлган шакллар юзасини аниқлашда қўлланилади. Юзани аниқлаш учун палетка шакл устига унинг чеккадаги k , c нуқталари чи-



9.12-расм. а Кутбли планиметр ПП-2К; 1—кутб ричаги, 2—айланма ричаг; 3, 4—саноқ олиш механизми, 5—айлантириш индекси, 6—даста, 7—штифт, 8—винт, 9—юк остидаги кутб, 10—верньер, 11—винт.



9.13-расм. ПП—2К қутбли планиметр саноқ олиш механизми;
12—верньер, 13—ҳисоблаш филдираги, 14— ҳисоблаш гардиши,
15— циферблат, 16—саноқ — 4565, 17—винт

зиқлар ўртасида ётадиган қилиб қўйилади. Бунда палетка чизиқлари шаклни баландлиги чизиқлар орасидаги h масофага тенг бўлган трапецияларга бўлади. Ўлчагичда трапеция ўрта чизиқлари узунликлари масштабда топилиб, шаклнинг умумий юзаси

$$P = h(S_{12} + S_{34} + \dots S_{n-1, n}) \quad (9.22)$$

формулада ҳисобланади.

Мисол. Ўрта чизиқ узунликлари йиғиндиси 551 м, план масштаби 1:10000 бўлса, шакл юзаси $P = 20 \times 551 = 11020 \text{ м}^2$ бўлади.

9.9. Юзани механик усулда аниқлаш

Юзани бу усулда аниқлаш учун саноқ олиш механизми (9.13-расмга қ.) қутбли планиметр қўлланилади (9.12-расм). Қутбли планиметр асосан қутб ричаги 1, ўзгучан узунликли айлантириш ричаги 2, 3 ва 4 қареткалардан ташкил топган. Қутб ричагининг бир охирида игнали юкча — қутб 9, иккинчи охирида ричаглари туташтирувчи шарнир 7 жойлашган. Қутб планда игнани санчиш орқали маҳкамланади. Айлантириш ричаги 2 доира марказида айлантириш индекси (нуқтаси) бўлган ойна 5 ва даста 6 билан туташтирилган. Ричаг R узунлигини санаш аниқлигини оширадиган верньер 12 бор. Саноқ олиш механизми) 9.3-расмга қ.) ҳисоблаш филдираги 13, унинг бутун айланишлар сонини санайдиган филдирак 15 дан иборат. Ҳисоблаш филдирагидан саноқ олиш учун верньер 12 бор. Ҳисоблаш филдираги айлантириш ричаги ўқиға параллел бўлган ўқда айланади. Айланиш узаткич орқали циферблат 15 га

узатилади. Ҳисоблаш гилдираги 100, циферблат 10 қисмга бўлинган. Верньер 12 ҳам 10 қисмга бўлинган бўлиб, унинг ёрдамида ҳисоблаш гилдирагининг мингдан бир улуши — бўлак қиймати саналади.

Ҳисоблаш механизмидан саноқ ҳар доим тўрт рақамли циферблат 15, ҳисоблаш гилдираги 13 ва верньер 12 санокларидан иборат, 9.13-расмда саноқ 4565. Планиметрда юзани аниқлаш учун қутб маҳкамланиб, шаклда бошланғич нуқта белгиланади. Айлантириш индекси нуқта устига қўйилиб, саноқ мосламасидан u_1 саноқ олинади. Кейин айлантириш индекси шакл бўйича соат мили йўналишида бошланғич нуқтага қайтгунча юргизилади ва иккинчи u_2 саноқ олинади. Саноклар айирмаси $u = u_2 - u_1$ шакл юзасининг планиметр бўлақларида ифодаланган қийматига тенг бўлади. Планиметр бир бўлаги қиймати p маълум бўлганда шакл юзаси куйидаги формулада ҳисобланади:

$$P = up. \quad (9.23)$$

Планиметр бўлагининг назарий қиймати

$$p = R\tau, \quad (9.24)$$

бунда R — айлантириш ричаги узунлиги, верньер 10 дан топилади (9.12-расм), $\tau = 0,006$ мм — планиметр ҳисоблаш гилдираги узунлигининг мингдан бир бўлаги қиймати.

Одатда юзани аниқлашдан олдин планиметр бўлак қиймати юзаси маълум бўлган квадратни қутбнинг ўнг (ҚЎ) ва қутбнинг чап (ҚЧ) ҳолатда икки мартадан айлантириб, топилган саноклар ўртачаси u бўйича (9.23) формула ёрдамида ҳисобланади:

$$p_1 = \frac{P}{u}. \quad (9.25)$$

Планиметр p_1 қиймати беш хонали белгига қадар топилади ва у кўпинча (5.23) формулада юзаларни ҳисоблашда ноқулайлик туғдиради. Ҳисоблашни енгиллаштириш мақсадида p_1 қиймати яхлит p_2 қийматга, R_1 ни

$$R_2 = \frac{p_2}{p_1} R_1 \quad (9.26)$$

қийматга ўзгартириш орқали келтирилади.

М и с о л. Масштаби 1:10000 бўлган планда квадрат юзаси $P = 100$ га, уни ўлчашда олинган саноклар айирмаси $u = 1025$, ҳисобланган планиметр бўлак қиймати $p_1 = 100 / 1025 = 0,9756$, унга мос бўлган ричаг узунлиги $R_1 = 163,6$ бўлсин.

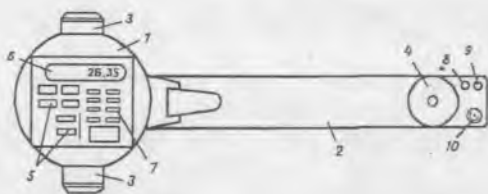
$R_2=0,1$ бўлиши учун ричаг узунлиги (9.26) формулага кўра $R_2=0,1 \times 163,6/0,09756=167,7$ қийматга ҳисоблаш мосламасини суриш орқали эришилади. *Планиметр тўғри ишлаши учун ҳисоблаш филдираги гардишидаги чизиқчалар йўналиши айлантириш ўқиға параллел бўлиши керак.* Шартни текшириш учун кутб нуқтаси ўзгартирилмасдан, майдон чегараси кутбнинг \dot{Y} ва $\dot{Ч}$ ҳолатида айлантириб чиқилади. Ҳисобланган саноклар айирмаси 3 бўлакдан ошмаса, шарт бажарилган бўлади. Акс ҳолда чизиқчалар ва айлантириш ричаги орасидаги бурчак 11 винт (9.12-расм) ёрдамида тузатилади. Шундан кейин текшириш қайтадан тақрорланади.

9.14-расмдаги ПП-М кутбли планиметрни текшириш, тузатиш ва унда юза ҳисоблаш ҳам юқорида ёзилган тартибда олиб борилади.

Планиметр билан ишлашда план усти текис, силлиқ горизонтал столға ёки чизма тахтасига ётқизилади ва маҳкамланади. Айлантириш индекси шакл бўйича юргизилади, бунда айлантириш ва кутб ричаги ораларидаги бурчак 30° кам в 150° катта бўлмаган ва ҳисоблаш филдираги пландан ташқарига чиқмаган ҳолатда кутб шаклдан ташқарига ўрнатилади. Кейин бошланғич нуқта танланади, айланиш индекси нуқта билан туташтирилади ва u_1 санок олинади. Шаклни айлантириш соат мили йўли бўйича, аста, силкитмасдан бир хил тезликда, айлантириш нуқтасининг шакл чегараси чизиғида олиб борилиши керак. Айлантириш бошланғич нуқтада тугатилиб, ҳисоблаш мосламасидан иккинчи u_2 санок олинади. Натижани текшириш мақсадида ҳар бир шакл камида икки мартадан айлантирилиб, саноклар айирмалари фарқи 3 бўлакдан ошмаса, уларнинг ўртача қиймати топилади ва юза ҳисобланади. Планиметрда юза ўлчаш яхши шароитда бажарилса, унинг чекли нисбий хатолиги $1/400$ атрофида бўлади.



9.14-расм. ПП-М кутбли планиметр: 1—кутб, 2—кутбли ричаг, 3— санок олиш механизми 4—айланиш ричаги, 5—айлантириш индекси, 6—даста



9.15-расм. X—PLAN 360d рақамли планиметри (Япония).

Юзаларни аниқлашда чизиқли планиметрлар, санок олиш ва юза ҳисоблашнинг тўла автоматлаштирилган «Стенли» (Англия) планиметри, санокларни олиш, юзаларни ҳисоблаш ва ўлчашлар натижаларини чоп этадиган автоматлаштирилган рақамли планиметр X-PLAN 360 d (Япония) (9.15-расм). Расмдаги белгилар: 1—корпус, 2—ричаг, 3—ролик, 4—линза, 5—клавиатура, 6—табло, 7—клавиатура (рақамли), 8—иш режими индикатори, 9—кузатиш режимини улаш клавишаси, 10—нуқтали режимга ўтиш клавишаси. Асбоб карталар, чизмалар, схемалар ва бошқа планли материаллар бўйича шакллар юзалари, чизиқлар узунликларини тез ва сифатли ўлчаш имконини беради. Чизиқлар узунликлари уларнинг икки нуқтасини, тўғри чизиқнинг учи ва охирини фиксациялаш йўли бўйича аниқланади, эгри чизиқли контурлар уларни кузатиш йўли бўйича топилади. Ҳамма ҳолларда бир ўлчаш циклида чизиқлар (контурлар) узунликлари ҳамда шакллар юзалари аниқланади. Ўлчаш натижалари йиғиндисини ва ўртачасини тўпланиши мумкин. Уланган калькулятор ўлчаш натижалари билан ҳар хил амалларни бажариш имконини беради.

10. ТОПОГРАФИК СЪЁМКАЛАР.

10.1. Тригонометрик нивелирлаш

Тахеометрик съёмка катта бўлмаган ёки чизиқли иншоотларнинг ўқлари бўйлаб кенглиги тор майдонларининг йирик масштабли топографик планларини қисқа муддатда тузиш учун қўлланилади. Тахеометрик съёмкани бажариш учун кўпинча теодолит ва рейка қўлланилади. Кўчирилдиган нуқтанинг планли ва баландлик ўрнини аниқлаш учун керак бўлган қийматлар асбоб трубасини нуқтага бир қаратишда топиш ҳисобига тезликка эришилади. Бунда теодолитда горизонтал ва вертикал бурчаклар, ипли дальномерда масофа аниқланади.

Нисбий баландлик тригонометрик нивелирлаш усулида ўлчанган масофа ва қиялик бурчаги орқали ҳисобланади. Бу усулда теодолит A ва B нуқталар (10.1-расм) орасидаги h нисбий баландликни топиш учун теодолит A нуқтага ўрнатилади, унинг i баландлиги рейкада ўлчанади. Труба B нуқтага ўрнатилган рейка (ёки вежа) нинг M нуқтасига қаратилиб, ипли дальномерда масофа D ва қиялик бурчаги ν вертикал доирада ўлчанади (10.1-расмда):

$$h = S \operatorname{tg} \nu + i - l, \quad (10.1)$$

бунда $S=AB$ чизиқ горизонтал қуйилиши, ν — қиялик бурчаги, l — кузатиш баландлиги. (10.1) формула тригонометрик нивелирлаш формуласи дейилади.

Геодезияда кўпинча қиялик бурчаги ν ўрнига зенит оралиғи z ўлчанади. Уни (10.1) формуладаги ν ўрнига қўйилса $\nu = 90^\circ - z$ бўлганидан

$$h = S \operatorname{ctg} z + i - l, \quad (10.2)$$

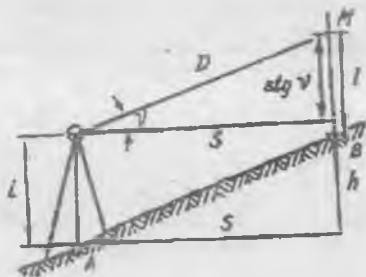
бу ифода геодезик нивелирлаш формуласи дейилади ва катта масофаларда нисбий баландликларни теодолитда ўлчашда қўлланилади.

Кўпинча ҳисоблашларни енгиллаштириш мақсадида рейкадаги кузатиш баландлиги l асбоб баландлиги i га тенг қилиб белгиланади. У ҳолда (10.1) ифода қуйидаги кўринишга келади:

$$h = S \operatorname{tg} \nu \quad (10.3)$$

ва (10.3) ифода қия нурда нивелирлаш формуласи дейилади.

Тахеометрик съёмкани бажаришда қия масофа D ипли дальномерда ўлчанганлиги учун унинг горизонтал қуйилиши



10.1-расм. Тригонометрик нивелирлаш схемаси.

$$S = D \cos^2 \nu \quad (10.4)$$

формулада ҳисобланишини эътиборга олсак,

$$h = \frac{D}{2} \sin 2\nu. \quad (10.5)$$

(10.4), (10.5) нинг қийматлари микро ЭҲМ да ёки махсус тахеометрик жадвалларда топилади [28].

(10.1) формулани келтириб чиқаришда сатҳий сирт горизонтал текисликни ифодалайди ва қараш нури тўғри чизиқ деб фараз қилинган. Ҳақиқатда эса қараш нури ҳар хил зичликдаги атмосфера қатламларида синишидан рефракция эгри чизиғи JM' бўйича кетмай, JM бўйича кетади ва рефракция хатолиги $MM' = r$ ҳосил бўлади. 10.2-расмга кўра

$$h + l + r = B_1E + ED + DM', \quad (10.6)$$

$B_1E = i$ — асбоб баландлиги. Ундан кейин (1.6) формулага кўра $ED = p$ Ер эгрилигини жой нуқталари баландликларига таъсирини ифодалайди. (10.6) формуладан

$$h = EM' + i - l + p - r. \quad (10.7)$$

EM' қийматини JMM' учбурчакдан топамиз. Ундаги JMM' бурчак 90° дан нивелирланувчи нуқталар орасидаги масофа 20 км гача бўлганда l' дан кам фарқ қилади, шу сабабли уни тўғри чизиқ деб ҳисоблаш мумкин. У ҳолда $JE = S$, $p = k$ (1.5-§) ва $EM' = S \operatorname{tg} \nu$ эканлигидан

$$h = S \operatorname{tg} \nu + i - l + k - r, \quad (10.8)$$

бу ерда k — ер эгрилиги учун тузатма, r — рефракция учун тузатма, уларнинг биргаликдаги таъсири тузатмасини $k - r = f$ билан белгиласак,

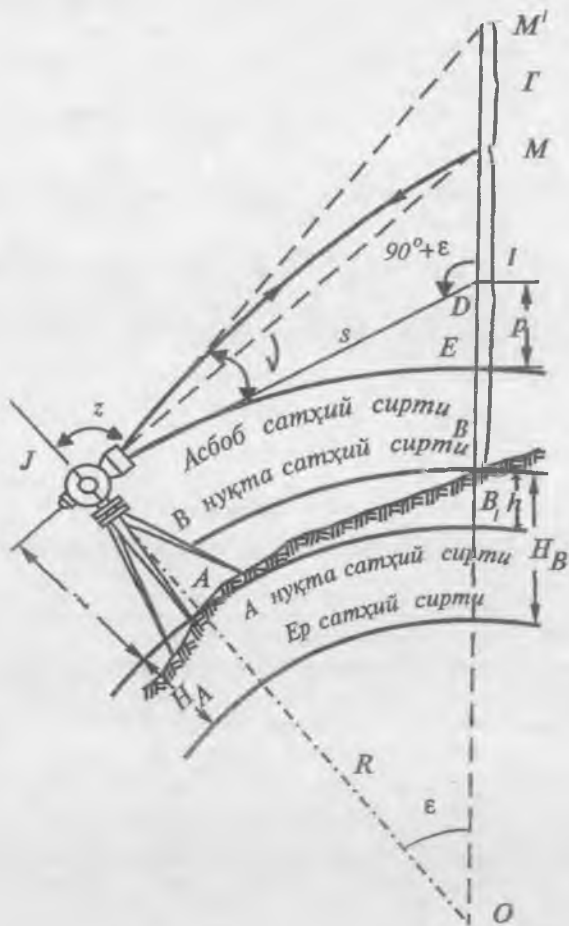
$$h = S \operatorname{tg} \nu + i - l + f, \quad (10.9)$$

бундаги

$$f = 0,42S^2 / R. \quad (10.10)$$

Агар (10.10) формулада Ер радиуси $R \approx 6400$ км қўйилса ва рейкагача масофа юз метрларда ифодаланса,

$$f = 0,66S^2. \quad (10.11)$$



10.2-расм. Нисбий баландликни тригонометрик нивелирлаш усулида аниқлаш.

