

26

H79

ХУЖАЕВ

ИНЖЕНЕРЛИК
ГЕОДЕЗИЯСИ

Н 39

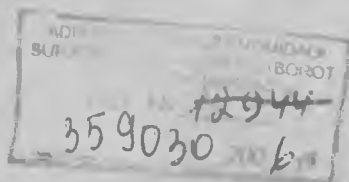
Қ. Н. НОРХЎЖАЕВ

ИНЖЕНЕРЛИҚ ГЕОДЕЗИЯСИ

ЎзССР Олий ва махсус ўрта таъ-
лим министрлиги олий техника
уқув юрларининг студентлари
учун дарслик қилиб тасдиқлаган

359030

359030



ТОШКЕНТ — «Ўқитувчи» — 1984

«Инженерлик геодезияси» номли бу китоб олий техника ўқув юртлири-
программасига мувофиқ ёзилган дарслик бўлиб, қурилиш, транспорт, гидрогех-
ника ихтисосликдаги олий ўқув юртлирининг студентларига мулжалланган.

Дарслик 5 бўлим ва 18 бобдан иборат, уларда геодезия фанининг вазифа-
лари, съёмка ва унинг турлари, съёмка қилиш усуллари, ишлатиладиган асбоб-
лар ва уларни ишлатиш, план, профиль чизиш йўллари тўла тушунтирилган.
Турли инженерлик иншоотларини жойда режалаш масалалари ҳам батафсил
ёритилган. Булардан ташқари, Ўрта Осиёлик геодезия олими Абу Райҳон Беру-
нийнинг геодезия фани соҳасидаги ишлари ҳақида ҳам маълумот берилган. Бу
дарсликдан тегишли ихтисосликдаги ўрта махсус ўқув юртлирининг ўқувчилари
ҳам фойдаланишлари мумкин.

Рецензент: *Ўзбекистонда хизмат кўрсатган ер тузувчи инженер, доцент,
техн. фанлари кандидати А. Н. Назиров*

Н 79

Норхужаев Қ. Н.

Инженерлик геодезияси: Техн. ўқув юрт.
студентлари учун дарслик.— Т.: Ўқитувчи,
1983.—416 б.

Нарходжаев К. Н. Инженерная геодезия: Учебник
для вузов.

ББК 26. 1я7
912

№ 822—83

Навоий номли ЎзССР

Давлат кутубхонаси.

Тираж 1600

Карт. тиражи 3200

© «Ўқитувчи» нашриёти, 1984

320200000 — 308

Н — 353 (04) — 83

инф. письмо — 54

ЎЗБЕКИСТОННИНГ
ОБЛАСТНИК КУТУБХОНА
ИМ. ГОГОЛЯ

СЎЗ БОШИ

Ушбу «Инженерлик геодезияси» номли дарсликни ёзишда геодезия фани ва бу фан соҳасида сўнгги вақтда эришилган янгиликларни назарий ва амалий томондан тўла ёритишга ҳаракат қилинди. Дарсликни ёзишда автор ўзининг кўп йиллик тажрибасига ва бу соҳада янги нашр этилган адабиётларга асосланди. Асбобларга оид маълумотлар кейинги вақтдаги ГОСТ талабига мувофиқ берилди.

СССР да ҳамма тилларда нашр этилган геодезик ўқув адабиётларида Абу Райҳон Берунийнинг геодезия фанига қўшган салмоқли ҳиссаси ҳақида ҳеч қандай маълумот берилмаган. Автор бу камчиликни тулдириш ниятида геодезия олими Берунийнинг геодезия фанига оид ишларидан қисқача маълумот берди. Дарсликни ёзишда автор ўзининг «Инженерлик геодезиясидан практикум» номли қўлланмасидан ҳам фойдаланди.

Китоб ҳажмини оширмаслик учун амалий мисоллар жуда зарур уринлардагина кўрсатилди. Дарслик олий техника ўқув юртлирининг студентларига мўлжалланган, китобдан техникум ўқувчилари ва геодезия фанини ўрганувчилар ҳам фойдаланиши мумкин.

Автор

I боб. Муқаддима

1. 1. Геодезия фани ва унинг халқ хўжалигидаги аҳамияти

Геодезия сўзи «ер бўлиш» деган маънони билдиради. Ер юзасини булакларга бўлиш учун аввал ўлчаш ишлари ўтказилади, сунгра у керакли булакларга бўлинади. Шунга кўра, геодезия фани амалий геометрия (ер ўлчаш) деб ҳам юритилган. Лекин ҳозирда геодезия халқ хўжалигининг турли соҳаларидаги қурилишга доир муҳим ва мураккаб масалаларни ечиш билан шуғулланади. Масалан, ер шакли ва катталигини аниқлаш, ер юзаси маълум қисмининг план, карта ва профилларини чизиш, қишлоқ хўжалигини планлаштириш, турли иншоотлар барпо қилишда бажариладиган қидириш, ўлчаш ва лойиҳалаш ишларини турли асбоблар ёрдамида амалга ошириш йўлларини ўрганиш ҳозирги геодезия фанининг умумий вазифасидир. Бажариладиган ишнинг мазмуни ва усулига қараб геодезия қўйидагича бўлинади ва таърифланади.

Ер юзаси булакларининг кўрinishи ва катталигини аниқлаб, уни план, карта ва профилларда тасвирлаш йўлларини ва бунда ишлатиладиган асбобларни ўрганадиган фан *геодезия* дейилади.

Бутун Ернинг умумий шакли ва ўлчамларини аниқлаш, ер юзасида бир системада планий ва баландлик бўйича таянч пунктлар ўрнатиш ва уларнинг тармоқларини барпо этиш масалаларига доир ўлчаш ва ўлчаш натижаларини тенглаш ишлари билан шуғулланувчи фан *олий геодезия* дейилади.

Геодезиянинг халқ хўжалигидаги турли соҳаларда бино, йўл, канал, аэродром, станция каби инженерлик иншоотлари ўрнини аниқлаш, уларни план, карта ва профилда лойиҳалаш, жойга кўчириш ва қуриш ҳамда ундаги ўзгаришларни кузатиш ишларига доир ўлчаш усулларини ўрганувчи махсус бўлими *инженерлик геодезияси* дейилади.

Демак, инженерлик геодезияси геодезия фани қоидаларини турли инженерлик иншоотлари барпо этишга доир ўлчаш ишларига татбиқ этиш йўлларини ўрганади. Шунга кўра, техникавий ўқув юртларида ўқитиладиган геодезия фани, кўпинча, инженерлик геодезияси номи билан юритилади.

Ер юзасининг катта қисмини қоғозда таъсирлашнинг қоида ва усулларини ўрганувчи фан *картография* деб аталади.

Авиациянинг тараққий этиши билан геодезиянинг съёмка (план олиш) ишларида жойни ҳаводан суратга олиш усули қўлланила

бошлади; бу усул қондаларини ўрганувчи фан *аэрофото — геодезия* дейилади.

Ернинг сунъий йўлдошидан туриб. Ер шаклини аниқлаш ва ер юзаси суратини олиш усулларини ўрганувчи фан *космик геодезия* деб аталади.

Ер массасида узлуксиз бўлиб турган геологик ва геофизик ҳодисалар ер шакли ва юзасининг ўзгаришига таъсирсиз қолмайди. Шунга кўра, ҳозирги геодезия фанининг вазифаси ер юзасида бўладиган ҳодисаларни статикавий ҳол деб қарамай, балки мураккаб динамикавий процесс деб қараб, геофизика ва гравиметрия фанлари ютуқлари асосида геодинамик полигон усулини татбиқ этиб тадқиқот ишлари олиб боришдан иборатдир.

СССР да геодезик ишларни бошқарувчи ташкилот тузиш ҳақида 1919 йилнинг 15 мартида В. И. Ленин имзолаган қонун геодезия фанининг ўсишига катта йўл очиш билан бирга, унинг вазифаларини ҳам белгилаб берди.

Давримизда саноат, қишлоқ хўжалиги ва бошқа соҳаларда кенг куламда жадал олиб борилаётган турли қурилиш ишлари, масалан, темир ва тош йўллар ўтказиш, канал қозиш, катта-кичик бинолар, туғон, аэродром, турли станциялар каби иншоотлар қуриш инженерлик геодезияси олдига катта, мураккаб ва масъулиятли вазифалар қўймоқда; булар геодезия фанининг турли ихтисосликларга бўлиниб ўсишига ундади, янги иш усули ва янги асбоблар яратилишига катта ёрдам берди ва бермоқда.

Геодезия фани қишлоқ хўжалигини планлаштиришига доир ер тузиш ишларида, ҳарбий ишларда, мамлакат бойлигини аниқлашда, мелиорация, ўрмон хўжалиги каби муҳим соҳаларда кенг қўлланилади. Ҳарбийлар «карта армия кўзи» дейишади. Карта эса геодезик ўлчаш натижалари асосида чизилади.

Хар қандай қурилиш иши геодезияга оид ўлчаш ишлари билан бошланади, давом этади ва тугайди. Масалан, канал қозиш ёки йўл ўтказиш учун аввал шу иншоот ўтишига мўлжалланган жой картада белгиланади, кейин у билан жойда танишилади (бу иш *рекогносцировка* дейилади), йўлнинг ўқ чизиғи аниқ белгилападики, иншоот қуриш учун мўлжалланган бу жой *трасса* дейилади. Трассанинг ўқ чизиғи белгиланиб жой съёмка қилинганч, нивелирланади. Ўқ чизиғи профили чизилиб, лойиҳа чизиклари ўтказилганч, иш отметкалари ҳисобланади. Сўнгра лойиҳадаги нуқталар отметкалари бўйича жойга кўчирилади. Шундан кейингина қурилиш иши бошланади.

Геодезиянинг бошқа фанларга муносабати. Геодезия фани математика, астрономия, география фанлари билан бир вақтда ва ҳамма вақтда муносабатда тараққий этди. Геодезик асбоблар назарий жиҳатдан физика қонунлари асосида ясалади, ўлчаш натижалари математик қонунлар бўйича ҳисобланади. Ер юзаси а нуқталар ўрни географик ва астрономик координаталар бўйича белгиланади. Ер шакли ва унинг ўзгаришидаги процессларни ўрганишда геофизика ва геология каби фанлардан фойдаланилади. Ҳозирги даврда геодезия фани механика, автоматика, электроника фанлари

билан ва, ҳатто, космик кузатиш натижалари билан ҳам боғлиқ ҳолда тараққий этмоқда.

1. 2. Геодезия фани тарихидан қисқача маълумот

— Геодезия қадимий фан бўлиб, кишилик жамияти яшаш шароитининг талаби-га кўра вужудга келди, унга мосланиб тараққий этди ва этмоқда. Тарихий обидалар ва археологик қазилмаларда топилган ноёб қолдиқлар тасдиқлашчи қадимий Миср, Месопотамия, Ҳиндистон, Хитой, Юнонистон (Греция), Ўрта Осиё ва бошқа мамлакат халқлари ўз эҳтиёжларини қондириш учун деҳқончилик қилиш ва суғориш каналлари қазिश, турли бино ва иншоотлар қуриш, экин ва бино жойларини узаро тақсимлаш каби ҳаётий масалаларни ечишда геодезик ўлчаш ишларини татбиқ этганлар. Масалан, милоддан илгари Мисрда Нил дарёсининг тошиши натижасида ўғитланган нам ерларнинг деҳқонлар (фаллохлар) орасида бўлиниши геодезия фанининг дастлабки ишларидан бири эканлиги эҳтимолдан холи эмас.

Қадимий маданият ўчоғи бўлган Бобил—Осурийлар ерида олиб борилган археологик қазилмаларда милоддан 3 минг йил илгари чизилган жой плани топилган.

Дажла (Тигр) ва Фирот (Евфрат) дарёларининг сувидан суғоришда фойдаланиш учун сунъий гидротехникавий қурилмалар барпо этилган. Ҳатто милоддан 2150 йил илгари Фирот дарёси тагидан 0,9 км узунликда тонна қазिश учун дарё бошқа ердан ўтказилган.

Мисрда Нил дарёсидан суғориш канали ўтказишда харобат номли 6 м лн ёғоч нов ёрдамида нивелирлаш иши бажарилган. Харобат сув билан тўлдирилиб, икки учира шовун осилганки, булар харобат учларининг ер юзасидан баландлигини кўрсатган. Шу асбоб ёрдамида Нил дарёсидан Сувайш каналигача 150 км масофа нивелирланган. Бу сув нивелири ҳозирги нивелирнинг дастлабки кўрinishи дейиш мумкин.

Мисрдаги тенги йўқ маҳабатли эҳромлар (пирамидалар), сарой ва касрлар қуриш албатта геодезик ишларсиз бўлмаган. Иншоот қуриш, суғориш каналлари ўтказиш, лойиҳани жойга кучириш ва турли режалаш ишларини геометрик жиҳатдан тўғри амалга оширишда геодезик ишлар бажарилганки, бу ҳол геодезиянинг ҳам ривожланишига йўл очган. Миср, Бобил—Осурия, Ҳиндистон ва Хитой ерларида ҳам булганки, бунга етти мўъжиза ва уларнинг қолдиқлари гувоҳдир.

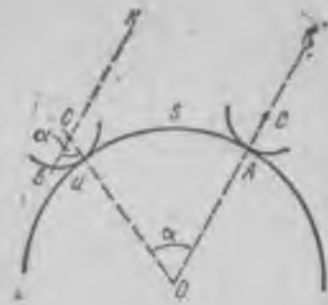
Қундалик ҳаёт тақозосига жавоб тариқасида бажарилган амадий геодезик ишлар билан бирга Ер шакли ва унинг катталиги (ўлчами) ҳақида ҳам янги илмий фикрлар туғилди. Табиатдаги қундалик ҳодисаларни синчиклаб кузатиш ва тафаккур қилиш Ер шар шаклида деган фикрни уйғотди. Дастлаб Ерни шар шаклида деган шахс милоддан 7—6 аср илгари яшаган Анаксимандр (610 — 546) ёки Фалес (639 — 548) эди деган фикрга эътироз билдириб, «бу фикр жанубий Италия ва Сицилия оролларида яшовчи грекларга мансуб» дегувчилар ҳам бор. Шу нарса аниқки, милоддан 7—6 аср илгари ҳозирги Йроқ жанубида яшаган-хондейлар Ерни шар деб фараз қилдилар ва унинг радиуси R узунлигини ўлчаб, 6310,50 км. чиқардилар, лекин буни қандай чиқарганликлари ҳақида маълумот йўқ.

Хитой олимлари коинотни тухумга, Ерни унинг саринга ўхшатганлар. Ми-лоддан 6 аср илгари буюк математик олим Пифагор (571 — 497) самони — космос, Ерни — шар деган эди: лекин бу фикрни италиялик олим Парменид (милоддан олдинги 540 йилларда) эълон қилди. Шунга кўра, Диоген Лаэртсий (404 — 323) номли олим бундай деб ёзган эди: «Парменид биринчи бўлиб, Ер шар шаклида ва олам марказида ётади деган». Арасту (Аристотель) океан сувларининг мувозанатда туришини Ернинг шар шаклида эканлиги билан асослади.

Афлотун (427 — 348) сўзича унинг устози Суқрот (милоддан олдинги 450 йил атрофида) Ерни шар деб унинг катталигини аниқлашга уринган. Маълумотларга кўра, кнедлик астроном Эвдокс (408 — 355) Кнед ороли ва Мисрда туриб Қанопус юлдузини кузатиш йўли билан Ер шарни айланасининг узунлигини $C = 400$ миғг стадия чиқарди. Агар стадияни 176 м десак, $C = 70400$ км, стадияни 150 м десак, $C = 60000$ км бўлади. Лекин бу сонни машҳур Арасту (384 — 322) биринчи бўлиб эълон қилганидан унинг номи билан юритилади, Бу соннинг қандай топилгани маълум эмас.

Ер ўлчамини аниқлашда Эвдокс, Дикеарх (326 — 266) ёки Аристарх (милоддан 4 — 3 асрлар илгари) Асвон ва Дарданеллдаги Лисимахия номли жойни би-

меридианда ётади деб, бу шаҳарлардан маълум қолдузга қараб зенит масофани ўлчаганлар. Зенит масофасининг фарқи меридиан айланасининг ўн бешдан бирига тенг деб олганлар. Шу вақт Ер айланасининг узунлиги S кузатиш ўтказилган шаҳарлар орасидаги масофа S дан 15 марта катта бўлади, яъни $C = 15S$. Икки шаҳар оралиғини 20000 стадия деб олиб (стадия 176 м), Ер айланаси узунлигини 300 000 стадия (52800 км) Ер радиусини эса $R = 8400$ км чиқарганлар. Буни дастлабки градус ўлчаш усули десак бўлади. Ерни шар деб, унинг ўлчамини назарий тўғри аниқлаган Олим Искандариялик Эратосфен (276 — 194) бўлган. У ўзининг уч томлик «география номли асарининг (асар бизгача етиб келмаган) иккинчи китобида Ернинг шар ёқанини ва унинг ўлчамларини аниқлагани ҳақида ёзганини астроном Клеомед асаридан билиш мумкин. Эратосфен Ер ўлчамини аниқлаш учун Искандария (кенглиги 31°) билан Асвон (кенглиги 24°) шаҳарларини бир меридианда ётади деб, шаҳарлар орасидаги масофани (S) қарвонлар юриш муддати 5000 стадияга тенг деб олади. Асвонда (A) ёзги қиём вақтида қуёш нури QC (1. 1-шакл) қудуқ тагигача тушишини ва вертикал турган таёқ (гномон)нинг сояси бўлмаслигини аниқлади. Бу ҳол Қуёш (Q) зенитда (тикак тепада) бўлиб, зенит оралиғи 0° га тенг эканини курсатади. Худди шундай вақтда Искандарияда (I) Қуёш зенитдан узоқлашиши сабабли гномон сояси Iv қуёш соати косаси гардишининг (айланасининг) 50 дан бирига тенг ($7^{\circ} 12'$) ёй ҳосил қилишини аниқлади. Кейин 5000 ни 50 га кўпайтириб, Ер айланасининг узунлигини 250 000 стадияга тенг чиқарди.



1. 1.-шакл.

Стадия турли даврда турлича бўлган. Стадияни 172 м га тенг деб олиб, Ер ўлчамлари ҳисобланса, айлана узунлиги 43000 км, Ер радиуси 6844 км, бир градус меридиан ёйи узунлиги 119,4 км бўлади. Эратосфен бу иши билан Ер ўлчамларини аниқлашда ҳозирга қадар қўлланиладиган «Градус ўлчаш усули» га асос солган деб ҳисобланади ва бу усул унинг номи билан юритилади.

Искандариялик машҳур олим Птоломей (87 — 165) «География» номли катта асарда ернинг шар шаклида бўлиб, меридиан узунлиги 180 000 стадияга тенглиги ҳақида маълумот берди, лекин бу катталикнинг қандай топилгани маълум эмас.

Улуғ олим Беруний ўз асарларида геодезия фани тарихига оид бой ва қимматли маълумотлар берди. Беруний ёзишича, Ер ўлчамларини аниқлашга 5—6 асрларда яшаган хинд олимлари ҳам ўз ҳиссаларини қўшган. Масалан, Арьябхата ҳисобича, Ер радиуси 8287,44 км, лекин Брахмагупта аниқлашича 6239,26 км бўлиб, бу ҳақиқатга анча яқин.

IX аср Арабистонда маданият анча тараққий этиб, Бағдодда «Ҳикмат уйи» номли илмий марказ тузилди. Унда ўрта Осиёлик «Ер сурати» номли асар автори алгебра фанининг асосчиси Ал-Хоразмий ва Ал-Фарғоний, Ал-Марвзий, Ал-Марварудий каби олимлар ҳам ишлади, Халифа Хорун Ал-Рашид ўғли Ал-Маъмун фармойишига биноан 827 йили «Ҳикмат уйи» аъзоларидан иккита группа (экспедиция) тузилди. Ер ўлчамларида бўлган тафовутни бартараф қилиш учун буларга «градус ўлчаш усули» ни ишлатиб, Ер ўлчамларини аниқлаш иши топширилди. Мосул вилоятидаги Санжар саҳросида белгиланган бир нуқтада Қуёшнинг кун ярмидаги (тушдаги) баландлиги ўлчангач, бир группа Халид Марварудий раҳбарлигида меридиан бўйича шимол томонга, иккинчи группа Али Ал-Аструлабий (самарқандлик астролябия устаси) раҳбарлигида жануб томонга қараб юрдилар. Ўз йулларида бир градус меридиан ёйи узунлигини махсус ўлчаш қуроли (арқон) билан тўғри ва тескари йўналишда ўлчадилар. Чизик йўналишини тўғри ўлчаш учун бир арқонни меридиан бўйича тўғри тортиб, иккинчи арқонни биринчи арқон охиридан бошламай, биринчи арқон ўртасидан бошлаб тортиш йўли билан давом эттирдилар. Бунда меридиан бўйича тўғри ўлчаш бўлади. Бир группа натижаси бўйича бир градус меридиан ёйи узунлиги 56,00 миля (110, 50 км), иккинчисидан 56,66 миля (111, 82 км) чиқди. Хабаб Ҳусиб Мервзий (мервлик математик ва ҳисобловчи) аниқлашича 56,66 миля тўғри бўлади. Бу ўлчаш натижаси бўйича меридиан узунлиги 402 53, 28 км чиқади.

Арабистонда бажарилган «градус улчаш» иши шу давргача бажарилган ўлчаш ишларига нисбатан методик ва илмий жиҳатдан энг туғриси деб ҳисобланади, чунки бу ўлчашда чизиқ узунлиги илгариги олимлар ишидагидек, тахминий олинмай балки махсус қурол ва усул билан икки қайта ўлчаб топилган. Бундай градус ўлчаш ишлари Қуфа билан Бағдод орасида ва Раққа билан Пальмира (Тадмор) орасида ҳам ўтказилган. Тарихий маълумотларга қараганда бу ишларда Ўрта Осиё олимларидан Марварудий, Аструлабийлар бевосита раҳбар бўлиб иштирок этса-да, Фарғоний ва Хоразмийлар билвосита (режа тузиш ва ҳисоблаш каби ишларда) қатнашдилар.

Хоразмий география ва геодезия масалаларига бағишлаб ёзган «Суратул арз» (Ер сурати) номли китобида Шарқ мамлакатлари картасини ва 1000 дан ортиқ шаҳарнинг узоқлама ва кенгламасини келтирди. Уша даврнинг асосий геодезик ва астрономик қуроли бўлган астролябия ҳақида ёзган «Астролябия ҳақида рисола» номли китобида бу асбобнинг тузилиши ва ишлатилиши ҳақида маълумот берди. «Алгебра» номли китобида одамлар ўртасида ер юзасини булиш, йул ўтказиш каналлар қозиш каби ҳаётий масалаларни ҳал қилишда ҳисоблаш ишларининг зарур эканлигини таъкидлади.

Фарғоний астроном ва геодезист бўлиб, Бағдод, Дамашқ обсерваторияларида ва Мисрда ишлади, Нил дарёсида қурилган гидротехник иншоотларда «Ниломер» (Нил дарёси сувини улчаш) қуроли ясаганки, ундаги тош устундаги қолдиқ ёзувлар (белгилар) га кўра уша даврдаги улчов бирлиги бўлган зирё (газ) нинг узунлиги (0,4933 мм) аниқланди. «Астролябия яшаш санъати», «Астрономия усуллари» каби бир қанча асар ёзди. «Астрономия асослари» китоби Европа тилларига таржима қилинди.

Мервозий Хабаш Хосиб ҳам ўз даврининг буюк олими бўлиб, 1500 бетли астрономик жадвал тузди. «Юлдузларнинг улчамлари ва уларнинг Ердан узоқлиги» номли китобида Ернинг диаметри ва айланасининг узунлиги ҳисобланган. Булардан ташқари, Шарқнинг бир қанча олимлари ҳам геодезия фанининг ривожланишига ўз ҳиссаларини қўшганлар.

1. 3. СССР да геодезия фанининг тараққий этиши

Ўтмишда СССР территориясида ҳам геодезия соҳасида кўп ишлар қилинганки, бу ишлар тарихий обидалардан маълум. Масалан, 1792 йили Қримдаги Таман (Тьмутаракан) шаҳри яқинидан топилган, ҳозирда Ленинграддаги Давлат Эрмитажда сақланаётган тошдаги ёзувда 1068 йили князь Глебь Керчь билан Таман орасидаги 27 км (14000 сажен) ли масофа Керчь бугози орқали муз устида улчангани қайд қилинган. Тошга ўйилган чизиқларни XI асрдаги Киев Русига тегишли ер картаси, бу улчаш эса градус ўлчашга доир бир иш деб айтувчилар ҳам бор.

Уша даврда геодезия кўпроқ ер участкаларининг чегараларини белгилаш, бўлақларга булиш, майдон катталигини аниқлаш ишларида татбиқ этилган эди. Петр I нинг Россия картасини тузишга доир кўрсатмаларини бажаришда янги техникадан фойдаланиб, чизиқ улчашда арқон ўрнида металл занжир ишлатила бошлади, бурчаклар астролябия билан улчанди.

XVI асрда фаннинг тараққий этиши билан геодезия соҳасида ҳам янги асбоб ва усуллар ишлатилди. 1609 — 1611 йилларда кўриш трубаси, 1620 йилда верньер яратилди. 1591 — 1620 йилларда Снеллиус триангуляция усулини татбиқ этди.

1570 йили Россия ҳарбий идораси буйруғига биноан 1:1 800 000 масштабда Москва давлати картаси тузилди, бу «Катта чизма» номи билан маълум. 1667 йили картограф С. У. Ремезов ва унинг ўғиллари 23 варақли «Сибир чизмалар» китоби» номли карталар йиғиндиси туздилар, бу биринчи рус географик атласи эди. 1739 йили Петербург Фанлар академиясида мамлакат картасини тузиш билан шуғулланувчи махсус Госдепартамент ташкил этилди ва бунга 1758 — 1763 йиллари М. В. Ломоносов (1711 — 1765) раҳбарлик қилди, Бу ташкилот Россия улкаларининг картасини тузишда кўпгина ишлар қилди.

1822 йили ҳарбий топографлар корпуси ташкил қилиниб, бу ташкилот умумий давлат миқёсида геодезия, топография ва картографияга доир ишларни олиб борди.

XIX аср бошларида рус олимларидан К. И. Теннер (1783 — 1856), В. Я. Струве (1793 — 1864) ва бошқалар геодезия фанининг ўсишига катта ҳисса қўш-

дилар. В. Я. Струвенинг «Меридиан ёйи» номли китоби ҳозиргача ўз қимматини сақлаб келмоқда.

1822 йили ташкил қилинган ҳарбий топографик корпус топографик карталар тузишда таянч идора бўлиб, бунга рус географик жамияти, Геология комитети каби бир неча ташкилотлар ҳам ёрдам бердилар. 1839 йили Пулково астрономик обсерваторияси ташкил этилди, бу астроном-геодезик ишларнинг ривожланишида катта хизмат қилди.

Улуғ Октябрь социалистик революциясигача геодезия фанининг назарий ва амалий ўсишига катта ҳисса қўшган олимлар жумласига А. П. Болотов (1803 — 1853), А. Н. Савич (1810 — 1883), В. В. Витковский (1856 — 1924), А. Н. Бик (1844 — 1896) ва бошқалар кирди.

Ўрта Осиёда астрономик ва геодезик ишларни Ўрта Осиё Россия билан қўшилгандан кейин ҳарбий министрликнинг 1867 йил 3 ноябридаги буйруғига биноан, Туркистон харбий округи (ТУРКВО) топография бўлими планли равишда олиб борди. 1873 йили ТУРКВО қошида Тошкент обсерваторияси ташкил қилинди. Геодезик ишлар ТУРКВО нинг топография бўлими раҳбарлигида олиб борилди.

Асосан СССР да геодезия фани улуғ Октябрь социалистик революциясидан кейин давр талабига қараб назарий ва амалий жиҳатдан тез суръатлар билан ривожланди. Кенг Ватанимизнинг узоқ ўлкалари ҳам геодезик тармоқлар билан қопланди ва мукаммал топографик карталар тузилди. 1927 йилдан аэрофотосъёмка қулланила бошлади. 1935 йилда қишлоқ хўжалик артелларининг ташкил қилиниши, ерларни колхозларга доимий фойдаланиш учун боғлаш каби ишларда геодезистлар кўп талаб қилиндики, бу геодезия фанининг ўсишига катта хизмат қилди. Кейинги даврда яратилган автомат асбоблар, радиодальномер, ёруғлик дальномер, лазер геодезик асбоблар, космик геодезия каби янгиликлар геодезия фанининг ҳар томонлама ўсишига ёрдам берди, бунда иш усуллари ҳам узгарди.

КПСС XXVI съезди қарорига кура, қишлоқ хўжалигини ривожлантириш, суғориш майдонларини ошириш, қишлоқ ва шаҳарларда қурилиш ишларини ривожлантириш каби масалалар геодезик ишларни бундан кейин ҳам тараққий эттириш ва кадрлар тайёрлашни яхшилашни талаб этади.

Совет геодезия фанининг назарий ва амалий ривожланишига совет олимларидан Ф. Н. Красовский (1878 — 1948), А. А. Михайлов, М. С. Молоденский, А. И. Изотов, А. С. Чеботарев, В. В. Данилов, П. И. Шилов, А. Ф. Лютц, В. Д. Большаков ва бошқалар катта ҳисса қўшдилар ва қўшмоқдалар.

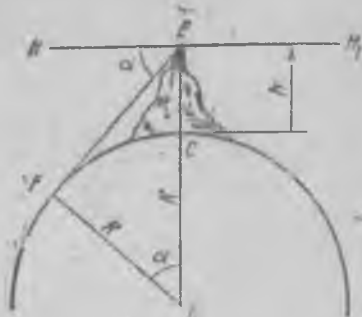
Ф. Н. Красовский ва А. А. Изотов Ер шакли ва улчамини аниқлашда ёришган йутуқлари учун Ленин мукофотиغا сазовор булдилар. М. С. Молоденский Ер шакли ва улчамини Ер гравитацион майдонини урганиш орқали аниқлаш ҳақида янги назария яратди ва унинг бу иши жаҳоншумул аҳамиятга эга булди.

1. 4. Абу Райҳон Беруний ва геодезия фани

Хоразмлик энциклопедист олим Абу Райҳон Беруний (973 — 1048) ўз ҳаётида¹ ёзган 150 номдаги асаридан 40 таси геодезияга оид, улар қуйидаги мавзуларни ўз ичига олади: Ер шари улчамларини уфқ пасайиш бурчагини улчаш орқали аниқлаш; геодезиянинг туғри ва тескари геодезик масалаларини ечиш йулларини татбиқ этиб, географик координаталар ёрдамида ер юзасида икки нуқта орасидаги масофанинг узунлигини ва чизиқ йўналишини, шаҳарлар географик координаталарини аниқлаш; геодезик асбоблар ясаш ва янгиларини ихтиро қилиш: кундалик ҳаётда учрайдиган инженерлик геодезиясига оид масалаларни ечишнинг назарий ва амалий йулларини белгилаш ва картографик проекциялар ва усуллар. Булар асосий масалалардир, булардан ташқари, жойда нарсаларни кузатишдаги қараш нурунининг ҳавода синиши (рефракция) ва параллакс ходисалари (қаралган нарсанинг силжиб кўрinishи) ҳақида ва улчаш хатоларининг асосий хоссаларини, горизонт узоқлигини аниқлаш каби масалалар ҳақида ҳам ўз фикр ва мулоҳазаларини баён этган.

Уша даврда геодезияга мустақил фан деб қарамай, геодезик масалаларни математика, астрономия ёки география фанларига оид деб қарадилар. Лекин

¹ Беруний ҳаёти ва илмий ишлари ҳақида Норхўжаевнинг «Беруний ва унинг геодезияга доир ишлари» номли асарига қаранг. Тошкент, «Фан» 1973.



1. 2.- шакл

ерида градус ўлчаш усулини татбиқ этиб, Ер ўлчамларини аниқламоқчи бўлди, лекин бу ишда унга ҳеч ким ёрдам бермаганидан, бошқа усул ишлатди; бу ҳақда ўзи: «Ер айланасининг узунлигини саҳрони кезиб юрмай, қуйидагича аниқлаш мумкин» деб, уфқнинг пасайиш бурчагини ўлчаш усулининг учта вариантини шакллари билан, назарий асослаган ҳолда тушунтирди.

Беруний султон Маҳмуд Газнавийнинг Ҳиндистонга қилган сафарида у билан бирга бўлди. У ерда 1021—1024 йилларда Мулътон ёнидаги Нандна қўрғони яқинидаги кенг саҳрода уфқнинг пасайиш бурчаги α ни ўлчаш усулини татбиқ этиб, Ер радиуси R ни аниқлади. Бунда саҳро ёнидаги тепа баландлиги h ни ўзи яратган баландлик ўлчаш асбоби билан икки марта ўлчаб, уни $h = 652,055$ зирוף, яъни 321,659 м, уфқнинг пасайиш бурчаги α ни эса $\alpha = 0^{\circ}34'$ чиқарди (1. 2.- шакл). Кейин

$$R = \frac{h \cdot \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \quad (1)$$

Формула буйича уша даврда қўлланиладиган 60 — лар системасини татбиқ этиб, Ернинг радиуси R ни ҳисоблаб, қуйидагини чиқарди:

$$R = \frac{652,055 \cdot 0,9999492644033}{0,0000507355967} = 12\,851\,369,845 \text{ зирוף.}$$

1. 1.- жадвал

Ер шарининг турли олимлар аниқлаган ўлчамлари

Аниқлаш вақти	Олимлар номи	Радиус узунлиги, км	Бир градус меридиан ёни узунлиги, км	Айлана узунлиги C , км	Қайси кенГ-ликда
Милoddан 6 аср илгари	Холдейлар	6 310,50	110,14	39 650,13	—
4 аср	Арасту	9 549,27	166,67	60 000,00	—
2,5 „	Эратосфен	6 843,65	119,44	43 000,00	30
1,0 „	Посидоний	6 569,90	114,67	41 280,00	35
II асрда	Птолемей	6 059,01	105,75	38 070,00	40
V—VI „	Брахмагупта	6 239,26	108,89	39 202,51	—
827 йилда	Арабистонда	6 406,51	111,82	40 253,28	35
1037 „	Беруний	6 339,58	110,65	39 832,76	32
1528 „	Фернелъ	6 337,01	110,60	39 816,72	49
1616 „	Снеллиус	6 153,13	107,39	38 661,34	52
1633 „	Норвуд	6 412,66	111,92	40 292,01	52
1670 „	Пикар	6 372,01	111,21	40 036,60	49

I зиръ 0,4933 м десак, $R = 6339580,745 \text{ м} = 6339,58 \text{ км}$ чиқади. Беруний жаҳонда биринчи бўлиб чизикли триангуляция ва полигонометрияни татбиқ этиб, шаҳарларнинг географик координаталарини ҳисоблади. Астролябиянинг такомиллашган турларини яратди ва улардан ўз геодезик ишларида фойдаланди. Картографияда стереографик проекция усулини татбиқ этиб, юлдузлар жойлашган само ва ер юзаси картасини чизиш йўлларини кўрсатди. Биринчи бўлиб Ер глобусини ясади, Берунийнинг геодезия соҳасидаги ишлари ҳисобсиз бўлиб, олим геодезия фанининг асосчиларидан биридир.

Берунийдан кейин 1528 — 1680 йиллар орасида Франция олимлари Фернель ва Пикар, Голландия олими Снеллиус, инглиз олими Норвуд ва бошқалар ҳам градус ўлчаш усулида ер шари ўлчамларини аниқладиларки, улар эришган натижалар I. 1-жадвалда келтирилган.

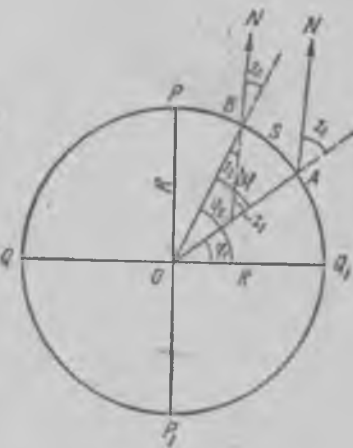
II боб. Ер юзасини план ва картада тасвирлаш

I. 1. Ернинг шакли ва ўлчамлари

Ер шаклини ва катталигини (ўлчамларини) билиш ер юзасини қоғозда тасвирлаш, турли илмий ва техник ишлар олиб бориш учун зарур. 1682 йили машҳур олим И. Ньютон (1643—1727) эълон қилган назария—бугун дунё тортишиш қонунига биноан, Ер ўз ўқи атрофида катта тезлик билан айланиши туфайли у шар шаклида бўлмай, балки икки қутби бўйича сиқилган сфероид (эллипсоид) шаклида бўлиши керак. Буни текшириш учун Франция Фанлар академияси иккита экспедиция тузди. Уларнинг бири шимолий Финляндия (Лапландия) да, иккинчиси эса Перуда бир градус меридиан ёйининг узунлигини ўлчадилар.

Бунда қутб яқинидаги Лапландияда бир градус ёйнинг узунлиги (111,6 км) экватор яқинидаги Перуда бир градус ёйнинг узунлиги (110,6 км) дан катта эканлиги аниқланди. Бу ҳол Ер шар шаклида бўлмай, балки қутблар бўйича сиқилган эллипсоид шаклида эканини кўрсатди. Шундан кейин Ерни эллипсоид шаклида деб, унинг ўлчамларини аниқлай бошладилар. Қўрамизки, градус ўлчаш усули билан ёлғиз ер шари ўлчамларининг эмас, балки Ер шаклини ҳам аниқлаш мумкин.

Ҳозир градус ўлчаш усули тағбиқ этилганда Эратосфен фойдаланган йул урнига, фан ютуқларидан фойдаланиб, қуйидагича иш тутилади. Ер юзасида бир меридианда ётувчи A ва B нуқталардан бир самовий ёриткич (юлдуз) га қараб (AN ва BN), нуқталарнинг зенит масофаси Z_1 ва Z_2 ўлчанди (II.1-шакл.) ёки астрономик кузатишлар орқали A ва B нуқталар кенглемаси φ_1 ва φ_2 аниқланади. $AB=S$ масофа аниқ ўлча-



II. 1.- шакл. Ер шари ўлчамини градус ўлчаш усулида аниқлаш.



И. 2- шакл. Ер юзаси ва сатҳий юза: 1 — сатҳий юза; 2 — ернинг физик юзаси (геоид).

11022 м булган Мариан нови) бор. Қуруқлик бутун ер юзасининг 29 процентини, денгиз ва океан сувлари эса 71 процентини ташкил этади. Қуруқликларнинг денгиз юзасидан булган ўртача баландлиги 875 м. У ҳолда Ернинг шакли қандай деган масала турғилади. Қуруқлик сув эгаллаган жойга нисбатан кичик ва қуруқликнинг сув юзасидан баландлиги Ернинг катталигига нисбатан сезиларли эмас (И.2-шакл), шуни эътиборга олиб, Ер шаклини белгилашда денгиз ва океан сувларининг тинч тургандаги юзаси асос қилиб олинади. Бу юза ер сиртидаги ҳар бир нуқтада шовун чизиққа, яъни Ернинг тортиш кучи ва марказдан қочирма кучнинг тенг таъсир этувчиси булган оғирлик кучи йўналишига перпендикуляр (нормал) булади; бундай юза *сатҳий юза* дейилади. Сатҳий юза ҳамма нуқтада горизонтал булади. Ҳар бир нуқтанинг ўз сатҳий юзаси булади; океан сувларининг ўртача юзаси асосий сатҳий юза деб қабул қилинади.

Геоид. Асосий сатҳий юза фикран қуруқликлар таги бўйича давом эттирилса, сатҳий юза билан чегараланган думалоқ шакл ҳосил буладикки, бунини Ер шакли деб қабул қилинади; бу шаклни 1873 йили немис физиги Листинг (1803—1882) *геоид* (ер шакли) деб атади. Сатҳий юза шовун чизиқ (оғирлик кучи) йўналиши орқали белгиланади, оғирлик кучи йўналиши эса Ер қобиғидаги массаларнинг турли зичликда жойланишига қараб турлича булади. Шунга кўра, сатҳий юза билан чегараланган эллипсоидсимон геоид жуда мураккаб шаклда бўлиб, геометрик шаклларнинг ҳеч бирига ўхшамайди. Ер қобиғидаги масса зичлигини аниқ билмай туриб, геоиднинг материкдаги юзаси куришишини аниқлаб ҳам бўлмайди.

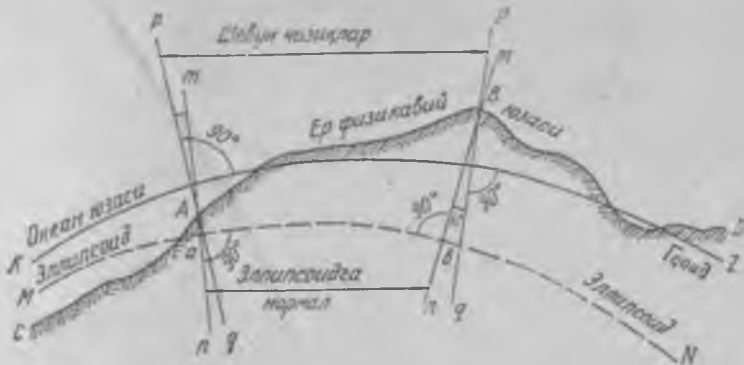
Ер қаърида узлуксиз давом этувчи геологик ўзгаришлар туфайли Ер узлуксиз керишиб туради, бу ҳол геофизикавий ўзгаришлар сабабчиси булганидан, Ер шаклини ўрганишда унга статикавий ҳолатда деб қарамай, балки динамикавий жараён таъсиридаги ҳаракат шакли деб қараш туғрироқ булади. Шунга кўра, ўзгарув-

нади. AN ва BN параллел. $OP = OP_1 = OQ = OQ_1 = R$ — Ернинг радиуси булса, шакл бўйича марказий бурчак $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ ёки $\Delta\varphi = Z_1 - Z_2$ булади. $\Delta\varphi$ радиан улчовида олинса, $S = R \cdot \Delta\varphi$ булади; бундан

$$R = \frac{S}{\Delta\varphi} \quad (\text{II. 1})$$

келиб чиқади. Ҳозир градус улчашда шу усулдан фойдаланилади.

Сатҳий юза. Маълумки, ер юзасида баланд тоғлар (баландлиги 8848 м булган Эверест тепалигидаги Жомолунгма чуққиси) ва турли чуқурликдаги океанлар (Тинч океанда чуқурлиги



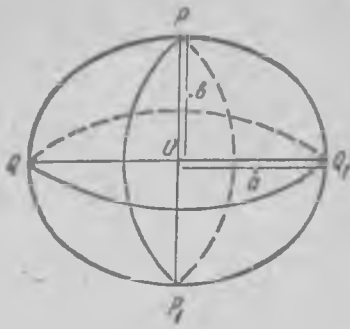
II. 3-шакл. Геоид ва эллипсоид кўриниши; r — шовун чизиқ, mn — эллипсоидга нормал (перпендикуляр) чизиқ; u — шовун чизиқ оғиши

чан ҳаракатдаги бу геоиднинг шакл ва ўлчамларини математика формуллари билан ифодалаб бўлмайди. Бу геоид ўрнига юзаси математикада аниқланадиган, ўзи геоидга энг яқин келадиган (ўхшашроқ бўлган) бошқа математик шакл қабул қилинади. Кўп тадқиқот ишларининг натижаси бўйича геоидга энг яқин келадиган шакл айланиш эллипсоиди деб топилди; геоид юзасига эллипсоид юзаси кўпроқ туғри келиши аниқланди. II. 3-шаклда Ернинг тахминий физикавий юзаси $СABД$, геоид KL ҳамда эллипсоид MN келтирилган. Геоид юзаси KL бир текис кетмай, Ернинг ички зичлигига қараб, тулқинсимон кўринишда кетган. A ва B нуқталардан эллипсоидга нормал тушган mn билан шу A ва B нуқталардаги шовун чизиқлар pq орасидаги u бурчак шовун чизиқнинг оғиши дейилади. Бу оғиш бурчагининг қиймати эллипсоид юзасида ўртача 3—4", баъзи жойларда 50" гача боради. Икки нуқтадаги шовун чизиқлар оғишининг фарқи 100 гача ҳам боради.

Референц эллипсоид. Геоид ўрнига қабул қилинадиган эллипсоид маркази Ернинг тортиш кучи марказига, экватор текислиги Ер экватори текислигига, кичик (айланиш) ўқи ернинг айланиш ўқига туғри (мос) келиб, ҳажми геоид ҳажмига тенг бўлиши керак. Шу шарт асосида қабул қилинган эллипсоид юзасидан геоид юзасининг баландлик бўйича фарқлари квадратларининг йиғиндиси минимум бўлиши ҳам керак. Юқоридаги асосларга биноан танланган эллипсоид Ер танасига ҳар тарафлама яхши жойлашиши керакки, бу-эллипсоидни орендирлаш дейилади. Агар эллипсоид геоидга ёки геоид эллипсоидга жойланса, булар бир-бирига ҳамма нуқталари билан ёпишиб турмайди (урунмайди), балки геоиднинг баъзи нуқталари эллипсоиднинг устидан ёки ичидан ўтади. Бу юзаларнинг тенгмаслиги (фарқи) 150 м дан ошмайди.

Геоиднинг шакли ва Ернинг физик юзасини ўрганишда уларнинг қай нуқтада қандай фарқ қилиши аниқланади. Бу фарқ ва эллипсоид параметрлари асосида геоид ва ҳақиқий Ер шакли моделини яшаш мумкин.

Ер юзасининг турли участкасида олиб борилган ўлчаш натижаларини математик ишлаб чиқиш бир юзада бўлиши учун ўлчаш



И. 4- шакл.

Ўқи $OP=OP_1=b$ қийматлари билан ёки катта ярим ўқи a ва сфероид (эллипсоид) нинг сиқилиши дейиладиган α билан аниқланади.

α қиймати қуйидагича бўлади:

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \quad (\text{II.2})$$

Ернинг ўлчамларини аниқловчи a , b ва α лар ер эллипсоидининг параметрлари дейилади. Ернинг математик шакли юзасини ўрганишда шундай эллипсоид топиладики, у ўз параметрининг қийматлари жиҳатидан геоидга юқоридаги шартлар асосида энг яқин келадиган ва Ернинг танасига яхши жойлашадиган бўлсин. Бундай ер эллипсоиди *референц-эллипсоид* дейилади. Ҳар хил мамлакатлар қабул қилган референц-эллипсоид ўлчамлари, уларнинг аниқланиш йили ва авторлари номи II.1-жадвалда келтирилган.

II. 1-жадвал

Аниқланган йиллар	Мамлакатнинг номи	Олимнинг номи	a		b	α
			м			
1800	Франция	Деламбр	6 375 653	6 356 564		1:334,0
1841	Германия-	Бессель	6 377 397	6 356 079		1:5299,0
1880	Англия	Кларк	6 378 249	6 356 515		1:293,5
1893	Россия	Жданов	6 377 717	6 356 433		1:299,6
1909	Ш. Америка	Хейфорд	6 378 388	6 356 912		1:297,0
1940	СССР	Красовский	6 378 245	6 356 863		1:298,3

Эллипсоид ўлчамларининг турлича бўлиши сабаби турлича изоҳланади. 1859 йили рус ҳарбий геодезисти Ф. Ф. Шуберт бунини «Ер уч ўқи эллипсоид бўлишидан» деди. Унингча Ер ёлғиз айланмиш ўқи бўйича сиқилмай, экватор ўқи бўйича ҳам сиқилган, ва бу сиқилиш 1:8870 га тенг. Уша даврда Ф. Ф. Шуберт фикрига эътироз билдирувчилар ҳам бўлди. Лекин кейин Ф. Н. Красовский бажарган ишлар натижаси Ф. Ф. Шуберт ҳақ эканини курсатди.

1880 йили Кларк Ер уч ўқли бўлиб, Гунинг узун меридиан узоқламаси ғарбий $8^{\circ}15'$ да, калтаси шарқий $81^{\circ}45'$ да, экватор ярим ўқлари узунлигидаги фарқ 450 м, деган фикрни айтди. Бу соҳада Ф. Н. Красовский раҳбарлигида А. А. Изотов ва бошқалар бажарган иш Ернинг уч ўқли эканини очиқ курсатди.

СССР олимларидан А. А. Михайлов, М. С. Молоденский ва бошқалар кейинги вақтда Ер шаклини гравиметрик усул билан (оғирлик кучини ўлчаш орқали) аниқлай бошладилар, чунки градус ўлчаш усулини ёлғиз қуруқликдагина татбиқ этиш мумкин, денгиз ва океанларда эса мумкин эмас. Гравиметрик усулни эса қуруқда ҳам, денгизларда ҳам татбиқ этса бўлади. Бу олимлар оғирлик кучи ва унинг аномалиясига (ўзгаришига) доир назарияни ривожлантириб, зарур формулалар бердилар. Бу усулни Ер шакли ва ўлчамини аниқлашга татбиқ этдилар. Кейин Ватанимизда геодезик ва гравиметрик ўлчаш натижаларини бирга қўшиб ишлаб, Ер ўлчамларини аниқладиларки, бу дунёда биринчи марта қилинган иш эди. Ер шакли ва ўлчамини гравиметрик аниқлаш *физик геодезия* дейилади.

Бу усул геофизика, геология, география каби фанларга боғлиқ масалаларни, Ер шарининг тузилишига доир масалаларни ўрганишга ёрдам беради.

СССР, Европа ва Америкада олиб борилган геодезик ва гравиметрик кузатиш ишларининг натижаларини ишлаб чиқиш Ернинг уч ўқли эканини тасдиқлади. 1942 йилнинг 4 декабрида Ер эллипсоиди уч ўқли деб қўйидаги ўлчамлар қабул қилинди: экватор бўйича катта ярим ўқи узунлигининг ўртача қиймати $a=6378245$ м; қутбий сиқилиши $\alpha=1:298,3$; экватор бўйича сиқилиши $e=1:30\,000$; узун меридиан 15° шарқий узоқликда; узун ва қисқа меридианлар ўртасидаги фарқ 213 м. Қабул қилинган бу эллипсоид *Красовский эллипсоиди* дейилади.

Эллипсоиднинг юқоридаги қийматлари А. А. Михайлов (Ой ҳаракатини астрономик кузатиш орқали), И. А. Жонголович (учта совет Ер сунъий йўлдошларини кузатиш орқали), П. Козан (Америка Ер сунъий йўлдошларини кузатиш орқали) олиб борган тадқиқот ишларининг натижаларига тўғри келди. 1946 йили СССР Министрлар Советининг қарорига биноан, Ф. Н. Красовский эллипсоиди *Совет референц эллипсоиди* деб қабул қилинди.

Ер эллипсоиди ва геоидни бир-биридан фарқ қилиб ҳисоблаш катта территорияда бажариладиган геодезик ишларда татбиқ этилади. Инженерлик ишларида геоид ва эллипсоид юзалари бир-бирига мос (бир хил) деб ҳисоблаш мумкин. Баъзи амалий масалаларни ҳал қилишда Ерни шар деб олиш ҳам мумкин. Бунда эл-

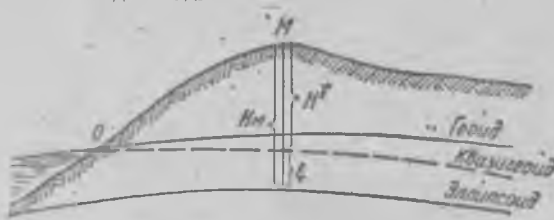
липсоид ҳажмига тенг шарнинг радиуси $R = \sqrt[3]{\frac{9}{16}a^2e}$ бўлади.

Красовский эллипсоидида $R=6371,11$ км.

II. 2. Ер шакли ҳақида кейинги фикрлар

Ер шаклини ҳар хил усуллар билан ўрганиш давом этмоқда. Кейинги даврда совет олими М. С. Молоденский Ер шаклини аниқлашга гравиметрияни татбиқ қилиш соҳасидаги тадқиқот ишларида катта ютуқларни қўлга киритди. Унинг кўрсатишича, Ер қобиғидаги масса (модда)ларнинг зичлиги қандай жойлашганини аниқ билмай туриб, геонд шаклини аниқлаб бўлмайди. Геонд шаклини аниқлаш жуда мураккаб. Геодезиянинг турли назарий ва амалий масалаларини ҳал қилиш учун геонд шаклини билиш шарт ҳам эмас. Геодезик ўлчаш натижалари бўйича геонд шаклини эмас, балки Ернинг физик юзаси шаклини аниқлаш мумкин, бу шакл геодезик ишларга кифоя қилади. М. С. Молоденский геонд юзаси ўрнига унга энг яқин бўлган юзали шакл қабул қилишни таклиф қилди ва бундай шаклни *квазигеонд* (сохта геонд) деб атади. Квазигеонд шаклини билиш учун қуруқликда Ер қобиғидаги масса зичлигини билмаса ҳам бўлади. Квазигеонд юзаси геонд юзасига жуда яқин бўлиб, бу юза денгиз ва океанларда геонд юзасига мос бўлиб, қуруқликларда булар орасидаги фарқ 2 м дан ошмайди (текисликларда 2 см, тоғлик жойларда 2 м). Шунинг эътиборга олиб, купинча, квазигеонд ўрнига ҳам геонд сўзи ишлатилади. Ҳозирги вақтда Ер шакли сифатида қуруқликда Ернинг тоғ ва даштлардан иборат физик юзаси, океан ва денгизларда эса тинч турган сув юзаси қабул қилинади. Ер юзасини белгилашда жойдаги нуқталар ўрнини маълум координата системасида аниқлашда бирор юзага нисбат берилади, бу юза сифатида Красовский эллипсоиднинг юзаси қабул қилинади.

Ер шаклини ер юзасида нуқталарнинг геодезик кенглиги B , узюқлиги L ва баландлиги H билан аниқлаш мумкин деган фазовий (уч ўлчамли) геодезия космик геодезия усулига ҳам асос бўлди. М. С. Молоденский Ер шаклини аниқлаш борасидаги геодезик масалаларни ечишда эллипсоид юзасидаги геодезик чиқиқ ёки унинг ўрнига ёй учларини туташтирувчи ватардан фойдаланиб, тўғри ва тескари геодезик масалаларни ечдики, бу усулдан 1000 йил илгари Абу Райҳон Беруний ўз ишларида фойдаланиб, тўғри натижалар олган эди. У Ер юзаси шаклини геодезик ўлчаш натижалари билан геондга редукцияламай (проекцияламай) аниқлаш усулини татбиқ этди; бу Молоденский масаласи дейилади.



II. 2.- шакл.

Ер шакли ва ўлчамларини градус ўлчаш усули (геометрик усул) билан бир қаторда, ўтмишда Ньютон, Гюйгенс, Клеро ва бошқалар таклиф қилган физик усул, яъни Ернинг оғирлик кучини ва унинг тезланишини ўлчаш усули кенг қўламда қўлланилди.

Молоденский таклиф қилган квазигеонд билан эллипсоид орасидаги фарқ ξ баландлик аномалияси дейилиб (II.5-шакл) квазигеонд ясашда қўлланилади. Квазигеонднинг Ер физик юзасидан фарқи нормал баландлик дейилиб, H^v билан белгиланади. Ер юзасидаги M нуқтанинг эллипсоид юзасидан баландлиги геодезик баландлик дейилиб, H_m билан белгиланади. Шунга қўра, ер юзасидан шовун чиқиқ бўйича нормал баландлик қўйилса, квазигеонд юзаси ҳосил бўлади ёки сатҳий эллипсоид юзасидан нормал бўйича нуқталарнинг баландлик аномалияси қўйиб чиқилса, квазигеонд юзаси чиқади. Шаклдан:

$$H_m = H^v + \xi$$

(II. 3)

Квазигеод юзаси мураккаб кўринишда бўлиб, эллипсоидга нисбатан тўлқинсимон кўринишда ўтади. Баландлик аномалияси 100 м дан ошмайди. Бу баландлик геометрик нивелирлаш йўли билан топилади, баландлик аномалияси ёки квазигеод баландлиги эса шовун чизиқнинг оғиши ва астроном-геодезик нивелирлаш йўли билан топилади. Жойдаги нуқталарда шовун чизиқнинг оғишини аниқлаб, жой юзасининг картасини чизиш мумкин. Бу усулда Молоденский квазигеоднинг Красовский Ф. Н. эллипсоиддан баландлиги картасини чизди, бу карта астроном геодезик ишларда қўлланилди.

Денгизларда огирлик кучини ўлчаш, йўлдошнинг деигиз юзасидан баландлигини радиовисотомер билан аниқлаш сув юзасининг геоддан фарқини билишга имкон берди.

Кейинги вақтда СССР ва Америкада учирилган сунъий йўлдошларнинг олиб борган кузатишлари Ер шаклини аниқлашга катта ҳисса қўшди. Америкада учирилган «Авангард» номли йўлдош Ернинг шимолий қутби сатҳий юзадан 15 м ча кутарилганини, жанубий қутби эса 15 м ча пасайганини аниқлади. Шу билан бирга, шимолий ярим шарнинг ўртача кенгламасида 7,5 м ча пасайиш, бунинг эвазига жанубий ярим шар уртача кенгламасида 7,5 м ча кутарилиш бор, деган хулосага келинди. Шуларга асосланиб, Америкада Ерни «ноксимон» шаклда деб талқин қила бошладилар (II.6-шакл).

Ер шаклини ўрганиш ва ўлчамларини аниқлаш соҳасида бутун дунё олимлари тинимсиз шуғулланмоқдалар ва бу ишда фаннинг турли соҳасидаги ютуқларидан фойдаланмоқдалар.

Масалан, Америкадаги геофизика институти космик, астрономик, геодезик ва бошқа йўллар билан олиб борган тадқиқот ишларининг натижасига кўра: 1966 йилда Ернинг параметрлари қуйидагича чиқди: $a=6\ 378\ 165$ м, $\alpha=1:298,25$; бу ўлчамдаги ер эллипсоиди «Стандарт Ер» деб қабул қилинади.

Кейинги даврда Ватанимизда турли усуллар билан олиб борилган кузатиш ишларининг натижасига кўра, Ернинг параметри сифатида қуйидаги сонлар қабул қилинади: $a=6\ 378\ 200$ м, $\alpha=1:298,3$.

1980 йилдаги Бутун жаҳон геодезик ва геофизик иттифоқи (МССГ)нинг XVII бош ассамблеяси 1980 йил учун референс эллипсоид ўлчамларини қуйидагича белгилади: $a=6\ 378\ 137$ м, $\alpha=1:298,257$.

II. 3. Ер юзасидаги нуқталар ўрнини аниқлашда координаталар системаси. Жойдаги нуқта баландликлари

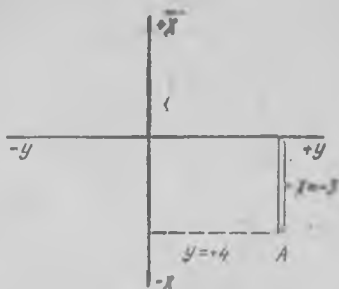
Ер юзасидаги участка планини ёки картасини чизишда жойдаги нуқталар ўрнини текисликда туғри тасвирлаш учун жой катталиги ва Ер шаклининг қандай олиншига қараб, туғри бурчакли, геодезик ва астрономик координаталар системаси ишлатилади.

Туғри бурчакли координаталар системаси. Бу система аналитик геометриядаги каби иккига бўлинади: а) текисликдаги координаталар, б) фазовий координаталар. Агар жой кичик бўлиб, Ернинг сфера эканлиги ҳисобга олинмай, у текисликда тасвирланса, туғри бурчакли ясси декарт системаси координаталари қўлланилади. Бунда меридиан йуналиши x деб қабул қилиниб, унинг қиймати уқдан шарққа томон мусбат, уқдан ғарбга томон



II.6.- шакл. Ер эллипсоиди билан геодни таққослаш:

1 — эллипсоид, 2 — геод



II.7- шакл

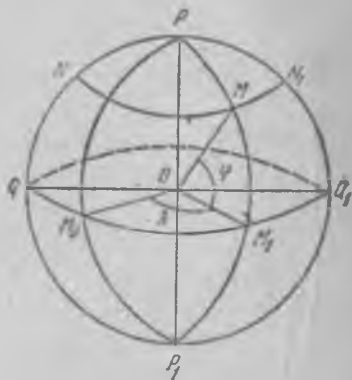
Инженерлик ишларида ўқлари ихтиёрий қабул қилинган координаталар системаси ҳам ишлатилади. *У хусусий координаталар системаси* дейилади.

Нуқта ўрни фазога нисбат бериб (уч ўқли қилиб) белгиланса, *фазовий координаталар системаси* дейилади. Масалан, космик геодезияда йўлдошлар ўрнини аниқлашда фазовий тўғри бурчакли координаталар системаси қўлланилади. Бунда координаталар боши сифатида Ер эллипсоидининг маркази олинади. Ернинг қутбий айланиш ўқи z ўқи деб, экватор текислигининг бош меридиан билан кесишган нуқтаси x ўқи, x ўқига перпендикуляр йўналиши y ўқи деб қабул қилинади. Бу система геодезияда кам қўлланилади.

Астрономик координаталар системаси. Бу система астрономия география, геофизика каби фанларда кўп қўлланиладиган координаталар системаси бўлиб, унда шовун чизиқ йўналиши ва сфера юзаси—сатҳий юза асос қилиб олинади. Нуқта ўрни бош меридиан ва экваторга нисбатан аниқланади. Лондон яқинидаги Гринвичдан ўтган меридиан дунё бўйича бош меридиан деб қабул қилинган. Шунга кўра x ўқи сифатида бош меридиан йўналиши, y ўқи сифатида эса экватор йўналиши қабул қилинган. Бу ўқлар кесишган нуқта (Гвиней кўрфазиди) координаталар боши бўлади. Берилган нуқтадаги шовун чизиқ йўналиши билан экватор текислиги орасидаги вертикал бурчак нуқтанинг *астрономик* ёки *географик кенглиги* дейилади ва φ ҳарфи билан белгиланади. Кенглик экватордан шимолда бўлса, *шимолий*, жанубда бўлса, *жанубий* дейилиб, қиймати экватордан қутбларга томон 0° дан 90° гача бўлади (II. 8-шакл).

Берилган нуқтадан шовун чизиқ бўйича ўтиб, Ернинг айланиш ўқи-га параллел бўлган текислик *астрономик меридиан* дейилади. Нуқ-

манфий ишорада олинади. x ўққа перпендикуляр экватор йўналиши y ўқ бўлиб, x қийматлари y ўқдан шимолга томон мусбат, жанубга томон манфий ишора билан олинади. Икки ўқ кесишган O нуқта координаталар боши бўлади. A нуқтанинг ўрни координаталари $(-3, +4)$ бўйича II.7-шаклдаги каби курсатилади. Икки ўқнинг кесишуvidан ҳосил бўлган чораклар номери шимоли-шарқ чоракдан бошлаб, ўнга томон шаклдаги каби ошиб боради.



II. 8- шакл. M нуқтанинг географик координатаси φ ва λ . $PM P_1$ — M нуқта меридиани, $PM_0 P_1$ — бош меридиан; MN_1 — M нуқта параллели; $QM_0 NQ_1$ — экватор.

та астрономик меридиани билан бош меридиан текислиги орасидаги икки ёқли бурчак *астрономик узоқлик* дейилади ва λ ҳарфи билан белгиланади. Узоқлик бош меридиандан икки томонга, яъни шарққа ва ғарбга 0 дан 180° гача ушиб боради, булар *шарқий* ёки *ғарбий* узоқлик дейилади. Кенглик φ ва узоқлик λ нуқтанинг *географик координаталари* дейилади. Бу координаталарнинг қийматлари астрономик кузатиш орқали аниқланади.

Геодезик координаталар системаси. Бу системада нуқтанинг планий ўрни референц эллипсоид юзаси ва унга нормал тушган чизиқ асосида аниқланади. Координата ўқлари сифатида геодезик меридиан ва параллел қабул қилинади. Берилган нуқтадан Ер эллипсоиди юзасига нормал ва Ер эллипсоиди кичик ўқига (PP_1 га) параллел бўлиб ўтадиган текисликнинг эллипсоид юзаси билан кесишган чизиги *геодезик меридиан* дейилади. Берилган нуқтадан эллипсоиднинг кичик ўқига перпендикуляр бўлиб ўтган текисликнинг эллипсоид билан кесишув чизиги *геодезик параллел* дейилади. Эллипсоид марказидан ўтган параллел текислигининг эллипсоид билан кесишув чизиги *экватор* деб аталади. Эллипсоид юзасидаги нуқтанинг ўрни шу нуқтадан ўтган геодезик меридиан ва параллелнинг кесишув орқали аниқланади. Меридиан ўрни узоқлик билан, параллел ўрни эса кенглик билан белгиланади.

Берилган нуқтанинг геодезик меридиани билан бош геодезик меридиан орасидаги икки ёқли бурчак *геодезик узоқлик* дейилади ва L ҳарфи билан белгиланади. Берилган нуқтадан Ер эллипсоиди юзасига тушган нормал билан экватор текислиги орасидаги бурчак *геодезик кенглик* деб аталади ва B ҳарфи билан белгиланади.

Юқоридагилардан маълум бўлишича, нуқтанинг астрономик ва геодезик координаталари орасидаги фарқ шундан иборатки, астрономик координаталарда шовун чизиқ йўналиши, геодезик координаталарда эса эллипсоид юзасига тушган нормал чизиқ йўналиши асос қилиб олинади. Бу нормал ва шовун чизиқларнинг ҳар хил бўлиши шовун чизиқнинг оғишига боғлиқ бўлади, бу ҳар хиллик эса Ер қобиғидаги массанинг турлича бўлишидан келиб чиқади. Бу оғиш орқали нуқтанинг геодезик ва астрономик координаталари орасидаги фарқ $3-4''$ бўлиб, баъзи жойларда бундан ошади. Бир секунд меридиан ёйининг узунлиги 31 м эканлиги эътиборга олинса, бир нуқтанинг икки системадаги координаталари орасидаги фарқ 100 м бўлади.

Нуқтанинг астрономик ва геодезик координаталари орасидаги фарқ оз булгани сабабли, бу иккала координаталар системасини бир ном билан *географик координаталар системаси* деб аталади.

Нуқталар баландлиги. Геодезик кенглик ва узоқликлари нуқтанинг Ер физик юзасидаги ўрнини аниқламай, балки эллипсоид юзасидаги проекцияси ўрнини аниқлайди. Нуқтанинг Ер юзасидаги ҳақиқий ўрнини аниқлаш учун нуқтанинг эллипсоиддан баландлигини ҳам билиш керак. Геодезик ишларда нуқтанинг баландлигини аниқлашда ҳисоб юритиладиган бош юза сифатида геодид юзаси булмиш сатҳий юза қабул қилинади. Нуқтанинг денгиз юзасидан булган баландлиги *абсолют баландлик* дейилиб



II. 9- шакл.

лик дейилади. Бир нуқтанинг иккинчи нуқтага нисбатан бўлган баландлиги *нисбий баландлик* деб аталади ва h билан белгиланади (II. 9-шакл). Шаклда абсолют, шартли баландликлар, нисбий баландлик ва нуқталарнинг сатҳий юзалари кўрсатилган.

II. 4. Ер юзасини сфера ва текисликда тасвирлаш

Сфера шар юзаси, яъни маълум радиус билан чегараланган юза деган маънони билдирганидан, сатҳий юза билан чегараланган геоид юзасини сфера деб олиш мумкин. Ер юзасидаги маълум



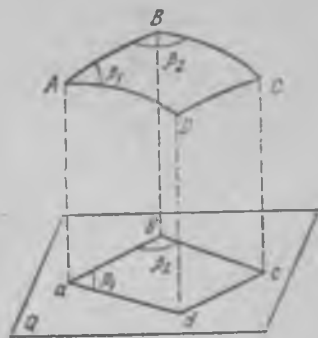
II, 10- шакл.

Н ҳарфи билан белгиланади. H нинг қиймати сон билан ифодаланса, у *абсолют от-метка* деб аталади. Бу сон нуқта урнини аниқлашда учинчи координата бўлади.

СССР да ҳисоб юритиладиган сатҳий юза сифатида Балтика денгизидаги Кронштат оролининг гидрометрик пости футштоги (рейка) даги сувнинг уртача баландлигини кўрсатувчи ноль белгиси қабул қилинади. Нуқтанинг абсолют баландлиги (отметкаси) H ҳаммаша ҳам маълум булавермайди. Бундай ҳолда амалий ишларни бажариш учун бир нуқта баландлиги ихтиёрий олинади, олинган бу баландлик *шартли баланд-*

участкани план ёки картада тасвирлаш учун жойда участка чегараси бўйича кўп бурчаклик ясалиб, унинг бурчак учлари қоғозга туширилади. Маълумки, нуқталар жойда турли баландликда ётади. Бу нуқталарни сферада (сатҳий юзада) ёки текисликда тасвирлашда ортогонал (туғри бурчакли) проекциялаш ёки лойиҳалаш (шовун бўйича проекциялаш) усули қўлланилади. II. 10-шаклда ер юзасида турли баландликда ётувчи A, B, C ва D нуқталарни туташтирувчи чизиқлар билан чегараланган $ABCD$ тўртбурчаклик жой берилган, унинг проекцияси қуйидагича топилди. Бурчак учларидан утқавилган шовун чизиқларнинг сатҳий юза Q билан кесишган нуқталари a, b, c ва d жой-

даги A, B, C ва D ларнинг сатҳий юзадаги проекциялари бўлади; сатҳий юза горизонтал бўлганидан бу проекциялар горизонтал проекция дейилади. Шунда $abcd$ кўпбурчаклик $ABCD$ кўп бурчакликнинг сферадаги горизонтал проекцияси бўлади. a, b, c ва d проекциялар асосида жойнинг кўриниши ва характерини белгилаш учун Aa, Bb, Cc ва Dd ларнинг қўйматларини, яъни нуқталарнинг сатҳий юзадан баландлигини (отметкасини) билиш керак.



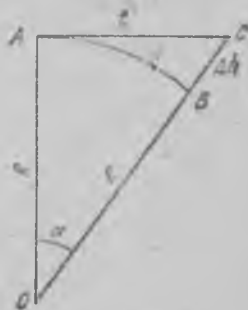
И. 11- шакл.