Агар $S = 300$ м бўлса, $f = 1$ мм, яъни у сезиларли ва уни ҳисобга олмаслик мумкин эмас.

(10.9) формула аниқ теодолитларда катта ораликдаги нуқталар ўзаро нисбий баландликларни аниқлашда ҳамда электрон тахеометрларда топографик сьемкаларни бажаришда қўлланилади.

10.2. Тахеометрик съёмкани бажариш (3- ҳисоб-чизма иш)

Тахеометрик съёмка тахеометрик йўл асосида бажарилади. *Тахеометрик йўл* деб ҳамма томонлари, улар орасидаги горизонтал бурчаклари ҳамда ҳар бир нуқтасидан ёндош нуқталарга вертикал бурчаклари ўлчанган жойда ясалган очиқ ёки ёпиқ кўпбурчакка айтилади (10.3-расм). Тахеометрик йўлга киритилган ҳамма нуқталарнинг планли ва баландлик ҳолатлари аниқланади.



10.3- расм. Тахеометрик йўл схемаси

Тахеометрик съёмкада контурлар ва рельеф нуқталари бекатда тахеометрик йўлга нисбатан қутб усулида қуйидаги тартибда съёмка қилинади:

1. Теодолит иш ҳолатига келтириб, унинг баландлиги ўлчанади ва рейкада белгиланади, лимб маҳкамланади.

2. Орқадаги ва олдиндаги нуқталарга ўрнатилган рейкаларга труба қаратилиб, ипли дальномерда масофа, горизонтал ва вертикал доиралардан саноклар олинади. Доиранинг бошқа ҳолатида ҳам бу иш такрорланади.

3. Алидада ва лимбнинг нолинчи штрихлари туташтирилиб, труба олдиндаги нуқтага қаратилади, лимб бунда йўл томонига нисбатан ориентирланган бўлади.

4. Лимб қўзғалмас ҳолатида контурлар ва рельефнинг характерли (рейкали) нуқталарига ўрнатилган рейкадан дальномерда масофа, горизонтал ва вертикал доиралардан саноклар олинади.

5. Съёмка тугагач, олдинги нуқтадан олинган санок бошланғич санокдан $2'$ дан ортиқ фарқ қилмаслиги текширилади. Ўлчаш натижалари тахеометрик съёмка журнаliga ёзилади (10.1-жадвал). Асбоб турган съёмка нуқтаси (бекат), рейка ўрнатилган контур ва рельеф нуқталари тартиб рақамлари абрисда (10.4-расм) кўрсатилади, бир хил нишаблиқда ётган нуқталар миллир билан белгиланади, бу план тузишда, горизонталлар ўтказишда керак бўлади.

Тахеометрик съёмка журнали

Нукта-лар гартиб рақами	Саноклар			Қия-лик бурча- ги δ ,	Гори-зонтал қуйи-лиш. $S, м$	Нис-бий ба-ланд-лик, $h, м$	Нукта ба-ланд-лиги, $H, м$	Изоҳ
	Рейка-дан	Гориз. доира-дан	Верт. доира-дан					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I бекат			$H_{\text{I}}=0,01$			$H_1=$	38,42	
A	126°15'	Ў						$i-l=0$
II	29°43'							
		$\beta_1=96°31'$	-1°36'	1°37'	105,1			
A	128,54	Ч						
II	105,2	32°24'	1°38'	1°37'	105,1	2,97		
II		0°00'						
1	45,5	27 32	1 30	1 29		1,18	39,60	
2	96,2	47 16	-0 59	-1 00	96,2	-1,68	36,74	
3	46,8	73 48	-2 36	-2 37	46,7	-2,13	36,29	
4	91,1	87 35	-2 37	-2 38	90,9	-4,18	34,24	
5	36,4	156 24	-2 39	-2 40	36,3	-1,69	36,73	
6	47,4	230 40	-3 58	-3 59	47,2	-3,28	35,14	
7	60,2	288 16	-1 19	-1 20		-1,40	36,83	
II бекат			$H_{\text{II}}=0°00$			$H_{\text{II}}=41,44$		
I		323°34'	- 1 39					
III		96°12'	- 044					
II		$\beta_{\text{II}}=227°23'$	Ч					
I	105,0	328 46	1 39	1 39	105,0	3,02		
III	116,3	101 22	0 44	0 44	116,3	1,49		
III		0°00'						
8	50,3	17 16	- 120	- 120		- 1,17	40,06	
9	65,3	85 34	- 3 46	- 3 46	65,0	-4,28	37,15	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	58,5	115 20	- 2 23	- 2 23	58,4	- 2,43	39,00	
11	35,1	173 25	4 09	- 4 09	34,9	- 2,54	38,89	
12	47,8	244 56	1 09	- 1 09		- 0,96	40,47	
13	52,4	297 16	- 3 28	- 3 28	52,2	3,16	38,26	
14	78,6	325 44	- 2 02	- 2 02	78,5	- 2,79	38,64	
III бекат			Ў	НЎ=0°01'		Н _{III} = 42,96		i-l=0
II		238°13'						
B		138°48'						
		β _{III} =99°26'	Ч					
II	116,4	240 56	0 45	- 0,44		- 1,49		
B		14029						
II		0°00'						
15	57,2	60 16	- 3 40	3 41	57,0	- 3,67	39,29	
16	52,1	97 26	- 2 07	2 08	52,0	- 1,94	41,02	
17	43,9	143 15	- 2 20	2 21	43,8	- 1,62	41,30	
18	42,3	267 15	- 3 37	3 38	42,3	- 2,57	40,28	
19	78,1	302 10	- 2 24	2 25	77,6	- 3,29	39,57	
20	40,0	339 16	- 1 24	1 25	40,0	- 0,99	41,97	

Ҳисоблаш ва план тузишда қуйидаги ишлар бажарилади:

а) дала қайдномалари текширилади ва тахеометрик йўл схемаси тузилади;

б) тахеометрик йўл n бурчаклари ва n томонлари узунликлари боғланмасликлари f_B ва f_S ҳисобланади ва улар қийматлари тегишлича

$$f_B \leq f_{\text{чеки}} = 1,5\sqrt{n}; f_S \leq f_{\text{чеки}} = \sum S / 400\sqrt{n_1}$$

бўлса, улар тенглаштирилади ва бекатлар H_6 баландликлари ҳисобланади.

в) рейкали нуқталар баландликлари H_0 ва (10.5) формулада топилган нисбий баландликлар орқали

$$H_i = H_0 + h_{0i} \quad (10.7)$$

формулада ҳисобланади;

г) чизма қоғозда тахеометрик йўл румблар ва чизиқ узунликлари ёки координаталар бўйича туширилади, уларга нисбатан рейкали нуқталарнинг ўрни кутб усулида аниқланади, ёзилган баландликлари бўйича горизонталлар ўтказилади, контурлар туширилади;

д) қаламда тузилган план жой билан таққосланади ва план расмийлаштирилади.

10.2-жадвалда 2ТЗ0П теодолити ва РН-10 рейкаси ёрдамида бажарилган тахеометрик съёмка натижалари — далада ипли дальномерда ўлчанган масофа D қийматлари, горизонтал ва вертикал доиралардан саноқлар тегишлича 2, 3, 4-устунларда келтирилган. Очиқ тахеометрик йўл АI-IIIВ томонлари дирекцион бурчаклари a_{AI} , $a_{IIIВ}$ координаталари x_P , y_I , x_{III} , y_{III} , баландликлари H_I , H_{III} маълум I ва III пунктлар бўйича ўтказилган (10.3-расм).

10.2 - жадвал

Тахеометрик йўл учларининг баландликларини ҳисоблаш қайдномаси

Нуқталар тартиб рақами	Масофа S_{100} , м	Нисбий баландлик, м				Нб. м
		Тўғри	Тесқари	Ўртача	Тузатилган	
I	1,1	2,97	- 3,02	+2 +3,00	+3,02	38,42
II	1,2	1,49	- 1,49	+3 +1,49	+1,52	41,44
III						42,96
$\Sigma S_{100} = 2,3$				$\Sigma h_{\text{ш}} = 4,49$		

$$\Sigma h_H = H_{III} - H_I = 42,96 - 38,42 = 4,54 \text{ м};$$

$$f_h = \Sigma h_{\text{ш}} = \Sigma h_H = 4,39 - 4,54 = 0,05 \text{ м};$$

$$fh_{\text{чек}} = 0,04 \Sigma S_{100} / \sqrt{h_1} = 0,04 \cdot 2,3 / \sqrt{2} = 0,07 \text{ м};$$

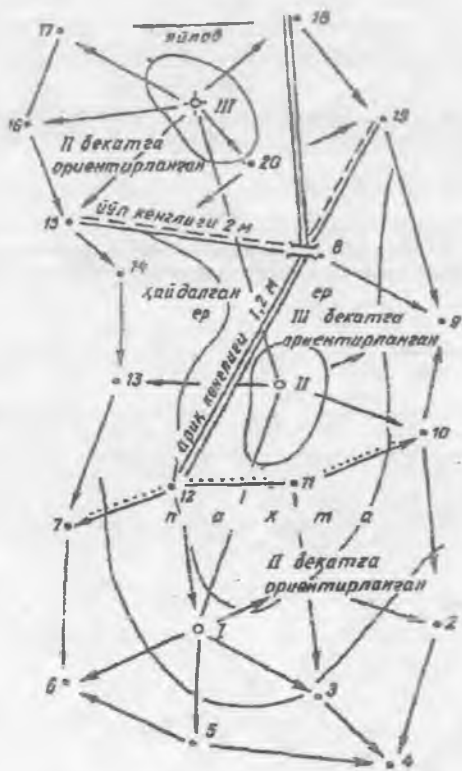
Ҳисоблаш ишларини бажаришда ҳар бир бекат учун ноль ўрни (5.2) формулада ҳисобланади. I бекатда $H\bar{U} = (-1^{\circ}36' + 1^{\circ}38')/2 = 0^{\circ}01'$ қайдноманинг бекатга тегишли қаторига келтирилган.

5-устундаги қиялик бурчаклари (5.3) — (5.5) формулаларда ҳисобланади: I—II ва I—I чизиқлар қиялик бурчаклари $v_{I-II} = 1^{\circ}30' - 0^{\circ}01' = 1^{\circ}29'$; $v_{I-I} = -0^{\circ}59' - 0^{\circ}01' = -1^{\circ}00'$.

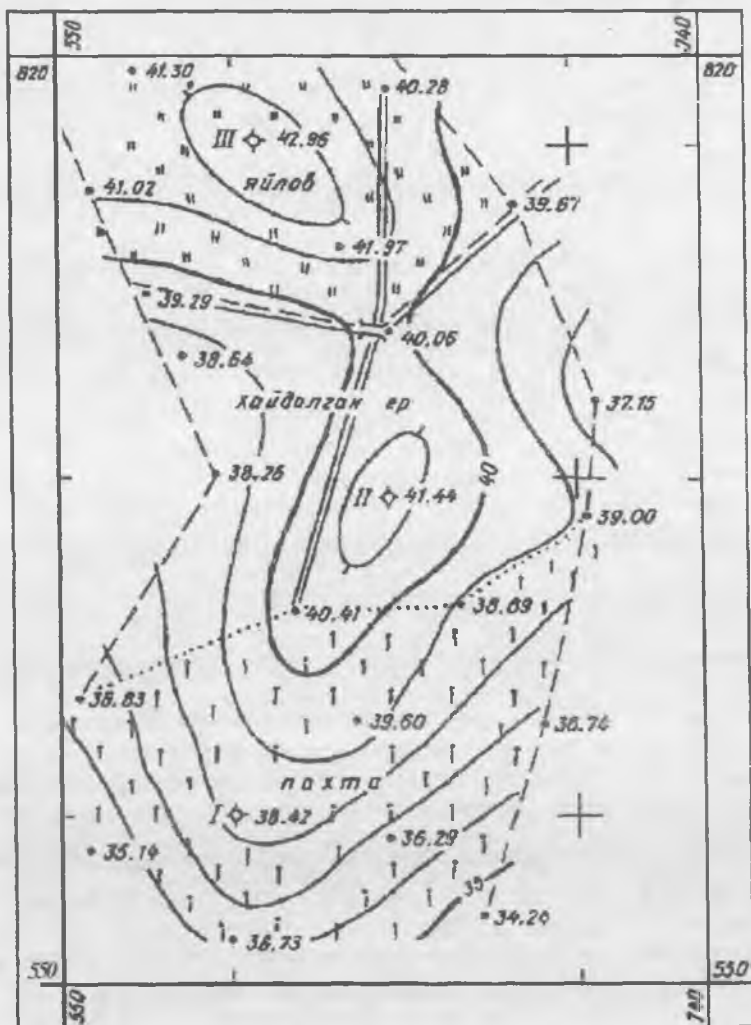
6-устундаги D_{I-II} , D_{I-III} қия масофаларнинг горизонтал қуйилишлари қийматлари (10.6) формулага кўра

$$S_{I-II} = 105,2 \cos^2 1^{\circ}37' = 105,1 \text{ м};$$

$$S_{I-III} = 46,8 \cos^2 2^{\circ}37' = 46,7 \text{ м}.$$



10.4-расм. Тахеометрик съёмка абрис: I—III бекатлар



10.5-расм. Тахеометрик съёмка 2002, 1:1000,
Рельеф кесими баландлиги 1 м.

7-устундаги h_{1-II} , h_{1-I} нисбий баландликлар қийматлари (10.5.) формула асосида

$$h_{1-II} = \frac{105,2}{2} \sin 2(1^{\circ}37') = 2,97 \text{ м};$$

$$h_{1-1} = \frac{45,5}{2} \sin 2(1^\circ 29') = 1,18 \text{ м.}$$

8-устундаги 1 ва 2 рейкали нуқталар баландликлари (10.7) формула бўйича

$$H_1 = 38,42 + 1,18 = 39,6 \text{ м; } H_2 = 38,42 - 1,68 = 36,74 \text{ м}$$

ва бошқа қийматлар келтирилган тартибда ҳисобланган.

Тахеометрик йўл II учи координаталарини ҳисоблаш теодолит йўли сингари бажарилган ва 10. 3-жадвалда келтирилган. Фақат бунда ўлчанган бурчакларнинг назарий қийматлари (9.5) формулада

$$\sum \beta_H = a_{A1} + n \cdot 180^\circ - a_{III B} = 303^\circ 18' + 3 \cdot 180^\circ - 59^\circ 56' = 423^\circ 22',$$

координата орттирмалари боғланмаслиги эса қуйидагича ҳисобланган:

$$f_x = \sum \Delta x - (x_{III} - x_1) = 202,69 - (802,90 - 6000,00) = -0,21 \text{ м;}$$

$$f_y = \sum \Delta y - (y_{III} - y_1) = 6,34 - (606,17 - 6000,00) = -0,17 \text{ м.}$$

Тахеометрик йўлнинг II бекат баландлигини ҳисоблаш натижаси 10.2- жадвалда келтирилган. План тузишда (10.5-расм) квадратлар тўри масштаб чизиғи ва ўлчагичда ясашиб, тахеометрик йўл учлари координаталар бўйича туширилган, рейкали нуқталар ўрни қутб координаталари усулида аниқланган ва ёзилган баландликлар бўйича абрис (10.4-расм) га асосланиб рельеф кесими баландлиги 1м бўлган горизонталлар ўтказилиб, жой рельефи тасвирланган, контурлар туширилган. План шартли белгилар асосида расмийлаштирилган. [21]

10.3. Тахеометрик съёмкани автоматлаштириш тўғрисида тушунча

Ҳозирги даврдаги геодезик асбобсозликнинг ажралиб турадиган жиҳатларидан асосийси илғор замонавий технологияларни қўллаш билан боғлиқ бўлган технологик сакраш бўлди. Замонавий геодезик асбоблар фақат оптик асбоблар бўлиб қолмай, балки компьютерлаштирилган оптик электрон системалар йўналишида ривожланмоқда ва геодезик асбоблар ишлаб чиқарувчилар анъанавий оптик

Тахеометрик йўл учлари координаталарини ҳисоблаш қайдномаси

Нуқта лар тар- тиб рақами	Гориз.бурчаклар		Ди- рек- цион бур- чак- лар, α	Гори- зонтал қуйилиш- нинг бажари- лиш тарти- би, S, м	Координата орттирмалари, м				Координаталар, м	
	ўл- чан- ган, β_1	туза- тилгани, β			ҳисоблангани		тузатилгани		x	y
					Δx	Δy	Δx	Δy		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A			303°18							
I	96°31	96° 32	26 46	105,05	+10 93,79	-8 47,31	93,89	47,23	600,00	600,00
II	227 23	227 23	339 23	116,35	+11 108,90	-9 40,97	109,01	41,06	693,89	647,23
III	99 26	99 27	59 56						802,90	606,17
B										
$\sum \beta_{a=}$	423°20'			$\Sigma_s = 221,4$	+202,69	6,34	-202,90	+6,17		
$\sum \beta_{n=}$	423°22'				+202,90	+6,17	+202,90	+6,17		
$f_{\beta} =$	2'									
$f_{\beta_{чеки}} =$	3'				-0,21	+0,17	0,00	0,00		
					$f_s = \sqrt{0,21^2 + 0,17^2} = 0,27 \text{ м}; f_{S_{чеки}} = 221,4 / 400 \sqrt{2} = 0,39 \text{ м}$					

асбоблар билан биргаликда замонавий оптик электрон асбоблар — электрон теодолитлар, тахеометрик станциялар, электрон (рақамли), лазерли нивелирлар, рулеткалар ва бошқа асбоблар ишлаб чиқаришмоқда. Бундай асбобларнинг кўпчилиги механик блок, оптик блок ва таркибида ўлчаш модули, ҳисоблаш модули ва интерфейсли модуль бўлган электрон блокдан иборат. [14]

Электрон тахеометрик станциялар энг оммавий бўлиб, кўп фирмалар томонидан чиқарилмоқда. Ҳар бир фирма ўз асбобларини кодлаш системасига эга. Улар одатда маълум аниқлик диапазонини қамраб оладиган бир авлод асбобларининг 3 синфи (серияси) чиқарилади. Ҳар бир серияда ўрнатилган диапазон доирасида аниқлиги, автоматлаштириш даражаси ва қўшимча функцияларнинг ҳар хил тўплами бўйича фарқланадиган бир неча модификацияси бўлади. (96-бетдаги расмга қ.)

Тахеометрик станциялар масофаларни ва бурчакларни бевосита ўлчаш — кутбли съёмка, режалаш ишлари, масофани воситали аниқлаш, баландликни аниқлаш, махсус ишларни — доиравий қабуллар усулида, доиравий эгрларни режалаш, фасадли съёмка, полигонометрияни ўрнатиш ва бошқа махсус ишларни бажаришда қўлланилади.

Замонавий электрон тахеометрик станциялар автоматлаштириш даражасига кўра механик, моторлаштирилган, роботлаштирилган (радиоалоқа орқали олисдан моторлаштирилиб бошқариладиган)ларга бўлинади.

Бурчакли ва чизиқли ўлчаш аниқлиги бўйича улар тегишлича: ўртача аниқликда — $m_p = 3 - 5''$; $m_s = 5 + [5 - 3]$ мм/км; аниқ $m_p = 2 - 3''$; $m_D = 3 + [3 - 2]$ мм/км ва юқори аниқликда $m_p = 1''$; $m_D = 1 + [2 - 1]$ мм/км ўрта квадратик хатоликлар билан ўлчайдиганларга бўлинади.

Дастурли таъминоти, маълумотларни сақлаш, узатиш тури ва қўшимча функциялари бўйича: механик-изловчи нур; позицияли нур; марказлаштиргич, моторлаштирилган аниқ автоматик йўналиштириш; қайтаргични автоматик кузатиш, роботлаштирилган (қўшимча) идентификатор бўйича қайтаргични излаш; қайтаргичдан радиомодем бўйича дистанцияли бошқариш кабиларга бўлинади.

Топографик съёмкалар аънавий геодезик асбоблар, шунингдек, замонавий электрон асбобларда ҳам бажарили-

ши мумкин, ammo съёмка методлари аввалгидек қолади. Горизонтал ва вертикал съёмкалар кўпинча қутбли усулда бажарилади, бунда электрон асбобларда координаталарни топиш аниқлиги юқори.

Электрон тахеометрларнинг пайдо бўлиши билан тахеометрик съёмкани тўла ва қисман автоматлаштириш имкони туғилди. Бунда электрон тахеометр съёмкали нуқталарда ўрнатилади ва пикетли нуқталарга тахеометр комплектига кирадиган қайтаргичли вехалар қўйилади. Бу ҳамда ёндош ва съёмкали нуқталардаги вехаларга асбоб трубаши йўналтирилганда горизонтал ва вертикал бурчаклар ҳамда уларгача масофа автоматик режимда аниқланади. Тахеометрнинг микроЭХМи ўлчаш натижаларига автоматик тарзда ишлов беради ва Δx , Δy орттирмаларни, ёндош съёмкали ҳамда пикетли нуқталаргача нисбий баландликларни аниқлайди. Бунда ўлчанадиган масофаларга ва ўлчанадиган бурчакларга асбоб вертикал ўқини қиялиги таъсири учун ҳам тузатмалар автоматик тарзда ҳисобга олинади. Ўлчашлар натижалари махсус хотира (информация йиғувчи) мосламаларига киритилиши ёки магнитли кассетага ёзилиши мумкин. Кейинчалик информация магнитли кассетадан — йиғувчидан ЭХМга киради, у махсус дастур бўйича ўлчашлар натижаларини якуний ишловини бажаради, съёмкали ва пикетли нуқталарнинг координаталарини ҳисоблашни, жой топографик планини графикали ясаш ва жойнинг рақамли моделини тузиш учун зарур бўлган ҳисоблашларни ўз ичига оладиган ўлчашлар натижаларини топографик планини ясашни ЭХМ билан уланган графо-построителда амалга оширилади.

Тотал станция ЗТА 5 (Электрон тахеометр ЗТА5 — Россия). Электрон тахеометр ЗТА5 (6.8,6-расм) ерларни рўйхатга олиш, ер кадастрини яратиш ва янгилаш, ер ажратиш масалаларини ечиш (лойиҳани жойга кўчириш)да йирик масштабни топографик съёмкаларни бажариш учун мўлжалланган. Тахеометрда қутбли ва тўғри бурчакли координаталарни, баландлик белгиларини, ер участкалари юзаларини ҳамда горизонтал қуйилишларини ўлчаш ҳам мумкин. Ўлчашлар натижалари РСМСТА турдаги персонал компьютерга бевосита узатилиши мумкин. Бир қабулда бурчакни ўлчаш ўрта квадратик хатолиги горизонтал бурчакники — $5''$; вертикал бурчакники — $5''$; қия масофа-

ники — $D = (5 + 3D \times 10)$ мм. Масофани ўлчаш вақти аниқ режимда 6", узлуксиз режимда 3".

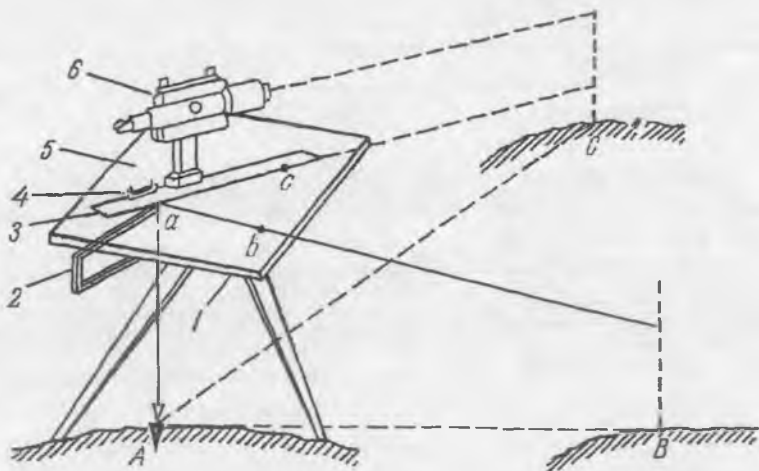
10.4. Мензула съёмкаси

Мензула съёмкаси кичик майдонларнинг топографик планини мензула ва кипрегель ёрдамида далада бевосита тузишда қўлланилади. Съёмкани бажариш жойдаги айрим нуқталарнинг планшетдаги ўзаро ҳолатини график усулда аниқлашга асосланган. Бунда нуқталаргача бўлган масофа кипрегель дальномери ва рейка ёрдамида ўлчанади, горизонтал бурчаклар ўлчанмай, график яшаш йўли билан ҳосил қилинади.

Далада тузилган топографик план жой билан таққосланади, бу эса съёмканинг афзаллиги ҳисобланади. Мензула съёмкасини бажариш учун зичлаш съёмка тармоғи жой шароити ва съёмка масштабига қараб аналитик ёки график усулларда барпо этилади. Аналитик усулга теодолит ва тахеометрик йўллари киради, уларнинг учлари баландликлари рельеф кесими 1 м гача бўлганда геометрик нивелирлаш усулида аниқланади. Иш бошлагандан аввал планшет тайёрланади — сифатли чизма қоғоз алюминий ёки фанерга тухум оқи ёки крахмал ёрдамида ёпиштирилиб, унда квадратлар тўри ясалади, съёмка асоси нуқталари координаталари бўйича туширилади, баландликлари ёзилади. Планшет мензула тахтасига маҳкамланади, усти (калька) шаффоф қоғоз билан қопланади. Съёмкани бажариш учун мензула жой нуқтаси (бекат)да ўрнатилади — мензула марказлаштирилади, тахтаси горизонтал ҳолга келтирилади ва ориентирланади (10.6-расм).

Мензулани марказлаштиришда съёмка планшетдаги нуқта жойнинг тегишли нуқтаси устига 1:2000 ва ундан йирик масштаб съёмкаларда марказлаштириш айриси ёрдамида, ундан майдороқ масштабли съёмкаларда эса кўз билан чамалаб ўрнатилади.

Мензула тахтаси (планшет) ни горизонтал ҳолга келтириш учун кипрегель чизғичи икки кўтаргич винт йўналишида қўйилиб, улар ёрдамида адилак пуфакчаси ўртага келтирилади. Сўнгра чизғич бошланғич йўналишга перпендикуляр қўйилиб, учинчи винт орқали пуфакча ўртага келтирилади. Бундай кейин чизғичнинг ҳар хил ҳолатида пуфакча ўртада қолиши керак.



10.6-расм. Мензула планшетида горизонтал бурчакни яшаш принципи.
 1 — тахта, 2 — марказлаштириш айриси; 3 — кипрегель чизғичи,
 4 — цилиндрик адилак, 5 — планшет, 6 — кипрегель 7 — штатив.

Мензулани ориентирлашда съёмка планшетидаги ва жойдаги чизикларнинг ўзаро параллеллигига эришилади. Бунда кипрегель чизғичи планшетда асбоб турган нуқта ундан энг олис ва жойда яхши кўринадиган нуқта билан туташтирувчи чизикқа қўйилади. Мензула тахтаси аввал қўлда, сўнгра таглик суриш винтида айлантрилиб, труба кўриш ўқи шу нуқтага мос келишига эришилади. Мензулани ориентирлаш бошқа йўналиш орқали текширилади. Мензулани тахминий ориентирлаш учун буссоль планшет томонига параллел қўйилиб, мензулани бураш орқали унинг мили нолинчи диаметрга келтирилади.

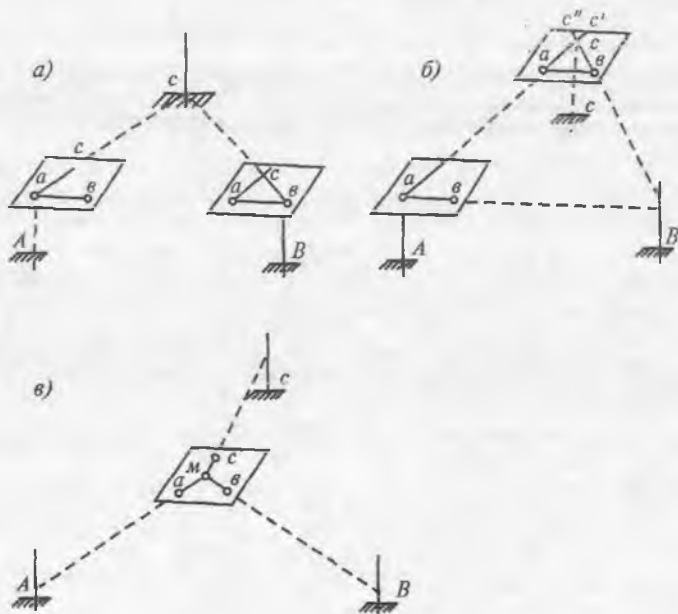
Съёмка бажариш учун планшетдаги пунктлар қуюқлиги етарли бўлмаганда улар съёмка асосли пунктлари — тўғри бирлашган (комбинациялаштирилган), тескари кесиштириш усулларини қўллаб, шунингдек, мензула йўллари учун ўрнатиш орқали зичлантирилиши мумкин.

1. Тўғри кестирма — жойдаги A ва B нуқталарга тегишли планшетдаги a ва b нуқталардан фойдаланиб, жойдаги C нуқтанинг планшетдаги ўрни c ни аниқлаш талаб қилинади (10.7-расм, a). Бунинг учун мензула A нуқтага ўрнатилиб, AB чизик бўйича ориентирланади. Кипрегель чизғичи a нуқта орқали айлантрилиб, кўриш трубаси жойдаги C нуқтага қаратилади ва планшетда ac йўналиш

чизилади. Бундан кейин мензула B нуқтага ўрнатилиб, ba чизиқ бўйича ориентирланади. Кипрегель чизгичи B нуқтага қўйилиб, труба C нуқтага қаратилади, ba ва bc йўналишлар чизилади, ac ва bc чизиқларнинг кесишиш нуқтаси c жойдаги C нуқтанинг планшетдаги ўрни бўлади.

Баён этилган усулда жойдаги бир неча нуқталарнинг планшетдаги ўринлари аниқланса, у *геометрик тармоқ* дейилади.

2. Комбинацияланган кестирма — A ва B нуқталарга нисбатан жойдаги C нуқтанинг ўрнини B нуқтада мензула билан туриш имкони бўлмаганда қўлланилади (10.7-расм, б). Мензула A нуқтада ўрнатилиб ab чизиғи бўйича ориентирланади, кўриш трубаси C нуқтага қаратилиб, ac йўналиш чизилади. Сўнгра мензула C нуқтага кўчирилиб, тахминан марказлаштирилади, ca йўналиш бўйича ориентирланади. Кейин кипрегелни b нуқта атрофида айлантирилиб, *труба жойдаги B нуқтага қаратилади* ва bc йўналиш чизилади, ac ва bc йўналишларининг кесишиш c нуқтаси *изланаётган C нуқтанинг планшетдаги ҳолатини беради*.



10-7-расм. Мензула кестирмалар:
 a — тўғри, $б$ — комбинацияланган, $в$ — тескари.