Агар сферадаги $ABCD$ тўртбурчакликни (тарвузни чақмоқлагандаги каби Q текисликка перпендикуляр шовун чизиқ ёрдамида шу текисликка проэкцияласак, текисликда $abcd$ шакли ҳосил бўлади. (И. 11-шакл). Сферадаги эгри чизиқлар $AB, BC, CD \dots$ лар уз проекциялари тўғри чизиқ булган ab, bc, \dots лар билан тасвирланади. Булар жойдаги чизиқларнинг текисликдаги горизонтал проекциялари бўлиб, улар геодезияда *горизонтал қўйилиш* дейилади. $AB, DC \dots$ чизиқлар орасидаги $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ бурчакларнинг проекциялари $\beta'_1, \beta'_2, \dots$ бўлади. Кўрамизки, чизиқларнинг горизонтал қўйилиши олинганда эгри чизиқ тўғри чизиқ билан тасвирланади. Шарсимон шаклни текисликка ёйиш мумкин бўлмаганидан, шардаги эгри чизиқ узунлигининг текисликдаги проекцияси бирмунча узгаради. Бу ўзгаришдаги хато икки нуқта орасидаги масофа узунлигига боғлиқ.

И. 5. Ер эгрилигининг горизонтал ҳамда вертикал масофага таъсири

Ер юзасининг шарсимон кўринишда булиши ер юзасидаги икки нуқта орасидаги горизонтал масофа узунлигига ва нуқталарнинг бир-биридан булган баландлигига салбий таъсир этади. Шунга кура бу таъсир миқдорини ва таъсир орқали буладиган хатонинг ўсиш қондаларини билиш ва шунга қараб, ҳисобга олиш-олмаслик аниқланади.

Горизонтал масофага таъсири. Сферадаги эгри чизиқ урнига унинг текисликдаги горизонтал қўйилиши қабул қилинганда чизиқ узунлигидаги хато инженерлик ишларига қанчалик таъсир этиши, қай вақтда бу хатони ҳисобга олиш ёки олмаслик кераклиги билан танишамиз. И. 12-шаклда Ер юзасидаги A ва B нуқталар орасидаги $AB=d$ масофа ёй бўлиб, уни қозғозда тасвирлашда AB ватарга ёки A дан утган урунма AC га проекциялаш мумкин. Бу ерда урунмага проекциялашни



И. 12-шакл.

журиб чиқайлик. A ва B нуқталарни Ер маркази билан туташтирсак, $OA=OB=R$ Ернинг радиуси бўлади. OB ни давом эттирсак, B нинг урунмадаги проекцияси C топилади. Шу вақт AB нинг урунмадаги горизонтал қўйилиши $AC=t$ десак, унинг $AB=d$ дан айирмаси Δd яъни

$$\Delta d = t - d. \quad (II. 4)$$

Бу Ер эгрилигининг горизонтал қўйилишга бўлган таъсиридан келган хато. Агар AB ёйнинг бурчак қиймати радиан ўлчовида α бўлса, шаклга биноан қуйидагини ёзиш мумкин:

$$t = R \operatorname{tg} \alpha. \quad (II. 5)$$

Бу ерда $\alpha = \frac{d}{R}$, шундан $d = \alpha R$. Бу (II. 4) га қўйилса,

$$\Delta d = R(\operatorname{tg} \alpha - \alpha) \quad (II. 6.)$$

чиқади. d қиймати R га нисбатан оз бўлганидан, α қиймати жуда кичик. Шунга кўра, $\operatorname{tg} \alpha$ ни Тейлор қатори буйича ёйсак, қуйидагини ёзамиз

$$\operatorname{tg} \alpha = \alpha + \frac{1}{3} \alpha^3 + \frac{2}{15} \alpha^5 + \dots \quad (II. 7)$$

Бу қаторнинг икки ҳади билан чеклансак, $\operatorname{tg} \alpha = \alpha + \frac{1}{3} \alpha^3$ бўлади. $\operatorname{tg} \alpha$ ва α қийматлари (II.6) га қўйилса,

$$\Delta d = \frac{1}{3} \frac{d^3}{R^2} \quad (II. 8)$$

чиқади. Бу формуладаги Ер радиуси ўзгармас ва $R=6371$ км бўлганидан, хато қиймати d узунлигига боғлиқ бўлади (II.2-жадвал). Икки нуқта орасидаги масофа $d=10$ км бўлганда, AB ёй ўрнига $AC=t$ урунма қабул қилинганда содир буладиган хато $\Delta d=0,82$ см чизиқнинг 1:1000000 улушидан кичик. Ер юзасида икки нуқта орасидаги масофа энг аниқ асбоблар ёрдамида ўлчанганда содир буладиган хатодан ҳам кичик. Шунга кўра, радиуси 10 км ли доира ёки томони 20 км ли квадрат шаклидаги жойларни, Ернинг эгрилигини ҳисобга олмай, сфера ва текисликда бирдек деб, уларнинг горизонтал қўйилишини тасвирлаш мумкин.

II. 2-жадвал.

d км	Δd см	нисбий хато	d км	$d\Delta$ см	нисбий хато
1	0,0008	1:120 000 000	30	22,17	1:140 000
5	0,10	1:5 000 000	40	52,60	1:80 000
10	0,82	1:1 200 000	50	102,65	1:50 000
20	6,57	1:300 000	100	821,23	1:12 000

Жойнинг томони 20 км дан катта бўлганда, Ернинг эгрилигини албатта ҳисобга олиб, жой проекциясини тушириш керак.

Ер эгрилигининг баландликка таъсири. II. 12-шаклдаги BC кесма—Ер эгрилигининг баландликка таъсири хатоси

булиб, буни Δh деб унинг қийматини қуйидагича аниқлаш мумкин. Тўғри бурчакли учбурчаклик OAC дан $t^2 + R^2 = (R + \Delta h)^2$ ёки $t^2 = \Delta h(2R + \Delta h)$ бўлади; бу ердан $\Delta h = \frac{t^2}{2R + \Delta h}$. Бу тенгликнинг ўнг томондаги ҳадининг сурат ва махражини $2R$ га бўлсак, $\Delta h = \frac{t^2 \cdot 2R}{1 + \Delta h \cdot 2R}$ чиқади. Δh қиймати см да ўлчаниб, $2R$ (12742 км) нисбатан жуда кичик бўлганидан, уни эътиборга олмай $\Delta h \cdot 2R = 0$ дейиш мумкин. Юқоридаги натижага асосланиб, t ўрнига d қўйилса, қуйидаги формула чиқади:

$$\Delta h = \frac{1}{2} \cdot \frac{d^2}{R} \quad (II. 3)$$

II. 3-жадвал

d м	50	100	200	300	400	500	1000	2000
Δh мм	0,2	0,8	3,0	7,0	12,6	20,0	78,5	314,0

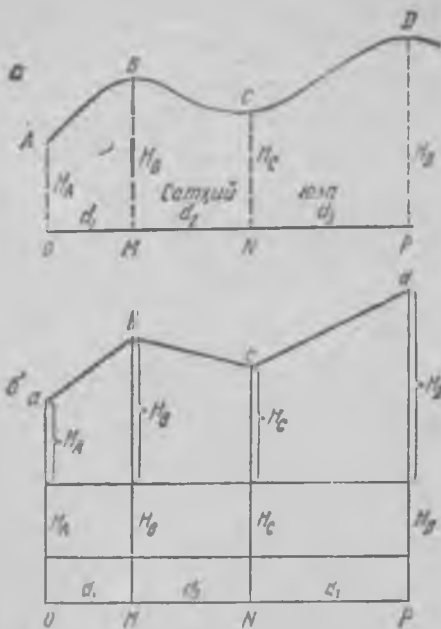
d ўрнига турли қиймат қўйиб, Δh ни ҳисобласак, II. 3-жадвал тузилади. Инженерлик ишларида нуқталар отметкаси 1 мм аниқлик билан топилади. Шунга кура масофа 100 м дан ошганда нуқта баландлигини аниқлашда Ернинг эгрилигидан келадиган хато-ни албатта ҳисобга олиш керак.

II. 6. Жойнинг план, карта ва профили

Ер юзасидан тўғри фойдаланиш учун берилган участканинг чегараси геометрия қоидалари бўйича қоғоздан план, карта шаклида тасвирланиши керак. Планда жойдаги бино, йул, канал, тоғ-тепа, сой каби жойлар юзасини характерловчи нарсалар (улар ички тафсилот ёки ситуация дейилади) ўрни тула кўрсатилиши керак. Жойни сфера ёки текисликка проекциялаш орқали жой картаси ёки плани чизилади. Бунда проекция жойга ўхшамаслиги (карта) ёки ўхшаш булиши мумкин.

План. Жой кичик бўлагининг Ер эгрилигини ҳисобга олмай кичрайтиб, ўхшаш ҳолда горизонтал текисликка туширилган проекцияси *план* дейилади. Планда жой тафсилоти тула кўрсатилиб, жойнинг баланд-пастлиги (рельефи) кўрсатилмаса, у *контур* ёки *тафсилот* плани дейилади. Планда жой тафсилоти билан бирга жой рельефи ҳам тасвирланса, у *топографик* план деб аталади.

Карта. Ер юзасининг катта бўлаги сфера бўлганидан уни текисликка ўхшаш ҳолда проекциялаб бўлмайди. Катта жойни қоғозда тасвирлашда картографик проекциялаш қоидаларига амал қилиниб, бирмунча узгартириб туширилади. Ер юзасининг катта қисмини Ернинг эгрилигини ҳисобга олиб, математик қоидалар асосида бир оз узгартириб, кичрайтиб қоғозда тасвирланган проекцияси *карта* дейилади. Картада бутун Ер юзасини ёки унинг бир қисмини тасвирлаш мумкин. Карталар турли масштабда тузилади. Масштабига қараб карталар учга бўлинади: а) *йирик масштабли карталар*



И. 13- шакл.

таларнинг вертикал текисликдаги уринлари ҳам вертикал текисликда тасвирланиши керак булади. Жойда бир йуналишдаги чизиқнинг вертикал кесимининг қоғоздаги кичрайтирилган тасвири *профиль* дейилади. Профилда чизигий иншоотлар лойиҳаланади. И. 13-шаклда рельефнинг характерли нуқта лари *A, B, C* ва *D* ларнинг сатҳий юзадан баландлиги *H* лар топилган (И. 13-шакл; а). Кейин шу отметкалар буйича профиль чизилган. Бунинг учун *OP* тўғри чизиқ олиниб, *O* дан жойдаги d_1, d_2, d_3 лар горизонтал масофа масштаби буйича қўйилиб, *M, N, P* нуқталар топилади (И. 13-шакл, б). Бу масофалар қаторидан юқоридаги қаторга нуқта - отметкалари ёзилади. Отметка қийматлари вертикал масштаб буйича қўйилиб топилган *a, в, с* ва *d* нуқталар билан туташтирилса, вертикал текисликдаги *авсd* синиқ чизиқ ясаладик, бу чизиқ жойдаги *ABCD* нинг профили булади.

И. 7. Масштаблар

План, карта ва профиль жойда улчанган горизонтал, вертикал узунликларни бир неча марта кичрайтиб қоғозга тушириш орқали чизилади. Узунликни кичрайтиб ёки катталаштириб ифодалаш *масштаб* дейилади. Пандаги кесма узунлиги l нинг шу кесманинг жойдаги узунлиги L га булган нисбати $\frac{l}{L}$ *план масштаби* деб аталади. Кичрайтиш даражасини сон ёки чизиқ билан ифодалаш мумкин; шунга кура, масштаб *сонли* ва *чизигий* (график) булади. Сурати бир булиб, махражи кичрайтиш даражасини кўрсатувчи оддий каср *сонли масштаб* дейилади. Масалан, пландаги

бу карталарга масштаби 1:100 000 гача булган карталар киради; б) *ўрта масштабли карталар*; булар жумласига масштаби 1:100 000 гача булган карталар киради; в) *майда масштабли карталар*; буларга масштаби 1:1000 000 дан кичик булган карталар киради. *Йурик масштабли карталар топографик карталар* булади. Жойнинг рельефи горизонталлар билан тасвирланади. *Ўрта масштабли карталар обзор топографик карталар* дейилади. *Майда масштабли карталар географик карталар* булади.

Профиль. Чизигий иншоотларда (йўл, канал ва бошқаларда) планий лойиҳалаш кифоя қилмайди. Бунда маълум чизиқдаги нуқта

$l = 5$ см жойдаги $L = 100$ м бўлса, планнинг сонли масштаби $\frac{l}{L} = \frac{5 \text{ см}}{100 \text{ м}} = \frac{5}{10000} = \frac{1}{2000}$ бўлади, яъни план чизишда жойда ўлчанган чизиқ узунлиги 2000 марта кичрайтиб қоғозга туширилади. Сонли масштаб махражи кичик сон бўлса, *йирик масштаб*, катта сон бўлса, *майда масштаб* дейилади. Масалан, $\frac{1}{200}$ — йирик, $\frac{1}{5000}$ — майда масштаб. Инженерлик геодезияси ишларида $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$ ва $\frac{1}{5000}$ масштаблар кўпроқ қўлланилади.

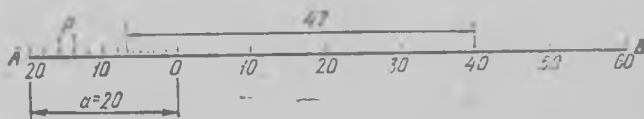
Кичрайтиш даражасини кўрсатувчи сонли масштаб махражини M десак, $\frac{l}{L} = \frac{1}{M}$ бўлади. Бундан

$$L = M \cdot l \quad (\text{II. } 10)$$

келиб чиқади. План асосан чизигий масштаб бўйича чизилади.

Кичрайтириш узунлик бирлиги билан ифодаланса, бундай масштаб *чизигий масштаб* дейилади; чизигий масштаб оддий ва кўндаланг чизигий масштабларга бўлинади.

Оддий чизигий масштабда кичрайиш бир тўғри чизиқ кесмалари орқали графикавий равишда ифодаланади. Бир AB тўғри чи-



II. 14- шакл.

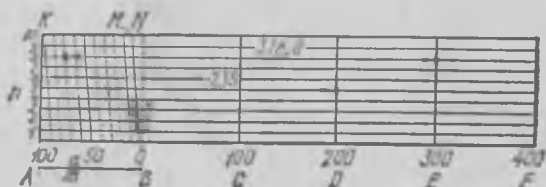
зиқ чап учидан бошлаб, 2 см дан қўйиб чиқилади. 2 сантиметрли ҳар булак *масштаб асоси* дейилади ва a билан белгиланади. Чапдаги биринчи асоси 10 та тенг булакка бўлинади (II. 14-шакл).

Асоснинг ўндан бир булаги, яъни $\frac{a}{10}$ энг кичик булак p дир.

Шунда $a = 10 \cdot p$ бўлади. Масалан, сонли масштаб 1:1000 бўлса, пландаги 1 см жойдаги 10 м га, 2 см — 20 м га тўғри келади, бунда $a = 20$ м. Асос 10 булакка бўлинганда бир булакнинг қиймати $P = \frac{20}{10} = 2$ м бўлади. Биринчи асоснинг ўнг учига ҳамиша 0, чап учига эса асоснинг a қиймати (мисолда 20) ёзилади. Қолган асосларнинг ўнг учига тўғри келган қийматлари шаклдаги каби (20, 40, 60) ёзилади. Масштаб бўйича 47 м ни курсоғиш учун улчагичнинг бир оёғи 40 ёзилган булакка, иккинчи оёғини эса 0 дан чапдаги 3,5 булакка қўйилади (0,5 м гача чамалаб олинади). Оддий чизигий масштабнинг аниқлиги кичик булганидан, инженерлик ишларида кўпроқ кўндаланг масштаб ишлатилади.

Кўндаланг *чизигий масштаб* геометрия қоидаларига асосланган формула бўйича ясаиб, бунда чизиқ узунликлари аниқ топилади. Масштаб яшаш учун AF тўғри чизиқнинг чап учидан 2 сантиметр-

ли $AB = BC = CD$ кесмалар қўйиб чиқилади (II. 15-шакл). Булар *масштаб асослари* дейилади. Асоснинг жойдаги узунлигини a билан белгилайлик. Асослар учидан чиқарилган перпендикулярнинг узунлиги ихтиёрий олинади, яъни $AK = BN$ ва



II.15 шакл.

ҳоказо. Масштаб кўримли бўлиши учун перпендикуляр баландлигини асосга тенг қилиб, яъни 2 см олиш қулайроқ. Кейин K дан AB га параллел ўтказилса, квадратлар ёки тўғри тўрт бурчакликлар чиқади. Чапдаги асос t бўлакка, баландлик n бўлакка бўлинса, масштаб асосининг бир бўлаги $p = \frac{AB}{m}$, баландликнинг бир бўлаги эса $q = \frac{AK}{n}$ бўлади. B нуқта нолавий нуқта дейилиб, у N дан кейинги бўлак M билан туташтирилса, BM қия чизиқ ясалдики, бу чизиқ *транверсал* дейилади ва масштаб *транверсалли масштаб* бўлади. Асос бўлаklarидан транверсал BM га параллел чизиқлар ўтказилса, KQ ҳам t та тенг бўлакка бўлинади. AK нинг бўлаклари учидан асосга параллел чизиқлар ўтказилса, кўндаланг масштаб ясалган бўлади. Масштабдаги энг кичик кесма xu (K нинг тагидagi бўлак ҳам) *масштабнинг энг кичик бўлаги* дейилади. Бунинг қиймати масштаб ясаш ва ундан фойдаланишда қўлланилади. Энг кичик бўлакнинг қиймати қуйидагича аниқланади.

Учбурчакликлар Bxu ва BMN нинг ўхшашлигидан $\frac{xu}{mN} = \frac{Bu}{BN}$ ёки $xu = \frac{Bu}{BN} \cdot MN$ бўлади. Шаклга кўра, $Bu = \frac{AK}{n} \cdot BN = AK$, $MN = \frac{AB}{m}$.

Булар ўринларига қўйилса, $xu = \frac{AB}{mn}$ чиқади. AB масштабнинг шаклдаги асоси бўлиб, унинг жойдаги узунлик қиймати a эканини эсласак,

$$xu = \frac{a}{mn} \quad (II. 11)$$

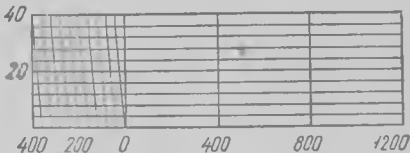
бўлади, бу ифода *кўндаланг масштаб формуласи* дейилади.

Агар BMN ва Bx_1y_1 учбурчакликларнинг ўхшашлигидан, юқоридаги каби, x_1y_1 ни топсак, $x_1y_1 = 2 \frac{a}{mn}$; Bx_2y_2 ва BMN учбурчакликларнинг ўхшашлигидан эса $x_2y_2 = 3 \frac{a}{mn}$ ва ҳоказо чиқади. Қўраимизки, *транверсал бўйича ҳар бир бўлак юқорига кўтарилиш*

да транверсал чизиги перпендикулярдан $xу$ қийматича чапга қочади; чизикнинг узунлигини масштаб буйича аниқлашда транверсалли масштабнинг ана шу хоссасидан фойдаланилади. Берилган сонли масштабга кура чизигий масштаб ясашни куриб чиқайлик.

Масалан, 1:5000 сон масштабга кура энг кичик булагича $xу = 1$ м булган кундаланг масштаб ясаш учун аввал масштаб асосининг қийматини билиш керак. Сон масштабга кура, пландаги 1 см га жойда 5000 см, яъни 50 м туғри келади. Масштаб асоси сифатида 2 см олинини кераклигидан, асос узунлиги 2 см га жойдаги 100 м туғри келади, бу эса асос қиймати булади, яъни $a = 100$ м. Бу қийматларни (II. 11) га қўйсақ $1 = \frac{100}{mn}$ ёки $mn = 100$ келиб чиқади.

Энди mn қийматларини топиш учун 100 ни икки купайтувчига ажратсақ, $mn = 10 \cdot 10$ ёки $m = 10$, $n = 10$ булади. Асоси 2 см, $m = 10$, $n = 10$ булган масштаб нормал юзли масштаб дейилади. Масштаб ясаш учун AF чизикни юқоридаги каби асосларга, кейин чапдаги асосни 10 га бўлиб, баландликни ҳам 10 га булсақ, параллел ва транверсал чизиклари утказсақ, масштаб ясалган булади. Бу масштаб шаклдаги каби расмийлаштирилади. Масштаб буйича план ёки картадаги кесма узунлигини аниқлаш учун улчагич ёрдамида картадаги кесма узунлиги олинди, масштабга қўйилади. Улчагичнинг бир оёгини чизик узунлигига қараб, ундаги 100 ёки 200 ёзилган чизикча қўйиб, иккинчи оёги асос булакларидан қайси бирига туғри келиши аниқланади. Масалан, масштаб буйича 235 м ни курсатишда улчагичнинг ун оёги 200 ёзилган чизикча устида, чап оёги эса 0 дан чапдаги учинчи булакка қўйилади. Асоснинг бир булагича 10 м булганидан улчагич икки оёгининг ораси 230 м булади. Яна 5 м олиш учун учинчи транверсал буйича 5 хона кутарилиш керак. Улчагичнинг иккала оёги бир горизонтал чизикда ётиши лозим.



II. 15-шакл, а

Шу вақт улчагичнинг оёқлари 235 м ни курсатади (II. 15-шакл, а) $\approx 0,5$ м булаклардан чамалаб олинади. Шаклда 378,5 м курсатилган.

Масштаб чизгич ва транспортирда нормал юзликли масштаб ясалган булади. Бу масштабни турли сонли масштабга татбиқан ишлатишда аввал сонли масштаб буйича асос қиймати a ни, кейин асоснинг бир булагича қиймати p ни ($p = \frac{a}{10}$) ва энг кичик булак қиймати

$xу = \frac{a}{100}$ ни топиш керак. Масалан, нормал масштаб $\frac{1}{200}$ сон масштабга қўлланганда $a = 40$ м, $p = 4$ м, $xу = 0,4$ м булади. $xу = 0,4$ м бўлиши масштабдан фойдаланиш учун ноқулай. Бундай вақтда $xу = 0,5$ м булган махсус масштаб ясаш ва ундан фойдаланиш лозим. Бундай масштабни ясаш учун m ва n қийматлари аниқланади. (II. 11) буйича $0,5 = \frac{40}{mn}$ ё $mn = 80$ ёки $m = 8 \cdot 10$; бун-

дан $m=8$, $n=10$, яъни асос 8 булакка, баландлик эса 10 булакка булинади. Бу масштабда $a=40$, $p=5$, $xy=0,5$ м булади.

Масштаб аниқлиги. Масштаб буйича планда кўрсатиш мумкин булган жойдаги энг кичик чизиқ, узунлиги масштаб аниқлиги дейилади ва t билан белгиланади. Панда лупазиз, соғлом кўз билан 0,1 мм кесмани ажратиш мумкин. 0,1 мм дан кичик чизиқни кўрсатиб бўлмайди. Шунга кўра, пландаги 0,1 мм *график аниқлик* дейилади; жойда бунга тўғри келган узунлик *масштаб аниқлиги* деб аталади. Масштаб аниқлиги масштаб махражининг 0,1 мм га кўпайтирилганига тенг, яъни

$$t = 0,1 \cdot M \quad (\text{II. 12})$$

Масалан, 1:2000 масштабнинг аниқлиги $t = 0,1 \cdot 2000 = 200\text{мм} = 0,20$ м; 1:5000 масштабники $t = 0,1 \cdot 5000 = 0,50$ м. Нормал юзликли масштабда аниқлик масштаб энг кичик булагининг ярмига тенг, яъни

$$t = \frac{xy}{2} \quad (\text{II. 13})$$

Масалан, 1:2000 масштабда $a = 40$ м, $xy = 0,40$ м, $t = 0,20$ м; 1:5000 масштабда эса $a = 100$ м, $xy = 1$ м, $t = 0,50$ м булади. (II. 12) формула буйича ҳисобланган турли соний масштаблар аниқлиги II. 4-жадвалда келтирилган.

II. 4-жадвал

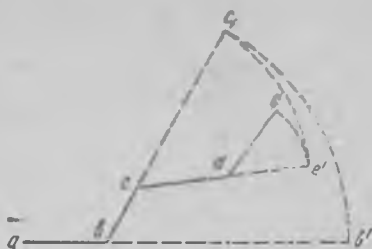
Сонли масштаблар	Масштаб аниқлиги, м	Сонли масштаблар	Масштаб аниқлиги, м
1:200	0,02	1:10 000	1,0
1:500	0,05	1:25 000	2,5
1:1000	0,1	1:50 000	5,0
1:2000	0,2	1:100 000	10,0
1:5000	0,5	1:200 000	20,0

Масштаб аниқлиги буйича кичрайтиш даражаси M ни ва план масштабини топиш мумкин. Масалан, $t = 0,5$ м булганда (II. 12)

буйича $\frac{t}{0,1} = \frac{0,5\text{м}}{0,1\text{мм}} = 5000$ булади; шунга кўра, план масштаби 1:5000 булади. Булардан ташқари, масштаб аниқлиги ёрдамида карта масштаби буйича картада тасвирлаш мумкин булмаган жой контури шаклини ва нарсалар ўлчамини аниқлаш, жойдаги керакли объектларни узига ўхшаш қилиб планга тушириш учун қандай масштаб олиш кераклигини ҳам билиш мумкин.

Ўтма масштаб. Эски рус ўлчовида чизилган план, карта ва аэросурат масштабларининг махражлари ўнлик системадаги яхлит сон булмай, балки ўнлар системаси қондасига хилоф сонлар булади. Бундай масштаблардан фойдаланиш анча ноқулай. Шунга кўра план ёки аэросуратдаги масофани (чизиқ узунлигини) ҳеч қандай ҳисоблаш қилмасдан метр системасидаги ўлчов бирлигида ифода-лаш учун ўтма масштаб ясалади. Масалан, аэросурат сон масштаби 1:15400 булсин. Бунга ўтма масштаб ясаш учун қуйидаги

пропорция тузилади: аэросуратга сон масштаб буйича 154 м га 1 см туғри келса, 200 м га x туғри келади. Бундан $x = 200 : 154 = 1,298$ см, яхлитласак, $x = 1,3$ см булади. Асос узунлиги 2 см дан кичик булмасин дейилса, у 2 га кўпайтирилади. Шунда асос узунлиги 2,6 см булиб, бунга 400 м туғри келади. Масштаб ясаш



11. 16- шакл.

учун туғри чизиқ буйича 2 см ўрнига 2,6 см дан қўйилади. Юзли масштаб қойдасига кўра $m=10$, $n=10$ олиб юқоридагидек юзли (утма) масштаб ясалади. Масштаб асосининг қиймати $a=400$ м булиб, $p=40$ м, энг кичик бўлаги 4 м булади (II. 15-шакл, а). Утма масштабнинг метрик масштабдан фарқи шундаки, метрик масштабда асосга 2 см олинади, утмада эса 2,6 см ёки соний масштабга қараб бошқа сон олинади. Бу масштаб буйича олинган кесма узунлиги чизиқнинг метр системасидаги узунлиги булади.

Планда синиқ чизиқ узунлигини аниқлаш. Пландаги туғри чизиқ узунлигининг қийматини аниқлашда чизиқ узунлиги ўлчагичда олиниб, сунгра масштабга қўйилади. Агар планда узунлиги аниқланиши керак булган чизиқ бир неча калта $ав$, $вс$, ... чизиқлардан иборат булса, (II. 16-шакл) $авсде$ узунлигини аниқлашда ҳар бир калта чизиқ узунлигини алоҳида аниқлаб, кейин улар бир-бирига қўшилади. Бунинг ўрнига синиқ чизиқлардан бир чизиқ ясаб, кейин унинг узунлигини топиш қўлай. Масалан, циркуль учини d га қўйиб, de радиуси буйича ёй чизилади-да, cd давомидаги e' топилади. Кейин c марказдан $се'$ радиус буйича ёй чизиб, $вс$ давомидаги c' топилади. Охирида $в$ ни марказ қилиб, $вс'$ радиус буйича ёй чизилиб, $в'$ топилади. Сунгра ҳосил булган $ав'$ ҳамма чизиқлар йиғиндиси булганидан унинг узунлиги масштаб буйича аниқланади.

Эгри чизиқ узунлигини аниқлаш. План ёки картадаги эгри чизиқ узунлигини аниқлашда курвиметр номли махсус прибор ишлатилади (II. 17-шакл). Курвиметр чизиқнинг бош нуқтасига қўйилади ва шкаласидан стрелка 2 буйича саноқ n_1 олинади. Кейин курвиметрнинг гилдираги 1 текисликка перпендикуляр қўйилиб, чизиқ буйича юргизилади ва охири нуқтада тухтаб, саноқ n_2 олинади. Шунда чизиқнинг узунлиги $L = \mu(n_2 - n_1)$ булади. μ — курвиметр шкаласи бир бўлагининг қиймати, μ қийматини аниқлаш учун узунлиги маълум L_0 чизиқ буйича бир неча марта юргизиб, n_1 , n_2 саноқлар олинади ва бу саноқлар айирмаси топилади; айирмаларнинг



11. 17- шакл. Курвиметр.

ўртачаси $(n_2 - n_1)_0$ ҳисобланади. Шунда $\mu = \frac{L_0}{(n_2 - n_1)_0}$ булади.

II. 8. Геодезияда ишлатиладиган ўлчов бирликлари

Геодезик ишларни бажаришда ҳизиқнинг узунлиги, майдоннинг юзи, турли бурчаклар, ҳаво босими каби катталиклар ўлчанади. Бунда ишлатиш жойига қараб ўлчовларнинг турли бирликлари қўлланилади. Жойда узунлик ўлчашда асосий бирлик метрдир.

Геодезиянинг график ишларида узунлик бирлиги сифатида метр бўлаклари—сантиметр, миллиметр қўлланилади.

Геодезик ишларда бурчак қиймати градус, град, радиан бирликларида ўлчанади.

Градус ўлчови. Саноатимизда ишлаб чиқарилаётган бурчак ўлчаш асбобларининг кўпи (ҳисоблаш жадваллари ҳам) градус ўлчовига мосланган. Градус ўлчовида айлана 360 градус, 1 градус=60 мин, 1 мин=60 сек. Ўлчанган бурчак қиймати $\beta = 85^{\circ}35'18''$ каби ёзилади.

Град (децималъ) ўлчови. Бу ўлчов ўнли системага асосланган бўлиб кўпинча, чет давлатларда ишлаб чиқариладиган асбоблар шу системага мосланган. Град ўлчовида айлана 400 град (д) га, 1 град юз ўнлик минутга, 1 минг 100 ўнлик секундга тенг. Бу боғланиш қуйидагича ёзилади. Айлана=400^g; 1^g=100' 1'=100".

Бурчак қиймати 125, 586345^g бўлса, у 125^g 58^c 63,45^{cc} га ёки 125^g 58' 63,45" шаклида ёзилади.

Градус билан град ўлчовлари орасида қуйидаги муносабат бор:

$$\begin{aligned} 1^g &= 0,9^{\circ}; & 1^{\circ} &= 1,11111^g \\ 1^c &= 0,54'; & 1' &= 1,85185^{\circ} \\ 1^{cc} &= 0,324''; & 1'' &= 3,08642^{cc}. \end{aligned}$$

Радиан ўлчови. Бу — ўлчов бирлиги бўлиб, математик ҳисоблаш ишларида қўлланилади. Радиан ўлчовида бурчак қиймати ёй узунлигининг радиусга бўлган нисбати билан ифодаланади. Айлана узунлигининг радиусга нисбати 2 π деб олинади; шунда 360^g=2 π , 180^g= π , 90^g= $\frac{\pi}{2}$ га тўғри келади. Маълумки, $\pi=3,14159$.

1 радианнинг градус ўлчовидаги қиймати ρ билан белгиланади; $\rho = \frac{180}{\pi}$ бўлганидан унинг градус системасидаги қиймати қуйидагига $\rho = 57, 29578^{\circ} = 3437,7468' = 206264,81''$ ёки $\rho = 57, 29578^{\circ} = 57^{\circ}17', 7468' = 57^{\circ}17'44,8''$ ёки яхлитлаб олсак, $\rho = 57, 3^{\circ} = 3438' = 206265$ бўлади. Радианнинг град қиймати $\rho^g = \frac{400}{\pi} = 63,6620^g$; $\rho^{\circ} = 6366, 20^{\circ}$; $\rho'^c = 636620^{cc}$.

Радиан ўлчовидан градус ўлчовига ўтишда қуйидаги муносабатдан фойдаланилади. Бурчакнинг радиан қийматини α , градус қийматини β десак, қуйидаги муносабатни ёзамиз;

$$\beta^{\circ} = \frac{180}{\pi} \cdot \alpha = \rho^{\circ} \cdot \alpha; \beta' = \frac{180 \cdot 60'}{\pi} \cdot \rho \cdot \alpha'; \beta'' = \frac{180 \cdot 60' \cdot 60''}{\pi} \cdot \alpha = \rho'' \cdot \alpha.$$

Масалан бурчакнинг радиан қиймати $\beta^{\circ} = 1,25$ бўлса, градус қиймати $\beta^{\circ} = 57,3 \times 1,25 = 71,625^{\circ}$ ёки 71,62^g бўлади.

Бурчакнинг градус қиймати бўйича радианқийматини аниқлашда қуйидаги муносабатдан фойдаланилади:

$$\alpha = \frac{\beta^{\circ}}{\rho^{\circ}} = \frac{\beta'}{\rho'} = \frac{\beta''}{\rho''}$$

β ва ρ бир хил бирликда олинади.

Мисол. Бурчакнинг градус қиймати $\beta = 15^{\circ} 25'$; буни минутга айлантурсак, $\beta = 925'$ бўлади. Бурчакнинг радиан қиймати эса

$$\alpha = \frac{925'}{3438'} = 0,26905' \text{ бўлади.}$$

Майдон юзини аниқлашда бирлик ўрнида квадрат метр (m^2), гектар (га) $= 100 \times 100 = 10\,000 m^2$, квадрат километр (km^2) ва ар (10×10) $= 100 m^2$ лар қўлланилади.

Ҳаво температурасини ўлчаш бўлиги Цельсий термометри шкаласининг бир бўлаги бўлиб, у 1 даража деб олинади. Термометр шкалалари турли бўлганидан Цельсий шкаласи бўйича олинган даража қиймати ёнига С ҳарфи ёзилади, масалан $15^{\circ} C$ каби.

Ҳаво босими барометрик нивелирлашда қўлланилиб, бунда бирлик бир атмосфера ҳисобланади. Бир атмосфера баландлиги 760 миллиметрли симоб устунининг $0^{\circ}C$ даги босимига тенг. Атмосфера сўзи атм ҳарфлари билан белгиланади. Бир атмосфера босим 1 квадрат сантиметрга таъсир этадиган 1,033 кг оғирлик кучига тенг, яъни 1 атм $= 1,033 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Саженъ ўлчови Совет Иттифоқи метр системасига ўтганга қадар ишлатилган ва бу ўлчовда план ва карталар чизилди. Бу системада сажень $= 84$ дюйм. Буларнинг метр системадаги қийматлари шундай: сажень $= 2,1336 \text{ м}$, $1 \text{ м} = 0,46869$ сажень. 1 дюйм $= 25,4 \text{ мм}$.