3. Тескари кестирма (Потенот масаласи). Аниқланаётган нуқтанинг планшетдаги ҳолати учта бошланғич нуқтага нисбатан топилади (10.7-рasm, *в*). Мензула *M* нуқтага ўрнатилиб, буссоль бўйича ориентирланади. Планшетда *a*, *b* ва *c* нуқталарга кипрегель чизгичи кетма-кет қўйилиб, труба жойдаги *A*, *B* ва *C* нуқталарга қаратилади, ҳар гал кипрегель чизгичида йўналиш чизилади. Агар учта йўналиш бир нуқтада кесишмаса, ҳосил бўлган хатолик учбурчаги ичида нуқта белгиланади ва узоқдаги нуқта бўйича мензула ориентирланиб, қайтадан *a*, *b* ва *c* нуқталар орқали жойнинг тегишли нуқталарига труба қаратилади. Бундан кейин ҳамма йўналишлар бир нуқтада кесишса, масала ечилган ҳисобланади. Ўлчанган қиялик бурчаги планшетдан аниқланган горизонтал *S* масофа бўйича топилган нуқталар баландликлари (10.1) формула ёрдамида ҳисобланади.

4. Съёмкани бажаришда тафсилотнинг характерли нуқталари кутб усулида съёмка қилинади, уларга рейка ўрнатилиб, ипли дальномерда масофа аниқланади, сўнгра масштаб чизгичидан фойдаланиб, планшетга туширилади.

Рельеф съёмкаси тафсилот съёмкаси билан биргаликда олиб борилади. Номограммали кипрегелда горизонтал масофа ва нисбий баландликлар аниқланади. Горизонталлар бекатнинг ўзида ўтказилади.

Ҳар хил масштабли съёмкаларда асбобдан рейкагача бўлган масофа 150—350 м ни, пикетлар оралиғи эса план масштабида 2 см ни ташкил этади. Съёмка жараёнида баландликлар ва контурлар калькаси тузилади.

Съёмка тугагач, жой контурлари ва горизонталлар шарти белгилар жадвали [21] бўйича чизилади.

10.5. Мензуланинг тузилиши ва уни текшириш

Мензула (10.6-рasm) мензула тахтаси (планшет) *1*, таглик ва штативдан иборат. Мензула таглиги планшет билан биргаликда икки: юқори ва қуйи қисмдан иборат, юқори қисми суриш ва қаратиш винти *7* воситасида планшет *б* билан бириктирилган диск *5* дан иборат. Планшет ўлчами 60×60 см ли тахта бўлиб, унда металл асос мавжуд ва у кипрегелни ўрнатиш учун хизмат қилади, азимут бўйича *7* винтда сурилади, адилак бўйича *8* винтда ўрнатилади. Металл қуйи қисми юқори қисми билан маҳкамлаш вин-

ти билан туташтирилади. Мензула жиҳозида 1:2000 ва ундан йирик масштабни съёмкаларни бажаришда қўлланиладиган марказлаштириш айриси, тагликда суриладиган ва ноли асбоб баландлигида ўрнатиладиган махсус рейка ва ориентирлаш буссоли бўлади.

Мензулани текшириш

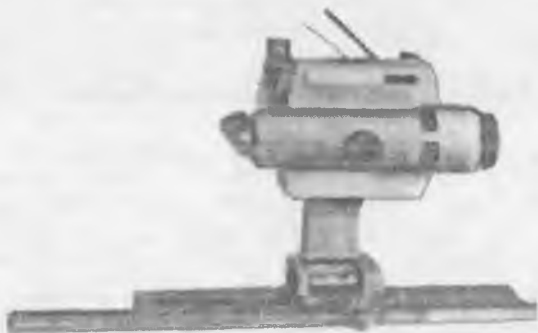
1. *Мензула турғун бўлиши керак.* Мензула иш ҳолатига келтирилиб, кипрегель жойнинг узоқдаги нуқтасига қаратилади. Мензула тахтаси қўлда аста босилиб, сўнгра қўйиб юборилади. Ана шунда иплар тўри ўз ҳолатини ўзгартирмаса, шарт бажарилган ҳисобланади. Акс ҳолда мензула устахонада тузатилади.

2. *Мензула тахтасининг устки сирти текис бўлиши керак.* Кипрегель чизғичи мензула тахтаси устига қўйилганда улар орасидан ёруғлик ўтмаса, шарт бажарилган бўлади.

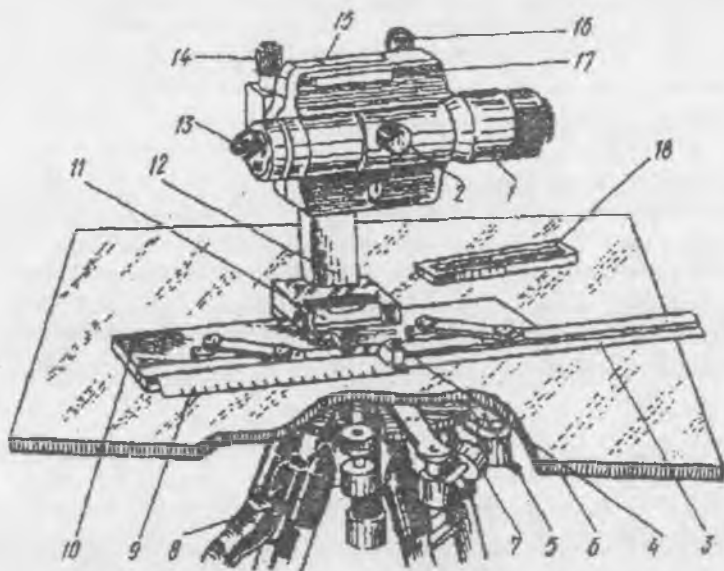
3. *Мензула тахтасининг устки сирти мензула айланиш ўқиға перпендикуляр бўлиши керак.* Кўтаргич винтлар ва кипрегель чизғичидаги адилак ёрдамида мензула тахтаси горизонтал ҳолга келтирилади. Мензула тахтаси мензула айланиш ўқида айлантилганда пуфакча ўртадан уч бўлакдан ортиқ оғмаса, шарт бажарилган бўлади. Акс ҳолда мензула устахонада тузатилади.

10.6. Кипрегелнинг тузилиши ва уни текшириш

Умумий кўриниши 10.8-расмда келтирилган КН кипрегели кўриш трубаси 1, устун 12, асосий 10 ва қўшимча 3



10.8-расм. КН номограммали кипрегелининг умумий кўриниши



а

10.9-расм. КН номограммалы кипрегелининг тузилиши; 1 — кўриш труба-
баси; 2 — кремальера; 3 — қўшимча чизғич; 4 — игнали штифт; 5 — диск;
6 — планшет; 7 — суриш винти; 8 — кўтаргич винти; 9 — масштаб
чизғичи; 10 — асосий чизғич; 11 — цилиндрик адилак; 12 — устун; 13 —
окуляр; 14 — труба қаратиш винти; 15 — вертикал доирадаги адилак;
16 — элевацион винт; 17 — трубадаги адилак.

чизғичлардан иборат (10.9-расм). Кўриш труба-
си кузати-
лаётган нарсанинг тўғри тасвирини беради, кремальера 2
да фокусантирилади, қўзғалмас вертикал доирага нис-
батан айланади. Вертикал доира ҳар бир даражадан 0 дан
50° гача соат мили йўли ва унга тескари йўналишда ёзил-
ган, лимб бўлаги қиймати 5' дан. Вертикал доирадаги ци-
линдрик адилак 15 доира нолини нолга ўрнатишга хизмат
қилади, ноль ўрни ва қиялик бурчаклари қуйидаги

$$H\check{y} = (\check{y} - \check{y}) \quad (10.8)$$

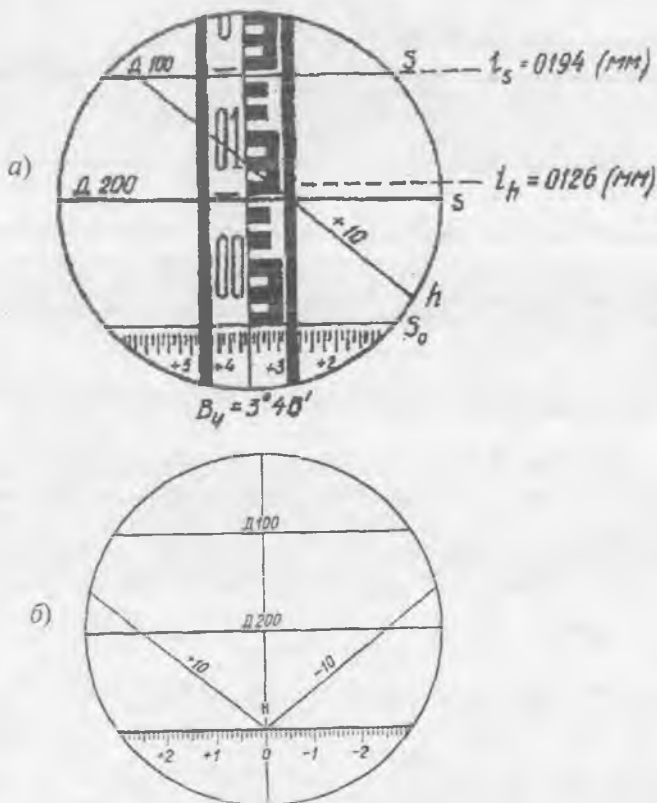
$$v = (\check{y} - H\check{y}) = (\check{y} + H\check{y}) \quad (10.9)$$

$$v = 0,5(\check{y} + \check{y}) \quad (10.10)$$

формулалар ёрдамида ҳисобланади.

Ноль ўрни ноль бўлганда саноклар ёзилиши қиялик
бурчаклари тегишли ишораларга эга бўлади. Чизиклар узун-

ликлари ва нисбий баландликларини ҳосил қилиш учун вертикал доира лимбида ясалган ҳамда доиранинг чап ҳолатида трубанинг кўриш майдонида кўринадиган номограмма бор (10.10-расм). У асосий эгри чизиқ коэффициенти $K=100$ ва 200 бўлган горизонтал қуйилишлар эгриси коэффицентлари $K_h=10, 20$ ва 100 тегишли эгриларда ёзилган нисбий баландликлар эгриси h дан иборат. Масофани ва нисбий баландликни аниқлаш учун асосий эгри рейканинг нолига қаратилади ва тегишли S ва h эгрилардан l_s ва l_h кесмалар саноклари олинади, горизонтал масофа $S=K_s l_s$, нисбий баландлик $h=K_h l_h$ ҳисобланади. 10-а расмда $S=19,4 \text{ см} \cdot 100=19,4 \text{ м}$; $h=12,6 \text{ см} \cdot 10=1,26 \text{ м}$.



10.10-расм. КН кипрегели трубасининг кўрув майдони *а* — рейкага қаратилганда, *б* — умумий кўриниш

Трубадаги цилиндрик адилак кипрегелдан нивелир сифатида фойдаланиш имконини беради. Устун 12 нинг юқори қисмида маҳкамланган доиранинг ўқида кўриш трубаси ўрнатилади, устуннинг пастки қисми кипрегель заминининг асосий чизғичи 10 билан бириктирилган. Кўшимча чизғич 3 олинадиган нуқтанинг планшетдаги ўрнини масштаб чизғичи 9 ва игнали штифт 4 ёрдамида асбобни кўзғатмасдан аниқлаш имконини беради. Устунга бириктирилган цилиндрик адилак 11 мензула тахта-сини (планшетни) горизонтал ҳолга келтиришга хизмат қилади.

Кипрегелни текшириш. Кипрегель теодолитнинг алидададан бошлаб, юқори қисми вазифасини бажаради. Кипрегелда горизонтал бурчак ўлчаш ва уни планшетда график ясаш принципини амалга ошириш учун кипрегелнинг қуйидаги геометрик шартларни қаноатлантириши текширилади:

1. *Кипрегель чизғичидаги цилиндрик адилак ўқи чизғич остки текислигига параллел бўлиши керак.* Кипрегель чизғичи икки кўтаргич винт йўналишида чизилган чизиққа кўйилиб, адилак пуфакчаси ноль пунктга келтирилади. Кипрегель чизиқ бўйича 180° айлантририлганда пуфакча ноль пунктдан офса, у оғиш ёйининг ярмига адилак тузаткич винти, қолган ярмига эса кўтаргич винтлар билан келтирилади ва текшириш шу йўсинда такрорланади.

2. *Труба кўриш ўқи труба айланиш ўқида перпендикуляр бўлиши керак.* Кўриш трубаси узоқдаги нуқтага доиранинг ўнг ва чап ҳолатида қаратилиб, чизғич қирраси бўйича чизиқлар ўтказилади. Чизиқлар устма-уст тушса, шарт бажарилган бўлади. Агар чизиқлар бурчак ҳосил қилса, уларнинг биссектрисаси бўйича чизғич қирраси кўйилиб, тузаткич винтлар орқали иплар тўрининг кузатилаётган нуқтадан оғиши бартараф этилади.

3. *Кўриш трубаси айланиш ўқи кипрегель чизғичи остки текислигига параллел бўлиши керак* (теодолитнинг учинчи шартини текшириш каби бажарилади).

4. *Тўрнинг вертикал ипи труба айланиш ўқида перпендикуляр бўлиши керак* (теодолитнинг тўртинчи шартини текшириш каби бажарилади).

5. *Труба кўриш текислиги кипрегель чизғичи қиррасидан ёки унга параллел чизиқдан ўтиши керак.* Труба узоқдаги нуқтага қаратилиб, чизғич қирраси учларига икки игна

тик қадалади. Кузатилаётган нуқта игналардан ўтувчи чизикда ётса, шарт бажарилган ҳисобланади.

6. *Вертикал доиранинг ноль ўрни нолга яқин сон бўлиши керак.* НУ (10.8) формула асосида ҳисобланади; агар унинг қиймати 1' бир минутдан катта бўлса, теодолитники каби нолга келтирилади.

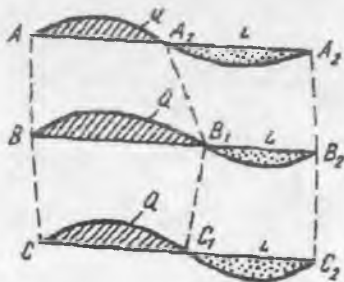
11. ИНШОТЛАРНИ ЛОЙИҲАЛАШ, ЛОЙИҲАЛАРНИ ЖОЙГА КЎЧИРИШ ВА ҚУРИШДА ГЕОДЕЗИК ИШЛАР

11.1. Рельефни горизонтал профиллар бўйича лойиҳалаш

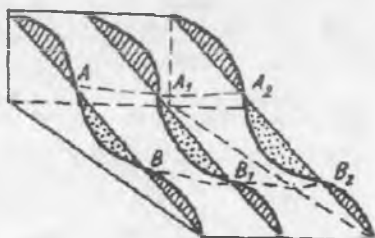
Ер текислаш лойиҳасини тузишда мураккаб кўринишли табиий (11.1-рasm) горизонталлар лойиҳавий горизонталлари билан тўғриланади. У ҳолда тенг ораликдаги лойиҳавий горизонталлар қия сиртни, сал эгилган табиий горизонталлар эса қия призми тасвирлайди. Табиий ва лойиҳавий горизонталларнинг кесишиш нуқталари A_1, B_1, C_1 ноль ишлари нуқталари, асослари штрихланган ва нуқтали шакллар ер қазииш ва тупроқ тўкиш қия призмалари чегараси бўлади. Горизонтал профиллар деб аталадиган бу шакл юзалари P_k ни палетка ёки планиметрда аниқланади, ер қазииш ёки тупроқ тўкиш ҳажми қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$V = \left(\frac{P_1}{2} + P_2 + \dots + \frac{P_n}{2}\right)h, \quad (11.1)$$

бунда — h рельеф кесими баландлиги. Ер қазииш ва тупроқ тўкиш ҳажмлари ўртача қийматлари 5% ортиқ бўлганда лойиҳавий горизонталлар керакли томонга сурилади.



11.1-рasm. Рельефни горизонтал профиллар бўйича лойиҳалаш схемаси



11.2-рasm. Рельефни вертикал профиллар бўйича лойиҳалаш схемаси

11.2. Қия сиртни вертикал профиллар бўйича лойиҳалаш

Бу усулни қўллаш учун миллиметрли қоғозда берилган ораликдаги жой чизиқлари бўйича маълум горизонтал $1:M_r$ ва вертикал $1:M_b$ масштабларда бўйлама профиллар ясалади. Бўйлама профиллар тегишли кетма-кетликда жойлаштирилиб, уларнинг ҳар бирида лойиҳа чизиғи ўтказилади (11.2-расм). Бунинг натижасида профил ва лойиҳавий чизиқлар орасида штрихланган ва нуқтали шакллар, тегишли равишда ер қазиш ва тупроқ тўкиш призмалари асослари ҳосил бўлади. Призмалар ҳажмларини ҳисоблаш учун планиметрда, палеткада ёки миллиметрли қоғозда улар асосларининг юзалари қуйидаги формула асосида ҳисобланади:

$$P = pM_rM_b, \quad (11.2)$$

бунда p — шаклнинг профилдаги юзаси, M_r , M_b — тегишли равишда профил горизонтал ва вертикал масштабларининг махражи. Бу қийматлардан фойдаланиб, ер қазиш ва тупроқ тўкиш ҳажмлари тегишли равишда ушбу

$$V_k = l \sum P_k; \quad V_t = l \sum P_t \quad (11.3)$$

формулалар ёрдамида ҳисобланади, бу ерда l — чизиқлар орасидаги масофа.

11.3. Горизонтал ва қия текисликни лойиҳалаш

Горизонтал текислик кўпинча ер сирти квадратлар бўйича нивелирланган план асосида лойиҳаланади (11.3-расм). Бунда горизонтал текислик ер сирти ўртача баландлигида ётгандагина ер қазиш ва тупроқ тўкиш ҳажмлари тахминан ўзаро тенг бўлади. Лойиҳаланаётган текисликнинг ўртача лойиҳа баландлиги қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (11.4)$$

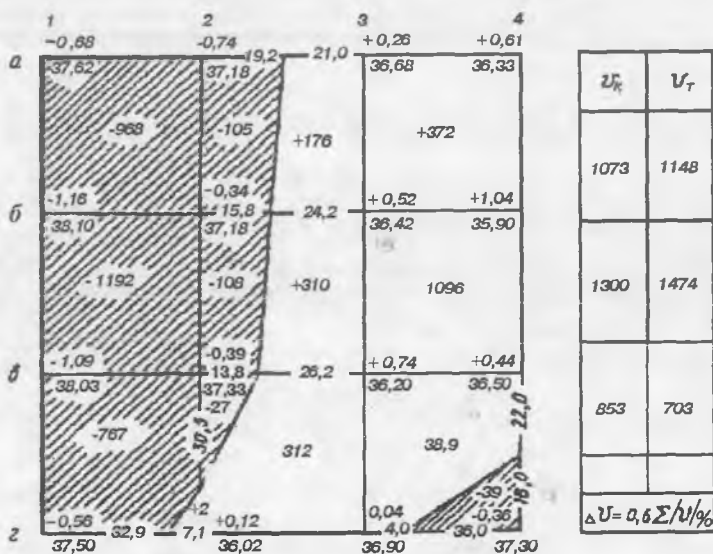
бунда $\sum H_1, \sum H_2, \sum H_3, \sum H_4$ — бир, икки, уч ва тўрт квадратлар учун умумий бўлган баландликлар йиғиндиси, n — квадратлар сони. Ҳисобланган ўртача баландликдан квадратлар учлари баландликлари айирмаси

$$r_i = H_0 - H_i \quad (11.5)$$

иш баландлиги дейилади. Унинг ишораси манфий бўлса, ер қазиш чуқурлигини, мусбат бўлганда эса тупроқ тўкиш баландлигини кўрсатади. Квадрат учлари, иш баландликлари бир хил ишорали бўлганда у *тўлиқ квадрат*, учлари ишоралари турлича бўлганда эса *тўлиқсиз квадрат* дейилади. Бундай квадратлар ичида ноль ишлари чизиги, яъни лойиҳавий текисликнинг ер сирти билан кесишиш чизиги ётади. Унинг пландаги ўрнини тегишли квадрат учидан аниқлаш учун масофа

$$x = \frac{r_1}{r_1 + r_2} a \quad (11.6)$$

ҳисобланади, бу ерда r_1, r_2 — иш баландликлари (ҳисоблашда уларнинг ишоралари эътиборга олинмайди), a — квадрат томони узунлиги. Топилган чизиқ ер қазиладиган ва тупроқ тўкиладиган юзаларнинг чегараси бўлади. Бу юзаларнинг оғирлик марказлари орасида масофа *ўртача тупроқ ташиш масофаси* дейилади. Ер қазиш ва тупроқ тўкиш ҳажмлари тўрт ва беш қиррали призмалар учун тахминий



11.3-расм. Ер ишлари картограммаси.

$$V = \frac{\sum r_i}{4} p \quad (11.7)$$

формулада, уч қиррали призмалар учун эса

$$V = \frac{\sum r_i}{3} p \quad (11.8)$$

формулада ҳисобланади, бунда $\sum r_i$ — иш баландликлари йиғиндиси, p — призма асоси юзаси.

Ҳисобланган ҳажмлар ишоралар билан планда ёзилади ва ҳар бир горизонтал бўйича йиғиндилари топилади. Ҳажмлар фарқи 3% дан ошмаслиги керак.

Сув оқишини таъминлаш учун қия текислик бўйлама i_x ва кўндаланг i_y нишабликлар ва бошланғич A нуқта баландлиги H_A бўйича лойиҳаланади. Бошланғич H_A нуқтадан S_x, S_y масофаларда жойлашган тегишли квадрат учининг лойиҳавий баландлиги қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$H_A = H_A + S_x i_x + S_y i_y. \quad (11.9)$$

Квадратлар ҳар бир учларининг лойиҳавий ва ҳақиқий баландликлари фарқи иш баландликлар ҳисобланади. Қолган ишлар горизонтал текисликни лойиҳалаш масалалари сингари амалга оширилади.

11.4. Ер ишлари картограммасини тузиш (амалий машгулот)

Ер текислаш лойиҳаси ҳужжати *ер ишлари картограммаси* дейилади ва бу чизманинг намунаси 11.3-расмда келтирилади. Картограммада ҳақиқий, лойиҳавий, иш баландликлари қийматлари ва ноль чизиқлари ҳолати кўрсатилади.

Керакли маълумотлар (11.4)– (11.8) формулалар асосида аниқланади. Кўрилайтган мисолда квадратлар томонлари 40 м дан, учлари баландликлари 4.17-расмдан [11] олиб кўчирилган ва ҳисоблашлар қуйидаги тартибда ба-жарилган:

1. Горизонтал текисликнинг лойиҳавий баландлиги (11.4) формулада ҳисобланган:

$$H_0 = \frac{178,75 + 2 \cdot 298,11 + 4 \cdot 147,23}{4 \cdot 9} = 36,94 \text{ м.}$$

2. Иш баландликлари (11.5) формула асосида ҳисобланган: a^2 ва a^3 квадрат учлари учун тегишли равишда:

$$r_{a2} = 36,94 - 37,18 = 0,24 \text{ м};$$

$$r_{a3} = 36,94 - 36,68 = 0,26 \text{ м}.$$

3. Ноль ишлари нуқталаригача масофалар (11.6) формула бўйича топилган:

а) $a2$ ва $b2$ квадрат учларидан ноль нуқталаригача бўлган масофалар:

$$x_{a2-0} = \frac{0,24}{0,24+0,26} \cdot 40 = 19,2 \text{ м};$$

$$x_{b2-0} = \frac{0,34}{0,34+0,52} \cdot 40 = 15,8 \text{ м};$$

б) шундай қийматли асослар билан чегараланган ер қазиш трапецияси ва квадрат қолган тупроқ тўкиш қисмининг трапецияси юзалари тегишли равишда:

$$P_{\kappa} = \frac{19,2+15,8}{4} \cdot 40 = -700 \text{ м}^2;$$

$$P_m = 1600 - 700 = 900 \text{ м}^2;$$

в) қийматлари бундай асосли ер қазиш ва тупроқ тўкиш призмаларининг ҳажмлари (11.7) формулага кўра:

$$V_{\kappa} = \frac{-0,24-0,34}{4} \cdot 700 = 105 \text{ м}^3;$$

$$V_m = \frac{-0,26+0,52}{4} \cdot 900 = +176 \text{ м}^3.$$

4. Тўла квадратлар учун ер ишлари ҳажмлари (11.7) формулада ҳисобланган: $a1-a2-62-61$ ва $a3-a4-64-63$ тўла квадратлар учун тегишли равишда:

$$V_{\kappa} = \frac{-0,68-0,24-0,34-1616}{4} \cdot 1600 = -968 \text{ м}^3;$$

$$V_m = \frac{+0,26+0,61+1,04+0,52}{4} \cdot 1600 = +972 \text{ м}^3.$$

5. Иш баландлиги $r_{a3} = -0,39$ м бўлган учбурчакли призма асоси $P = 13,8 \times 30,5 / 2 = 210 \text{ м}^2$ ва ҳажми (11.9) формулага кўра $V = -0,39 \times 210 / 3 = -27 \text{ м}^3$.

6. Ҳажмларнинг ҳар бир горизонтал бўйича ва умумий йиғиндилари чизмадан ўнгдаги жадвалда келтирилган. Ер қазиш ва тупроқ тўкиш ҳажмлари фарқи

$$\frac{V_{\kappa}-V_m}{\sum IVI} = \frac{-3226+3265}{6492} = 0,6\%.$$

Демак, у йўл қўярли даражада.

11.5. Юзаси берилган ер бўлагини ажратиш

Мелиоратив тармоқлар иншоотларини трассалашда маълум катталиқдаги юзаларни ажратишга тўғри келади. Бунга олдиндан ажратилган P_{BCDF} юза берилган қийматга етмайдиган қисми учбурчак юзаси P_{BFK} (11.4-расм, а) ёки трапеция $BFMN$ юзаси P_{BFMN} (11.4-расм, б) график усулда қўшимча ажратиш орқали эришилади.

BFK учбурчак юзини ажратиш лойиҳавий MN чизиқ маълум F нуқтадан ўтиши керак бўлганда қўлланилади. Берилган катталиқдаги юзали учбурчак BFN ни яшаш учун F нуқтадан AB чизиғига перпендикуляр h_1 туширилади, унинг узунлиги масштабда пландан олиниб, учбурчак асоси катталиғи

$$m = 2P_1 / h_1$$

формулада ҳисобланади. Бу масофа B нуқтадан ўлчагичда масштабда қўйилиб, K нуқтанинг ўрни аниқланади, ҳосил бўлган кўпбурчак юзаси P_{BCDFKB} берилган катталиқка эга бўлади.

Трапеция юзини ажратишда (11.4-расм, б) FB чизиғига параллел MN чизиғи ўтказилади, трапеция ўрта чизиғи узунлиги l_1 аниқланади ва баландлик

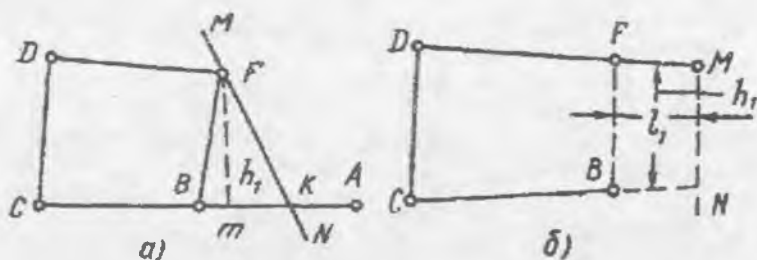
$$h_1 = P_1 / l_1$$

ҳисобланади. Бундай ҳисоблашлар MN чизиқнинг FB чизиққа параллел бошқа ҳолатларда такрорланиб, берилган катталиқдан юза ажратилади.

11.6. Сув омбори ҳажмини аниқлаш

2.1-расмдаги топографик картада 6411 квадратда сойнинг сув айирғич чизиғи билан кесишиш жойида CD чизиқ бўйича тўғон қуриладиган бўлиб, унинг бўйлама профили 11.5-расмдагидек бўлса, унда омборда йиғиладиган сувнинг ҳажмини ҳисоблаш учун умумий кўриниши 11.6-расмда келтирилган топографик пландаги горизонталлар бўйича қуйидаги конус ва кесик конуслар ҳажмлари йиғиндиси формуласи асосида ҳисобланади:

$$V = \frac{P_0 h_0}{3} + \frac{h}{3} \sum (P_k + P_{k+1} + \sqrt{P_k P_{k+1}}), \quad (11.10)$$

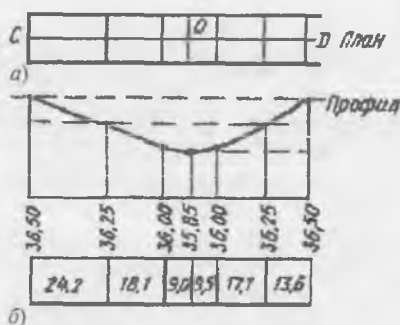


11.4-расм. Лойиҳавий юзани ажратиш схемалари:
а — учбурчакли, б — трапецияли.

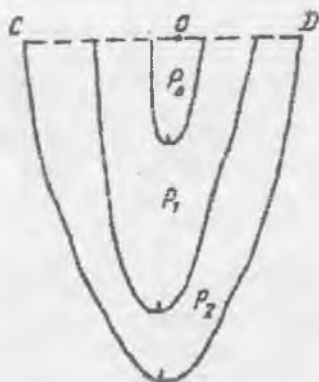
бунда P_k — баландликлари H_k бўлган горизонталлар билан чегараланган юзалар қийматлари, h_0 — сойдаги энг паст нуқтадан яқин горизонталгача бўлган нисбий баландлик, h — рельеф кесими баландлиги. Кўрилатган мисол учун $h_0=1,5$ м, $h=2,5$ м, $P_0=1504$ м³, $P_1=13136$ м², $P_2=16708$ м², формулага кўра $V=45419$ м³ бўлади.

11.7. Режалаш ишлари моҳияти

Мелиоратив иншоотлар қуриш учун сув омборлари чегаралари, тўғонлар, манбадан сув оладиган иншоотлар, суғориш ва зах қочириш тармоғи каналлари трассалари, улардаги иншоотлар, ер текислаш лойиҳалари, майдонлар чегаралари жойга кўчирилади. Лойиҳалаштирилган иншоот планли ва баландлик ўрнини жойда аниқловчи нуқта ва чизиқларни топиш ҳамда белгилаш иншоотни



11.5-расм. CD чизиқ бўйлама профили: а — профилнинг пландаги ўрни; б — профилни яшаш.



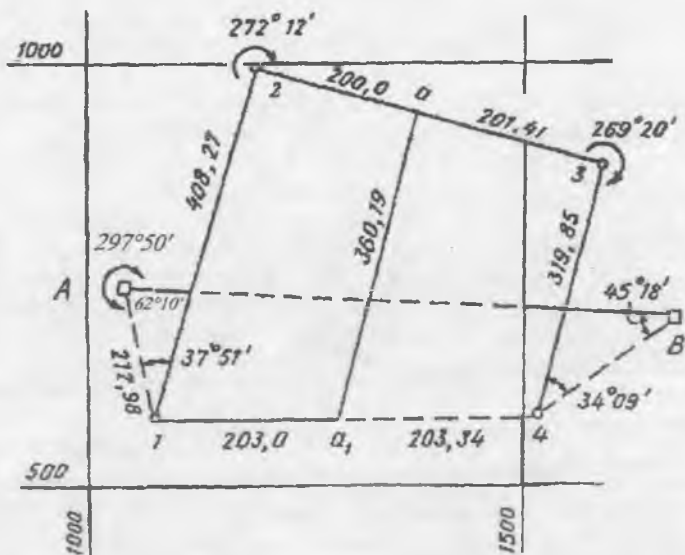
11.6-расм. Сув омбори ҳажмини ҳисоблаш схемаси.