Геодезияда амалий масалаларни ечишда баъзан ер шари катта доираси айланаси (меридиани) нинг узунлиги ва унинг градус, минут, секунд бўлақларининг узунлигини билиш керак бўлади. Агар меридианнинг ўртача узунлигини 39 999, 60 км десак, Меридиан ёйи бўлақларининг узунлиги қуйидагича бўлади:

градус ўлчовида

град ўлчовида

1° ёй узунлиги $= 111,11 \text{ км}$,

$1g = 100 \text{ км}$,

$1'$ « » $= 1852 \text{ м}$,

$1' = 1^{\circ} = 1 \text{ км}$,

$1''$ « » $= 31 \text{ м}$,

$1'' = 10 \text{ м}$.

1 сажень $= 7$ фут $= 84$ дюйм $= 3$ газ $= 48$ вершук;

1 чақирим $= 500$ сажень; 1 батмон (десятина) $= 2400$ кв. сажень.

1 сажень $= 2,13360$ метр; 1 метр $= 0,468691$ сажень; 1 чақирим $= 1,06680$ км.

1 батмон $= 1,09254$ гектар (га).

II. 9. Кичик бурчак тригонометрик функцияларининг қиймати.

Геодезик ҳисоблаш ишларида кичик бурчакнинг синус, тангенс каби функциялари кўп учрайди. Агар бурчак кичик бўлиб, у радиан ўлчовида α деб белгиланса, бунга тўғри келган ёй, синус

ва тангенс чизиқлари орасида фарқ жуда кичик бўлади, шунга кўра, қуйидагини ёзиш мумкин;

$$\sin \alpha \approx \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha.$$

Маълумки, радиан 1 бўлганда унинг градус ўлчовидаги қиймати $\rho = 57,3^{\circ} = 3438' = 206265''$ бўлади; шунга кўра,

$$\sin 1^{\circ} \approx \operatorname{tg} 1^{\circ} \approx \frac{1}{57,3^{\circ}}; \quad \sin 1' \approx \operatorname{tg} 1' \approx \frac{1}{3438'}; \quad \sin 1'' \approx \operatorname{tg} 1'' \approx \frac{1}{206165''}$$

ёки

$$\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx \frac{\alpha^{\circ}}{57,3^{\circ}} \approx \frac{\alpha'}{3438'} \approx \frac{\alpha''}{206265''},$$

бўлади. Юқоридагиларга биноан

$$\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha = \alpha' \sin 1' = \alpha'' \sin 1'' \quad (\text{II. 14})$$

бўлади.

III б о б. Топографик карта ва план номенклатураси ҳамда зонавий координаталар системаси

III. 1. Топографик карта ва унинг номенклатураси

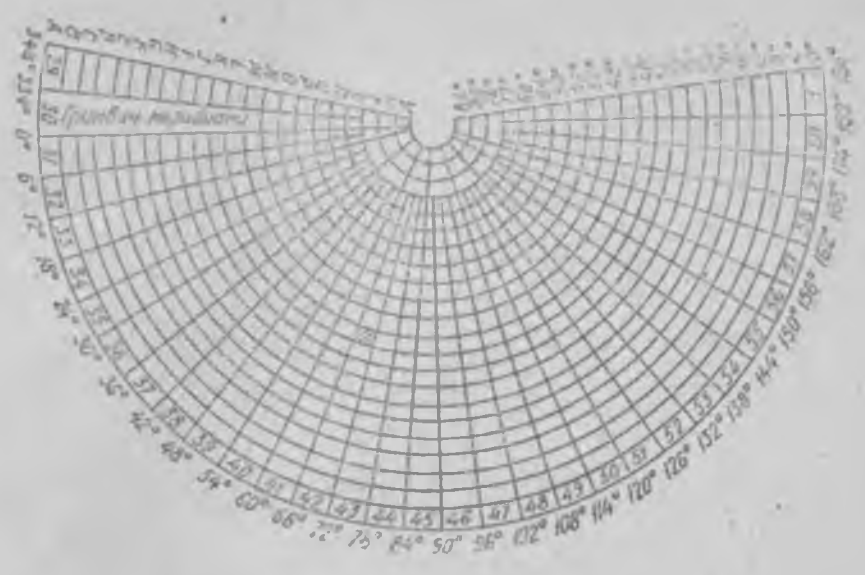
Совет Иттифоқида турли масштабдаги карталар номенклатурасига 2:1000000 масштабли давлат картаси асос қилиб олинган.

Карта варақларини белгилаш системаси топографик карта номенклатураси дейилади.

Картани варақларга бўлиш ҳамда варақлар номенклатурасини белгилаш учун бутун ер шарининг юзаси ҳар 6° дан ўтказилган меридианлар билан 60 та *колоннага* бўлинади: колонналар араб рақамлари билан номерланади, номерлаш узоқламаси 180° бўлган меридиандан бошланиб, ғарбдан шарққа томон 1 дан 60 гача ошиб боради (III. I. шакл).

Колонналар экватордан бошлаб, шимолий ва жанубий қутбларга томон ҳар 4° дан ўтказилган параллеллар воситасида *қаторларга* бўлинади. Қаторлар ўрни латин алфавитининг бош ҳарфлари билан белгиланади. Юқоридагидек ўтказилган меридиан ва параллеллар билан ер юзасида 1:1000000 масштабдаги карталарнинг бир қанча трапецияси ҳосил бўлади. Ҳар қайси трапеция битта алоҳида варақда тасвирланади; меридиан ва параллел чизиқлар эса шу варақ рамкаси бўлади. 1:1000000 масштабдаги карта бир варақнинг номенклатураси шу карта трапецияси жойлашган қатор ўрнини кўрсатувчи ҳарф ва колонна номеридан иборат бўлади (масалан, *K* — 42 ва *M* — 53). Қатор ва колонналарга бўлиш, номерлаш, белгилаш III. 1-шаклда тула кўрсатилган.

Қаторнинг қайси ярим шарда эканлигини билиш учун номенклатура олдига шимолий ярим шарда *N* ҳарфи, жанубий ярим шарда эса *S* ҳарфи ёзилади. Масалан, *N*, *M* — 53 каби.



III. 1- шакл.

Нуқтанинг географик координатлари φ (кенглик) ва λ (узқатлик) маълум бўлса, 1:1 000 000 масштабни картанинг шу нуқта жойлашган варағининг номенклатурасини аниқлаш учун қуйидаги формуладан фойдаланиш мумкин (колонна номери m , қатор номери n деб олинган):

$$m = \frac{\lambda}{6} + 31$$

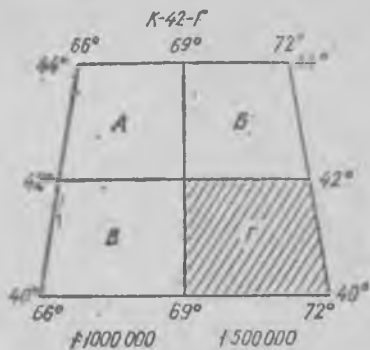
$$n = \frac{\varphi}{4} + 1 \quad (III.1)$$

Агар $\lambda > 180^\circ$ бўлса,

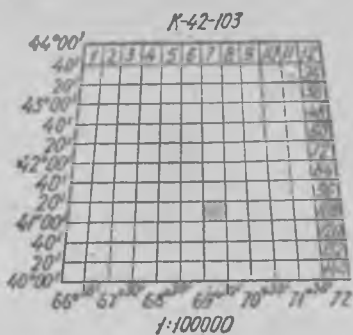
$$m = \frac{\lambda - 180^\circ}{6} + 1 \quad (III.2)$$

булади. Бу формуладан фойдаланишда φ ва λ ларининг фақат градус қийматлари тегишлича 6 ва 4 га бўлиниб, бутун бўлилма-лар олинади ва улар қийматига тегишлича 31 ва 1 қўшилади. Масалан, шимолий ярим шарда бирор нуқтанинг географик координатлари $\varphi = 41^\circ 18'$; $\lambda = 69^\circ 17'$ дейлик, шунда колонна номери $m = \frac{69^\circ}{6} + 31 = 11 + 31 = 42$, қатор номери эса $n = \frac{41^\circ}{4} + 1 = 10 + 1 = 11$ булади.

Латин алфавитининг 11 ҳарфи K бўлган идан карта варағининг номенклатураси $N, K - 42$ кўринишда ёзилади. Лекин Совет Иттифоқи фақат шимолий ярим шарда жойлашгани учун карта варағининг номенклатурасини N ҳарфини ташлаб, $K - 42$ кўринишда ёзиш қабул қилинган.



III. 2- шакл.



III. 3- шакл.

1 : 1 000 000 масштабдаги картанинг бир varaғини 4 та тенг булакка бўлиб, 1 : 500 000 масштабдаги картанинг 4 varaғи ҳосил қилинади; уларнинг номлари рус алфавитининг бош ҳарфлари А, Б, В, Г билан белгиланади ва бу миллионли varaқ номенклатураси давомига К — 42 — Г тарзида ёзилади (III. 2- шакл).

1 : 1 000 000 масштабдаги картанинг бир varaғини 144 (12 × 12) булакка бўлиб, 1 : 100 000 масштабдаги карта varaқлари ҳосил қилинади; булар 1 дан 144 гача араб рақами билан белгиланади ҳамда varaқ номери миллионли varaқ номенклатураси давомига К — 42 — 103 тарзида ёзилади (III. 3- шакл).

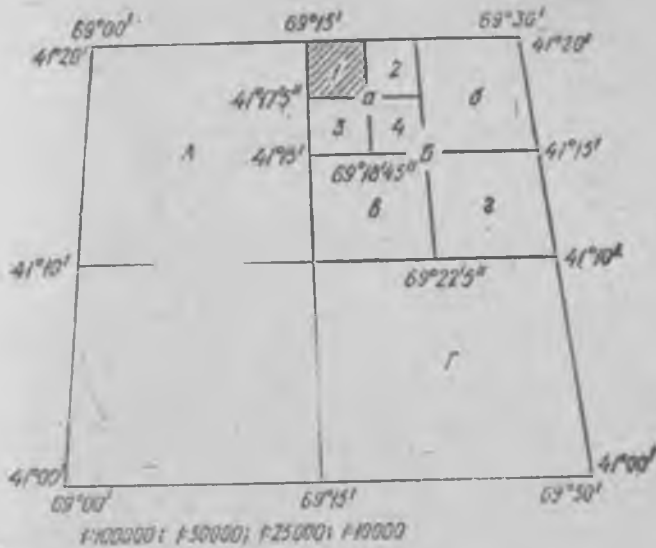
1 : 50 000 ва ундан йирик масштабдаги карталар учун 1 : 100 000 масштабдаги карта varaғи асос бўлади. Номенклатураларни белгилашда 1 : 1 000 000 масштабли карта номенклатураси кетидан 1 : 100 000 ли карта varaғининг номери, сўнгра эса йирик масштаб varaғини белгиловчи ҳарф ёки номер ёзилади.

1 : 100 000 масштабдаги картанинг бир varaғида 4 та 1 : 50 000 масштабдаги карта varaғи жойлашади, булар рус алфавитининг бош ҳарфлари А, Б, В, Г билан белгиланади. Мисолимизга тегишли 1 : 50 000 масштабдаги карта varaғининг номенклатураси К — 42 — 103 — Б деб ёзилади (III. 4- шакл).

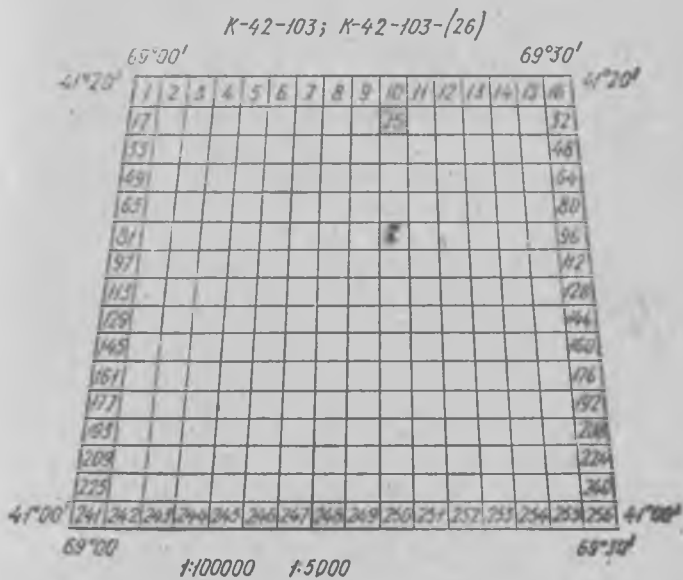
1 : 50 000 масштабдаги картанинг бир varaғига 4 та 1 : 25 000 масштабли карта varaғи жойлашади, булар рус алфавитининг кичик ҳарфлари а, б, в, г билан белгиланади ва керакли varaқ ҳарфи 1 : 50 000 масштабли карта varaғи номенклатураси давомига ёзилади, бунда 1 : 25 000 масштабли карта номенклатураси ҳосил бўлади. Мисолимизда К — 42 — 103 — Б — а бўлади (III. 4- шакл).

1 : 25 000 масштабдаги картанинг бир varaғида 4 та 1 : 10 000 масштабли карта varaғи жойлашади, булар 1 — 4 гача араб рақамлари билан номерланади ва карта номенклатурасини белгилашда varaқ номери йигирма беш мингди карта varaғининг номенклатураси охирига ёзилади. Мисолда К — 42 — 103 — Б — а — 1 бўлади. Бу varaқларнинг жойланиши ва номенклатураси III. 4- шаклда кўрсатилган.

K-42-103; K-42-103-6; K-42-103-6-a
K-42-103-6-a-1



III. 4- шакл.



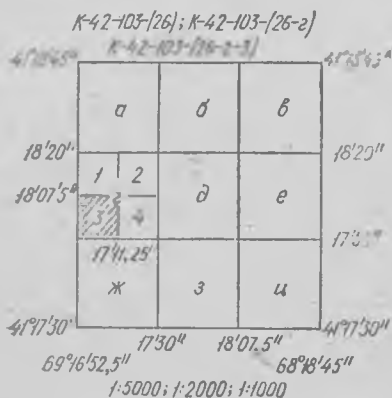
III. 5- шакл.

1:5 000 ва ундан йирик масштабдаги планни варақларга бўлиш ва номенклатурасини белгилаш учун 100 000 масштабли карта варағи асос қилиб олинган.

1:100 000 масштаб карта варағида 256 (16 × 16) та 1:5000 масштабли план варағи жойлашади ва 1 дан 256 гача араб рақамлари билан номерланади.

1:5 000 масштабли карта варағининг номенклатурасини белгилаш учун керакли варақ номери юз мингли карта варағи номенклатураси давомига қавс ичида $K-42-103-(26)$ тарзида ёзилади. (III. 5-шакл).

1:5 000 масштабдаги план бир варағида 9 та (3 × 3) 1:2000 масштабли план варағи жойлашади, булар рус алфавитининг кичик ҳарфлари, $a, b, в, d, e, з, и$ билан белгиланади ва уларнинг ҳар бири бешмингли план варағининг номенклатураси давомига (қавс ичида) ёзилади. Шунда 1:2000 масштабли план номенклатураси ҳосил булади. Масалан, $K-42-103-(26-a)$ (III. 6-шакл).

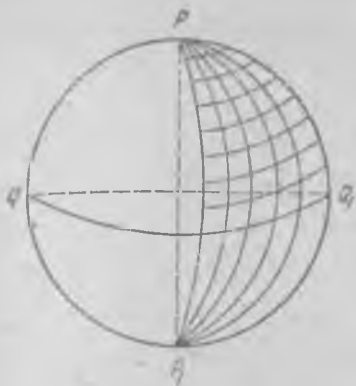


III. 6-шакл.

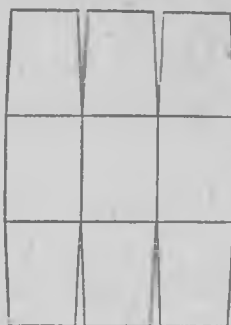
(қавс ичида) ёзилса, 1:1000 масштабли план номенклатураси ҳосил булади: $K-42-103(26-a-3)$.

III. 2. Ясси тўғри бурчакли Гаусс — Крюгер координаталари ҳақида тушунча

Сферани (шарни) текисликка ёйиб булмаганидан, ҳар қандай карта маълум даражада бузилиб (хато билан) чизилади. Ҳар карта варағи тўғри чизиқли трапеция бўлиб тасвирланса ҳам, жойда, ер шари ёйидан иборат бўлган томони эгри чизиқли трапеция куришидаги жойдир. Агар шу трапецияларнинг бир нечаси ёнма-ён қўйилса, бир-бирига ёпишган кўпёқлик ясалади (III. 7-шакл). Агар текисликдаги трапецияларни бир текисликка ёнма-ён қилиб жойласак, ўртадаги варақлар бир-бирига ёпишса ҳам ўртадан юқори ва пастдаги варақлар орасида узилиш (очиклик) ҳосил булади (III. 8-шакл). Бу камчиликни топографик карталарда йўқотиш учун СССРда 1928 йили К. Ф. Гаусс проекцияси қабул қилинди. Бу проекцияда Ернинг сатҳий юзасидаги икки меридиан билан чегараланган жойнинг текисликдаги ясси проекциясини (тасвирини) ҳосил қилиш мумкин. Икки меридиан орасида шимолдан жанубгача чўзилган сфера юзасидаги жой зона дейилади. У проекциялаш усулига тенг бурчакли *кўндаланг-цилиндрик проекция* дейи-



III. 7- шакл.

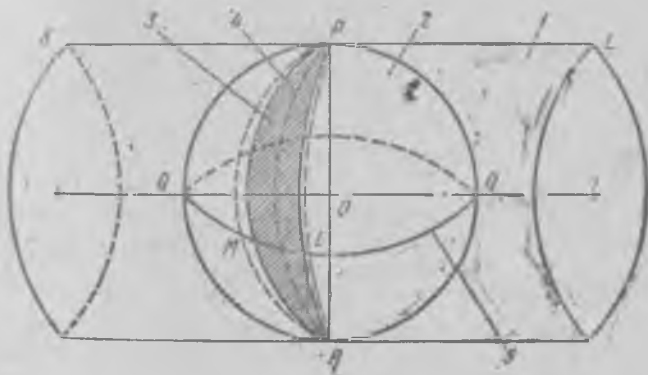


III. 8- шакл.

лади. Бу усулни 1830 йилда К. Ф. Гаусс назарий жиҳатдан асослаган эди; 1912 йилда Крюгер ҳисоблаш формулаларини ишлаб чиқди. Шунинг учун ҳам у, *Гаусс-Крюгер проекцияси* дейилади. Бу проекцияда чизиқлар орасидаги бурчаклар узгармайди, бир-бирига ухшаш тарзда тасвирланганидан у *тенг бурчакли ёки конформ (ухшаш) проекция* дейилади.

Бу проекцияда ер юзаси 6° ёки 3° дан ўтказилган меридианлар билан 60 (ёки 120) та зонага бўлинади.

Ҳар зона юзаси шу зона ўрта меридианига уринма бўлиб ўтган цилиндр ички юзасига проекцияланади (III. 9.- шакл). Олти градусли зоналар 1:1 000 000 масштабдаги колонналарга мос бўлиб, колонна ва зона чегара меридианлари бир хил, лекин зона номерлари бош меридиандан боьиланиб шарққа томон 60 гача усиб боради. Колонна номеридан 30 га фарқ қилади. Ҳар зонанинг ўрта меридиани *ўқий меридиани* дейилади. Проекциялашда ҳар зона ўз



III. 9- шакл. Зонани кўндаланг цилиндрга проекциялаш:

1 — цилиндр; 2 — шар; 3 — зона; 4 — зонанинг ўқий меридиани; 5 — экватор.

ўқий меридиани бўйича цилиндрга уринади. Зона номери N нуқта узоқлиги λ бўйича қуйидаги формула ёрдамида топилади:

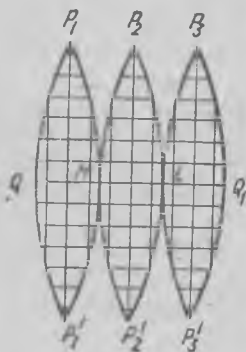
$$N = \frac{\lambda^\circ}{6} + 1 \quad (\text{III.3})$$

Зона ўқий меридианининг узоқлиги λ_0 қуйидагича аниқланади:

$$\lambda_0 = 6N - 3^\circ \quad (\text{III.4})$$

Мисол. Узоқлиги $\lambda = 69^\circ 18'$ бўлган нуқта жойлашган зона номери $N = \frac{69^\circ}{6} + 1 = 11 + 1 = 12$, яъни нуқта 12 зонада ётади, бу зона ўқий меридианининг узоқлиги $\lambda_0 = 6N - 3 = 6 \cdot 12 - 3 = 69^\circ$ бўлади.

Зонани проекциялашда қуйидагича иш кўрилади. Ер шари цилиндр ичига шундай киритиладики, зонанинг ўқий меридиани цилиндрининг ички юзасига уринма бўлади. Кейин зона чегара чизиқлари ва зонадаги характерли нуқталар шар радиуси йўналиши бўйича цилиндр ички юзасига проекцияланади. Кейин цилиндр KL ясовчисини бўйича кесилиб ёйилса, текислик ва унда зона проекцияси ҳосил бўлади. Бундай проекциялашда кичик участканинг цилиндридаги тасвири жойдаги (сферадаги) га ўхшаш бўлади: шунга кўра мос чизиқлар орасидаги бурчаклар ҳам сфера ва проекцияда тенг бўлади. Лекин проекциядаги чизиқлар узунлигида бузилиш (ўзгариш) ҳосил бўлади, яъни проекциядаги ҳамма чизиқлар сатҳий юзадаги горизонтал қўйилишдан бир оз узун бўлади. Шунга кўра, бутун зона проекцияси бир оз катталашади. III. 9-шаклда пунктир эгри чизиқ билан зона инг цилиндр юзасидаги проекцияси курсатилган. III. 10-шаклда қўшни зоналарнинг текисликдаги проекцияларининг тасвири келтирилган. Проекция чизигининг қанчалик ўзгариши Δd , яъни $\Delta d = D - d$ қуйидаги формула ёрдамида топилади



III. 10- шакл. Ёнама-ён зоналар проекцияси

PP^1 — зонанинг ўқий меридиани, QQ_1 — экватор.

$$\Delta d = D - d = \frac{y^2}{2R^2} d, \quad (\text{III.5})$$

бу ерда d — сатҳий юзадаги чизиқ узунлиги; $D - d$ нинг проекциядаги узунлиги; y — чизиқ ўрта нуқтаси билан ўқий меридиан орасидаги масофа, $y = \frac{y_1 + y_2}{2}$; R — ер шарининг радиуси.

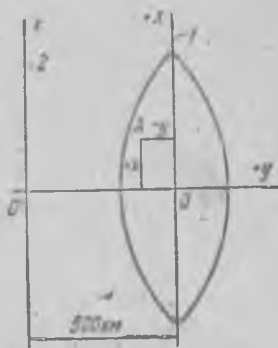
Бу формулага кўра, чизиқ ўқий меридиандан қанча узоқда турса, проекциядаги катталашиниш y^2 қадар катта бўлади. $y = 0$ бўлганда, яъни чизиқ ўқий меридианда жойлашганда тасвир ўзгармайди. Энг катта ўзгариш зонанинг икки ёнидаги меридианларнинг экватор билан кесишган нуқтаси M ва L да бўлади. Агар ўзгаришни нисбий хато билан ифодаласак,

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{y^2}{2R^2} \quad (\text{III.6})$$

булади. M ва L нуқталардаги бир градус ёй узунлиги $l_1^\circ = 111,1$ км десак, 6° ли зонада M ва L нуқталар ўқий меридиандан 3° узоқда бўлганидан, $y = 111,1 \times 3 = 333,8$ км булади. Бундаги нисбий хато $\frac{\Delta d}{d} = \frac{1}{800}$, умуман бу ўзгаришдан келадиган нисбий хато $1:1500$ дан $1:6000$ гача булади. Бу хато карта чизишда киллинадиган хатодан катта бўлмаганлиги учун, уни ҳисобга олмамай, Гаусс проекциясида чизилган зона карталарининг ҳамма ерида масштаб бир хил деб қабул қилиш мумкин. Лекин йирик масштаблардаги карта (план) ларда бузилиш нисбий хатоси план чизиш хатосидан катта бўлганидан, бузилиш ҳисобга олинади, ёки 3° ли зона қабул қилинади. Бу усул билан зона тир проекциясини номерига қараб, III. 10-шаклдаги каби, кетма-кет қўйиш билан бутун Ер шарни юзасининг проекциясини ҳосил қилиш мумкин. Бундай зоналар орасида узилтиш бўлган проекция амалий жиҳатдан ҳеч аҳамиятга эга эмас. Лекин бу проекциянинг муҳим афзаллиги ҳам бор. Бу проекциялаш бутун Ер юзаси бўйича бир системада ясси тўғри бурчакли координаталар қабул қилиб, ҳар зона учун бир координаталар боши олишга имкён беради.

III. 3. Зонавий тўғри бурчакли координаталар системаси

Зоналарнинг текисликка тушган тасвиридаги нуқтанинг ўрни шу зонанинг координаталар системасига нисбатан аниқланади. Ҳар зонанинг ўқий меридиани зонанинг абсциссалар ўқи деб, унга перпендикуляр йўналишида бўлган экватор йўналиши эса ординаталар ўқи деб қабул қилинади. Бу ўқларнинг кесилган нуқтаси координаталар боши булади. Абсциссалар (x) шимолий ярим шарда мусбат, жанубий ярим шарда эса манфий булади. СССР нинг ҳамма ери шимолий ярим шарда бўлганидан, ҳамма вақт абсциссалар мусбат ишора билан олинади. Ординаталар (y) ўқий меридиандан шарққа томон мусбат, ғарбга томон эса манфий булади. III. 11-шаклда $A(+5; -3)$ нуқта уз координаталари билан белгиланган. Ординаталарнинг ҳам ҳаммаша мусбат ишорада бўлиши учун координаталар бош ўқий меридиандан 500 км ғарбга сурилган. Бу шартли координаталар боши дейилади. Нуқтанинг ординатаси ҳаммаша шу шартли координаталар бошидан ҳисобланади. Агар ордината қиймати 500 км дан катта бўлса, нуқта зона ўқий меридианидан шарқда, 500 км дан кичик бўлса, ўқий меридиандан ғарбда булади. Ордината қиймати



III. 11-шакл. Зона системасидаги координата ўқлари;

O — координата боши, O' — шартли координата боши, 1 — ўқий меридиан, 2 — шартли абсцисса ўқи.

чапига зона номери ҳам ёзилади. Масалан, географик координаталари $\varphi = 41^{\circ} 35'$, $\lambda = 69^{\circ} 40'$ бўлган нуқтанинг тўғри бурчакли Гаусс — Крюгер системасидаги координатаси қуйидагича ёзилади:

$$x = 4\,405\,653,80 \text{ м};$$

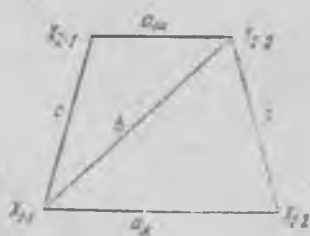
$$y = 12\,555\,558,95 \text{ м}.$$

Ордината қиймати нуқта 12 зонада бўлиб, у зона ўқий меридиандан шарқда $555\,558,95 - 500\,000 = 55\,558,05$ м масофада ётганини курсатади.

III. 4. Километрлар тўри

Топографик карталар варагидаги географик ва тўғри бурчакли координаталардан осси фойдаланиш ва картада турли масалалар ечиш учун ҳар қайси картада зона координата ўқларига параллел қилиб ҳар километрдан чизиқлар утказилади, бу билан квадрат тур (катаклар) ясаладикки, у километрлар тўри дейилади. Бу тур ёрдамида исталган нуқтанинг тўғри бурчакли ва географик координатасини аниқлаш мумкин. Картада, масштабига қараб, километр чизиқлари турли масофадан утказилади. Масалан, масштаби 1:100000 1:25 000 ва 1:50 000 бўлган карталарда ҳар бир километрдан, масштаби 1:100 000 бўлган картада ҳар икки километрдан, майда масштабли карталарда 10 километрдан утказилади.

Километрлар тўри берилган масштабдаги ҳар қайси трапеция учун ясалади. Бунинг учун нуқтанинг географик координаталари бўйича «Гаусс — Крюгер координаталари жадвали»¹ дан берилган нуқта жойлашган трапеция учларининг координаталари тўпилади. Агар карта масштаби 1:10 000 бўлса, трапеция учларининг координаталари 1:25 000 масштабли трапеция ўлчамлари координаталарини орқали интерполляция қилиш йўли билан тўпилади.



III. 12- шакл.

нинг қийматларини чизма бўйича ўлчаб, жадвалга берилган қийматларига таққосланади.

Трапеция томонлари тўғри бурчакли координаталар тўрининг томонлари устида ётиши ёки унга параллел бўлиши шарт эмас.

¹ Таблицы координат Гаусса — Крюгера. Геодезиздат, М. 194

Трапеция учлари аниқлангач, улар асосида рамка ясаллади. Трапеция томонларидан 10 — 12 мм қолдирилиб, урта чизиқ, унлаш 1,5 мм қолдирилиб, четки чизиқ чизилади. Трапеция томонлари урта чизиқкача давом эттирилиб, рамка учларидаги бу чизиқлар ёнига трапеция учларининг географик координаталари ёзилади. Тўғри бурчакли координаталар турининг чизиқлари ҳар 1 км да утганлиги учун, километр чизиқлар ҳам урта чизиқкача давом эттирилади. Бу тур чизиқлари фақат трапеция ичига чизилади. Тўғри пастки ва юқориги чизигининг икки учига шу чизиқлар абсциссаси километр ҳисобида ёзилади. Масалан, бизнинг мисолнишида пастига 4 574, юқорисига 4 577 ёзилган, қолган оралиқ чизиқларининг юқорисига абсциссанинг фақат кейинги рақами (75 ва 76) ёзилган.

Уқий меридианга параллел бўлган чизиқларнинг икки четки чизиқлари ёнига шу чизиқларнинг шартли ординатаси 12 521, 12 526 ёзилади; сонлардаги биринчи икки рақами (12) зона номерини курсатади. Бунда ҳам оралиқ чизиқларнинг унги томонига ординаталарнинг охириги икки рақами (22, 23, 24 ва 25) ёзилади.

Ўрта ва четки чизиқлар орасидаги 1,5 мм ли оралиқда минут қийматлари курсатилади. Масалан, кенглама бўйича трапециядаги фарқ $41^{\circ} 20' - 41^{\circ} 17' 30' = 2' 30''$. Трапециянинг ён томони юқоридан пастга қараб, 2,5 булакка бўлинади, биринчи булак ички томонининг ярми (бўйига) бир булак оралатиб қорага буялади. Бу минутий рамка трапециянинг тўрт томонида ҳам ясалди. Булар географик координаталар бўйича масала ечишда ишлатилади.

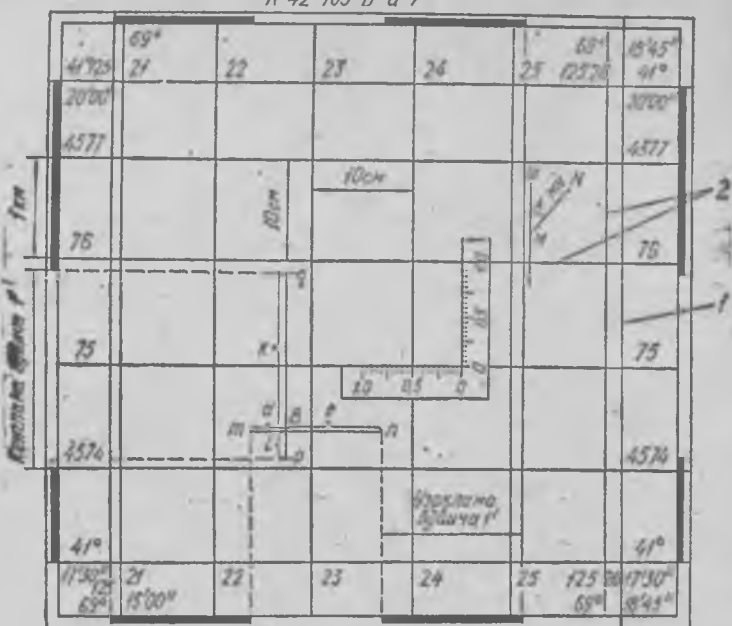
Координатомер. Картада нуқталар координаталарини аниқлашда махсус координатомер номли қурол ишлатилади, бу турли куринишда бўлади; бурчакли координатомер кўпроқ ишлатилади. Координатомернинг УВТ шифрли, координатомер *тури* номли ва бошқа турлари ҳарбий ишларда қўлланилади.

Картада берилган A нуқтанинг координаталари x_a, y_a ни аниқлашда қуйидаги формула қўлланилади:

$$x_a = x + x'; \quad y_a = y + y' \quad (III.7)$$

x — берилган A нуқта тагидаги километр чизиқ абсцисса қиймати бўлиб, шаклда $x = 4575$ км; y — эса A нуқта чапидаги километр чизиқ ординатаси бўлиб, $y = 12\,524$ км. x', y' лар эслатилган километр чизиқларидан нуқтагача бўлган масофа бўлиб, уларни координатомер ёрдамида ёки ўлчагич орқали олиб масштаб бўйича аниқлаш мумкин. III. 13-шаклда бурчакли координатомер ёрдамида аниқлаш курсатилган. (Шаклда 2 см га 1000 м, 1 мм га 50 м тўғри келган).

Координатомер бўйича $x = 360$ м; $y = 550$ м, шунга кура (III. 7) га биноан $x = 4\,575\,000 + 360 = 4\,575\,360$ м; $y = 12\,524\,000 + 550 = 12\,524\,550$ м бўлади. Географик координаталар ҳам рамка четидаги минут оралиқлар ёрдамида аниқланади. Масалан, B нуқтанинг географик координаталарини аниқлаш учун B нуқтадан трапеция томонларига параллел қилиб pBq ва mBn чизиқлар утказилади. $Bp = l, Bq = k, Bm = d$ ва $Bn = e$. Кесмалар узунлиги карта



III. 13- шакл,

масштаби буйича аниқланади. $d + e = mn = l' = 60''$; $l + k = pq = 1' = 60''$; p ва q нуқталар кенглигини $\varphi_{ж}$ ва $\varphi_{ш}$; m ва n нуқта-лар узоқлигини λ_z ва $\lambda_{шк}$ деб белгиласак, B нуқта координатаси φ ва λ қуйидагича бўлади:

$$\varphi = \varphi_{ж} + \frac{l}{l+k} (\varphi_{ш} - \varphi_{ж}) \text{ ёки } \varphi = \varphi_{ж} + \frac{l}{l+k} \cdot 60'';$$

$$\lambda = \lambda_z + \frac{d}{d+l} (\lambda_z - \lambda_{шк}) \text{ ёки } \lambda = \lambda_z + \frac{d}{d+l} \cdot 60''.$$

Топографик карта чизиш тугагач, рамканинг ташқарисига карта тепаси ёки ёнига қўшимча чизма ва ёзувлар қилинади, яъни карта расмийлаштирилади. Рамка тепасининг ўртасига карта номенклатураси, баъзан тепадан чап бурчаги устига карта зонасининг номери ёзилади. Карта тагига ўртага соний масштаб: 1 : 10 000, тагига 1 см 100 метрга деб ёзилади ва бунинг тагига оддий чизиғий масштаб, унинг тагига варақнинг жойланиш схемаси чизилади. Горизонталлардаги кесим баландлиги «сидирға горизонталлар 2 м дан ўтган» деб ёзиб қўйилади. Чизиқли масштабдан унга қўйилиш графиги чизилади.