режалаш дейилади. Иншоотларни режалаш ишлари берилган бурчаклар, чизиқ узунликлари, нуқталар баландликлари, чизиқ ва текисликлар нишаблиklarини жойга кўчириш ишларини ўз ичига олади. Иншоот лойиҳасини жойга кўчириш учун керакли қийматлар лойиҳалашда тузиладиган режалаш чизмаларида кўрсатилади.

Техник жиҳатдан лойиҳани жойга кўчириш горизонтал ва вертикал съёмкалар учун бажарилган амалларни тескари тартибда олиб боришдан иборат бўлади. Агар съёмкада ва план тузишда ер турлари ва уларнинг чегаралари ва бошқа тафсилот элементлари планга туширилса, лойиҳани жойга кўчиришда эса бу чегара ва тафсилот элементлари пландан жойга кўчирилади. Бунинг учун керакли бўлган чизиқ узунликлари ва бошқа қийматлар пландан олинади. Шунинг учун ҳам 9.2-§ да келтирилган тафсилотни съёмка қилиш усуллари (9.2-расм) айланиш усули, чизиқда ўлчаш, тўғри бурчакли ва қутб координаталар, бурчакли ва чизиқли кестирмалар усуллари лойиҳани жойга кўчиришда ҳам қўлланилади. Нуқталар баландликлари ва чизиқлар нишаблиklarини жойга кўчириш нисбий баландликларни жойда ясашдан иборат бўлади. Лойиҳани жойга кўчиришда иншоотни қидирув ва лойиҳалаш учун барпо этилган геодезик таянч тармоқлари пунктларидан фойдаланилади, зарур бўлса, улар аниқлиги иншоотни қуриш учун етарли зичликкача ривожлантирилади.

11.8. Лойиҳани жойга кўчириш учун асос ва режалаш чизмасини тайёрлаш (амалий машғулот)

Планда лойиҳалаштирилган канал ва йўллар трассаларини очиқ ва текис ерларда маълум нуқталар орасида ётган чизиқ узунликларни лентада ўлчаш орқали жойга кўчирилади. *Епиқ, нотекис катта майдонли ерларда иншоотлар ўқи синиқ чизиқлардан иборат бўлганда лойиҳа геодезик асос ёки мавжуд пунктларга нисбатан бурчак ва чизиқ узунликларини яшаш орқали жойга кўчирилади.* Бу ҳолда координаталари маълум геодезик тармоқ *A* ва *B* пунктлари орасида жойга кўчириладиган трасса бўйлаб лойиҳавий теодолит йўли *A—1—2—3—4—B* белгиланади (11.7-расм). Унинг бурчаклари ва томонлари узунликлари пландан масштабда аниқланган бурилиш *1, 2, 3* ва *4* учлари ва маълум *A* ва *B* нуқталар координаталари бўйича тескари геодезик масала (9.6)—(9.9) формулалар асосида ҳисобланади. Лойи-



11.7-расм. Лойиҳани жойга кўчириш учун ишчи чизма.

ҳавий теодолит йўли бурчаклари ва томонлари узунликларини ҳисоблаш қайдномаси намунаси 11.1-жадвалда келтирилган, 2 ва 3-устундаги A ва B нуқталарга тегишли координаталар каталогидан олиб кўчирилган, 1, 2, 3 ва 4 бурилиш учлари координаталари эса пландан график усулда аниқланган. 4 ва 5-устундаги координата орттирмалари (9.7) формула асосида ҳисобланган $A-1$ томон учун:

$$\Delta x_{A1} = 612,2 - 806,6 = -194,4 \text{ м};$$

$$\Delta y_{A1} = 1128,4 - 1041,4 = 87,0 \text{ м}.$$

6, 7- устундаги S ва $\text{tg} r$ чизик узунликлари тегишли равишда (9.9), (9.10) формулаларда топилган:

$$\text{tg } r_{A1} = 87,0 / 194,0 = 0,44753;$$

$$S_{A1} = \sqrt{194,4^2 + 87,0^2} = 212,38 \text{ м},$$

8-устундаги $r = \text{arctg } 0,44753 = 24^\circ 07'$, унинг номи ЖШҚ иккинчи чоракда координата орттирмалари ишоралари бўйича аниқланган, $\alpha_{A1} = 180^\circ - r_2$ муносабатдан 9-устундаги дирекцион бурчак $\alpha_{A1} = 180^\circ - 24^\circ 07' = 155^\circ 53'$ топилган.

Лойиҳани жойга кўчириш учун геодезик қийматлар ҳисоблаш
қайдномаси

Нуқталар тартиб рақами	Координаталар		Орттирмалар		$S, м$	$t_{y r}$	r	x	γ_r
	x	y	$\pm\Delta x$	$\pm\Delta y$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
В.					682,63		ШФ:86°17	273°43	
А.	806,6	1041,4				0,44753			62°10
1	608,2	1128,4	-194,4	+87,0	212,98	0,24433	ЖШ:2407	155 53	37 10
2	1004,8	1225,3	+396,6	+96,9	408,27	0,37515	ШШ:1344	13 44	271 12
3	901,4	1613,2	-103,4	+387,9	401,44	0,25419	ЖШ:75 04	104 56	269 20
4	591,4	1534,4	-310,0	-78,8	319,85	1,12695	ЖФ:14 16	194 16	34 09
В.	758,4	1722,6	+167,0	+188,2	251,61		ШШ:48 25	48 25	45 18
А.								93 43	720°00

Қолган томонлар учун тегишли бурчак қийматлари ҳам ёзилган тартибда ҳосил қилинган, 10-устундаги теодолит йўли учларидан чап бурчаклар томонлар дирекцион бурчаклари орқали куйидаги:

$$\gamma_k = \alpha_k + 180^\circ - \alpha_{k-1} \quad (11.11)$$

формулада ҳисобланган: A ва I нуқталардаги чап бурчаклар

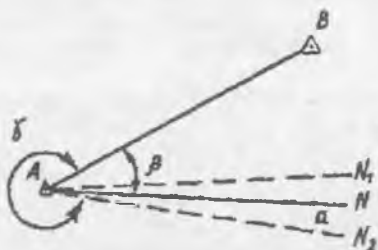
$$\gamma_A = \alpha_{A1} + 180^\circ - \alpha_{AB} = 155^\circ 53' - 93^\circ 43' = 62^\circ 10';$$

$$\gamma_I = \alpha_{I2} + 180^\circ - \alpha_{A1} = 13^\circ 44' + 180^\circ - 155^\circ 53' = 37^\circ 51'.$$

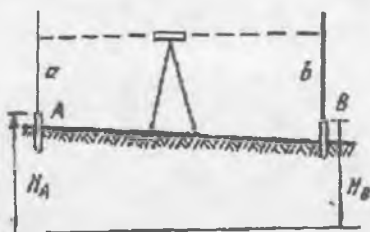
Горизонтал бурчакларни ҳисоблашни текшириш учун куйидаги тенгликдан фойдаланилган:

$$\sum \gamma_n = 180^\circ \cdot (n - 2) = 180^\circ (6 - 2) = 720^\circ.$$

Лойиҳани жойга кўчиришда бажариладиган дала ишлари учун режалаш чизмаси тайёрланади (11.7-расм). Унда трасса ўқи, бурилиш нуқталари, a , a_1 нуқталар, улар ора-



11.8-расм. Лойиҳавий нуқта ўрни-
ни жойда аниқлаш схемаси.



11.9-расм. Лойиҳавий баландлик-
ни жойга кўчириш схемаси

сидаги чизик узунликлари, бошланғич геодезик нуқталар ва трассанинг бурилиш нуқталарини жойга кўчириш учун сонли қийматлар келтирилади.

Бу қийматлардан фойдаланиб, лойиҳавий теодолит йўли учларини жойда қутб координаталари усулида ётқизиш учун A нуқтага теодолит ўрнатилиб, I нуқтанинг ўрни AB томонга нисбатан горизонтал ўнг $\beta_y = 62^\circ 10'$ ва чап $\gamma_q = 297^\circ 50'$ бурчакларини доиранинг икки ҳолатида ва $A-I$ томон узунлиги $S_{AI} = 212,98$ м 11.9-бандда ёзилган тартибда жойга кўчирилади. Бундай ишлар қолган бурилиш учларида ҳам такрорланади, натижада B нуқтада теодолит йўлидаги боғланмаслик f_s келиб чиқади. Агар $f_s / \sum S \leq 1 : 700$ бўлса, у йўл қўярли даражада ҳисобланади.

11.9. Лойиҳавий бурчакни ва чизик узунлигини жойга кўчириш

Лойиҳавий нуқтанинг жойдаги ўрни кўпинча қутб координаталари усулида A нуқтада лойиҳавий β бурчакни ва лойиҳавий $Aa = S$ масофани яшашдан иборат. Ўнг β бурчакни яшаш учун теодолит бошланғич A нуқтага ўрнатилади (11.8-расм), алидада ва лимб нолинчи штрихлари туташтирилади ва лимбни (алидада билан) бураш орқали кўриш трубаси бошланғич йўналиш бўйича B нуқтага қаратилади. Кейин алидада бўшатилиб, унинг штрихи бурчак катталигини белгиловчи лимб штрихи билан туташгунча буралади. Бунда кўриш трубаси N_1 нуқтага йўналган бўлади.

Агар чап γ бурчак ясалаётган бўлса, унда алидада нолинчи штрихи γ бурчак катталигини белгиловчи лимб штрихи билан туташтирилади ва лимб (алидада билан) бураш орқали кўриш трубаси бошланғич йўналиш бўйича

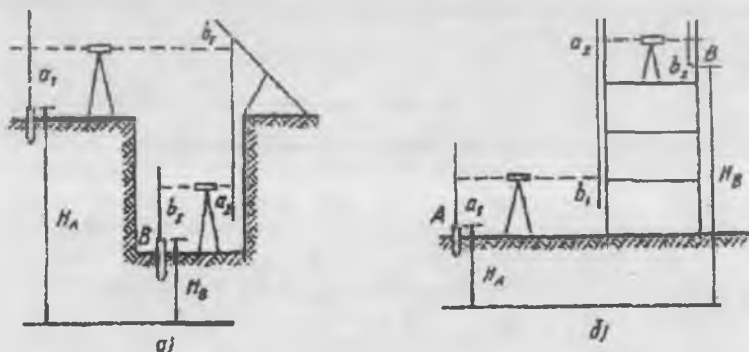
B нуктага йўналтирилади. Кейин алидада бўшатилиб, у алидада штрихи лимбнинг нолинчи штрихи билан туташ-гунча буралади.

Бундай ҳолатда труба қараш ўқи лойиҳавий N_2 нуктани кўрсатади. Кўрсатилган йўналишда S чизиқ узунлигидан каттароқ бўлган масофа ўнг β ва чап γ бурчақларни яшаш натижасида теодолит бўйича иккита вежа қўйилади. Уларнинг икки ҳолатидан ўртачаси N нукта топилади. Бу йўналиш бўйича A нуктадан горизонтал қуйилиши S_{Aa} лойиҳавий қийматга тенг бўлган қия $D_{Aa} = S / \cos \nu$ масофа лентада ўлчанади, теодолит бўйича унинг учига a нукта ҳолатини маҳкамлайдиган белги қўйилади. Чизиқ узунлиги қайта ўлчаш орқали текширилади.

11.10. Лойиҳавий баландликни жойга кўчириш

Берилган лойиҳавий H_B баландликни жойга кўчириш учун B нуктада устки баландлиги H_B тенг бўлган қозиқ қоқилиши керак (11.9-расм). Бунинг учун баландлиги H_A маълум бўлган A репер ва B нукта ўртасига нивелир ўрнатилади. Реперда ўрнатилган рейкадан a —саноқ олинади, $v = H_A + a - H_B$ саноқ ҳисобланади ва B нуктадаги рейкадан саноқ топилган v қийматга тенг бўлгунга қадар унга қозиқ аста-секин қоқилади.

Мисол. B нуктада устки қирқим баландлиги $H_B = 242,5$ м бўлган қозиқ қоқиш керак. A репернинг баландлиги $H_A = 243,325$ м, саноқ $a = 0,676$ мм бўлса, $v = 243,325 + 0,676 - 242,500 = 1501$ мм. Демак, B нуктада қозиқ унинг устига рейка қўйилганда саноқ 1500 мм бўлгунча қоқилади.



11.10-расм. Баландликни иншоот пойдевори чуқури тагига ва юқори қисмига узатиш схемалари

Агар пойдевор чуқурининг тубига ва иншоот юқори горизонтга баландлик узатиладиган бўлса, бунда рейкадан ташқари пўлат рулетка қўлланилади. Кузатиш икки нивелирда бир вақтда олиб борилади. Улардан бири ер сиртида, иккинчисида эса чуқурлик тагида ёки иншоотнинг юқори қисми устига ўрнатилади.

11.10-расмда чуқурлик тубига баландлик узатиш ва иншоот юқори қисмига баландлик узатиш схемалари келтирилган. Чуқурлик устига кронштейн ўрнатилиб, унга нолинчи учида юки бўлган рулетка илинади ва ундан бир вақтда икки нивелирдан v_1 ва a_2 саноклар олинади (11.10, *a*-расм). Шундан кейин пастдаги нивелир трубади чуқурликдаги *B* нуқтада ўрнатилган рейкага қаратилиб, v_2 санок олинади ва *B* нуқтанинг баландлиги

$$H_B = H_A + a_1 - (v_1 - a_2) - v_2 \quad (11.11)$$

формула ёрдамида ҳисобланади. *B* нуқта баландлиги лойиҳавий баландликка тенг бўлиши учун чуқурлик тагидаги санок

$$v_2 = H_A + a - (v_1 - a_2) - H_B \quad (11.12)$$

бўлиши керак. Рейкадаги санок ҳисобланган v_2 га тенг бўлгунча чуқурлик тагида қозиқ вертикал бўйича сурилиб турилади.

A репердан баландликни иншоот юқори қисмидаги *B* реперга узатиш ҳам юқорида таъкидланган тарзда амалга оширилади (11.10, *b*-расм). Бу ҳолда *B* нуқта баландлиги куйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

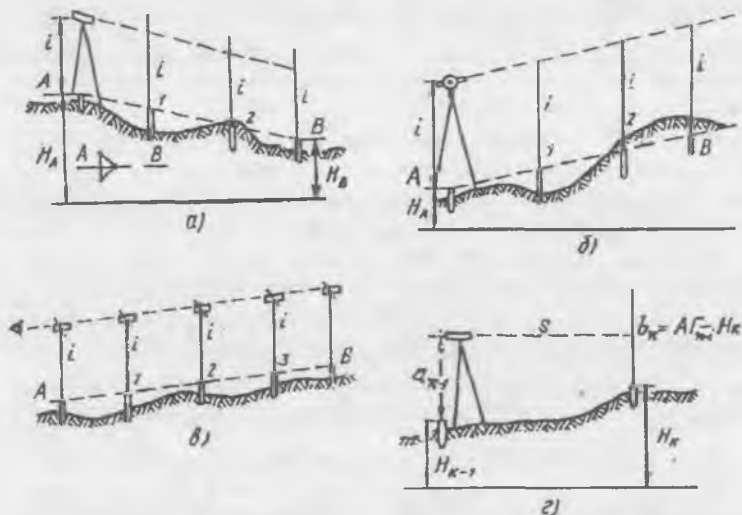
$$H_B = H_A + a_1 + (a_2 - b_1) - b_2 \quad (11.13)$$

ва иншоот деворида белгиланади, ундан лойиҳавий баландликкача бўлган оралик ўлчаниб, нуқта маҳкамланади.

11.11. Қия йўналишни жойга кўчириш

Йўл, қувур, канал ва бошқа чизиқли иншоотларни қуришда қия йўналишни жойга кўчиришга тўғри келади. Қия йўналиш баландликлари маълум икки нуқта ёки нишаблиги ва бир учи баландлиги берилган чизиқ бўйича ясалади.