III. 14- шакл,

Картанинг чап ва қуйи томонига шу жойдаги магнитавий стрелканинг йиллик оғиши

ва меридианлар яқинлашиш бурчагининг қиймати ёзилади. Шу билан бирга юқоридаги қийматларнинг, яъни меридианлар яқинлашиш бурчаги γ ва магнитавий стрелканинг оғиши δ ни курсатувчи график (шакл) чизилади (III. 14-шакл). Бу график ёрдамида картадаги чизикнинг магнитавий ёки ҳақиқий азимутни аниқлаш мумкин. Охирида варақнинг ўнг ва қуйи томонида съёмка қилган шахснинг фамилияси ва ташкилот номи, съёмка йили кўрсатилади.

IV боб. Жойнинг рельефи ва уни планда тасвирлаш

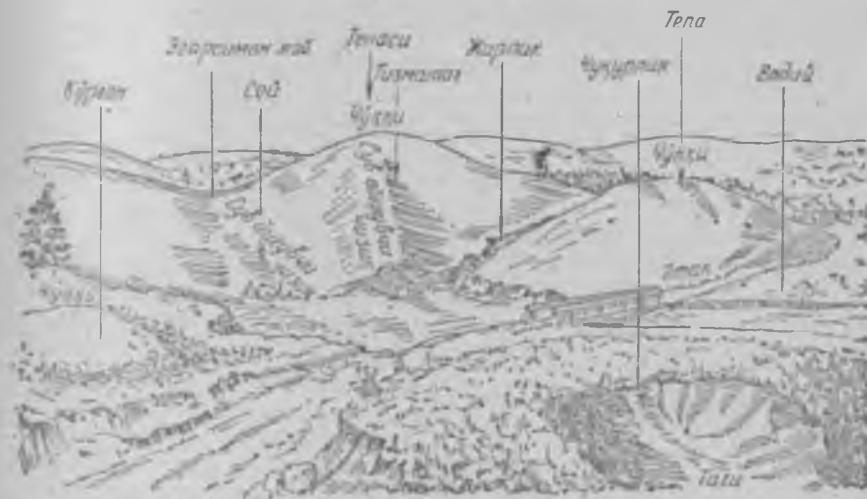
V. 1. Рельеф турлари ва уни тасвирлаш

Ҳар қандай инженерлик иншооти қуришдан аввал у топографик план ёки картада лойиҳаланади. Шунга кўра, жойдаги ситуация ва жой рельефи планда тўғри тасвирланган бўлиши керак. Бунинг учун жой рельефининг турларини бир-биридан яхши ажрата билиш ва уларни планда горизонталлар билан тасвирлаш йулларини урғаниш лозим.

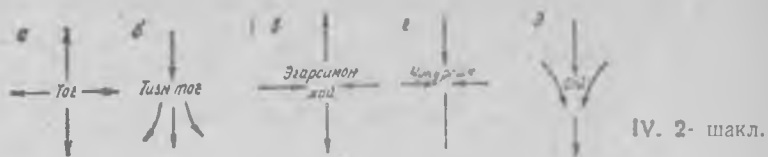
Рельеф турлари. Ер юзидаги баланд-пастликлар рельеф дейилади. Жойнинг рельефи баландлик ва пастликларга бўлинади. Тоғ, тепа, тизма тоғ, эгарсимон жойлар — баландликка; чуқурлик, сой, ғарлик эса пастликка киради (IV. 1-шакл). Асосий рельеф турларининг кўриниши схематик равишда IV. 2-шаклда кўрсатилган. Стрелка пасайиш йўналишини кўрсатади.

Рельефнинг асосий турларини қуйидагича характерлаш мумкин.

1. Тоғ (*тепа*) — юқорига конус тарзида кўтарилган жой бўлиб, унинг энг баланд нуқтаси чуқққи, ён томонлари — қиялик (ён бағир), атроф билан туташган чизиги — тоғ этаги дейилади (IV. 2-шакл, а).



IV. 1- шакл.



IV. 2- шакл.

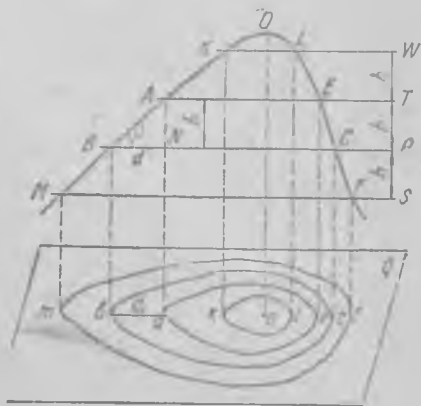
2. Тизма тоғ (алиш) — бир томонга чузилиб кутарилган ёки пасайган жой бўлиб, икки ён томони (ён бағри) тикроқ пасаяди, бошқача айтганда, тизма тоғда жой бир нуқтадан уч йуналиш буйинча пасаяди, бир томонга чузилиб, икки ён томонга тикроқ пасаяди. Чузилиб пасайиш йуналишининг баланд нуқталаридан утган чизик *сув айрилиувчи* (сув бўлинувчи) чизик дейилади (IV. 2- шакл, б).

3. Эгарсимон жой (бел) — икки тоғ ёки тепанинг сима-ён қушилишидан ҳосил бўлади. Эгарсимон жойнинг икки томонидан қарама-қарши йуналишда сой бошланади. Қўпича, бир сойдан иккинчисига утган ёлғиз оёқ йул эгарсимон жой орқали нариги томондаги сой йулига туташади, эгарсимон жойдаги бу йул *довон* дейилади (IV.2- шакл, в)

4. Чуқурлик (котловина) — тоғнинг акси бўлиб, ҳар томондан уралган пастлик жой; энг чуқур жойига — *туб* деб, ён томонлари *қиялик*, қияликларнинг атроф билан учрашган чизиги — *чуқурлик чеккаси* дейилади (IV.2- шакл, г).

5. Соё — тизма тоғнинг акси бўлиб, бир нуқтадан уч томонга кутарилади ёки бир учи очиқ йуналиш буйинча аста пасаяди, лекин икки ёни тикроқ кутарилади. Соёнинг энг паст жойларидан утган чизик *сув йиғилувчи чизик* дейилади, бу чизик буйинча ёгин сувларни оқади (IV.2- шакл, д). Агар соё кенг ва узокка чузилса, *водий* дейилади.

Дарёлар водийнинг сув йиғилувчи чизиги буйинча оқади. Фаргона водийсидаги Сирдарё бунга мисол бўла олади. Агар соёда сув йиғилувчи чизик нишаблиги катта ва тупроқ юмшоқ бўлса, сел оқимлари орқали ювилиб, уштурулади, кейин бу ерда *жарлик* ҳосил бўлади. Водийда текис майдончалар учрайдики, улар *терраса* дейилади.



IV. 3- шакл.

Рельефни тасвирлаш. Рельеф қоғозда бир неча усулда тасвирланади. Нуқталар *ометкаларини* ёнига ёзиш, баландлигига қараб турли буюқлар билан буяш, турли йўғонликда ва турли қалинликда штрихлар чизиш, горизонталлар утказиш каби усуллар қўлланилади. Топографик план ва карталарда рельеф горизонталлар билан тасвирланади. *Ометкаси* бир хил нуқталардан утган эгри

ёки тўғри чизиқ *горизонтал* дейилади. Юқорида танишиб чиқилган рельеф турларини горизонталлар воситасида яққол, 0,5 м ва ундан кам кесимда аниқ тасвирлаш мумкин. Горизонталларнинг моҳияти IV.3-шаклда равшан кўрсатилган. Тепалик бир-биридан h баландликда жойлашган бир неча горизонтал текислик (сатҳий юза) W, T, P , ва S лар билан кесилган. Кесишув нуқталари K, L, A, E, B, C, M , ва F проекцияси горизонтал текислик Q га туширилса, шаклдаги концентрик айланаларга ўхшаш ёпиқ чизиқлар ҳосил бўладики, улар жойнинг h кесимидаги горизонталларидир. W, T, P ва F лар орасидаги h кесим баландлиги деб аталади. T сатҳий юза кесгандаги AE кесимларнинг Q даги горизонтали ae бўлиб, булар бир хил отметкада бўлади. Шаклдаги BAN учбурчакликнинг BN томони va га параллел, BA қия чизиқ гипотенуза бўлиб, унинг Q текисликдаги проекцияси $va = d_1$, $BN = d$; бу проекция қўйилиши дейилади. BA қия чизиқнинг оғиш бурчаги ν қиялик бурчаги ёки *вертикал бурчак* деб аталади. (IV.3-шаклдаги $AN = h$) бўлганлигидан қуйидагини ёзиш мумкин:

$$\operatorname{tg} \nu = \frac{AN}{BN} = \frac{h}{d} \quad (\text{IV.1})$$

Горизонталларнинг хоссалари. Горизонталларнинг қуйидаги асосий хоссаларини эсда тутиш керак:

1) горизонталлар бир-бирига қанча яқин бўлса, жой қиялиги шунча тик бўлади; бир-биридан узоқ бўлса, қиялик, ётиқ бўлади ($ak > e!$).

Ёнма-ён икки горизонтал орасидаги энг қисқа масофа энг тик жой бўлади;

2) турли отметкадаги горизонталлар ўзаро кесинмайди;

3) пландаги горизонталлар ёпиқ чизиқ бўлади ёки план четга тугайди;

4) горизонталга перпендикуляр чизиқ энг катта нишабликда бўлади; (IV.1) формуладан қуйидаги хулосалар келиб чиқади:

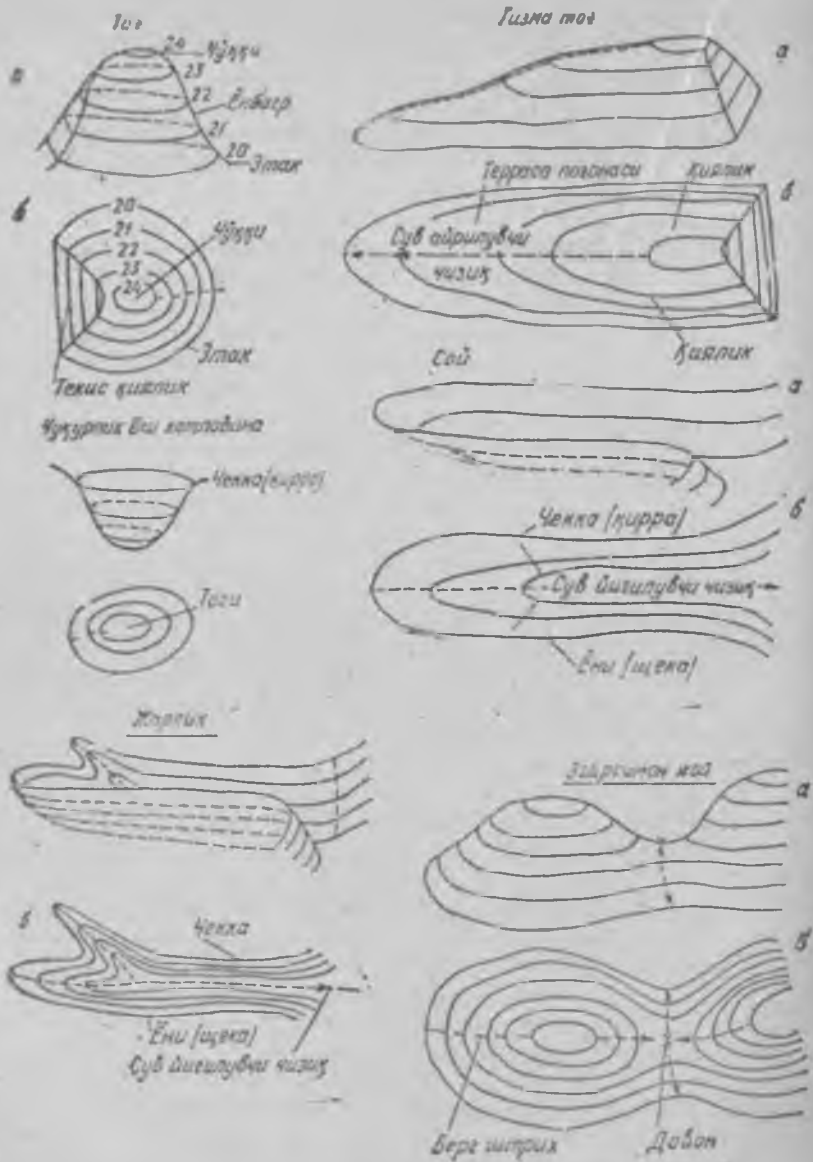
а) кесим баландлиги h узгармаса ва вертикал бурчак ν катта бўлса, қуйилиш d кичик бўлади; ν кичик бўлса, d катта бўлади;

б) бир йўналишда горизонталлар оралиғи бир хил бўлса, жойнинг нишаблиги ҳам бир хил бўлади.

Агар қиялик бурчаги ν узгармаса, қуйилиш, d кесим баландлиги h га пропорционал узгаради. IV.4-шаклда рельеф турлари (а) ва уларнинг горизонталлар билан тасвирланиши (б) келтирилган.

Рельефни тўғри тасвирлаш учун унинг характерли нуқталарини бир-бирдан ажрата билиш керак. Масалан, тоғ ва чуқурлик горизонталлар билан ўхшаш тасвирланади, лекин уларни ажратиш учун горизонтал чизигидан пасайиш томонга қаратиб штрих чизилади, бу штрих *берг штрих* дейилади.

Берг штрихлар тизма тоғ ва сойларда ҳам қўйилади, бу — рельефни аниқлашга ёрдам беради. Тоғ, тизма тоғ, чуқурлик сой ва уларнинг характерли нуқталари (чуққин, таги) ва чизиқлари (сув айрилувчи ва бўлинувчи чизиқлар) жойнинг характерли ўринлариники, уларни ажрата билиш жуда муҳимдир.



IV. 4- ш. кл. Рельеф асосий турларини горизонталлар билан тасвирлаш: а — рельеф турлары; б — рельефнинг горизонталлар билан тасвирланиши.

Рельефни горизонталлар билан тасвирлаш учун аввал унинг юқоридаги турларининг баландлик буйича характерли нуқталарини белгйлаш, кейин эса отметкаларини нивелирлаш йули билан аниқлаш керак. Бу ишлар юза нивелирлаш ишларида бажарилади.

IV. 2. Нуқталарнинг отметкалари бўйича горизонталлар ўтказиш

Рельефнинг характерли нуқталарининг отметкалари нивелирлашнинг турли усули билан аниқланади. Жой рельефини горизонталлар билан тасвирлаш учун нуқталарнинг отметкалари бўйича исталган кесим баландлиги h да горизонталлар ўтказилади. Горизонталлар кўпинча бутун отметкали нуқталардан ўтказилади. Кесим баландлиги h жой рельефига боғлиқ бўлиб, топографик планларда горизонталлар ҳар 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 м ва ҳоказодан ўтказилади.

Берилган икки нуқта отметкалари бўйича шу нуқталарни туташтирувчи чизикда маълум кесим баландлигидаги горизонталлар ўтадиган нуқталар ўрнини аниқлаш *интерполяция қилиши* дейилади. Интерполяция *аналитик ёки график* усул билан бажарилиши мумкин. График усуллар аналитик усулга асосланганлигидан, аввал аналитик усулнинг моҳияти билан қисқача танишиб чиқамиз.

Аналитик усул. Пландаги A ва B нуқталар отметкаси бўйича ҳар метрда горизонталлар ўтказиш керак бўлсин. Масалан, нуқталарнинг отметкалари $H_A = 345,40$ м. $H_B = 347,85$ м бўлиб (IV. 5-шакл), ҳар метрдан ($h = 1$ м) горизонталлар ўтказиш керак. Мисолимизда A ва B нуқталар орасидан отметкаси 346,00 ва 347,00 м бўлган икки горизонтал ўтади. Шу отметкали нуқталар ўрнини аниқлаш *интерполяция қилиши* дейилади.

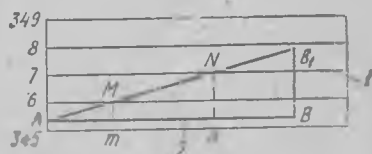
Аналитик усулда интерполяция қилиш учун, IV. 5-шаклдаги каби, 0,5 ёки 1 см дан параллел чизиқлар l ўтказилиб, уларга мисолдаги энг кичик отметкадан бошлаб сонлар ёзилади (мисолда 345,0 дан бошланган). Кейин A отметкаси бўйича нуқта белгиланиб, шаклдаги каби AB чизиқ чизилди. B дан чиқарилган тик чизиқда B нинг отметкаси бўйича B_1 нуқта белгиланади, у A билан туташтирилса, AB чизиқ профили AB_1 топилади. AB_1 нинг 346,00 ва 347,00 отметкали горизонтал чизиқлар билан кесилган M ва N нуқталарнинг AB га туширилган проекциялари m ва n белгиланган. Am ва AN ларнинг ABB_1 учбурчакликка ўхшашигидан қулидагиларни ёзамиз:

$$\frac{Am}{Mm} = \frac{An}{nN} = \frac{AB}{BB_1} \text{ ёки } Am = \frac{AB}{BB_1} \cdot Mm; \quad An = \frac{AB}{BB_1} \cdot nN;$$

бу ердаги белгисиз $Am = d_1$ ва $An = d_2$ ларни аниқлаш учун тенгламадаги ҳадлар қийматини қўямиз. $AB = d$ — масштаб бўйича улчаб топилади.

$BB_1 = H_B - H_A$; $Mm = H_M - H_A$; $nN = H_N - H_A = H_n + h$; шунда

$$d_1 = \frac{d}{H_B - H_A} (H_M - H_A), \quad (a)$$



IV. 5-шакл.

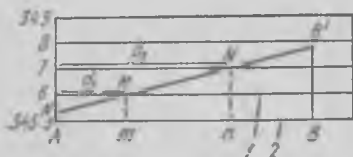
$$d_2 = \frac{d}{H_B - H_A} (H_N - H_A) \quad (6)$$

булади. Маълум қийматлар (а) ва (б) га қўйилиб, d_1 ва d_2 топилгач, IV. 5-шакл, а да А дан d_1 ва d_2 ни масштаб буйича ўлчаб қўйсак, 346,00 м ва 347,00 отметкали m ва n нуқталар топилади.

Аналитик усулда кўп ҳисоблаш ишлари ҳамда ортиқча вақт талаб қилинганлигидан, графикавий усул ишлатилади.

График усул. Интерполяция қилишнинг қуйидаги график усуллари қўлланилади;

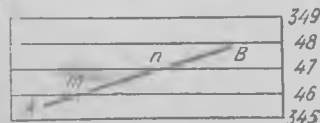
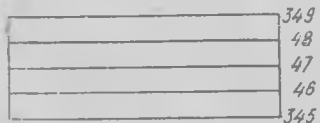
1. Ўлчагич ишлатилиб интерполяция қилиш. В нуқтанинг отметкаси 347,85 м, А нуқтаники эса 345,40 м. Шу икки нуқта оралиғида отметкалари 347,00 м ва 346,00 м бўлган нуқталар ўрнини топиш учун миллиметрли қоғоз олиб, ҳар 1 ёки



IV. 6- шакл.

0,5 см дан горизонтал чизиқлар 1 белгиланади; сунгра АВ томон узунлиги миллиметровканинг бир қуюқ горизонтал чизиғи буйича қўйилади (IV. 6-шакл). Чизиқ учлари А ва В билан белгиланади ва шу чизиқ отметкаси 345,00 м деб қабул қилинади. А ва В нуқталардан чиқарилган перпендикуляр чизиқлар буйича ихтиёрий йирик масштабда (масалан, 1 см ни 0,5 м деб қабул қилиб) А ва В нуқталарнинг 345,00 дан булган баландлиги (яъни АВ чизиқдан юқорига 0,40 м ва 0,85 м) ўлчаб қўйилади. Топилган А ва В нуқталар туташтирилса, В ва А нуқталар ўртасидаги чизиқ профили ҳосил булади. Энди отметкалари 346,00 м ва 347,00 м булган горизонтал чизиқларнинг АВ чизиқ билан кесилган М ва N нуқталарининг АВ чизиққа туширилган горизонтал проекциялари m ва n лар белгиланади. Бу нуқталар отметкаси 346,00 м ва 347,00 м булган горизонталлар утадиган нуқталар ўрни булади. Ўлчагич билан Am ва An кесмалар АВ томонига А учидан бошлаб қўйилса, планда отметкалари 346,00 м ва 347,00 м булган горизонталлар утувчи нуқталар ўрни топилади.

2. Калька билан интерполяция қилиш. Бунинг учун 10 x 10 см катталиқда калька (восковка) олинади ва оралари бир-



IV. 7- шакл.

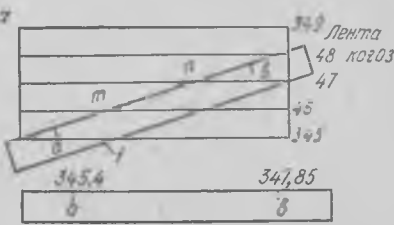
бирига тенг булган параллел чизиқлар чизилади. Бу чизиқлар учига отметкаларнинг энг кичигидан бошлаб ёзилади (IV.7-шакл).

Сунгра АВ чизиқ устига калька шундай қўйиладики, А учи устига 345,00 ва 346,00 отметкали параллел чизиқлар орасидаги 345,40 м отметкали нуқта туғри келсин. Шу туришда В учи устига 347,00 ва 348,00 отметкали параллел чизиқлар орасидаги 347,85

отметкали нуқта туғри келгунча калька бурилади. Калькани шу вазиьта тутиб, ундаги 346,00 м ва 347,00 м отметкали параллел чизиқларнинг пландаги AB тасмон билан кесишган m ва n нуқта-ларини қалам учи билан босиб, ўринлари планга туширилади. Сунгра калька олиниб, нуқта ўрни қалам билан белгиланади. Туширилган бу нуқталар AB чизиқдаги 346,00 м ва 347,00 м отметкали горизонталлар утадиган нуқталар булади.

3. Лента қоғоз билан интерполяция қилиш учун

10x10 см катталиктаги миллиметровка (миллиметрларга булинган қоғоз) олиб, бир ёки ярим сантиметрдан чизилган параллел чизиқлар учига нуқталар отметкасига ва кесим баландлигига қараб отметкалар ёзилади (IV. 8-шакл). Сунгра қалин оқ қоғоздан эни 2 см, узунлиги 10 см булган лента қиркиб олинади. Лентанинг бир чети AB чизиққа қўйилиб, лента четига A ва B нуқталар ўрни a ва b белгиланади. Кейин лента қоғоз миллиметровка устига шаклда қур-сатилганидек шундай қўйиладикки, белгиланган a нуқта 345,40

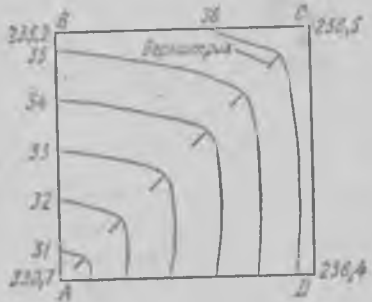


IV. 8- шакл. Лента қоғоз билан интерполяция қилиш:

a — параллел чизиқлар чизилган миллиметровка; b — лента оқ қоғоз; 1 — лента қоғозни параллел чизиқлар устига қўйиш.

отметка устида, b нуқта эса 347,85 отметка устида ётсин. Кейин ab чизиқнинг 346,00 ва 347,00 отметкали горизонтал чизиқлар билан кесишган нуқталари m ва n лентада белгилаб олинади. Сунгра лента миллиметровкадан олиниб, AB устига шундай қўйиладикки, A устида a нуқта, B устида b нуқта турсин. Кейин лента четига белгиланган m ва n нуқталар буйича AB да 346,00 ва 347,00 отметкали горизонталлар утадиган нуқталар белгиланади.

Рельефини горизонталлар билан тасвирлашда ҳамма вақт юқоридагидек хар қайси чизиқ икки учи отметкалари буйича интерполяция қилиниб, нуқталар топилади. Кейин бир хил отметкадаги нуқталар туташтирилиб, горизонталлар утказилади. Мисол учун $ABCD$ тўрт бурчаклик юзасининг рельефини тасвирлайлик (IV. 9-шакл). Аввал хар қайси тасмон учларининг отметкалари буйича юқоридаги усулларнинг бири билан интерполяция қилинади. Бунга қўшимча қилиб, икки учининг отметкалари бир-бирдан катта фарқ қиладиган бир диагональ буйича ҳам интерполяция қилинади (мисолда CA диагонали). Кейин отметкалари бир хил нуқталар шаклдаги каби равон эгри чизиқ билан туташтирилади. Мисолдаги шаклда сой тасвирланган бўли, CA диагонали сув йиғилувчи чизиқ булади. Шунга кўра, берг штрихлар A га тасмон чизилган. Горизонталлар жой рельефининг

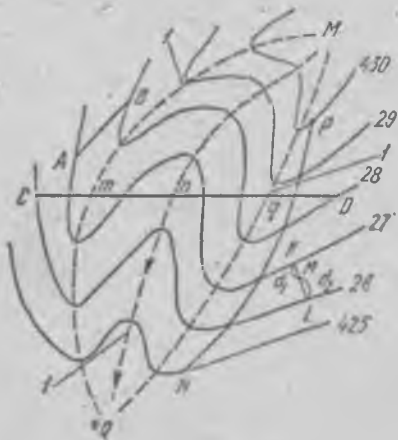


IV. 9- шакл.

характерига қараб, тўғри чизиқ кўринишида, эгри чизиқ ҳолида, параллел бўлиб ҳам ўтиши мумкин.

III. 3. Топографик планда масалалар ечиш

Топографик план ва карталарда жой тафсилоти ва рельеф тасвирланганидан, булар инженерлик ишларида кўпроқ қўлланилади. Топографик план бўйича турли инженерлик иншоотлари (тош йўл, темир йўл, бино ва бошқалар) лойиҳаланади. Бунда горизонталлар ораллиги, пландаги чизиқ нишаби, қиялик бурчаги, қиялик тиклиги каби масалаларни аниқлаш керак булади. Топографик планда асосан геодезияга оид қуйидаги масалалар ечилади:



IV. 10- шакл. Горизонталли планда масалалар ечиш; MmQ ва

MqQ чизиқлари сув бўлинувчи чизиқлар; MmQ чизиги сув йиғилувчи чизиқ; I — бергштрих.

1. Берилган нуқтанинг отметкасини аниқлаш. Агар нуқта горизонтал устида ётган бўлса, унинг отметкаси горизонталнинг отметкасига тенг булади. Нуқта икки горизонтал орасида ётганда эса унинг отметкаси қуйидагича аниқланади; масалан, икки горизонтал ораллиғига жойлашган M нуқтанинг отметкасини топиш учун шу горизонталларга перпендикуляр чиқарилади, перпендикулярнинг горизонталлар билан кесишув нуқталари K ва L билан белгиланади. Бу нуқталар отметкаси H_K , H_L бўлсин (IV. 10- расм).

Шунда M нуқтанинг отметкаси H_M орқали қуйидагича топилади:

$$H_M = H_K - h_1 \quad (a)$$

H_L орқали эса қуйидагича аниқланади:

$$H_M = H_L + h_2 \quad (b)$$

бу ерда h_1 , h_2 — берилган нуқтанинг K ва L нуқталардан бўлган нисбий баландлиги; M нуқтанинг K ва L дан узоқлиги d_1 , d_2 ва KL чизиқнинг узунлиги d , яъни $KM = d_1$, $ML = d_2$, $KL = d$ бўлса,

$$h_1 = \frac{h}{d} \cdot d_1; \quad h_2 = \frac{h}{d} \cdot d_2$$

булади; бунда h пландаги кесим баландлиги.

Мисолда $H_K = 427,00$; $H_L = 426,00$; d_1 , d_2 ва d лар қиймати пландан ўлчагич ёрдамида олиниб, масштаб бўйича топилади ва юқоридаги формулалар асосида h_1 ва h_2 ҳисобланиб, масала ечилади. (a) формула асосий, (b) формула эса текшириш формуласидир.

2. Планда берилган чизикнинг қиялик бурчагини аниқлаш. Бу масала жойнинг қиялиги қандай эканлигини билдириш учун керак. Агар планда кесим баландлиги h ва пландаги $AB = d$ чизик горизонтал қўйилиши бўлса, қиялик бурчаги (IV.1) га асосан топилади, яъни $tg \nu = \frac{h}{d}$. Планда кесим баландлиги h ҳамisha маълум, d қийматини ўлчагич билан пландан олиб план масштаби бўйича аниқланади.

$tg \nu$ қиймати аниқлангач, тригонометрик функциялар жадвали орқали ν қиймати топилади. d қўйилиш дейилади. Қиялик бурчаги ν қанча катта бўлса, қиялик шунча тик бўлади. Икки горизонтал орасидаги қисқа масофа энг зўр қиялик тиклигида бўлади. Қисқа масофа иккала горизонталга перпендикуляр бўлади; бу чизик қиялик чизиги дейилади.

IV. 10-шакл бўйича $d = 17,0$ м десак, $h = 1$ м бўлганда $tg \nu = \frac{1}{17,0} = 0,05884$; Шунга кўра $\nu = 3^\circ 24'$ бўлади.

Қиялик бурчагини қуйидаги формула билан аниқлаш анча қулай

$tg \nu = \frac{h}{d}$ ни $\nu \sin 1' = \frac{h}{d}$ ёки $\nu = \frac{h}{d} \cdot \frac{1}{\sin 1'}$ каби ёзсак ва ν ни радиан ўлчовида ифодаласак, $\nu = \frac{h}{d} \rho'$ бўлади, ρ қийматини қўйсак,

$$\nu = 3438' \frac{d}{h} \quad (IV.2)$$

чиқади. Бу формула билан ҳисоблашда тригонометрик функциялар жадвали керак бўлмайди.

Бу масала планда инженерлик ишларига доир масалаларни ечишда кўп учрайди ва анча вақт олади. Чизикнинг узунлиги бўйича ҳеч қандай ҳисобсиз қиялик бурчагини аниқлаш учун ҳамма топографик план ва карталарда қўйилиши (бурчак) графиги ясалади.

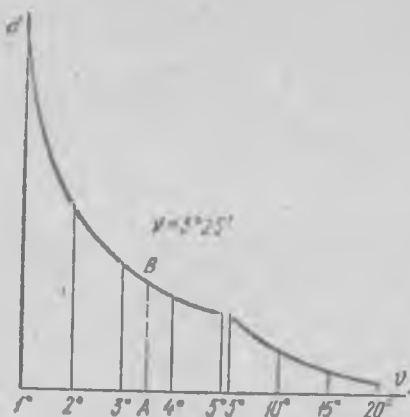
Қўйилиш (бурчак) графигини ясаш. Берилган чизикнинг қиялик бурчаги ν ни аниқлаш учун қуйилиш графиги ясалади. График пландаги кесим баландлиги h нинг қўшни горизонталлар орасидаги масофа d га нисбати асосида ясалади.

Қиялик бурчагининг тангенсини $tg \nu = \frac{h}{d}$ дан

$$d = h \operatorname{ctg} \nu \quad (IV.3.)$$

бўлади. Берилган карта ёки планда h ўзгармас бўлганидан, d қиялик бурчаги ν га қараб ўзгаради. График ясаш учун ν га ихтиёрин қийматлар берилиб, (IV.3) формула ёрдамида d нинг бир неча қиймати топилади.

План тагига горизонтал тўғри чизик чизилиб, чап учидан ихтиёрин бир кесма (1 см) бир неча марта кетма-кет қўйилади. Бул. кларга чап учидан бошлаб, 1° , 2° , 3° ва ҳоказолар ёзилади ва шу нуқталардан чиқарилган перпендикуляр чизикларга план масштаби бўйича ҳисобланган d қийматлари план масштабида қўйила-



IV.11- шакл.

d га нисбати топилади, чиққан сон чизиқнинг нишаби булади.

Масалан, $h = 4$ м, $d = 500$ м булса, $i = \frac{4}{500} = 0,008$ булади. Бунда ҳам нишаб графиги чизилади.

Нишаб графигини ясаш. Нисбий баландлиқнинг горизонтал қўйилиш d га нисбати нишаб дейилади ва i билан белгиланади:

$$i = \frac{h}{d}.$$

Бундан:

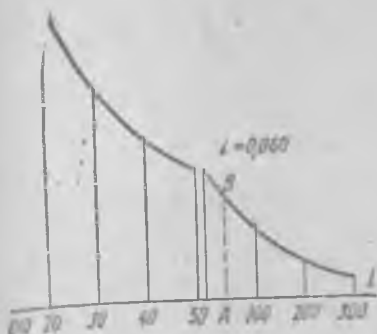
$$d = \frac{h}{i} \quad (IV.4)$$

График ясаш учун (III.4) формула ёрдамида IV.1-жадвал тузилади ($h = 1$ м). Горизонталлар оралиғи ҳисобга олиниб, (IV.4) формуладаги i га жадвалдаги қийматлар қўйилади-да, d топилади.

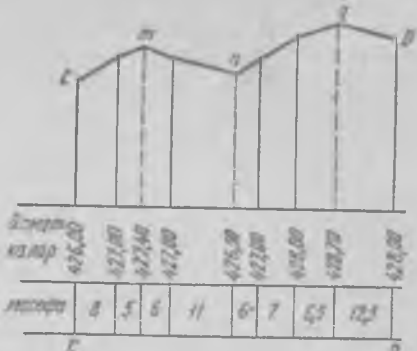
IV.1-жадвал

i	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,100	0,200	0,300
d м	100	50	33	25	20	10	5	3,3

Горизонтал утказилган тўғри чизиқ буйича тенг (1 см ли) кесмалар кетма-кет қўйилади, топилган булакларга IV-жадвалдаги нишаблар қиймати 0,010 дан бошлаб қўйилади. Топилган нуқталардан перпендикулярлар чиқарилиб, буларга тўғри келган d қийматлари план масштаби буйича қўйилади. Топилган нуқталар кетма-кет эгри чизиқ билан бир текис туташтирилса нишаб графиги ясалади (IV.12-шакл). Берилган AB чизиқнинг нишабини аниқлаш учун, AB чизиқнинг узунлиги пландан улчагич билан олиниб, графикка қўйилади ва тўғри келган нишаб аниқланади. Пландаги AB чизиқнинг нишаби $i = 0,060$.



IV. 12- шакл. Нишаб графиги. IV. 10- шаклдаги AB чизик нишаби — 0,00.



IV. 13- шакл.

4. Горизонталли планда берилган йўналиш буйлаб, маълум нишабдаги чизикни ўтказиш. Берилган M нуқтадан нишаби $i = 0,100$ бўлган чизикни P нуқтага томон давом эттириш керак бўлса нишабнинг қўйилиш графигидан циркуль билан $i = 0,100$ га туғри келган кесма олиниб, бу кесма N нуқтадан бошлаб горизонталларни кетма-кет кесиштириб қўйиб борилса, P нуқта топилади (IV. 10- шакл).

5. Берилган CD чизикнинг профилини чизиш (IV. 10- шакл). Чизик профили миллиметровкага ёки планинг бир чеккасига чизилди. Бунинг учун, кундаланг профилдагидек, бирор горизонтал чизик олиниб, ундан 10 мм юқоридаги иккинчи горизонтал чизик ўтказилади (IV. 13- шакл), ҳосил бўлган графага оралиқ масофалари ёзилади.