Қия йўналиш баландликлари маълум икки нуқта орқали геодезик асбоблар: теодолит ва нивелир ёрдамида ёки кўз билан чамалаб ўтказилади.



11.11-расм. Берилган нишабликни жойга кўчириш схемалари
 а — нивелирда, б — теодолитда, в — кўзда чамалаб,
 г — далада трассалаш.

Теодолит ёрдамида қия йўналишни ясаш учун нуқта-ларнинг бири A га ўрнатилиб (11.11, а- расм), баландлиги i ўлчанади. Топилган қиймат B нуқтадаги ўрнатилган рейкада нишонга қаратилганда кўриш ўқи AB чизик қиялигини ундан i масофа юқорида такрорлайди. Кўчма рейка нишони ҳосил бўлган чизикда ётқизибли, оралик $1, 2, \dots$ нуқталарга усти AB чизикда ётадиган қозиклар қоқилади.

Қия йўналишни нивелир ёрдамида ясаш нивелир A нуқтага кўтаргич винтлардан бири AB чизикда, иккита винтини туташтирувчи чизик эса AB чизикқа тик ётадиган қилиб ўрнатилади (11.11, б-расм). AB чизикда жойлашган кўтаргич винтни бураш орқали труба B нуқтадаги рейка асбоб баландлиги i га тенг бўлган санокқа қаратилади. Шундан кейин $1, 2$ нуқталарга рейка қўйилганда саноклар асбоб баландлиги i га тенг бўладиган қилиб уларга қозиклар қоқилади.

Кўз билан чамалаб қия йўналишини ясаш учун тўғри бурчак остида қоқилган иккита чизгич — T шакли кўринишидаги нишонлар қўлланилади. Улардан иккитаси чизик учларига ўрнатилади (11.11, в-расм) Оралик $1, 2, \dots$, нуқталарга қозиклар кўчма нишонлар устки қирраси ва нишаблик чизигида ётадиган нишонлардан биридан $0,5-0,7$ м нарида турган кузатувчи кўрсатмасига биноан қоқилади.

Нуқталардан бирининг баландлиги ва чизиқ нишаблиги маълум бўлганда қия йўналиш теодолит ёки нивелир ёрдамида ясалади. Теодолит бошланғич нуқтага ўрнатилиб, вертикал доира берилган нишабликнинг даража қиймати қўйилиб, қия нур ҳосил қилинади. Оралиқ нуқталар труба кўриш ўқи чизиги бўйича аниқланади. Кўриш ўқи чизиги ҳолатининг тўғрилиги охириги нуқта баландлигини яқин репердан аниқлаш йўли билан текширилади.

Қия текисликларни режалаш ҳам жойда планли ва баландлик ўринлари аниқланган йўналишлар бўйича юқорида баён этилган усуллар асосида ўзаро перпендикуляр йўналишларда амалга оширилади.

11.12. Жойда берилган нишаблик бўйича трассалаш

Берилган нишаблик бўйича трассалашда техник нивелаш орқали баландликлар жойга кўчирилади. Канал бошланғич нуқтаси ва трассаси пикетлари лойиҳавий баландликларини жойга кўчириш учун керакли геодезик қийматлар ҳисобланади. ПК *O* дан кейинги ҳар бир нуқтанинг лойиҳавий баландлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$H_k = H_{k-1} + Si, \quad (11.14)$$

бу ерда H_k аниқланаётган нуқта баландлиги; H_{k-1} — олдинги нуқта баландлиги; S — асбобдан рейкагача бўлган масофа; i — берилган нишаблик (11. 11, 2-расм).

Бошланғич нуқта ўрни съёмка тармоғидан теодолит ва лента ёрдамида жойга кўчирилиб, қозиқ билан маҳкамланади ва унинг ёнига доимий грунтли репер ўрнатилади. Репер баландлиги съёмка тармоғидан нивелирлаш орқали топилади ва лойиҳавий қиймати билан таққосланади. Улар орасидаги фарқ 3 см дан ошмаслиги керак. Лойиҳавий баландлиги маълум кейинги нуқталарни жойда топиш учун нивелир канал трассаси яқинига ўрнатилади ва реперга қўйилган рейкадан олинган a_{k-1} , саноқ орқали асбоб горизонти

$$AG_{k-1} = H_{k-1} + a_{k-1}$$

ҳисобланади. Сўнгра трасса бўйлаб тахминан 200 м гача масофадаги нуқтага рейка қўйилади, оралиқнинг S узунлиги нивелир дальномер иплари бўйича топилади, ундаги керакли саноқ қиймати ҳисоблаб топилади:

$$a_k = A\Gamma_{k-1} - H_k. \quad (11.4)$$

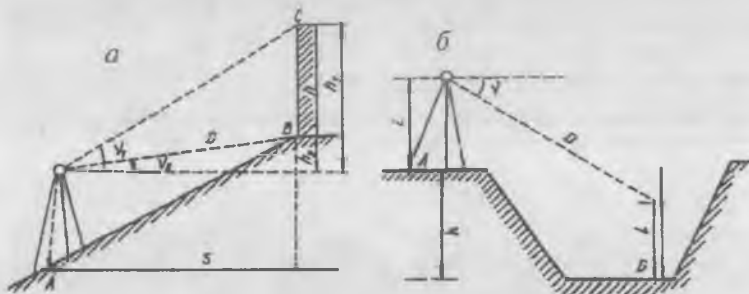
Рейка ўрнини ўзгартириш орқали керакли санокқа эришилгач, нуқта қозик билан маҳкамланади. Бу нуқта оралик бўлиб, унинг баландлиги лойиҳавий қийматдан 10 см гача фарқ қилиши йўл қўярли даражада ҳисобланади. Кейинги ҳамма нуқталарнинг жойдаги ўрни ҳам шу тартибда нивелирлаш орқали топилади. Нуқталарни туташтирувчи синиқ чизиклар маълум техник шартларни қаноатлантирадиган қилиб тўғриланади ва трасса жойда маҳкамланади. Трасса бўйича теодолит — нивелир йўли ўтказилиб, унинг бўйлама ва кўндаланг профиллари ясаллади.

11.13. Иншоот баландлиги ва пойдевор чуқурлиги тубининг белгисини аниқлаш

Иншоот баландлигини, масалан, бинонинг (11.12, *а*-расм) баландлигини аниқлаш учун унинг яқинидаги *A* нуқтага теодолит ўрнатилади. Иншоот юқори ва пастки нуқталарига труба қаратилиб, қиялик v_1 ва v_2 бурчаклар ўлчанади. $AB=D$ қия масофа лентада ёки ипли дальномерда ўлчаниб, унинг горизонтал қўйилиши тегишли равишда (6.10)—(6.12) формулалар ёрдамида ҳисобланади. У ҳолда иншоот баландлиги

$$h = S(\operatorname{tg}v_1 - \operatorname{tg}v_2). \quad (11.16)$$

Иншоот қуришда унинг пойдевори чуқурлиги — туби баландлиги лойиҳавий қийматига тенг бўлгунча мунтазам равишда уни кавлаш жараёнида текшириб туширилади. Бунинг учун нуқтага теодолит ўрнатилиб, унинг баландлиги *i* ўлчанади ва рейкада белгиланади (11.12, *б*-расм).



11.12-расм. Иншоотни юқори қисмига ва чуқурлик тубига баландлик узатиш

Чуқурлик тубига рейка ўрнатилиб, труба белгиланган нуқтага қаратилади, қиялик бурчаги ν ҳамда ипли дальномерда қия D масофа ўлчанади. Чуқурлик тубининг реперага нисбатан пасайиши

$$h = \frac{D}{2} \sin 2\nu \quad (11.17)$$

формуладан ҳисобланади.

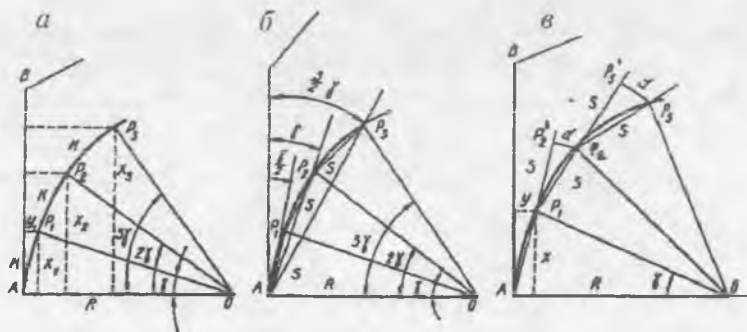
11.14. Доиравий эгрини батафсил режалаш

Чизиқли иншоотларни қуришда доиравий эгрининг жойда белгиланган бош ($\mathcal{ЭБ}$, $\mathcal{ЭЎ}$, $\mathcal{ЭО}$) нуқталари (11.13-расм) етарли бўлмайди. Шунинг учун улар оралиғида эгрининг радиусига қараб K ёйга тенг ҳар 5, 10, 20 м да ётадиган P_1, P_2, P_3, \dots нуқталар (11.13, a -расм) белгиланади. Бу масала *эгрини батафсил режалаш* дейилади, кўпинча тўғри бурчакли, қутбли координаталар ва давом эттирилган ватарлар усулларида ечилади.

Тўғри бурчакли координаталар (перпендикуляр) лар усулида (11.13, a -расм) $\mathcal{ЭБ}$ ёки $\mathcal{ЭО}$ нуқтасига уринма бўлган AB чизиқни абсцисса ўқи x_1 ва R радиусни ордината ўқи y деб қабул қилиниб, эгрида ётган P_1, P_2, P_3, \dots нуқталарнинг ўрни тўғри бурчакли координаталар бўйича аниқланади. Бу ҳолда берилган K ёйга тенг бўлган марказий бурчак қиймати

$$\gamma = 180^\circ K / \pi R \quad (11.18)$$

формулада, координаталар қийматлари



11.13-расм. Доиравий эгрини батафсил режалаш усуллари:
 a — перпендикуляр, b — бурчаклар; v — ватарлар.

$$\begin{aligned}
 x_1 &= R \sin \gamma & y_1 &= 2R \sin \frac{2\gamma}{2} \\
 x_2 &= R \sin 2\gamma, & y_2 &= 2R \sin \frac{2 \cdot 2}{2} \gamma
 \end{aligned}
 \tag{11.19}$$

.....

$$x_n = R \sin 2\gamma \quad y_2 = 2R \sin^2 \frac{n\gamma}{2}$$

формуларда ҳисобланади.

Ҳисобланган абсцисса x_1 ва ордината y_2 ЭБ ва ЭО дан улар ўртаси ЭЎга қараб уринма AB ва унга перпендикуляр бўйича лента ёки рулетка ёрдамида қўйилиб эгрида P_1, P_2, P_3, \dots нуқталар белгиланади.

Қутб координаталар (бурчаклар) усули айлананинг бирор A нуқтасидаги (11.13, б-расм) ёйлари тенг уринма ва ватар ҳосил қилган бурчаклар тегишли марказий бурчакларнинг ярмига тенглигига асосланади. Ватар S ва R қийматлари маълум бўлганда

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \frac{S}{2R}
 \tag{11.20}$$

формуладан γ қиймати топилади.

A нуқтага теодолит ўрнатилиб, алидада ва лимб ноллари туташтирилади, труба B нуқтага қаратилади ва AB йўналишдан алидадани бураш орқали $\gamma/2$ бурчак лимбда қўйилиб, кўриш ўқи йўналишида S кесма ўлчаниб, P нуқтанинг эгри чизиқдаги ўрни ҳосил қилинади. Кейин алидада доираси AB йўналишдан γ бурчакка буралади. Лента бошланиши P нуқта билан туташтирилиб, у труба қараш ўқи томонга тортилади ва P_1 нуқтадан S масофа ўлчаниб, P_2 нуқта топилади.

Қолган нуқталар ўрни ҳам шу тартибда топилиб, P_1, P_2, P_3 нуқталарга қозиклар қоқилади.

Давом эттирилган ватарлар усулида эгри чизиқнинг радиуси R ва ватар S берилган узунликлари бўйича (11.20) формулада γ бурчак ҳисобланади ва (11.9) формуладан фойдаланиб, P_1 нуқтанинг ўрни, тўғри бурчакли координаталар усулида режаланади (11.13, в-расм). Уни маҳкамлаб AP , ватар йўналишида S кесма ўлчанади ва топилади, P_2 нуқта маҳкамланади. Эгри чизиқдаги P_2 нуқтанинг ўрни (лентада ва рулеткада) кесмаларни чизиқли кесиштириш орқали топилади. Тенг ёқли $P_1P_2P_3$ ва OP_1P_2 учбурчаклар ўхшашлигидан доимий оралиқ (силжиш) дейиладиган d қиймати $d = S^2/R$ формулада ҳисобланади.

P_1P_2 ватар давомида S кесма ўлчаниб, P_3^1 нуқта ясалди. P_2 ва P_3^1 нуқталардан S ва d радиусларни кесиштириб P_3 нуқтанинг эгри чизикдаги ўрни аниқланади.

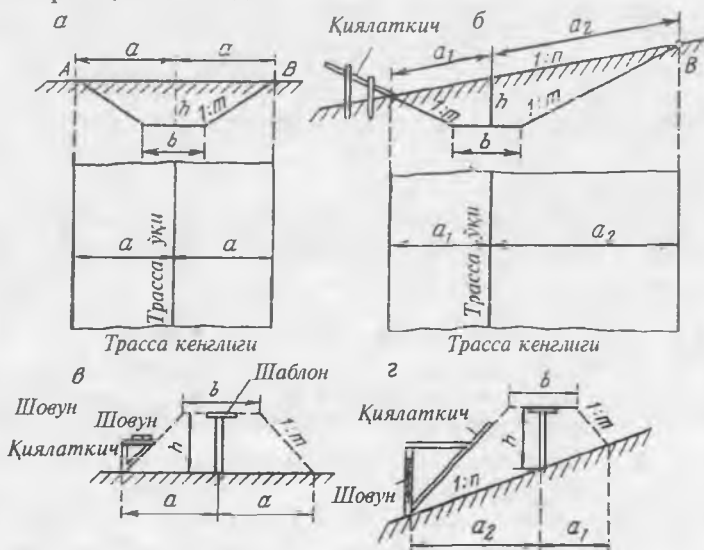
11.15. Иншоотни батафсил режалаш

Бевосита ер ишларини бошлашдан аввал иншоот жойда батафсил режаланади. Каналларни қазишда уларнинг жойга—натурага кўчирилган ўқларидан жойда қазилмалар чегаралари қияликлари қуйилишини ҳисобга олиб ва ишчи баландликлари ва канал туби ҳолати қозикчалар билан белгиланади. Кўндаланг нишаблиги сезиларсиз бўлган жойларда (11.14, а-расм) канал ўқидан чапга ва ўнгга қазилма чегарасигача бўлган масофа қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$a = \frac{b}{2} + hm, \quad (11.21)$$

бунда b — каналнинг туби бўйича кенглиги; h — шу нуқтага иш баландлиги; m — қиялик қуйилиши коэффиценти.

Кўндаланг нишабликка эга бўлган жойларда (11.14, б-расм) қазилма чегарасигача масофалар қуйидаги формулаларда ҳисобланади:



11.14-расм. Каналлар кўндаланг кесимларини режалаш

$$a_1 = \left(\frac{b}{2} + hm\right) \frac{n}{n-m}, \quad (11.22)$$

$$a_2 = \left(\frac{b}{2} + hm\right) \frac{n}{n+m}, \quad (11.23)$$

бу ерда n — жой қиялиги тиклиги коэффиценти.