Иккинчи горизонтал чизикдан 15 мм юқорида учинчи горизонтал чизик чизилади. Бу графага эса отметкалари, яъни CD чизикнинг горизонталлар билан кесишув нуқталарининг отметкаси ёзилади. Сунгра шу отметкалар буйича учинчи чизикдан 7—8 см юқорида маълум масштабда профиль чизилади. Профиль чизинида горизонтал масофалар масштаби 1:1000, вертикал масофалар масштаби 1:200 олинди. Горизонталлар орасидаги m, n ва q нуқталар отметкаси ҳам аниқланиб, профилига туширилди. Бу нуқталардан m ва q сув бўлинувчи чизикда, n эса сув йиғилувчи чизикда ётади.

6. Горизонталли план ёки картада тасвирланган ҳавзадаги сув йиғилувчи майдон юзини аниқлаш. Бунинг учун горизонталлар буйича сой (дара) туби (сув йиғилувчи) ва алиш (тизма тоғда сув айирилувчи) чизиклар ўтказилади.

Сой майдони юзини аниқлаш учун план ёки картада икки сув айирилувчи чизик шундай ўтказилиши керакки, ҳосил бўлган майдонга ёққан ёғинлар суви шу икки тизма тоғ ўртасидаги сойга йиғиладиган бўлсин.

IV. 10- шаклда MmQ ва MqQ чизиклари *сув айирилувчи* MnQ эса сув йиғилувчи чизик дейилади. Qm, MqQ майдонидаги ёғин сувлари MnQ чизик йўналиши буйича йиғилиб Q га томон оқади. Бу ҳол сой ёки водийда бўлади.

Пландаги $QmMqQ$ майдон юзаси *суб йиғилувчи майдон* (ҳавза) дейилади. Бу ҳавзанинг чегаралари эгри чизиқ бўлганидан, унинг юзи планиметр ёрдамида аниқланади ва га (гектар) ёки км² да ифодаланади.

IV. 4. Топографик карталарда шартли белгилар

Топографик карта ва планлар аниқ бўлиш билан бирга, жой кўринишини, яъни жойнинг баланд-пастлигини (рельефини) ва жойда бор тафсилотни (йўл, ариқ, бино ва бошқаларни) яққол кўрсатиши керак. Планни кўрган киши жой ҳақида тўғри тасаввур ҳосил қилиши керак. Бунинг учун план ва карталарда турли тушунтириш билан бирга жой тафсилотини ва рельефни яққол кўрсатувчи шартли белгилар қўлланилади. Тафсилотни кўрсатувчи *шартли белгилар контурли ёки масштабли* ва *масштабсиз* бўлади. Контурли (масштабли) шартли белгилар жойдаги нарсалар (бино, йўл, канал кабилар) ўлчами план масштабида кичрайтирилиб кўрсатилса ҳам уларнинг шакли аниқ бўлиши керак.

Жойдаги нарса ўлчами план масштабнинг графикавий аниқлигидан кичик бўлса, яъни уни план масштаби бўйича кўрсатиб бўлмаса, объект муҳим аҳамиятга эга бўлганда масштабсиз шартли белги қўлланилади. Масалан, геодезик белгилар, қудуқ, алоқа линиялари, йўл, ариқ, трубопроводлар каби нарсаларни масштабда кўрсатиб бўлмаса ҳам ўринлари шартли белги билан кўрсатиладики, улар масштабсиз шартли белгилар дейилади. Баъзан шартли белгиларнинг ўзи кифоя қилмай, тушунтириш ёзувлари илова қилинади. Масалан, қишлоқда яшовчи хонадонлар сони, кўприкнинг юк кўтариш қуввати, сувнинг оқиб йўналиши ва тезлиги, ўрмоннинг қалин-сийраклиги ва дарахтларнинг тури кабилар тушунтириш ёзуви ва белгилар билан кўрсатилади.

Қабул қилинган шартли белгиларнинг шакл ва ўлчамлари геодезия ва картография бoш бошқармаси тузган шартли белгилар ҳақидаги кўрсатмада берилган¹. План чизишда ана шу қўлланмадан фойдаланилади. Шартли белгилари тўғри ва аниқ чизилган план жой тафсилотини яққол кўрсатганидан жой ҳақида тула тасаввур ҳосил қилиш мумкин.

Жойнинг рельефи ҳам ўзига хос турли шартли белгилар билан тасвирланади. Бунда бўёқлар, турли штрихлар, горизонталлар ва бошқа усуллар қўлланилади. Лекин топографик карталарда рельеф горизонталлар билан тасвирланади. Рельефнинг турларига қараб, горизонталларнинг турлича ўтиши билан жойнинг баланд-пастлиги яққол кўрсатилади.

Планин *пардозлашда* ёзувлар юқори ва қуйи рамкага параллел қилиб ёзилади. Дарё, канал ва тизма тоғларнинг номлари уларнинг оқиб ва пасайиш томони бўйича ёзилади. Горизонталлар отеткасиз горизонтални узиб, орасига сон жойнинг кўтарилиши бўйлаб, яъни

¹ Условные знаки для топографических планов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. М. «Недра», 1973.

рақам усти баландликка қарайдиган қилиб ёзилади. Ҳар 5 ёки 10 м дан ўтувчи горизонталлар йўғонроқ чизилади. Горизонталлар оралиғи катта жойларда икки ёнма-ён горизонтал орасида кесим баландлиги h нинг ярмига тўғри келадиган жойдан яна горизонтал ўтказилади. Лекин у *пунктир* билан чизилади ва *ярим горизонтал* дейилади. Жойнинг пастлашиш ёки кўтарилишини яққол кўрсатиш учун пасайишга томон *берг штрихлар* чизилади.

План тузишда турли бўёқлар ишлатилади. Сув ҳавзаларининг чегараси кук, ўртаси эса ҳаво ранг бўёқ билан, рельеф ва қумликлар жигар ранг бўёқ билан кўрсатилади. Ёзувлар қора тушда ёзилади. Йул, бино чегара чизиқлари ҳам қора тушда чизилади.

V. боб. Ўлчаш хатолари назарияси ҳақида қисқача маълумот

V. I. Ўлчаш ва унинг турлари

Геодезик ўлчаш ишларини жойда ёки қоғозда бажаришда турли катталикларнинг қийматини аниқлаш талаб қилинади. Бирор катталикни шу жинсдаги ўлчов бирлигига таққослаб, унинг шу бирликдан қанча катталигини аниқлаш *ўлчаш* деб аталади; бу катталикни кўрсатувчи сон *ўлчаш натижаси* бўлади.

Геодезик ишларда чизиқнинг узунлиги, икки чизиқ орасидаги бурчак, ҳаво температураси, босими каби катталиклар ўлчанади. Ўлчашда ўлчанадиган катталик турига қараб турли асбоблардан фойданилади.

Ўлчаш қандай бажарилишига қараб, иккига — *воситасиз* (*бевосита*) ўлчаш билан *воситали* (*билвосита*) ўлчашга бўлинади.

Агар ўлчанадиган катталик қиймати ўлчаш воситаси билан тўғридан-тўғри ўлчаб олинса (масалан, масофа пулат лента билан ўлчанса), бу *бевосита ўлчаш* бўлади. Агар ўлчанадиган катталик қиймати ўлчаш воситаси билан тўғридан-тўғри ўлчанмай, балки ўлчанган бошқа катталик қиймати орқали математик муносабатлар асосида ҳисоблаб топилса, *билвосита* ўлчаш бўлади. Масалан, бирор учбурчакликнинг иккита α ва β бурчаги теодолит билан ўлчаб топилса, *бевосита ўлчаш*, учинчи γ бурчаги формула $\gamma = 180 - (\alpha + \beta)$ билан ҳисоблаб топилганда эса *воситали* (*билвосита*) ўлчаш бўлади.

Ўлчаш сонига қараб, ўлчаш *зарурий* ва *ортиқча ўлчашга* бўлинади. Номаълум катталикнинг қийматини аниқлаш учун зарур ўлчаш сони *зарурий ўлчаш* бўлади. Ўлчаш сони бундан ошса, *ортиқча ўлчаш* дейилади. Масалан, номаълум катталик қийматини аниқлаш учун уни камида бир марта ўлчаш *зарурий ўлчаш* бўлади. Агар шу катталик n марта ўлчанса, $n - 1$ *ортиқча ўлчаш* бўлади. Ортиқча ўлчаш ўлчаш натижасини текширишга ёрдам беради. Ҳар қандай катталик камида икки марта ўлчанади. Ўлчаш шароитининг ўзгариш-ўзгармаслигига қараб, ўлчаш *тенг аниқли* ва *тенг аниқсиз* ўлчашга бўлинади. Ўлчаш иши бир шароитда, бир

асбоб ва бир киши томонидан бир усул билан бажарилса, топилган натижалар бир хил аниқликда бўлади ва тенг *аниқли улчаш* дейилади. Ўлчаш иши турли шароитда, турли асбоб билан, бир неча киши томонидан бажарилса, улчаш натижалари бир хил аниқликда бўлмайди, бундай улчаш *тенг аниқсиз улчаш* дейилади.

V. 2. Ўлчаш хатолари ва турлари

Ҳар қандай шароитда бир катталиқни бир неча марта ўлчаш натижалари бир хил бўлмайди, улар бир-биридан фарқ қилади. Ўлчаб топилган натижа катталиқнинг ҳақиқий қийматидан ҳам фарқ қилади. Бу ҳол улчаш хатосиз бўлмаслигини кўрсатади, яъни ўлчашда албатта хато бўлади. Ўлчаш иши туғри, аниқ асбоблар билан энг мукаммал усулдан фойдаланиб тажрибали киши кўлай шароитда бажарганда ҳам хато бўлади, лекин хатонинг абсолют қийматлари кичик бўлади. Ўлчанадиган катталиқнинг ўлчаб топилган қиймати билан ҳақиқий қиймати орасидаги айирма *ўлчаш хатоси* булиб, у кўпинча, *ҳақиқий хато* дейилади.

Агар катталиқнинг ҳақиқий қиймати x , ўлчанган қиймати l бўлса, хато Δ қуйидагича аниқланади:

$$\Delta = l - x, \quad (V.1)$$

яъни ўлчаш хатоси катталиқнинг топилган қийматидан ҳақиқий қийматнинг айрилганига тенг.

Асбобнинг камчилиги, ўлчовчининг етарли тажрибага эга эмаслиги, ташқи муҳитнинг асбобларга ва ўлчаш ишига таъсир этиши ва ҳоказолар натижасида ўлчаш хатолари келиб чиқади. Булар *асбоб*, *шахсий* ва *шароит хатоси* дейилади. Ҳар қайси фактор хатоси *элементар хато* булиб, уларнинг йиғиндиси *мураккаб хато* дейилади.

Бир катталиқ n марта ўлчаниб, l_1, l_2, \dots, l_n қийматлари топилган дейлик; шу катталиқларнинг ҳақиқий қиймати x бўлса, ўлчаш хатолари қуйидагича ифодаланади:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= l_1 - x, \\ \Delta_2 &= l_2 - x, \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta_n &= l_n - x. \end{aligned} \quad (V.2)$$

Хатолар бир қаторга: $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ шаклида ёзилса, хатолар қатори ҳосил бўлади.

Хатолар қаторидаги абсолют қийматига кўра, бошқа хатолардан анча катта бўлган хато *қўпол хато* дейилади. Қўпол хато ўлчаш вақтидаги адашишдан келиб чиқади. Масалан, лентадан саноқ олишда 6 ўрнига 9 деб ёзилса, 3 м хато қилинади, бу қўпол хато бўлади. Қўпол хатони йўқотиш учун шу катталиқ қайта ўлчанади.

Хатолар қаторидаги бирор хато бир хил ишора ва қиймат билан системали равишда такрорланаверса, бу хато *систематик хато* дейилади. Масалан, лента узунлиги 20 м дан 2 см узун ёки кал-

та бўлса, шу 2 см хато ҳар ўлчаш натижасига бир хил ишора ва қийматда таъсир этади.

Систематик хато асбобнинг камчилигига ва ўлчовчининг малакасига боғлиқ бўлади. Асбобни яхшилаб текшириб тузатиш ҳамда ўлчашда турли усуллардан фойдаланиш йўли билан систематик хатони камайтириш мумкин.

Хатолар қаторида хато турли ишора ва турли қийматда бўлиб, абсолют қиймати маълум чегарадан ошмаган ҳолда такрорланаверса, бу хато *тасодифий хато* дейилади.

Тасодифий хато маълум қонуният билан такрорланавермайди. Тасодифий хатонинг келиб чиқиш сабаби ҳам номаълум бўлади, демак, уни йўқотиш ҳам мумкин бўлмайди.

Тасодифий хато кузатувчи шахс, асбоб ва шароит таъсиридан ва бошқа манбалардан келадиган элементар (кичик) хатолар йиғиндисидан содир бўлади.

Тасодифий хатоларнинг такрорланиш хоссалари, ўлчаш натижасига уларнинг таъсири ва уни камайтириш йуллари *улчаш хатолари назариясида* ўрганилади.

Геодезик масалаларни ҳал қилишда тасодифий хатоларнинг қуйидаги хоссалари эътиборга олинади:

1. Бир хил ўлчаш натижасида тасодифий хатолар абсолют қийматига кура маълум чекдан ошмайди; бу ҳол хатоларнинг *чеклилик хоссаси* дейилади.

2. Абсолют қиймати кичик хатолар абсолют қиймати катта хатолардан кўпроқ учрайди; бу ҳол хатоларнинг *унимодал хоссаси* дейилади.

3. Абсолют қиймати тенг бўлган мусбат ва манфий хатолар бир миқдорда учрайди; бунга хатоларнинг *симметриклик хоссаси* деб аталади.

4. Тасодифий хатоларнинг арифметик ўрта қиймати ўлчаш сони купайиши билан нолга интилади; бу ҳол хатоларнинг *компенсация (ўзaro ейишиши) хоссаси* дейилади.

Туртинчи хосса юқоридаги 2 ва 3 хоссалардан келиб чиқади, уни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\lim_{n \rightarrow 0} \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n}{n} = \lim_{n \rightarrow 0} \frac{[\Delta]^1}{n} \quad (\text{V.3})$$

5. Ўлчаш шароити бир хил бўлса, тасодифий хато қуйидагича ифодаланади:

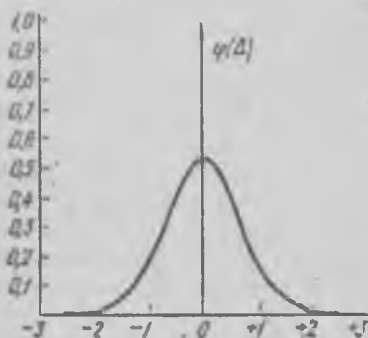
$$\lim_{n \rightarrow 0} \frac{[\Delta^2]}{n} = \bar{m}^2, \quad (\text{V.4})$$

бу ерда m — ўзгармас катталиқ тўлиб, *стандарт* дейилади, \bar{m}^2 — *дисперция (сочилиши)* деб аталади.

¹ Квадрат қавс [] ичинда белгиси бўлиб, бунини биринчи марта Гаусс ишлаганидан Гаусс белгиси деб ҳам аталади.

V. 3. Хатолар қонуният

Тасодифий хатолар содир бўлишининг сабабларини аниқ билиб бўлмаса ҳам, лекин ўлчаш жараёнида хатолар маълум қонуният асосида такрорланади. Хатолардаги бу қонуниятни дастлаб урганган ва уни математик ифодалаган олим Гаусс бўлди. Шунга кўра,



V.1- шакл.

хатоларнинг маълум қонун ва қоида буйича такрорланиши «хатоларнинг Гаусс қонуният» дейилади.

Агар тасодифий хатолар қиймати ўсишига қараб, абсциссалар ўқига (аналитик геометрия системасида), хатоларнинг такрорланиш сочи ординаталар ўқига қўйилса, ўлчаш сони чексиз бўлганда шундай эгри чизиқ ҳосил бўладики, бу эгри чизиқ тасодифий хатолар хоссаларини тула тасвирлайди (V.1-шакл). Бу эгри чизиқ ҳам Гаусс эгри чизиғи дейилади; у қуйидаги тенглама билан ифодаланди:

$$f(\Delta) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 \Delta^2}, \quad (V. 5)$$

бу ерда $f(\Delta)$ — хатонинг нисбий такрорланиши; e — натурал логарифм асоси; h — кузатиш қаторининг суратини белгиловчи катталик (аниқлик ўлчови); V.1-шаклда $h = 1$ деб олинган.

Умуман хатолар назарияси ва тенглаш ҳисоблари Гаусс қонуният асосида олиб борилади. Бу қонуният «нормал тарқалиш» деб ҳам аталади.

Тенг аниқли ўлчаш

V. 4. Арифметик ўрта миқдор принципи

Тенг аниқли ўлчашда бир катталикнинг n марта ўлчанган қийматларини l_1, l_2, \dots, l_n десак, бу қийматларнинг арифметик ўртаси L билан белгиланиб, қуйидагича ифодаланadi:

$$L = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n} = \frac{\sum l_i}{n}$$

ёки йнғинди Гаусс белгилашича ёзилса,

$$L = \frac{[l]}{n} \quad (V.6)$$

бўлади. Бу ифода тенг аниқли ўлчаш натижаларининг арифметик ўртаси дейилади. Бу қиймат ўлчанадиган катталикнинг ҳақиқий қийматига энг яқин бўладики, бу қуйидагича исботланади. (V.2) буйича:

$$\Delta_1 = l_1 - x$$

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= l_2 - x \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta_n &= l_n - x \\ [\Delta] &= [l] - nx; \end{aligned}$$

тенгликнинг икки томонини қўшиб, натижани n га бўлсак, қуйидаги чиқади

$$\frac{[\Delta]}{n} = \frac{[l]}{n} - x = L - x. \quad (V.7)$$

$L - x$ — арифметик ўртанинг ҳақиқий хатоси дейилади. (IV.3)

буйича ўлчаш сони n чексиз бўлганда $\frac{[\Delta]}{n} = 0$ бўлади, шунга кўра

$$L - x = 0 \text{ ёки } L = x \quad (V.8)$$

чиқади, яъни ўлчаш сони чексиз бўлганда ўлчанган миқдорнинг арифметик ўртаси ҳақиқий қийматига тенг бўлади. Одатда, ўлчаш сони n чексиз бўлмай, балки маълум миқдордан ошмайди. Шундай бўлганда ҳам арифметик ўрта ҳар қандай бошқа сонда-ҳақиқий қийматга энг яқин ҳисобланади ва энг эҳтимолий қиймат дейилади. Ҳақиқий қиймат маълум бўлмаганда унинг ўрнида ишлатилади.

V. 5. Ўлчаш аниқлигини баҳолаш

Номаълум катталиқнинг ўлчаб топилган қийматлари қандай хато билан топилганлигини, яъни қандай аниқликда ўлчанганини курсатиш ўлчаш аниқлигини баҳолаш дейилади. Ўлчаш аниқлиги ўлчашдаги тасодифий хатолар орқали ифодаланадиган ўрта квадратик, чекли хато, эҳтимолий, ўртача хато деб аталадиган хатолар билан баҳоланади.

Ўрта квадратик хато. Тенг аниқли ўлчаш натижаларининг аниқлик даражасини баҳолашда ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси дейиладиган хато m қабул қилинган, у қуйидаги формула буйича ҳисобланади:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = + \sqrt{\frac{[\Delta]^2}{n}} = + \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}}. \quad (V.9)$$

бу ерда m — бир ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси деб ҳам аталади, яъни ҳақиқий хато квадратлари арифметик ўртасининг квадрат илдизи бир ўлчаш ўрта квадратик хатоси бўлади. Ўрта квадратик хато ўлчаш аниқлигини баҳолашда мезон тариқасида қўлланиладиган бошқа номдаги хатолардан бирмунча афзаллиги бўлганидан, СССР да аниқликни баҳолашда асосий мезон бўлиб хизмат қилади. Бу хатонинг афзалликлари қуйидагича:

1. (V.9) формуладан кўринадикки, m ни ҳисоблашда ҳамма мусбат ва манфий тасодифий хатолар квадратга оширилиб, кейин йиғиндиси олинганидан, хатоларда ўзаро ейилиш бўлмайди; абсолют қиймати катта хатолар ўрта квадратик хато қийматига кўпроқ

таъсир этиши билан ўрта квадратик хато қиймати ортадики, бу ҳол улчаш сифатини яхшилашга ундайди.

2. (V. 9) формулани чиқаришда ўлчаш сони n чексизга интилиши эътиборга олинган, лекин амалда ўлчашлар сони чекланган (5—10 марта) бўлади. Тажрибанинг кўрсатишича, шунда ҳам ишончли натижа олинади. Шунга кўра ўрта квадратик хатони ўлчаш аниқлигини баҳолашда энг тургун мезон деб қабул қилиш мумкин.

Ўрта квадратик хато m ни ҳисоблашда қилинадиган хатони m_m десак, у қуйидагича бўлади:

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2n}} \quad (\text{V. 10})$$

Агар ўлчашлар сони $n = 8$, $m = 0,5'$ бўлса, $m_m = 0,25 m$ бўлади, яъни m_m ни ҳисоблашда m қийматининг 25 процентича хато қилинган, у тахминан $0,1'$ га тенг, n қиймати камайса, m хатоси ошади.

Чекли хато. Ўлчаш натижалари аниқлигини ўрта квадратик хато оққали баҳолаш билан бирга, шу ўлчашда йул қуйилиши мумкин бўлган энг катта хато, яъни *чекли хато* дейиладиган хато ҳам қўлланилади.

Эҳтимоллар назариясининг кўрсатишича ўрта ҳисобда 1000 хатодан фақат уч хато ўрта квадрат хатонинг учланган қийматидан катта бўлади. Шунга кўра, ўрта квадратик хатонинг учланган қиймати 3 m *чекли хато* деб қабул қилинади. Чекли хато Δ_{lim} белги билан кўрсатилади:

$$\Delta_{lim} = 3m \quad (\text{V. 11})$$

Лекин геодезик ишларда аниқ ўлчашга талабни қаттиқроқ қўйиб, чекли хато 2 m деб олинади, яъни

$$\Delta_{lim} = 2m \quad (\text{V. 12})$$

(V. 12) га кўра, 100 хатодан ёлғиз беш хато $2m$ дан ошади.

Ўртача хато. Баъзи чет давлатларда ўлчаш аниқлиги ўртача хато билан баҳоланади. Тасодифий хатолар абсолют қийматларининг арифметик ўртаси *ўртача хато* дейилади ва v билан белгиланади:

$$v = \frac{|\Delta_1| + |\Delta_2| + \dots + |\Delta_n|}{n} = \frac{[\Delta]}{n} \quad (\text{V. 13})$$

Ўртача хато v билан ўрта квадратик хато m орасида қуйидаги муносабат бор:

$$v = 0,8m. \quad (\text{V. 14})$$

Эҳтимолий хато. Баъзи чет элларда (АҚШ) мезон тариқасида эҳтимолий хато қўлланилади ва r ҳарфи билан белгиланади. Ўлчашдаги тасодифий хатолар абсолют қийматларининг ўсиши жиҳатидан бир қаторга ёзилса, қатор икки четидан тенг узоқликда ётган хато *эҳтимолий хато* бўлади.

Эҳтимолий хато билан ўрта квадратик хато орасида қуйидаги муносабат бор:

$$r = 0,6745m \text{ ёки } r = \frac{2}{3}m \quad (\text{V. 15})$$

Энг эҳтимолий хато ва унинг хоссаси. Бу хато ҳозир ўлчанган катталик қийматлари l_i нинг арифметик ўрта қиймат L дан *четланиши* дейилади ва v ҳарфи билан белгиланади:

$$v_i = l_i - L \quad (\text{V. 16})$$

Ўлчанадиган миқдорнинг ҳақиқий қиймати X ҳамма вақт ҳам маълум бўлмайди, шунга кура тасодифий хато қийматини ҳам ҳисоблаб бўлмайди. Бундай вақтда ҳақиқий қиймат урнига унга энг яқин булган *энг эҳтимолий қиймат* — *арифметик ўрта* L қабул қилинади. Катталикнинг ўлчанган қийматлари билан арифметик ўрта қиймат орасидаги айрма *энг эҳтимолий хато* ёки ўлчанган қийматнинг арифметик ўртадан *четланиши* бўлади. Бу четланишнинг қуйидаги хоссаси ҳисоблаш ишларида кўп қўлланилади. Бу хоссани аниқлаш учун (V. 16) каби n та тенглик ёзилади ва иккала томони қушилади:

$$\begin{aligned} v_1 &= l_1 - L, \\ v_2 &= l_2 - L, \\ &\dots \\ v_n &= l_n - L \\ [v] &= [l] - nL \end{aligned}$$

$[l] = nL$ эканлиги эсланса,

$$[v] = 0$$

бўлади, яъни энг эҳтимолий хатолар йиғиндиси нолга тенг.

Нисбий хато. Ўлчанадиган катталик узунлик бирлиги билан ўлчанса, ўлчаш аниқлигини баҳолашда юқоридаги абсолют қиймат билан ифодаланадиган хато мезонлари жуда ҳам туғри келавермайди. Бунда ўлчаш хатосининг чизик узунлигига булган нисбати билан баҳоланади; бу нисбат *нисбий хато* дейилади. Агар ўлчанган чизик узунлиги d , ўлчашда қилинган хато Δd булса, булар нисбати *нисбий хато* бўлади ва қуйидагича ёзилади:

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{1}{N}, \quad (\text{V. 18})$$

бу ерда N — хато Δd чизик узунлигидан қанча кичик эканлиги кўрсатувчи сон. Нисбий хато ҳамма вақт сурати бир булган оддий каср қурилишида ифодланади ва суратдаги абсолют хато номига қараб аталади. Масалан, l нинг ўрта квадратик хатоси m булса,

$$\frac{m}{l} = \frac{1}{N_1} \quad (\text{V. 19})$$

бўлади, бу *ўрта квадратик нисбий хато* дейилади.

$\frac{\Delta}{l} = \frac{l}{N_0}$ — ҳақиқий нисбий хато; $\frac{v}{l} = \frac{l}{N_0}$ — ўртача нисбий хато; $\frac{\Delta_{lim}}{l} = \frac{l}{N_0}$ — чекли нисбий хато. Нисбий хатони сурати бир бўлган оддий каср билан ифодалаш учун сурати билан махражи суратдаги сонга булинади. Масалан:

$$\frac{m}{l} = \frac{m:m}{l:m} = \frac{1}{l:m}$$

1-мисол. Юқоридаги хатолар турларини аниқлаш учун қуйидаги соний мисолни куриб чиқайлик. Ўлчанадиган катталик ҳақиқий узунлиги $d = 156,36$ м бўлган чизиқ 10 марта ўлчаниб, V.1-жадвалдаги натижаларга эришилган. Юқоридаги формулалардан фойдаланиб, хатолар ҳисобланади.

V. 1-жадвал

Ўлчаш №	Ўлчанган катталик d , м	Тасодифий хатолар Δ , м	Δ^2 , см	Ўлчаш №	Ўлчанган катталик d , м	Тасодифий хатолар Δ , м	Δ^2 , см	
1	156,33	-0,03	9	6	156,34	-0,02	4	
2	38	+0,02	4	7	,31	-0,05	25	
3	40	+0,04	16	8	,38	+0,02	4	
4	159,37	+3,01	—	9	,34	-0,02	4	
5	156,32	-0,04	16	10	35	-0,01	1	
							$[\Delta] = 26$	$[\Delta^2] = 83$

Хатолар қаторидаги тўртинчи хато + 3,01 м бошқа хатолардан бир неча марта катта бўлиб, қўпол хато бўлганидан кейинги ҳисоблаш ишларида эътиборга олинмайди.

Хатолар қаторидаги 9 хато тасодифий хатоларнинг хоссаларига тула риоя қилиб тарқалган, яъни кичик хатолар кўп, катта хатолар оз учрайди. Шунда ўлчашлар сони $n = 9$ булади. (V. 9) га биноан,

$$m = + \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} = \sqrt{\frac{83}{9}} = + \frac{9,11}{3} \approx 3,04 \text{ см,}$$

яъни бир ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси $m = 0,0304$ м булади. Чекли хато (V. 11) бўйича $\Delta_{lim} = 3m = 3,0,0304 = 0,0912$ см.

Тасодифий хатолар бўйича ўртача хато (V. 13) га кура:

$$v = \frac{[\Delta]}{n} = \frac{26}{9} = 2,888 \text{ см} \approx 2,9 \text{ см.}$$

Эҳтимолий хатони аниқлаш учун тасодифий хатоларни бир қаторга ёзсак, 1, 2, 2, 2, 2, 3, 4, 4, 5 чиқади. Қаторнинг икки четидан тенг узоқликда ётган хато қиймати $r = 2$ см.

Нисбий хатони аниқлаш учун m нинг чизиқ узунлиги d га бўлган нисбатини оламин, бунда

$$\frac{m}{d} = \frac{0,03}{156,35} = \frac{0,03:0,03}{156,35:0,03} = \frac{1}{5212}$$

чиқади. Бу ўрта квадратик нисбий хато бўлади. Агар чекли нисбий хатони аниқласак, у

$$\frac{\Delta_{lim}}{d} = \frac{0,09}{156,35} = \frac{1}{1735}$$

бўлади.

V. 6. Ўлчанган катталиклар функциясининг хатоси.

Воситасиз ўлчаб топилган катталикларнинг ўрта квадратик ва бошқа хатоларини аниқлашни кўриб чиқдик. Агар миқдор қиймати воситали (билвосита) ўлчаб топилган бўлса, бу ўлчанган катталик бошқа ўлчанган катталиклар аргументларининг функцияси бўлади. Шунга кўра, функциянинг хатоси аргументлар хатосига боғлиқ. Шундай функциялардан характерли бир нечтасини кўриб чиқайлик.

1. Ўзгармас кўпайтирувчилик ўлчанган катталик функцияси. Масалан, функция

$$Z = KX$$

кўрinishда бўлсин; бу ерда K — ўзгармас сон, X — аргумент (ўлчанган катталик), Z — хатоси аниқланадиган функция. Агар X ни ўлчашда ΔX тасодифий хато қилинган бўлса, Z қийматида ҳам ΔZ тасодифий хато бўлади. Шунда $Z + \Delta Z = K(X + \Delta X)$ бўлади, қавс очилса,

$$\Delta Z = K\Delta X \quad (V. 20)$$

чиқади.

Бу функция ва аргумент тасодифий хатолар орасидаги муносабатдир, уларнинг ўрта квадратик хатолари орасидаги муносабатни аниқлаш учун n марта ўлчанган катталиклар орасидаги n та (V.20) муносабат олинади, яъни:

$$\Delta Z_1 = K\Delta X_1,$$

$$\Delta Z_2 = K\Delta X_2,$$

.....

$$\Delta Z_n = K\Delta X_n$$

Бу тенгликларнинг икки томонини квадратга ошириб, арифметик ўртасини аниқласак, қуйидаги чиқади:

$$\frac{\Delta Z_1^2 + \Delta Z_2^2 + \dots + \Delta Z_n^2}{n} = K^2 \frac{\Delta X_1^2 + \Delta X_2^2 + \dots + \Delta X_n^2}{n}$$

ёки

$$\frac{[\Delta Z^2]}{n} = K^2 \frac{[\Delta X^2]}{n}$$

(V. 9) га биноан:

$$\frac{[\Delta Z^2]}{n} = m_z^2; \quad \frac{[\Delta X^2]}{n} = m_x^2;$$

ўринига қўйсак,

$$m_z^2 = Km_x^2 \text{ ёки } m_x = Km_x, \quad (V. 21)$$

яъни ўзгармас коэффициентли функциянинг ўрта квадратик хатоси аргумент ўрта квадратик хатосидан коэффициент K қадар катта бўлади.

2-мисол. Айлана радиуси $m_R = 0.2$ см хато билан ўлчанса, айлана узунлигида қандай хато бўлади? Айлана узунлиги C радиуси R орқали аниқланади: $C = 2\pi R$. Бунда C — функция, R — аргумент, $2\pi = K$ — ўзгармас коэффициент. Шу қийматларни (V. 21) га қўйсак, функция хатоси m_c тоғиледи, яъни $m_c = 2\pi m_R = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 = 1,256$ см. Бу сон радиусни ўлчашда қилинган $0,2$ см хато орқали айлана узунлигида $1,26$ см хато бўлишини кўрсатади.

2. Ўлчанган икки катталиқ йиғиндисининг функцияси. Берилган функция $z = x \pm y$ кўринишда бўлганда, z — функция, x, y — аргумент бўлади. x ва y лардаги тасодифий хатоларни $\Delta x, \Delta y$, булар таъсиридаги функция хатосини Δz десак, қуйидагини ёзамиз:

$$z + \Delta z = (x + \Delta x) \pm (y + \Delta y).$$

Соддалаштирилгандан кейин $\Delta z = \Delta x + \Delta y$ бўлади. Бундай тенглик ўлчаш сонлари қадар, яъни n та бўлади:

$$\Delta z_1 = \Delta x \pm \Delta y_1$$

$$\Delta z_2 = \Delta x_2 \pm \Delta y_2$$

.....

$$\Delta z_n = \Delta x_n \pm \Delta y_n.$$

Буларни квадратга ошириб, сўнгра қўшгандан кейин икки томонини n га бўлсак, қуйидаги чиқади:

$$\frac{[\Delta z^2]}{n} = \frac{[\Delta x^2]}{n} + \frac{[\Delta y^2]}{n} + 2 \frac{[\Delta x \Delta y]}{n}$$

Бу тенгликдаги $\frac{[\Delta x \Delta y]}{n}$ икки мустақил тасодифий хатолар купайтмасининг йиғиндисини бўлиб, ҳар қайси купайтма тасодифий хатоларнинг ҳамма хоссаларига эга. Шунга кўра, n сони ошганда $\frac{[\Delta x \Delta y]}{n} = 0$ бўлганидан:

$$\frac{[\Delta z^2]}{n} = \frac{[\Delta x^2]}{n} + \frac{[\Delta y^2]}{n}$$

ёки (V. 8) га биноан

$$m_z^2 = m_x^2 + m_y^2 \quad (V. 22)$$

бўлади, яъни икки аргумент алгебранг йиғиндисини функциясининг ўрта квадратик хатосининг квадрати ҳар қайси аргумент ўрта квадратик хатолари квадратларининг йиғиндисига тенг.

3-мисол. Жойда икки чизиқ ўлчанган: бирининг узунлиги $d_1 = 176,52$ м, ўрта квадратик хатоси $m_1 = 0,08$ м, иккинчисиники $d_2 = 123,48$ м, ўрта хатоси $m_2 = 0,05$ м бўлса, бу чизиқлар йиғин-

диси ва айирмасининг ўрта квадратик хатоси нечага тенг бўлади? (V. 22) га кўра, $m_{\Sigma}^2 = m_1^2 + m_2^2 = 0,08^2 + 0,05^2 = 0,0064 + 0,0025 = 0,0089$ ёки $m_{\Sigma} = \sqrt{0,0089} = 0,094\text{м} = 0,09\text{м}$.

Икки чизиқ йиғиндиси $D = d_1 + d_2$ нинг ва айирмаси $D_1 = d_1 - d_2$ нинг ўрта квадратик хатоси бир формула (V. 22) ёрдамида ҳисобланганидан улар тенг ва 0,09 га барабар бўлади. Шунда йиғиндининг нисбий ўрта квадратик хатоси $\frac{m_{\Sigma}}{D} = \frac{0,09}{300} = \frac{1}{3333}$, айирмасининг нисбий хатоси эса

$$\frac{m_{\Sigma}}{D} = \frac{0,09}{53,04} = \frac{1}{589}$$

бўлади.

Курамызки, йиғинди анча тўғри ҳисобланар экан.

Агар (V. 22) формуладаги иккала ўлчашнинг ўрта квадратик хатолари бир хил (тенг), яъни $m_1 = m_2 = m$ бўлса,

$$m_z = m \sqrt{2} \quad (\text{V. 23})$$

бўлади, яъни бир хил аниқликда ўлчанган икки катталиқ алгебраик йиғиндисининг ўрта квадратик хатоси бир қўшилувчининг ўрта квадратик хатосидан $\sqrt{2}$ марта катта бўлади.

4-мисол. Бурчак қиймати бурчак учидан ўнг ва чап нуқта-ларга қараб олинган n_1, n_2 саноқлар айирмасига ($\beta = n_1 - n_2$) тенг бўлади, агар бир саноқнинг ўрта квадратик хатоси $m = 0,5'$ бўлса, ҳисобланган бурчакнинг ўрта квадратик хатоси қанча бўлади?

(V. 23) га биноан, $m_{\beta} = m\sqrt{2} = 0,5' \sqrt{2} = 0,7'$.

3. Функция бир неча тенг аниқликда ўлчанган миқдорларнинг алгебраик йиғиндисидан иборат бўлсин, яъни

$$z = x_1 \pm x_2 \pm \dots \pm x_n. \quad (\text{V. 24})$$

Бундаги аргументлар ўрта квадратик хатосини m_1, m_2, \dots, m_n десак, z нинг ўрта квадратик хатоси m_z (V. 22) га ўхшаш ифодаланadi.

Бу ифодани чиқариш учун учта аргументнинг йиғиндиси олинadi:

$$z = x_1 + x_2 + x_3$$

Буни $z = (x_1 + x_2) + x_3$ деб ёзайлик. Шунда (V. 22) га биноан $m_z^2 = m_{1,2}^2 + m_3^2$ бўлади. Бу ердаги $m_{1,2}$ икки аргумент йиғиндисининг $x_1 + x_2$ нинг ўрта квадратик хатоси бўлганидан, уни (V. 22) бўйича $m_{1,2}^2 = m_1^2 + m_2^2$ деб ёзиш мумкин. Агар бу ифода юқоридаги $m_{1,2}$ ўрнига қўйилса, $m_z^2 = m_1^2 + m_2^2 + m_3^2$ бўлади. Худди шунга ўхшаш n ҳадли функциянинг (V. 24) ўрта квадратик хатоси қуйидагича ёзилади:

$$m_z^2 = m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2, \quad (\text{V. 25})$$

яъни бир неча аргумент функциясининг ўрта квадратик хатосининг квадрати аргументлар ўрта квадратик хатолари квадратларининг йиғиндисига тенг.

Агар аргументлар бир хил аниқликда ўлчанган ва $m_1 = m_2 = \dots = m_n = m$ бўлса, (V. 25) формула қуйидагича ёзилади:

$$m_z = \pm n \sqrt{n} \quad (V. 26)$$

яъни n та тенг аниқли ўлчаш аргументлари функциясининг ўрта квадратик хатоси бир ўлчаш ўрта квадратик хатосидан \sqrt{n} марта катта бўлади.

5-мисол. Бир бурчакни ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси $m = 0,5'$ бўлса, n бурчакли полигон бурчаклари йиғиндисидан қандай хато бўлади? (V. 25) га биноан $m_z = m \sqrt{n}$ ёки $m_z = 0,5' \sqrt{n}$; агар $n = 9$ бўлса, яъни полигон 9 бурчакли бўлса, унинг ички бурчаклари йиғиндисидан $m_z = 0,5' \sqrt{9} = \pm 0,5' \cdot 3 = \pm 1,5'$ хато бўлади. Агар $n = 3$ бўлса, бунда учбурчаклик бурчаклари йиғиндисининг ўрта квадратик хатоси $m_z = 0,5' \sqrt{3} = 0,5' \cdot 1,73 = 0,86' = 0,9'$ бўлади.

Кўпинча ўлчаш натижасига бир неча мустақил манбадан келиб чиқадиган тасодифий хатолар таъсир этади; ўлчаш натижасида чиққан умумий хато Δ барча манбадан келган хатоларнинг йиғиндисига тенг:

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \dots + \Delta_n,$$

бунда $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots, \Delta_n$ — турли манбадан келган тасодифий хатолар. Масалан, теодолит билан бурчак ўлчашда ўлчаш натижасига теодолит ва вехани тўғри қўймаслик хатоси, қаратиш, саноқ олиш хатолари таъсир этади. Бундай ҳолларда ўлчаш натижасининг хатоси (V. 25) формула ёрдамида топилади.

4. Чизигий функциянинг ўрта квадратик хатоси. Берилган функция

$$Z = K_1 X_1 + K_2 X_2 \dots \pm K_n X_n \quad (V. 27)$$

кўринишда бўлсин; бунда K_1, K_2, \dots, K_n — ўзгармас сон; X_1, X_2, \dots, X_n — аргументлар; буларнинг ўрта квадратик хатолари m_1, m_2, \dots, m_n бўлсин, $K_1 X_1 = Z_1, K_2 X_2 = Z_2, \dots, K_n X_n = Z_n$ деб белгилайлик, шу вақт $m_{z_1} = K_1 m_1, m_{z_2} = K_2 m_2, \dots, m_{z_n} = K_n m_n$ бўлади. Энди қуйидагини ёзиш мумкин:

$$z = z_1 \pm z_2 \pm \dots \pm z_n$$

Бу тенгликнинг ўрта квадратик хатолари орасидаги муносабатни (V. 25) га биноан қуйидагича ёзиш мумкин:

$$m_z^2 = m_{z_1}^2 + m_{z_2}^2 + \dots + m_{z_n}^2.$$

$m_z, m_{z_2}, \dots, m_{z_n}$ лар ўрнига $K_i m_i$ қийматларини қўйсақ,

$$m_z^2 = (K_1 m_1)^2 + (K_2 m_2)^2 + \dots + (K_n m_n)^2 \quad (V. 28)$$

чиқади, яъни ўзгармас сонга кўпайтирилган аргументлар йиғиндисининг ўрта квадратик хатоси аргументлар ўрта квадратик

хатосининг ўзгармас сонига бўлган кўпайтмаси квадратларнинг йиғиндисига тенг.

6-мисол. $Z = 2x_1 + \frac{1}{3}x_2 - \frac{1}{2}x_3$ функциясининг ўрта квадратик хатоси (V. 28) га биноан қуйидагига тенг: $m_z^2 = (2m_1)^2 + \left(\frac{1}{3}m_2\right)^2 + \left(\frac{1}{2}m_3\right)^2 = 4m_1^2 + \frac{1}{9}m_2^2 + \frac{1}{4}m_3^2$. Агар m_1, m_2 ва m_3 лар қийматлари ўрнига қўйилса, m_z нинг сон қиймати чиқади. Масалан, $m_1 = 0,5'$; $m_2 = m_3 = 0,3'$ бўлганда $m_z^2 = 1,00 + 0,001 + 0,022 = 1,023$ бўлади ёки $m_z = 1,00'$.

5. Умумий кўринишдаги функциянинг ўрта квадратик хатоси. Геодезияга доир масалаларни ечишда турли кўринишдаги функциялар учрайди. Масалан, кўпайтманинг функцияси (тўғри тўртбурчакликнинг юзи $S = av$), даражали функция (квадратнинг юзи $S = a^2$), тригонометрик ифодалар функцияси (нисбий баландлик формуласи $h = dtgv$, координата орттирмаларининг формуласи $\Delta X = d\cos r$, $\Delta Y = d\sin r$ каби) ва бошқа турдаги функциялар. Бундай функциялар умумий кўринишда қуйидагича ёзилади:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n).$$

Бундай функциянинг ўрта квадратик хатоси m_y ўлчаш хатолари назариясида исбот қилинишича, қуйидагича ифодаланади:

$$m_y = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 m_1^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 m_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 m_n^2} \quad (\text{V. 29})$$

бу формулада — m_1, m_2, \dots, m_n лар аргумент x_1, x_2, \dots, x_n ларнинг ўрта квадратик хатолари; $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ — функциянинг ҳар бир аргумент бўйича олинган хусусий ҳосиласи.

7-мисол. Тўғри тўртбурчаклик томонлари a ва b нинг ўрта квадратик хатолари m_a, m_b бўлса, тўртбурчакликнинг юзи S нинг ўрта квадратик хатоси m_s нимага тенг? Тўғри бурчакликнинг юзи S функция, томонлари a ва b аргумент бўлади. Функция

$S = ab$ кўринишда бўлади; (V. 29) га кўра $m_s^2 = \left(\frac{\partial S}{\partial a}\right)^2 m_a^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial b}\right)^2 m_b^2$

ёки $\frac{\partial S}{\partial a} = b, \frac{\partial S}{\partial b} = a$ бўлади. Ўрнига қўйсак: $m_s^2 = b^2 m_a^2 + a^2 m_b^2$ ёки

$$m_s = \sqrt{b^2 m_a^2 + a^2 m_b^2}$$

Агар томонлар бир хил аниқликда ўлчанса, яъни $m_a = m_b = m$ бўлса, $m_s = m\sqrt{a^2 + b^2}$ бўлади. Агар $a = b$ бўлса, $m_s = \sqrt{2} am$ бўлади.

V. 7. Арифметик ўрта миқдорнинг ўрта квадратик хатоси

Арифметик ўрта миқдорнинг ўрта квадратик хатоси M бир ўлчанишнинг ўрта квадратик хатоси m орқали қуйидагича аниқланади. (IV. 6) формулани қуйидагича ёзайлик:

$$L = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n} = \frac{1}{n}l_1 + \frac{1}{n}l_2 + \dots + \frac{1}{n}l_n,$$

бу ерда $\frac{1}{n}$ — узгармас сон; (V. 28) га биноан қуйидагини ёзамиз:

$$M^2 = \frac{1}{n^2}m_1^2 + \frac{1}{n^2}m_2^2 + \dots + \frac{1}{n^2}m_n^2 \text{ ёки } M^2 = \frac{m^2}{n}$$

Бундан:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} \quad (\text{V. 30})$$

яъни оддий арифметик ўртанинг ўрта квадратик хатоси бир ўлчашнинг ўрта квадратик хатосидан \sqrt{n} марта кичикдир.

1-мисолдаги масалада $m = \pm 3,04$ см бўлганидан $n = 9$ бўлганда арифметик ўрта миқдор L нинг ўрта квадратик хатоси

$$M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} = \pm \frac{3,04}{\sqrt{9}} = \pm 1,04 \text{ см бўлади.}$$

V. 8. Ўрта квадратик хатони энг эҳтимолый хато орқали ифодалаш. Бессель формуласи

Маълумки, ўлчанадиган миқдорнинг ҳақиқий қиймати маълум бўлмаганда, унинг ўрнига энг эҳтимолый қиймат бўлган арифметик ўрта L олиниб, энг эҳтимолый хато ҳисоблаб чиқарилади. Бунда ўрта квадратик хато энг эҳтимолый хато орқали ҳисобланади, ҳисобланганда эса қуйидаги Бессель формуласи қўлланади.

Бессель формуласи. Маълумки, тасодифий хато (V. 1) га биноан $\Delta_i = l_i - X$ тарзида, энг эҳтимолый хато эса (V.15) га биноан $v_i = l_i - L$ тарзида ифодаланади. Тасодифий хатодан энг эҳтимолый хатони айирсак, $\Delta_i - v_i = L - X = \delta$ чиқади. δ катталиқ арифметик ўртанинг тасодифий хатоси дейилади. Бундан $\Delta_i = v_i + \delta$. Катталиқ n марта ўлчанганда бундай тенглик ҳам n та бўлади:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= v_1 + \delta \\ \Delta_2 &= v_2 + \delta \\ &\dots \dots \dots \\ \Delta_n &= v_n + \delta \end{aligned}$$

Агар буларни квадратга ошириб, натижаларни қўшсак, қуйидаги чиқади:

$$\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2 = v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2 + 2\delta(v_1 + v_2 + \dots + v_n) + n\delta^2 \text{ ёки } [\Delta^2] = [v^2] + 2\delta [v] + n\delta^2; [v] = 0 \text{ бўлганидан } [\Delta^2] = [v^2] + n\delta^2,$$

икки томонини n га бўлсак,

$$\frac{[\Delta^2]}{n} = \frac{[v^2]}{n} + \delta^2$$

булади. Арифметик ўртанинг тасодифий хатоси δ маълум бўлмаганидан, δ ўрнига унинг ўртача қиймати бўлган арифметик ўртанинг ўрта квадратик хатоси M ни олиш мумкин. $M = \frac{m}{\sqrt{n}}$.

$[v^2] = m^2$ эканини эсласак, $m^2 = \frac{[v^2]}{n} + \frac{m^2}{n}$ булади. Бу ифодани соддалаштирсак,

$$m = \pm \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} \quad (V. 31)$$

чиқади, яъни бир ўлчаш ўрта квадратик хатоси энг эҳтимолий хатолар квадратлари йиғиндисининг ўлчаш сонидан битта кам сонга бўлган нисбатининг квадрат илдизига тенг. Бу формула *Бессель формуласи* дейилади ва ҳисоблаш ишларида кўп қўлланилади. Биринчи мисолни (V. 31) формула бўйича ечсак, қуйидаги V. 2-жадвал тузилади.

V. 2-жадвал

тартиб №	d, м	v, см	v ² , см	тартиб №	d, М	v, см	v ² , см	формулалар
1	156,33	-2	4	6	156,31	-4	16	$L = 156,30 + \frac{45}{9} = 156,35 \text{ м}$ $v_1 = l - L; [v] = 0; [v^2] = 84$ $m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{84}{8}} = \pm 3,24 \text{ см}$
2	,38	+3	9	7	,38	+3	9	
3	,40	+5	25	8	,34	-1	1	
4	,32	-3	9	9	,35	0	0	
5	,34	-1	1					

V. 2-жадвалдаги ўлчанган катталиклар қийматларининг арифметик ўртасини ҳисоблашда қуйидаги формуладан фойдаланамиз:

$$L = l_0 + \frac{[li - l_0]}{n} \quad (V. 32)$$

бу ерда l_0 — ўлчанган қийматлар ичидан қабул қилинган энг кичик қиймат; l_i — ўлчанган қийматлар.

l_0 сифатида 156,30 ни оламиз, бунда

$$L = 156,30 + \frac{3+8+10+3+4+1+8+4+5}{9} = 156,35 \text{ м}$$

чиқади. Қолган ҳисоблар жадвалда берилган, яъни:

$$m = \pm \sqrt{\frac{84}{8}} = \pm 3,24 \text{ см.}$$

Шу вақт арифметик ўрта L нинг ўрта квадратик хатоси M қуйидагича булади:

$$\Delta l = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} = \pm \frac{3,24}{\sqrt{9}} = \pm \frac{3,24}{3} = 1,08 \text{ см.}$$

Агар (IV. 30) даги m ўрнига унинг энг эҳтимоллий хато орқали ифодаланишини қўйсақ,

$$M = \pm \sqrt{\frac{|v^2|}{n(n-1)}} \quad (\text{V. 33.})$$

чиқадики, M ни аниқлашда бу формула ҳам қўлланилади.

Тенг аниқсиз ўлчаш

V. 9. Ўлчаш натижаларининг вазни

Тенг аниқли ўлчашда ўлчаш натижаларининг аниқлиги ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси m орқали баҳоланади. Тенг аниқсиз ўлчашда эса ўрта квадратик хато ҳар ўлчашнинг ўзига хос хусусиятлари, яъни бошқа ўлчашдан ўлчаш сони, ишлатилган усул ва асбоб жиҳатидан афзал туриши эътиборга олингани ҳолда баҳоланади. Бу афзаллик сон билан ифодаланади, бу сон эса *вазн* дейилади. Натижа қанча аниқ ва ишончли бўлса, вазн шунча катта бўлади. Вазн ўлчаш шароитини ҳисобга олган ҳолда белгиланади. Маълумки, ҳар ўлчашнинг ўзига хос ўрта квадратик хатоси бўлади. Ўлчаш шароити билан аниқланадиган вазн ва ўрта квадратик хато орасида математик боғланиш бўлганидан, вазнни ўрта квадратик хато билан ифодалаш энг тўғри йўл бўлади. Ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси қанча кичик бўлса, ўлчаш шунча тўғри бажарилган ва ўлчаш вазни катта бўлади. Ўлчаш вазни p билан белгиланади.

Ўлчаш вазни p бир ўлчаш ўрта квадратик хатосининг квадрати m^2 га тескари пропорционал бўлиб, қуйидагича ёзилади:

$$p = \frac{K}{m^2}. \quad (\text{V. 34})$$

бу ерда K —пропорционаллик коэффициентини. Кўпинча $K=1$ деб олинади; шунда $p = \frac{1}{m^2}$ бўлади.

Агар ўлчаш вазнини p , n марта ўлчаш натижаларининг арифметик ўртаси вазнини P десак, булар орасидаги муносабат қуйидагича бўлади:

$$\frac{P}{p} = \frac{1}{m^2} : \frac{1}{m^2} = \frac{m^2 n}{m^2} = n,$$

яъни арифметик ўртанинг вазни ўлчаш вазнидан ўлчаш сони n қадар катта. Одатда бир катталиқ вазнини бир деб олиб, кейин бошқа катталиқлар вазни ҳисобланади. Ўлчаш вазни $p=1$ десак, арифметик ўртанинг вазни P ўлчаш сони n га тенг, яъни $P=n$. Бу тенгликдаги n арифметик ўрта қанча тенг аниқли ўлчаш натижалари бўйича ҳисобланганини кўрсатади.

8-мисол. Ўлчанган икки бурчакнинг ўрта квадратик хатоси $m_1 = \pm 2'$, $m_2 = \pm 8'$ бўлса, бурчакларнинг ўлчаш вазни қанча бўлади? Биринчи бурчак вазнини P_1 , иккинчи бурчак вазнини P_2 десак, бу вазнлар орасида қуйидаги муносабат бўлади:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{m_1^2} : \frac{1}{m_2^2} = \frac{m_2^2}{m_1^2} = \frac{8^2}{2^2} = \frac{64}{4} = 16$$

Агар $p_1 = 1$ десак, $p_2 = \frac{1}{16}$ бўлади; аксинча, $p_2 = 1$ десак, $p_1 = 16$ бўлади, чунки биринчи бурчак аниқ ўлчанган.

9-м исол. Ўрта квадратик хатоси m бўлган ўлчашнинг вази p вази бир бўлган ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси μ аниқлансин. Бу ерда ҳам юқоридагидек вазилар нисбатини оламиз, яъни: $\frac{p}{1} = \frac{\mu^2}{m^2}$, бундан

$$\mu = m\sqrt{p} \quad (\text{V. 35})$$

чиқади, яъни вази бир бўлган ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси ўлчаш ўрта квадратик хатоси билан ўлчаш вазининг квадрат илдири орасидаги кўпайтмага тенг.

V. 10. Умумий арифметик ўрта миқдор

Тенг аниқсиз ўлчашда турли вази билан ўлчанган катталикнинг арифметик ўртаси ўлчаш сонлари бўйичагина эмас, балки ўлчаш вазилари эътиборга олинган ҳолда ҳисобланади, бу катталик *умумий арифметик ўрта катталик* дейилади ва L_0 билан белгиланади.

Масалан, бирор катталикни бир киши p_1 марта тенг аниқли ўлчаб топган қиймати l_1 ; иккинчи киши p_2 марта ўлчаб топган қиймати l_2 ва ниҳоят, n -киши p_n марта ўлчаб топган қиймати l_n бўлсин. Бу ердаги ўлчаш сонлари p_1, p_2, \dots, p_n ўлчаш вазилари бўлади. Бу катталикнинг барча ўлчаш натижалари орқали топиладиган арифметик ўрта қиймати умумий арифметик ўрта қиймат бўлади ва қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$L_0 = \frac{p_1 l_1 + p_2 l_2 + \dots + p_n l_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{[p l]}{[p]} \quad (\text{V. 36})$$

Бу L_0 ни баъзан *вазний ўрта қиймат* деб ҳам юритилади.

Тенг аниқсиз ўлчаш натижаларининг умумий арифметик ўртаси ҳар қайси ўлчаш натижасини ўз вазинга бўлган кўпайтмалари йиғиндисининг вазилар йиғиндисига бўлинганига тенг. Бу формула мураккаб геодезик масалаларни ечишда кўп қўлланилади.

V. 11. Вази бирга тенг бўлган ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси

Тенг аниқсиз ўлчаш қаторларини бир-бирига таққослаш учун ҳар қаторнинг вази бирга тенг бўлган ўлчаш ўрта квадратик хатоси аниқланади, бу хато, кўпинча *вази бирлиги хатоси* дейилади ва μ билан белгиланади.

Агар тенг аниқсиз ўлчаш натижалари l_1, l_2, \dots, l_n , уларнинг вази p_1, p_2, \dots, p_n , ўрта квадратик хатолари m_1, m_2, \dots

..., m_n , тасодифий хатолари $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_n$ бўлсин. Вазни бир бўлган ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси μ ни (V. 35) га кура қуйидагича ёзамиз:

$$\mu = m_1 \sqrt{P_1}, \mu = m_2 \sqrt{P_2} \dots, \mu = m_n \sqrt{P_n}$$

ёки буларни квадратга ошириб, чап ва унг томонларини қушсак

$$n\mu^2 = [m^2P]$$

чиқади, бундан

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[m^2P]}{n}} \quad (\text{V. 37})$$

бўлади. Ўлчаш сони қўпайганда m ни Δ билан алмаштириш мумкин, шунда

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[\Delta^2P]}{n}} \quad (\text{V. 38})$$

бўлади. Энг аҳтимолий хато билан μ қуйидагича ифодаланadi:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[v^2P]}{n-1}} \quad (\text{V. 39})$$

V. 12. Умумий арифметик ўртанинг ўрта квадратик хатоси

Тенг аниқли ўлчашда арифметик ўртанинг ўрта квадратик хатоси (V. 30) ва (V. 33) формулалар ёрдамида ҳисобланади. Тенг аниқсиз ўлчашдаги арифметик ўртанинг ўрта квадратик хатосини аниқлашда ўлчаш вазнлари ҳисобга олинади. Умумий арифметик ўрта L_0 нинг ўрта квадратик хатосини M_0 десак, бунинг вазни ҳамма вазнлар йиғиндиси $[P]$ га тенг бўлади. Шу сабабли (V. 35) га биноан қуйидагини ёзамиз:

$$\mu = M_0 \sqrt{[P]} \text{ ёки } M_0 = \frac{\mu}{\sqrt{[P]}}$$

Агар μ қиймати ўрнига қўйилса, тасодифий хато орқали

$$M_0 = \pm \sqrt{\frac{[\Delta^2P]}{n[P]}} \quad (\text{V. 40})$$

энг аҳтимолий хато орқали эса

$$M_0 = \pm \sqrt{\frac{v^2[P]}{(n-1)[P]}} \quad (\text{V. 41})$$

бўлади.

V. 13. Ўлчаш натижаларини ишлаб чиқиш

Жойда турли катталикларни ўлчашда қилинадиган хато билан, унинг турлари ва сабаблари билан танишдик. Бир катталик қийматини туғри аниқлаш учун бир марта ўлчаш кифоя қилмайди. Ўлчаш натижаларини математика қоидалари асосида ишлаб, шу-

лардан ўлчанган катталикнинг ҳақиқий қийматига энг яқин ва мақбул қиймат чиқариш лозим. Ҳисоблашда ўлчанган катталиклар орасидаги математик муносабатга биноан улчашда қилинган ҳақлолар қиймати аниқланади; хато йул қўярли бўлганда уни ўлчаши натижаларига турлича тарқатиб тузатмалар берилади, бу орқали ўлчаши натижалари математик муносабатларга мувофиқлаштирилади; бу мувофиқлаштириш *тенглаши* дейилади.

Ўлчанган қийматлар номаълум элементларнинг математик боғланишларга мос келиши ёки келмаслиги мумкин; мос келмасликдаги фарқ *боғланмаслик хатоси* дейилади ва f харфи билан белгиланади. Масалан, L — катталикнинг ўлчанган қиймати ёки йиғиндиси, X — математик қиймати бўлса, боғланмаслик хатоси қуйидагича ифодаланади:

$$L - X = f \quad \text{ёки} \quad L - f = X \quad (V. 42)$$

f нинг ишораси турлича бўлиши мумкин. f га миқдор номига тегишли харфий белги қўшиб ёзилади. Масалан, бурчак β хатоси (f_β), нисбий баландлик h хатоси (f_h) каби. Боғланмаслик хатоси улчаш, жадвал, ҳисоблаш каби манбалардан келган хатолар йиғиндиси бўлиб, уни аниқлашда ҳамиша ўлчаб топилган қийматдан бўлиши керак бўлган қиймат айрилади (V. 42). Тенглашда f қиймати майдаланиб, ўлчанган катталиклар қийматига турли қоида бўйича тарқатиладики, у *тузатмалар* дейилади. Тузатмалар ҳамиша боғланмаслик хатосига тесқари ишора билан тарқатилади. Агар тузатмаларни v_1, v_2, \dots, v_n десак, улар йиғиндиси $v_1 + v_2 + \dots + v_n = [v]$ боғланмаслик хатоси f га тенг бўлиши керак, яъни $[v] = f$. Шунда ўлчанган ҳар қайси катталikka берилган тузатма билан тузатилган қиймат ҳақиқий қийматга энг яқин бўлади, яъни:

$$l_1 + v_1 = X_1, \quad l_2 + v_2 = X_2, \quad \dots, \quad l_n + v_n = X_n \quad (a)$$

бу ерда, l_i — ўлчанган катталик қийматлари; v_i — тузатмалар, X_i — ўлчанган катталикнинг ҳақиқий қиймати. (a) нинг икки томонини қўшсак,

$$l_1 + l_2 + \dots + l_n + v_1 + v_2 + \dots + v_n = X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

чиқади ёки

$$[e] + [v] = [x] \quad \text{ёки} \quad L + f = X \quad (V. 43)$$

бўлади. Математик муносабатлар бўйича X урнида 0 (ноль) бўлиши мумкин. Масалан, учбурчаклик ички бурчаклари йиғиндиси $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 180^\circ$ ёки $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 - 180^\circ = 0$ бўлиши керак. Лекин ўлчашдаги хатолар туфайли нолга тенг бўлмай, ноль урнига бошқа сон чиқади, яъни $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 - 180^\circ = f_\beta$. Бу f_β ни *бурчаклардаги болғлаймаслик хатоси* дейилади. f_β ни ўлчанган урта бурчакка ($\beta_1, \beta_2, \beta_3$) га бўлиб, тузатма v_1, v_2, v_3 лар топи-

¹ Бу боғланмаслик тарқатишдаги белгилаш l, v, X лар 8-параграфдаги энг аҳтимолий хатога аралаштирмаслиги лозим.

лади; $[v] = -f_{\beta}$ бўлиши керак. Буларни уз бурчакларига қўшиб ёки улардан айриб, кейин тузатилган бурчаклар йиғиндисини олсак, математик муносабатга туғри келади, яъни $\beta_1 + v_1 + \beta_2 + v_2 + \beta_3 + v_3 = 180^\circ$ ёки $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + [v] = 180^\circ$ бўлади. Шунда учбурчакликнинг бурчаклари тенгланади.

Бурчак ўлчашдаги назарий (йўл қуярли) чекли хато f_{β} қуйидагича бўлиши керак:

$$f_{\beta_n} = 1,5 t \sqrt{n} \quad (V.44)$$

бу ерда t — саноқ олиш хатоси, n — бурчаклар сони.

Амалий хато f_{β} назарий хато f_{β_n} дан кичик бўлганда, хато томоннинг узунлиги кичик бўлган бурчакларга тарқатилади.

Тенглашда турли усул қўлланилади. Купроқ қўлланиладиган асосли усул энг кичик квадратлар усулидир. Бу усулнинг моҳияти шундаки, маълум шароитдаги ўлчаш натижаларини тенглашда ўлчанган катталикларга бериладиган тузатмалар квадратининг йиғиндисини энг кичик (minimum) бўлиши керак, яъни

$$[v^2] = \text{minimum} \quad (V.45)$$

V. 14. Эҳтимолликлар назариясидан қисқача маълумот

Тасодифий хатоларнинг камайиш ва кўпайишига доир назарий масалалар эҳтимолликлар назарияси ва математик статистика қоидалари асосида текширилади. Эҳтимолликлар назарияси ўлчашда содир бўладиган кўпгина тасодифий ҳодисаларнинг қонуниятини ўрганадиган фандир. Бўлиш ва бўлмаслиги ноаниқ бўлган ҳодиса тасодифий ҳодиса дейилади. Бир шароитда маълум ҳодисанинг такрорланиши бирор қоидага бўйсунмади. Агар n марта такрор ўтказилган тажрибада бир ҳодиса k марта учраса, шу ҳодисанинг n та тажрибадаги такрорланишини p десак, у қуйидагича ифодаланади:

$$p = \frac{k}{n} \quad (V. 45)$$

Масалан, ҳақиқий узунлиги X бўлган катталик $n=20$ марта ўлчанган, кейин ўлчаш хатолари аниқланганда қуйидаги жадвал ҳосил бўлган:

(V. 3-жадвал)

Хато қиймати, см	Хитолар сони, k	Хатонинг такрорланиши, p
4	1	0,05
3	2	0,10
2	4	0,20
1	6	0,30
0	7	0,35
	20	1,00

Мисолда 4 см ли хато $k=1$ марта учраганидан, унинг такрорланиши $p = \frac{1}{20} = 0,05$ бўлади; 2 см ли хато $k=4$ марта учраганидан, унинг такрорланиши $p = \frac{4}{20} = 0,20$ бўлади ва ҳоказо.

Бир шароитда бажарилган ўлчаш натижаларининг бир неча

ана шундай каторини олиб қараганимизда бир ҳодисанинг такрор-
ланиши ҳамма қаторда ҳам бир-бирига яқин бўлганини кўрамиз.
Тажриба сони ошган сари такрорланиш бирдек бўла бошлайди
ва маълум бир сонга яқинлашадики, бу сон *эҳтимолий ҳодиса*
лейилади. Ҳодисанинг эҳтимолиги маълум шароитда ҳодисанинг
юзига келиши қай даражада мумкинлигини кўрсатади. Такрорла-
ниш баъзан, *статистик эҳтимоллик* дейилади. Эҳтимоллик *p*
билан белгиланади, унинг қиймати эса 0 билан 1 орасида бўлади:

$$0 \leq p \leq 1.$$

Шунга кура, содир бўлмайдиган ҳодиса эҳтимолиги 0 га,
бўлиши аниқ ҳодиса эҳтимолиги эса 1 га тенг бўлади. Келтирил-
ган жадвалда хатолар қиймати ва уларнинг такрорланиши тасо-
дифий хатоларнинг 1 ва 2—ҳодисаларини яққол кўрсатади.

Эҳтимолликлар назариясида тасодифий хатоларининг 1 ва 4—
хоссалари ҳамда улчаш сони *n* кўпайиши билан арифметик урта
катталиқ қиймати *L* улчанган катталиқнинг ҳақиқий қиймати *X* га
яқинлашиши, яъни $L \approx X$ бўлиши ҳам тула исботланади.

VI боб. Геодезик ишлар, уларни ташкил қилиш усул- лари

VI. 1. Съёмка ва унинг турлари

Ер юзасидаги маълум участканинг план, карта ва профилини
чизиш ва жойда турли геодезик-инженерлик ишларини бажариш
учун шу жойда геодезияга доир турли улчаш ишлари олиб бори-
лади. Кейин шу улчаш натижалари буйича уйда керакли чизма
чизилади. Шунга кура, геодезик ишлар иккига—*дала* ва *камерал*
ишларга бўлинади. Дала ишларида турли улчов қуроллари билан
жойдаги турли миқдорлар улчаниб, уларнинг қиймати аниқланади.
Камерал ишлар ҳам, уз навбатида *ҳисоблаш ишлари* билан *гра-*
фик ишларга бўлинади. Ҳисоблаш ишларида далада улчаб топила-
ган натижалар математика қоидалари асосида текширилиб, улчаш
хатолари аниқланади, кейин тенгланаб план, карта ва профиль
чизиш учун керакли сон қийматлар топилади. График ишларда
эса ҳисоблаш натижалари асосида керакли чизмалар чизилади.

Жойдаги предметларнинг (нарсаларнинг) бир-бирига нисбатан
горизонтал ва вертикал текислик буйича жойлашиш вазиятларини
аниқлаш учун бажариладиган геодезик улчаш ишларининг ийгин-
диси *съёмка (план олиш)* дейилади. Съёмкада, талабга қараб, жой
тафсилоти ёки рельефи ёхуд иккаласи тула аниқланиб, қорозда
тасвирланиши талаб қилинади. Шунга кура, съёмка *горизонтал*
съёмка билан *вертикал съёмкага* бўлинади. Агар съёмкада жой
тафсилотини (ситуациясини) тасвирлаш учун жойдаги нуқталар-
нинг горизонтал текисликдаги проекциялари аниқланса, бу *гори-*
зонтал съёмка бўлади. Агар жойдаги нуқталарнинг маълум сат-
хий юзага нисбатан ёки узаро баландлиги аниқланса, бу *верти-*

кал съёмка ёки баландлик съёмкаси булади. Вертикал съёмкада жойдаги икки нуқта орасидаги нисбий баландликни аниқлаш *нивелирлаш* дейилади.

Бир вақтда бир асбоб билан бажариладиган горизонтал ҳамда вертикал съёмка *топографик съёмка* деб аталади. Юқорида таърифланган съёмка турларини бажаришда ишлатиладиган асбоб тури ва бажарилиш усулига қараб, съёмка қўидагиларга бўлинади.

1. Теодолит съёмкаси ёки бурчак улчаш съёмкаси; бунда икки нуқта орасидаги масофа, теодолит номли асбоб билан чизиклар орасидаги бурчак горизонтал қўйилиши улчанади. Съёмка натижалари бўйича жойнинг ёлғиз *тафсилоти тасвирланган контурли* плани чизилади.

2. Тахеометрик съёмка топографик съёмка бўлиб, бунда тахеометр номли асбоб билан бир вақтда горизонтал ва вертикал съёмка қилинади.

3. Мензула съёмкаси, бу ҳам топографик съёмка бўлиб бир вақтда мензула ва кипрегель номли асбоблар билан амалга оширилади; съёмка вақтида камерал ишлар (ҳисоблаш ва графикавий, яъни чизиш ишлари) ҳам бажарилади.

4. Фототеодолит съёмкаси, бу иш теодолит билан фотоканнерани бирга қўшиб ишланган асбоб—*фототеодолит* ёрдамида бажарилади.