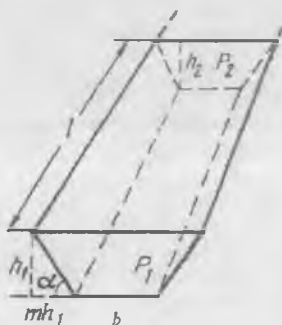
Келтирилган формулалар дамбалар қияликлари чега-раларигача бўлган масофаларни ҳисоблаш учун ҳам қўлланиши мумкин (11.14, в, 2-расмлар). Тўғри бурчак теодолитда эккерда ясалади. Каналларни қазишда ва дамбаларга грунтни тўкишда қияликлар қуйилишини назорат қилиш учун шаблонлар ўрнатилади, улар тегишли бурчаклар остида тахта қоқилган устунлардан иборат.

11.16. Ер ишлари ҳажмларини кўндаланг профиллар усулида ҳисоблаш

Кўндаланг профиллар усули катта узунликка эга бўлган йўллар, каналлар, дамбалар ва бошқа иншоотларни қуришда ер ишлари ҳажмларини ҳисоблаш учун қўлланилади (11.15-расм). Бу усулда ҳажмларни ҳисоблаш учун қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$V = l \left[\frac{P_1 + P_2}{2} - \frac{m(h_2 - h_1)^2}{6} \right], \quad (11.24)$$

бунда P_1 ва P_2 — кўндаланг кесимлар юзалари, l — кесимлар орасидаги масофа, h_1 ва h_2 — ишчи белгилар, m —



11.15-расм. Каналнинг кўндаланг кесими схемаси (призматойд)

қиялик қуйилиши кўрсаткичи. Агар қўшни кўндаланг профилларда ишчи белгилар фарқи 2 м дан кам ва кесимлар орасидаги фарқ 50 м дан ортмаса (11.24) формуланинг иккинчи ҳадини эътиборга олмасдан, ҳисоблашни

$$V = \frac{P_1 + P_2}{2} l \quad (11.25)$$

формулада олиб бориш мумкин.

Кўндаланг профиллар усулида ер ишлари ҳажмларини ҳисоблашда номограммалар ва жадваллар қўлланилади. Жойнинг кўндаланг нишабликка эга бўлган участкаларида ҳисобланадиган ҳажмларга тегишли тузатмалар киритилади. Бундай ҳолларда кўпинча кўндаланг профиллар тузилиб, уларга лойиҳа чизиғи туширилади, кесимлар юзлари эса палеткалар ёрдамида аниқланади.

Хулоса

Қўлланмада баён қилинган материални ўзлаштиришда талабалар ҳар хил инженерлик иншоотларини қуришда инженерлик-геодезик ишларни бажаришнинг назарий асосларини билиши ва асосий геодезик ишларни бажаришни амалий тажрибаларига эга бўлиши керак. Аммо геодезик ишлаб чиқариш инсон фаолиятининг ҳамма соҳалари каби доимо такомиллашиб туради: фан ва техниканинг охириги ютуқларига асосланган янги асбоблар ва ҳисоблаш воситалари пайдо бўлади, ишларни бажариш методлари ва технологиялари ўзгаради. Шу сабабли ҳар қандай ишчи ёки ходимнинг тажрибаси ва касбий онги меҳнат фаолияти давомида илғор тажрибани ўрганиш ва ўзлаштириш, ишлаб чиқаришни тўғри ташкил этиш, меҳнат усуллари ва такомиллаштириш орқали узлуксиз бойиши керак. Доимо касбий тажрибасини такомиллаштириши ва ўз билимларини янгиланиши, янги илмий, техникавий адабиётларни маълумотномали ва норматив адабиётларни, ўрганиш, даврий нашрларда эълон қилинган ишларни кузатиб бориш орқали ўз билимларини янгиланган туриши зарур. Меҳнат фаолиятига бундай ёндашиш меҳнат унумдорлигини оширишга ва қурилиш сифатини яхшилашга ҳисса қўшади.

Адабиётлар рўйхати

1. Ассур В. А, Кутузов М. Н, Муравин М. М. Высшая геодезия. М., Недра, 1989.
2. Большаков В. Д. и др. Радиогодезические и электрооптические измерения. М., Недра, 1985.
3. Булгаков Н. П., Рывина Е. М., Федотов Г. А. Прикладная геодезия. М., Недра, 1990.
4. А. Б. Воҳидов, А. Н. Назиров, К. Н. Норхўжаев. Геодезияга доир русча-ўзбекча луғат. Т., Ўқитувчи, 1989.
5. Кулешов Д. А., Стрельников Г. Е. Инженерная геодезия для строителей. М., Недра, 1990.
6. Маслов А. В., Гладиллина Е. Ф., Костык В. А. Геодезия, М., Недра, 1980.
7. Маслов А. В., Гордеев А. В., Батраков Ю. Г. Геодезия, М., Недра, 1992.
8. Назиров А. Н. Геодезия. Т., Ўқитувчи, 1984.
9. Мубораков Х. М., З. Д. Охунов, М. Х. Пармонов. Инженерлик геодезияси. Т. ТИКХМИИ, 1990.
10. Ю. К. Неумывакин, М. И. Перский. Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ. М., Картгеоцентр-Геодезиздат., 1996.
11. Ф. М. Раҳимбоев, М. Ҳамидов. Қишлоқ ҳўжалик мелиорацияси. Т., «Ўзбекистон», 1996.
12. Практикум по инженерной геодезии [под редакцией В. Е. Новака]. М., Недра, 1987.
13. М. А. Гиришберг. Геодезия. М., Недра. 1967.
14. Методические рекомендации по переводу с 2001 года топогеодезических изысканий на современные геоинформационные системы и технологии, компьютеризации разработки проектно-планировочной, проектной и другой документации. Автор-составитель инженер Ю. Магруппов, при участии Г.Н.Хаджибабаевой, Э.Р.Эрзина, В.Н.Пак, К.А.-Маликова. Т., «Тошкент тадқиқот», 2000.
15. У. Д. Ниязгулов, С. П. Гриднев. Геодезические работы при лиманном орошении. М., Недра, 1988.
16. Д. М. Кудрицкий. Геодезия. Ленинград., Гидрометеоиздат, 1982.
17. В. М. Голубкин и др. Геодезия. М., Недра, 1985.
18. Н. В. Н. Яковлев. Высшая геодезия. М., Недра, 1989.
19. В. Е. Новак и др. Курс инженерной геодезии. М., Недра, 1989.

20. Геодезические и фотограмметрические приборы. М., Недра, 1991.
21. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М., Недра, 1989.
22. В. Д. Фельдман, Д. Ш. Михелев. Основы инженерной геодезии. М., «Высшая школа», 2001.
23. Курс инженерной геодезии /В. Е. Новак, В. Г. Ладонников и др. М., Недра, 1986.
24. В. Н. Ганцин, Л. С. Хренов. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых. М., Недра, 1985.
25. Геодезия. Учебник для техникумов /В. М. Голубкин, Н. И. Соколова, И. М. Палехин. М., Недра, 1985.
26. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М., Недра., 1990.
27. Нурматов Э. Х., Мусаев И. М., Геодезия ва картографиядан русча-ўзбекча атамалар . Тошкент. 2000.
28. Никулин А.С. Тахеометрические таблицы. М. Недра, 1973.
29. Норхўжаев Қ. Н. Инженерлик геодезияси Т., «Ўқитувчи», 1984.

МУНДАРИЖА

Сўз боши	3
1. Геодезия тўғрисида умумий маълумотлар	5
1.1. Геодезия фани ва унинг халқ хўжалигидаги аҳамияти	5
1.2. Ернинг умумий шакли ва ўлчамлари	7
1.3. Геодезияда проекциялаш методи. Жой нуқталари координаталари ва баландликлари.	9
1.4. Астрономик ва Геодезик координаталар системалари. Бош- ланғич геодезик сонлар	11
1.5. Ер эгрилиги таъсирини горизонтал масофаларни ва баландликларни ўлчашда ҳисобга олиш	15
1.6. Карта, план, профиль ва аэрофотосурат тўғрисида тушунча	17
2. Топографик карталарни ўрганиш	20
2.1. Масштаблар	20
2.2. Шартли белгилар	24
2.3. Топографик карталар, уларни графалаш ва номенклатураси	25
2.4. Гаусс зонали кўндаланг цилиндрик проекцияси тўғрисида тушунча. Тўғри бурчакли ва кутб координаталар.	31
2.5. Жой чизикларини ориентирлаш	35
2.6. Картани жойда ориентирлаш	40
3. Жой элементлари ва рельефини карта ва планларда тасвирлаш	43
3.1. Жой рельефининг асосий шакллари	43
3.2. Жой рельефини топографик карта ва планларда тасвирлаш	44
3.3. Топографик карта карта ва планлар бўйича масалалар ечиш	49
3.4. Ер сиртини рақамли кўринишда тасвирлаш	53
3.5. Нуқталар белгилари бўйича горизонталлар ўтказиш	54
3.6. Геоинформацион системалар (ГИС) тўғрисида тушунча	57
3.7. Кадастрда геоинформацияли системалар	58
4. Ўлчашлар хатоликлари назарияси тўғрисида бошланғич маълумотлар	59
4.1. Ўлчаш ва унинг турлари	59
4.2. Ўлчашлар хатоликлари ва хатоликлар назарияси	60
4.3. Тасодифий хатолар хоссалари	62
4.4. Ўлчашлар аниқлигини баҳолашда қўлланиладиган мезонлар	62
4.5. Ҳақиқий хатоликлар бўйича аниқликни баҳолаш	64
4.6. Тенг аниқликда ўлчанган катталикнинг ўлчаш натижаларини математик ишланиши	65
4.7. Ўлчанган миқдорлар функциялари аниқлигини баҳолаш	68
4.8. Тенг аниқсиз ўлчашлар натижаларини баҳолаш	71

5. Бурчакларни ўлчаш	73
5.1. Теодолитларнинг тузилиши	73
5.2. Теодолитни текшириш ва созлаш	80
5.3. Горизонтал бурчакларни ўлчаш	81
5.4. Вертикал бурчакларни ўлчаш	83
6. Жойда масофа ўлчаш	86
6.1. Жойдаги чизиқни ўлчашга тайёрлаш	86
6.2. Лентада чизиқ ўлчаш	88
6.3. Лентада бевосита ўлчаб бўлмайдиган чизиқ узунлигини аниқлаш.	90
6.4. Оптик дальномерлар. Ипли дальномерлар. Иккиланма таъсирли дальномерлар	91
6.5. Лентада ва ипли дальномерда ўлчанган қия чизиқнинг горизонтал қуйилишини аниқлаш	93
6.6. Электромагнитли дальномерлар ёнида масофа узатишнинг асосий принциплари	94
6.7. Масофа ўлчашнинг фазали методи	98
7. Геометрик нивелирлаш	100
7.1. Нивелирлаш турлари	100
7.2. Геометрик нивелирлаш усуллари	100
7.3. Ер эгрилиги ва вертикал рефракциянинг нивелирлаш натижасига таъсири	103
7.4. Нивелирлар, нивелирлаш рейкалари, уларнинг тузилиши ва текшириш	105
7.5. Замоनावий нивелирлар тўғрисида умумий маълумотлар.	110
7.6. Техник нивелирлаш. Трассани нивелирлашга тайёрлаш	112
7.7. Доиравий эгрини режалаш	113
7.8. Трасса томонларини ўлчаш ва уни пикетлаш	114
7.9. Трассани нивелирлаш	117
7.10. Трассани нивелирлаш натижасини ишлаб чиқиш	119
7.11. Трасса бўйлама профилини тузиш, иншоотни лойиҳалаш ...	120
7.12. Юзани квадрат ва магистрал усулларида нивелирлаш	123
7.13. Юзани бир неча бекатдан нивелирлаш ва натижаларни ишлаб чиқиш, планини тузиш	125
8. Геодезик таянч тармоқлари	128
8.1. Геодезик тармоқлар ва уларнинг вазифалари	128
8.2. Геодезик таянч тармоқларини яратиш принциплари	130
8.3. Давлат геодезик тармоғи	131
8.4. Геодезик тармоқлар пунктларини жойда маҳкамлаш ва белгилаш	134
8.5. Геодезик зичлаштириш ва съёмка тармоқларини барпо этиш	139
8.6. Геодезик тармоқларни Ер навигацияли сунъий йўлдошлари (ЕНСЙ) системаларидан фойдаланувчи GPS-приёмниклар ёрдамида яратиш тўғрисида умумий маълумотлар	143
8.7. WGS — 84 координаталар системаси	145
8.8. Ер сирти нуқталари ўрни координаталарини Ер сунъий йўлдошлари бўйича аниқлаш принципи	146
8.9. ЕНСЙ тармоқлари баллистик структураси ва сигналлари ...	149
8.10. Қабул қилиш (приёмникли) аппаратурани қуриш принципи	151
8.11. GPS съёмка	154

9. Горизонтал съёмкалар	156
9.1. Теодолит съёмкаси, теодолит йўлини ўрнатиш	156
9.2. Тафсилотни съёмка қилиш	157
9.3. Далада ўлчаш натижаларини ишлаш	159
9.4. Тўғри ва тескари геодезик масалалар	162
9.5. Теодолит йўли учлари координаталарини ҳисоблаш	164
9.6. Теодолит съёмкаси планини тузиш	166
9.7. Юзани аналитик усулда ҳисоблаш	169
9.8. Юза график усулда аниқлаш	171
9.9. Юзани механик усулда аниқлаш	173
10. Топографик съёмкалар	176
10.1. Тригонометрик нивелирлаш	176
10.2. Тахеометрик съёмкани бажариш	180
10.3. Тахеометрик съёмкани автоматлаштириш ҳақида тушунча ...	186
10.4. Мензула съёмкаси	190
10.5. Мензула тузилиши ва уни текшириш	193
10.6. Кипрегелнинг тузилиши ва уни текшириш	194
11. Иншоотларни лойиҳалаш, лойиҳаларни жойга кўчириш ва қуриш геодезик ишлар	198
11.1. Рельефни горизонтал профиллар бўйича лойиҳалаш	198
11.2. Қия сиртни вертикал профиллар бўйича лойиҳалаш	199
11.3. Горизонтал ва қия текисликни лойиҳалаш	199
11.4. Ер ишлари картограммасини тузиш	201
11.5. Юзаси берилган ер бўлагини ажратиш	203
11.6. Сув омбори ҳажмини аниқлаш	203
11.7. Режалаш ишлари моҳияти	204
11.8. Лойиҳани жойга кўчириш учун асос ва режалаш чизмасини тайёрлаш	205
11.9. Лойиҳавий бурчакни ва чизиқ узунлигини жойга кўчириш	208
11.10. Лойиҳавий баландликни жойга кўчириш	209
11.11. Қия йўналишни жойга кўчириш	210
11.12. Жойда берилган нишаблик бўйича трассалаш	212
11.13. Иншоот баландлиги ва пойдевор чуқурлиги тубининг белгисини аниқлаш	213
11.14. Доиравий эгрини батафсил режалаш	214
11.15. Иншоотни батафсил режалаш	216
11.16. Ер ишлари ҳажмларини кўндаланг профиллар усулида ҳисоблаш	217
Хулоса	218
Адабиётлар рўйхати	219

4. 128

120 T

119 T

4. 123 223

Э. Нурматов, Ў. Ўтанов

ГЕОДЕЗИЯ

Касб-хунар коллежлари талабалари учун қўлланма

Тошкент «Ўзбекистон» 2003

Муҳаррир *М. А. Турсунова*
Бадий муҳаррир *Х. Меҳмонов*
Тех. муҳаррир *У. Ким*
Мусахҳиҳ *М. Йўлдошева*

Теришга берилди 13.08.2002. Босишга рухсат этилди 16.12.02. Бичими 84x108¹/₃₂. Шартли б.т. 11,76. Нашр т. 11,0. Нусхаси 500. Буюртма 61. Баҳоси келишилган нарҳда.

Тошкент, 700129, «Ўзбекистон» нашриёти, Навоий кўчаси, 30.
Нашр № 74-2003.

Ўзбекистон Матбуот ва ахборот агентлиги Тошкент китоб-журнал фабрикаси. Тошкент, Юнус-Обод даҳаси, Муродов кўчаси, 1.