5. Аэрофотосъёмка, бунда жой съёмкаси самолётга ўрнатилган махсус фотоаппарат ёрдамида ҳаводан олинади. Аэрофотосъёмка махсулотнинг мазмунига қараб, уни асосан учга бўлиш мумкин: а) *контурли съёмка*, бунда жойнинг ёлғиз тафсилоти тасвирланади; б) *комбиналашган съёмка*, бунда жой тафсилоти самолётдан съёмка қилинади, лекин жой рельефи ер юзасида туриб мензулавий съёмка қилинади; в) *стереофотограмметрик съёмка*, бунда жойнинг топографик плани ҳосил булади, рельеф горизонталлар билан тасвирланадики, бу ишлар махсус фотограмметрик асбоблар ёрдамида бажарилади.

6. Вертикал съёмка ёки нивелирлаш, бунда жойдаги нуқталарнинг баландлиги аниқланади. Бу ҳар хил усул ва асбоблар ишлатилишига қараб, қўидагиларга бўлинади:

а) *геометрик нивелирлаш*, бунда жойдаги икки нуқтанинг баландликлари орасидаги фарқ, яъни нисбий баландлик горизонтал кўриш нури орқали аниқланади;

б) *тригонометрик нивелирлаш*, бунда нисбий баландлик масофа ва вертикал бурчаклар орқали тригонометрик формулалар ёрдамида аниқланади. Бу усул тахеометрик ва мензула съёмкаларида қўлланилади. Нисбий баландликни аниқлашда дальномер масофаси ишлатилса, *тахеометрик нивелирлаш* деб ҳам юритилади;

в) *физик нивелирлаш*, бу усул физика қонунларига асосланган бўлиб, ишлатиладиган асбоб ва ишлаш усулига кўра, *барометрик*, *гипсотермометрик* ва *гидростатик нивелирлашга* бўлинади. Гидростатик ёки сув нивелири ёрдамида нивелирлаш—бунда суюқлик солинган туташидишлардаги суюқлик юзаси бир гори-

сонда ётишидан фойдаланилиб, икки нуқтанинг нисбий баланд-
лиги аниқланади;

1) механик ёки автомат нивелирлаш — нуқталар
баландлиги турли курнишдаги асбоблар орқали автоматик равишда
аниқланади.

Тажрибада юқоридаги съёмка турларидан ташқари, аниқлиги
ушча булмаган буссоль, эккер ва чамалаш съёмкаларидан ҳам фой-
даланилади.

Буссоль съёмкасида буссоль орқали жойдаги чизиқларнинг
магнитавий азимутлари, булар орқали эса чизиқлар орасидаги бур-
чак аниқланади, чизиқлар узунлиги ўлчанади, бу съёмка ёрдамчи
съёмка ўрнида қўлланилади.

Эккер съёмка ҳам ёрдамчи съёмка булиб, эккер ёрдамида жой-
да туғри бурчаклар яшашга асосланган. Эккерни ёлғиз текис жойда
ишлатиш мумкин.

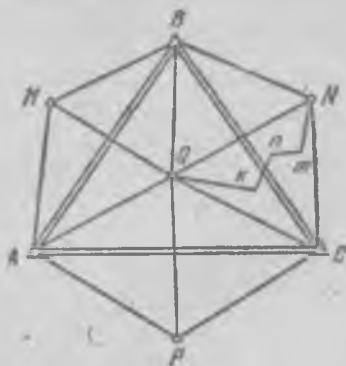
Чамалаш съёмкаси кўпроқ барометрик нивелирлаш билан
бирга олиб борилади. Жой плани далада чизилиб, масофалар
қадамлаб ёки чамалаб ўлчанади. Айтиб ўтилган съёмка усуллари
билан қуйида тўла танишиб чиқамиз.

VI. 2. Съёмка асослари

Берилган катта ёки кичик жойнинг план, карта ва профилини
чизиш учун аввал шу жойда юқорида танишилган съёмка усул-
ларининг бири билан горизонтал ёки вертикал съёмка ишлари
олиб борилади. Съёмка натижаларининг туғри ва ишончли булиши
учун уларни илмий асослаб, бир системада олиб бориш керак бу-
лади. Шунга кўра, ҳамма вақт ҳар қандай геодезик иш «умумдан
булакка ўтиш» дейиладиган қоида асосида олиб борилади. Бу
қоида татбиқ этилганда ўлчаш ва ҳисоблаш даврида содир була-
диган хатоларни ўз вақтида аниқлаш ва тузатишга имконият туғи-
лади.

Умумдан булакка ўтиш усулининг моҳияти шундаки, аввал
жойда бир неча нуқталар ўрни, масалан, координаталари ёки ба-
ландликлари юқори аниқлик билан тошилади ва улар бош таянч
нуқталар дейилади. Кейин бу таянч нуқталар асосида шу нуқта-
лар атрофида иккинчи даражали нуқталар олинади. Улар сон жиҳа-
тидан кўпроқ ва бир-бирига яқинроқ булиб, уларда ўлчаш аниқлиги
ҳам камроқ бўлади. Кейин бу нуқталар асосида учинчи даражали
бир неча нуқта топиладики, булар иккинчи даражали таянч нуқта
бўлади. Бу нуқталар оралиғи яна кичикроқ ва ўлчаш аниқлиги
ҳам яна камроқ бўлади. Шу йўл билан топилган нуқталардан
ясалган кўп бурчаклик геодезик тармоқлар дейилиб, бунда қуйи
даражадаги таянч нуқталар юқори даражадаги таянч нуқталарга
асосланади. Бу таянч нуқталар тури таянч нуқталар тармоғи
ҳам дейилади.

Таянч нуқталар ўрнатиш тартибига мисол тариқасида VI. 1-
шаклда кўрсатилган мисол билан танишайлик. Жойда бир-бирдан
узоқ масофада олинган *A*, *B* ва *C* нуқталар бошланғич таянч нуқ-
талар булиб, уларнинг ўрни жуда аниқ топилган. Бу нуқталар



VI. 1- шакл.

СССР да горизонтал ҳамда вертикал съёмка қилиш ишларини умумдан бўлакка ўтиш қондасига асосланиб, бир системада олиб боришга замин ҳозирланган, яъни СССР территориясида пландий ва баландлик таянч нуқталар тармоғи давлат томонидан барпо этилганки, булар геодезик ишларни олиб боришда таянч нуқталар бўлади.

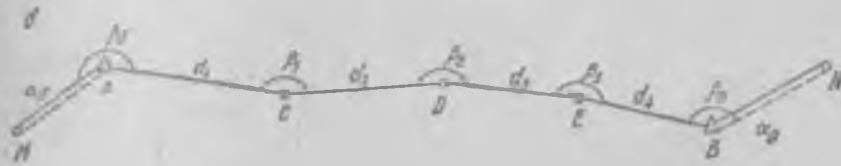
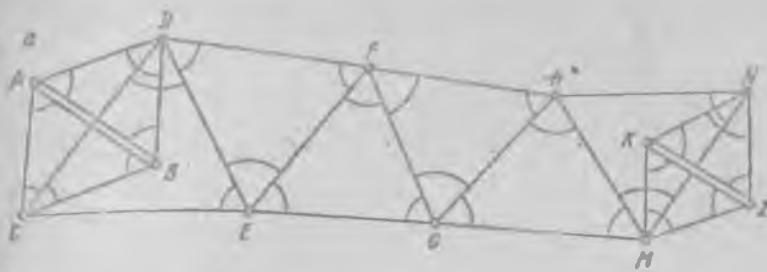
VI. 3. Давлат геодезик тармоқлари ҳақида тушунча

Координата ва баландликлари маълум ва турли масофаларда ерга мустақкам ўрнатилган таянч пунктлар тармоғи *давлат геодезик тармоқлари* деб аталади. Тармоқлар ва улардаги пунктлар геодезия ва картография бош бошқармаси тузган лойиҳага биноан ўрнатилади.

Геодезик тармоқлар *пландий* ва *баландлик* тармоқларига бўлинади. *Пландий тармоқлар астрономик* ва *геодезик* усуллар билан ўрнатилади. Астрономик усулда ҳар қайси таянч пункт ўрнининг географик координатаси мустақил равишда астрономик кузатиш орқали аниқланади. Бу усул анча енгил бўлса ҳам унча аниқ бўлмаганлигидан геодезик ишларга қўйилган талабга жавоб бера олмайди. Ёлғиз масштаби 1:50 000 дан кичик бўлган карталарни асослашга ишлатиш мумкин.

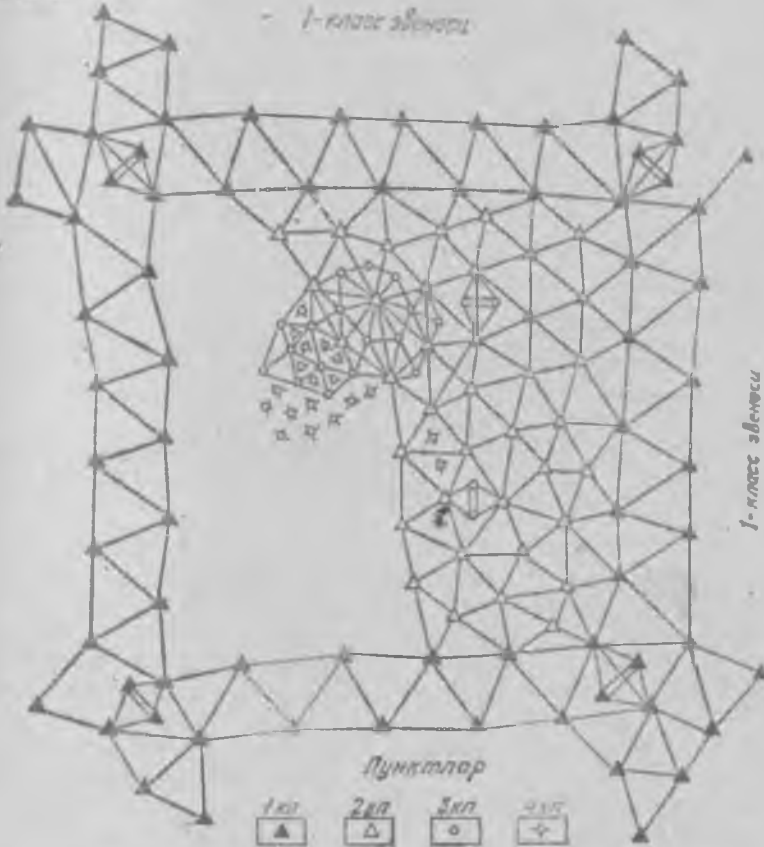
Геодезик усулда бир неча бош таянч нуқта координаталари астрономик йўл билан аниқланса ҳам қолган ҳамма нуқталарнинг координаталари математика формулалари ёрдамида ҳисоблаб топилади. Геодезик усул бир неча турга бўлинади. Масалан, *триангуляция*, *трилатерация*, *полигонометрия*, турли кўринишдаги *кестирма*, *диагоналсиз тўртбурчаклик* ва *геометрик тўр* (тармоқ) каби усулларнинг бири ёки бир нечаси қўлланилади.

Триангуляция я— жойдаги учбурчакликлар системаснинг қатори бўлиб, бурчак учлари таянч пунктлар бўлади. Пунктлар шундай ўрнатиладики, ҳар нуқтадан камида уч қўшни нуқта кўринади ва учбурчаклик томонларининг узунликлари бир-бирдан катта фарқ қилмайди. Масалан, VI. 2а-шаклда триангуляциянинг бир звеноси ёки қатори келтирилган. Текис жойда узунлиги план масштабида 5 см дан кичик бўлмаган *AB* чизиқ олиниб, у ин-



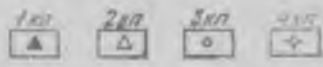
VI. 2. черт.

1-класс звеньев



1-класс звеньев

Пунктлар



VI. 3. черт.

вар сим билан 1:1 000 000 аниқликда улчанади. Бу чиқиқ *базис* дейилади. Қатор охирида ҳам *KZ* базис олиб улчанади. Кейин базис кичик диагонал қилиб шаклдаги каби ромб ясалади. Қаторта диагонали *CD*—*триангуляциянинг чиқиш томони* дейилади. Ромб учлари ва томонлари *базис тармоғи* дейилади. Шаклда кўрсатилган бурчаклар аниқ улчанади. *A, C, B* ва *D* пунктларнинг координаталари ва чиқиш томони азимути астрономик кузатиш билан аниқланади, бу *Лаплас пункти* дейилади. Кейин базис узунлиги ва улчанган бурчаклар ёрдамида учбурчакликлар томонларнинг узунлиги ва йўналиши ҳамда пунктлар координаталари математика қоидалари асосида ҳисобланади. Бу йўл билан ҳисоблаганда *KZ* базиси ҳам топилади. Унинг улчанган узунлиги билан ҳисобланган узунлиги орасидаги фарқ йўл қўярли бўлса, тузатмалар бериб тузатилади.

Триангуляция таянч пунктларини барпо қилиш СССРда илмий қоидаларга асосланган ҳолда ташкил қилинган ва урнатилган. Давлат триангуляция тармоқлари 4 классга бўлиниб, 1, 2, 3 ва 4-класс деб номланади. 1-класс триангуляция қаторлари меридиан ва параллеллар йўналиши бўйича ўтказилади. Қаторлар 200 км гача чузилиб кесишишади ва тўртбурчаклик шаклидаги полигон ясайди (VI. 3-шакл). 1-класс билан уралган майдон ичида 2-класс учбурчакликлари жойлашади. 2-класс урталаридаги майдон 3 ва 4-класс учбурчакликлари билан қопланади. VI. 1-жадвалда СССРда давлат триангуляция тармоқларининг класслари, ундаги учбурчак томонларининг узунлиги, бурчак ўлчаш аниқлиги ва чиқиш томонининг ўлчаш ёки ҳисоблашдаги аниқлик нисбий хатоси берилган.

VI. 1-жадвал

Триангуляция класслари	Учбурчаклик томонларининг уртача узунлиги, км	Бурчак ўлчашдаги ўрта квадратик хато	Чиқиш томонининг нисбий хатоси
1	20—25	$\pm 0,7''$	1:400 000
2	7—20	$\pm 1,0''$	1:300 000
3	5—8	$\pm 1,5''$	1:200 000
4	2—5	$\pm 2,0''$	1:200 000

Ҳозирги техника ютуқлари татбиқ қилинганда триангуляция тармоғида алоҳида базис ўлчашмай, унинг чиқиш томони узунлигини 1:400 000 аниқликда ўлчашга имкон берувчи радио ёки ёруғлик дальномерлари билан ўлчаш мумкин. Триангуляция тармоғи инженерлик иншоотлари қуриладиган жойда барпо қилинганда тоннель, куприк каби қурилишларда базис узунлигини шкалали пулат ёки инвар сим билан ўлчаш ҳам мумкин.

Трилатерация, триангуляцияда базис ва бурчакларни ўлчаш ва ҳисоблаш ишлари анча мураккаб бўлганидан, кейинги вақтда ёруғлик ва радио дальномерлари кашф этилгандан кейин триангуляция ўрнида трилатерация қўлланилмоқда. Агар учбурчакликлар қаторидаги (VI. 2-шакл, а) ҳамма учбурчакликнинг

ёлғиз томонлар узунлиги улчаниб, бурчак ва координаталари математик йул билан ҳисоблаб топилса, бу учбурчакликлар қатори *трилатерация* дейилади. Бунда томонлар узунлиги радио ёки ёруғлик дальномерлари ёрдамида улчанади. Кейин томон узунлик шарт асосида А. И. Дурнев формуласи ёрдамида бурчаклар қиймати аниқланиши мумкин.

Полигонометрия ёпиқ ёки очиқ кўпбурчаклик (полигон) бўлиб, ҳамма бурчак учларидаги юриш буйича чап ёки унғ бурчаклар ва томонлар узунлиги улчанади (VI. 2-шакл, б). Агар M, A, B, N нуқталарнинг координаталари ҳамда MA ва BN чизиқларнинг азимутлари маълум булса, ҳамма нуқталарнинг координаталарини аниқлаш мумкин. Жойда бир неча полигонометрик йуллар бирлаштирилса, полигонометрия тармоғи ҳосил булади. Полигонометрия йулларининг кесишган нуқтаси *туғун нуқта* дейилади.

Агар жой шароити триангуляция тармоғи ясашга имкон бермаса, бундай жойда полигонометрик тармоқ урнатилади. Умуман полигонометрия йулида томонлар орасидаги бурчак мумкин қадар 180° га яқин бўлиши керак.

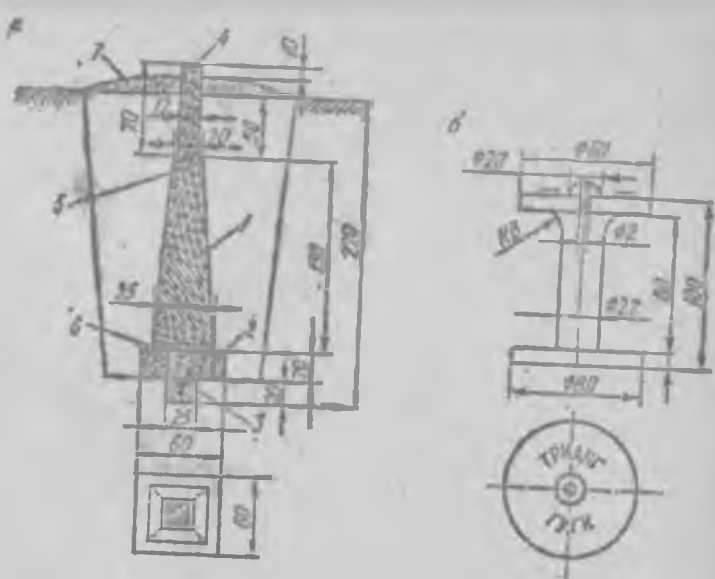
Триангуляциядаги каби полигонометрия ҳам 4 классга булинади. Бу ерда ҳам умумдан булакка утиш қоидасига кура, қуйи класс тармоқлари юқори класс тармоқларига асосланади. Полигонометрик тармоқларнинг қуйи классининг аниқлиги кам бўлиб, сўёмка қилиш учун ярарли булса, улар *теодолит юриш нуқталари* дейилади. Теодолит йулида чизиқлар ихтиёрий бурчак билан бурилиши мумкин.

Полигонометрия томонларининг узунлиги турли дальномерлар билан, масалан, радио, ёруғлик, оптикавий дальномерлар билан, ёки инвар сим, ленталар ёрдамида улчаниши мумкин. Баъзан бошқа улчанган катталик орқали ҳисоблаб топилиши ҳам мумкин. Томонлари инвар сим билан аниқ улчанадиган полигонометрия



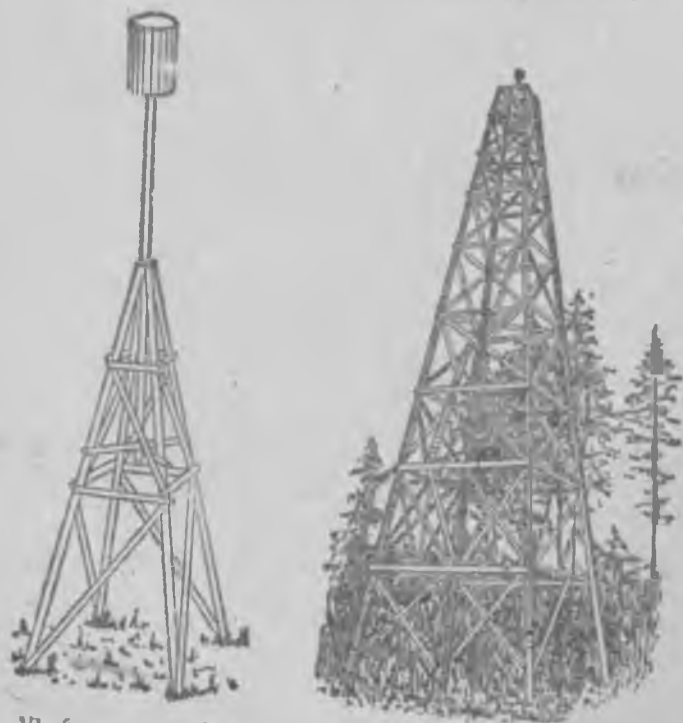
IV. 4- шакл.

травес дейилади. Агар полигонометрия томонлари қисқа базис ва унга асосланган ўткир бурчак (параллактик бурчак) ёрдамида аниқланса, у *параллактик полигонометрия* ёки *базисли полигонометрия* дейилади (VI. 4-шакл). Масалан, $ABCD$ полигонометрик юриш бўлса, унинг томонлари AB, BC, CD ни улчаш учун ҳар қайси чизиқ ўртасига маълум узунликдаги MN базиси штатив ёрдамида горизонтал ҳолда AB, BC ва CD йуналишига перпендикуляр қилиб урнатилади. Кейин шаклда курсатилганидек, A, B, C ва D нуқталарда туриб параллактик бурчаклар $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5$ ва φ_6 аниқ улчанади. Кейин математика формулалари ёрдамида AP, PB, BQ, QC, Ct ва Dt оралиқлар ҳисоблаб топилади.



VI. 5- шакл. Планий тармоқ маркази:

а — маркаа вертикал кесими, 1 — бетон пилан; 2 — бетон ядор; 3 — бетон монолит; 4 — бет столба; 5 — чуян марка ўралган сим тур; 6 — цемент қоричмаси; 7 — қўрғон; ўлчамлари см да. б — чуян марка кўригичи 62-мм, пункт координатасининг қаймати тешик маркаанда; ўлчамлари мм да.



VI. 6- шакл. а. Геодезик сигнал. VI. 6- шакл. б. Геодезик пирамида

Триангуляцияда учбурчаклик учлари, полигонометрияда полигон учлари съёмка ишларига таянч булганидан, жойда мустаҳкам ва доимий қилиб ўрнатилади, яъни ернинг музламайдиган жойига ча ёйиб, бетон ва гиштдан сунъий қурилма ишланади ва *марказ* дейилади (VI. 5-шакл). Марказни белгилаш ва узоқдан қури-
лиши учун унинг устига турли кўринишдаги ва баландликдаги белги, яъни пирамида ёки сигнал ўрнатилади (VI. 6-шакл, а, б).

Геодезик тармоқларни Ернинг сунъий йўлдошлари ёрдамида кенгайтириш тараққий эта бошлади. Ернинг сунъий йўлдошларини ердан кузатиш қитъаларо геодезик муносабат боғлашга ва дунё геодезик тармоқлари барпо қилишга имкон беради. Ер юзасидаги триангуляция томонлари узунлиги билан сунъий йўлдош орқали аниқланган узунлик орасидаги фарқ нуқталар бир қитъада булганда ± 15 м га, нуқталар турли қитъада булганда эса ± 150 м га боради. Бу шуни кўрсатадики, сунъий йўлдошлар ёрдамида СССР Европа қисмидаги геодезик пунктлар билан Европадаги чет давлат геодезик пунктлари орасида боғланиш ҳосил қилиш мумкин.

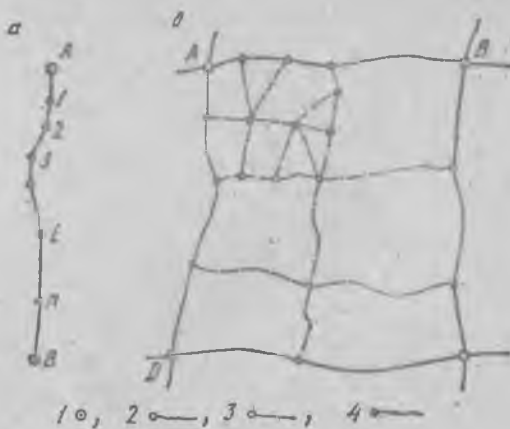
VI. 4. Баландлик ёки нивелирлаш тармоқлари

Геодезик таянч пунктларнинг планий ўринлари билан бирга баландликлари ҳам нивелирлаш йўли билан аниқланади. Нуқталар баландлигини бир системада умумдан булакка ўтиш қондаси бўйича олиб бориш учун СССР да давлат нивелирлаш тармоқлари барпо қилинган. Инструкцияга кура¹ нивелирлаш аниқлигига қараб тўрт классга бўлинади ва I, II, III IV рақамлари билан белгиланади. Ҳар қайси класснинг уз аниқлиги ва нивелирлаш қондаси бўлиб, I класс юқори, IV класс эса қуйи ҳисобланади.

Бу нивелирлаш орқали мамлакатда нивелирлаш тармоғи яратилади. Тармоқлар нивелирлаш йўли орқали ҳосил бўлади. Маълум йўналиш бўйича кетма-кет нивелирлаб, нисбий баландликларни аниқлаш орқали бош ва охири нуқталар ўртасидаги баландликни аниқлашдаги йўл *нивелирлаш йўли* деб аталади. Бир неча йўналишдаги нивелирлаш йўлларининг ўзаро кесишиб ўтиши орқали нивелирлаш тармоғи яратилади. Нивелирлаш тармоғи асосан I ва II класс нивелирлаш билан ўтказилади. III ва V класс нивелирлаш, асосан, топографик съёмкаларни баландлик бўйича таъминлаш ва турли инженерлик масалаларини хал қилишда қўлланилади. Ҳамма класс нивелирлашдаги пунктлар планий съёмкадаги каби ерга ёки девор доколига мустаҳкам ўрнатилади. Бу нуқталар *репер* ва *марка* бўлади. Абсолют баландлиги (отметкаси) маълум булган ва ерга турли кўринишда мустаҳкам ўрнатилган қўзғалмас нуқта *репер* дейилади. Абсолют отметкаси маълум бўлиб, катта бино доколига ўрнатилган тешикли ясалма *марка* деб аталади.

I класс нивелирлаш энг аниқ нивелирлаш бўлиб, асосан, мамлакатимиздаги денгиз ва океанларни туташтирувчи йўналиш бўйича олиб борилади; бунда денгиз сувларининг юзаси ўзаро боғланади. I класс нивелирлаш қуйи класс нивелирлашларга асос бўлиш би-

¹ Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов, М., 1974.



VI. 7- шакл. Тармоқлар турни:

a — нивелирлаш йўли; *b* — нивелирлаш тармоқларининг схемаси; 1. I класс нивелирлаш пункти, 2. II класс нивелирлаш йўли, 3. III класс нивелирлаш йўли, 4. VI класс нивелирлаш йўли.

пунктида тугалланади. Булар периметри 500—600 км ли ёпиқ полигон ҳосил қилиши керак. VI. 7-шаклда II класс полиго-ни ва нивелирлаш йўли келтирилган. II класс нивелирлашда бир км даги хато $f_h = \pm 5 \sqrt{L}$ мм бўлиши лозим, бу ерда L — юриш узунлиги, км. II класс нивелирлаш, кўпинча, тош йўл, темир йўл ва дарёлар бўйлаб олиб борилади.

III класс нивелирлаш II класс полигон ичида (VI. 7-шакл) ут-кэзилади, бунда юриш йўлидаги хато $f_h = \pm 10 \sqrt{L}$ мм бўлиши керак.

IV класс нивелирлаш III класс тармоқларини тўлғазувчи (VI. 7-шакл) бўлиб, юкори класс пунктларига таянади. Нивелирлаш хатоси $f_n = \pm 20 \sqrt{L}$ мм бўлиши керак.

VI. 5. Геодезик тармоқларни зичлаш

Асосий геодезик тармоқларнинг пунктлари йирик масшабли съёмкаларга таянч нуқта бўлиб хизмат қилади. Лекин бу таянч нуқталар бир-биридан камида 6—7 км масофада булганлиги учун съёмка ишларини тула таъмин этолмайди. Шунга кура, топографик съёмка ишларини таянч пунктлар билан мукамал таъминлаш мақсадида, асосий таянч пунктлар орасида бир-биридан узоқ булмаган қўшимча пунктлар ўрнатилади, бу иш геодезик тармоқларни *зичлаш (купайтириш)* дейилади. Инструкцияга кура, пунктлар қўйидаги зичликда жойлашади:

а) масшабни 1:25000—1:10000 булган съёмкаларда 50—60 км жойда триангуляциянинг бир пункти ва бир репер (марка);

б) масшабни 1:5000 булган съёмкаларда 20—30 км жойда бир триангуляция пункти ва бир репер (марка);

лан бирга, турли илмий проблемаларни ечишда, масалан, ернинг устки қаватида содир буладиган геологик ўзгаришларни аниқлашда қўлланилади. Бир километр йўлни нивелирлашда қилинадиган хато, яъни урта квадратик тасодиф хато $\pm 0,5$ мм дан, систематик хато эса $\pm 0,05$ мм дан ошмаслиги керак.

II класс нивелирлаш I класс пунктларига таяниб олиб борилади, яъни нивелирлаш I класснинг бир пунктидан бошланиб, иккинчи

масштаби 1:2000 ва ундан йирик булган съёмкаларда 5—15 км жойда бир триангуляция пункти ва бир репер (марка) бўлиши керак.

Жойда давлат геодезик пунктларининг бундай кам жойлашуви йирик масштабдаги съёмкани аниқ олиб бориш учун етарли булмаганидан, жойда таянч пунктларни кўпайтириш, яъни зичлаш керак булади. Бунинг учун давлат геодезик тармоқларига суяниб, қўшимча пунктлар урнатиладики, улар зичлаш пунктлари тармоғи де-йлади.

Зичлаш тармоқлари пунктларининг зичлиги (кўплиги) жой тугизишига, топографик съёмка усули ва масштаби, рельефнинг кесим баландлиги каби ҳолларга боғлиқ. Съёмка масштабига қарамай, бир трапецияда (планшетда) ўртача 20 дан 40 тагача съёмка қилиш пункти бўлиши керак. Съёмка пунктлари ҳам жойда мустақкам урнатилади, кейин уларнинг координаталари ва баландлиги аниқланади.

Зичлаш тармоқлари таянч геодезик тармоқлар каби мустақил равишда ҳам урнатилиши мумкин. Планий съёмка тармоқлари 4 класс полигонометрия ва 1 ва 2 разряд триангуляцияга бўлинади. 1 ва 2 разряд триангуляция бир юзадаги яхлит тармоқ ёки учбурчакликлар қаторидан иборат бўлиб, 1 разряд ўрни давлат тармоқлари пунктдан туриб, кестирма усули орқали аниқланади (VI. 8-шакл). 2 разряд ўрни эса 1 разряд пунктдан кестирма билан аниқланади. 4 класс полигонометрия тармоғи ҳамда 1 ва 2 разрядлар айрим юриш ҳолида ёки улар системаси қилиб олиниши мумкин, лекин айрим йул узидан юқори класс пунктга боғланиши керак (VI. 9-шакл). Зичловчи триангуляция 1 ва 2 разрядли учбурчакликлар томонининг узунлиги 3—5 км, бурчак ўлчаш урта квадратик хатоси $\pm 5-10''$, томон узунлигини аниқлашдаги нисбий хато 1:10 000—1:20 000 бўлиши лозим.

Баландликни асослаш учун алоҳида ёпиқ нивелирлаш йули ёки икки репер орасида очик техникавий нивелирлаш йули олинади. Бу нивелирлашдаги боғланмаслик хатоси $f_h \leq \pm 50 \sqrt{L}$ мм бўлиши керак; бу ерда L — йул узунлиги, км.

Давлат геодезик тармоқлари ва зичлаш тармоқларига асосла-ниб, қўшимча съёмка қилиш нуқталарининг тармоқлари ҳам оли-надики, булар топографик съёмка қилишда ва жойда инженерлик масалаларини ечишда асос бўлиб хизмат қилади. Бу тармоқлар ҳам

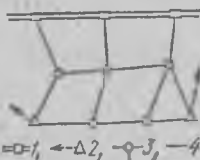


VI. 8- шакл. 1 ва 2 разряд триангуляция схемаси:

1 — баш геодезик пункт; 2 — триангуляция томони; 3 — аниқланадиган пункт; 4 — базис; 5 — триангуляциянинг икки томонлама қаралган томони, 6 — бир томонлама қаралган томонлар; 7 — кестирма усул билан топилган пунктлар.

1 — баш геодезик пункт; 2 — триангуляция томони; 3 — аниқланадиган пункт; 4 — базис; 5 — триангуляциянинг икки томонлама қаралган томони, 6 — бир томонлама қаралган томонлар; 7 — кестирма усул билан топилган пунктлар.

зичлаш пунктлари тармоғи де-йлади.



VI. 9- шакл. Полигонометрик юриш йули ва тармоқларининг схемаси.

1 — юқори класс полигонометрия; 2 — триангуляциянинг баш дирекцион йуналиши, 3 — тугун нуқта, 4 — полигонометрик йул.

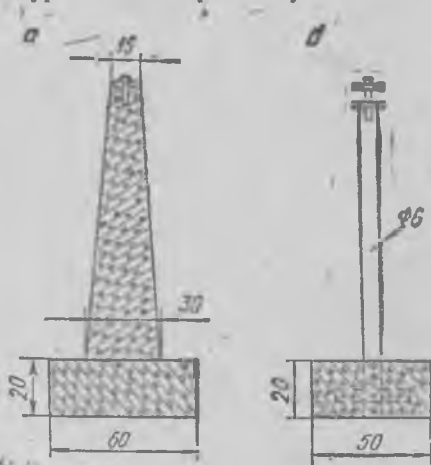
планий тармоқлар билан баландлик тармоқларига бўлинади. П-та-ний геодезик съёмка қилиш тармоқлари теодолит ва мензула йўл-лари орқали параллактик полигонометрия, геометрик түр, түғри-тескари геодезик кестирма каби усуллар билан яратилади. Пунк-тларнинг координаталари геодезик таянч пункт ва зичлаш пункт-лари координаталар асосида топилади. Буни аниқлашдаги хато планта 0,2 — 0,3 мм дан ошмаслиги керак. Масалан, план масштаби 1:5000 бўлганда хато очиқ жойда 0,60 мм, 1:1 000 масштабда — 0,16 мм бўлиши лозим.

Геодезик съёмка асосларининг баландлиги, яъни отметкалари юқори разряддаги пунктларнинг отметкалари асосида геометрик, тригонометрик нивелирлаш йўли билан аниқланади. Бунда нивелир-лаш йўлидаги боғланмаслик хатоси нивелир билан ишлаганда $f_h \leq 50 \sqrt{L}$ мм, теодолитнинг горизонтал кўриш нури билан нивелир-лашда $f_h \leq \pm 100 \sqrt{L}$ мм, тригонометрик нивелирлашда $f_h \leq \pm 200 \sqrt{L}$ мм бўлиши керак; бу ерда L — йўл узунлиги, км.

Пландаги ва баландлик нуқталари жойда турли белгилар билан маҳкамланади.

VI. 6. Геодезик тармоқларни маҳкамлаш

Триангуляция, трилатерация, полигонометрия тармоқларининг ҳамма пунктлари жойда ўйилган ерга доимий қилиб мустаҳкам ўр-натилиши керак, бу пунктлар *марказ* дейилади. Марказнинг кан-дай ўрнатилиши ернинг тузилишига ва музлаш чуқурлигига боғлиқ.



VI. 10-шакл.

VI. 10-шакл, *a* да планий пункт марказининг ишлани-ши курсатилган. У бетондан ишланган қуйи марказ булиб, монолит 3 ва якор (ёстиқ) 2 дан тузилади; унинг устига юқори марказ дейилган пилон I ўрнатилади. Монолит ва пилоннинг юқорисига чуён марка ўрнатилади. Марказнинг ясалиши VI. 5-шакл, *b* да алоҳида курсатилган. Пункт координаталари сифатида шу марка тегишининг координа-талари қабул қилинади. Мар-казнинг ярим сфераси усти-нинг ўрта нуқтаси баландли-ги марка отметкаси деб қабул

қилинади. Юқори марказ устига таниш белгиси қилиб бетон устун ишланади.

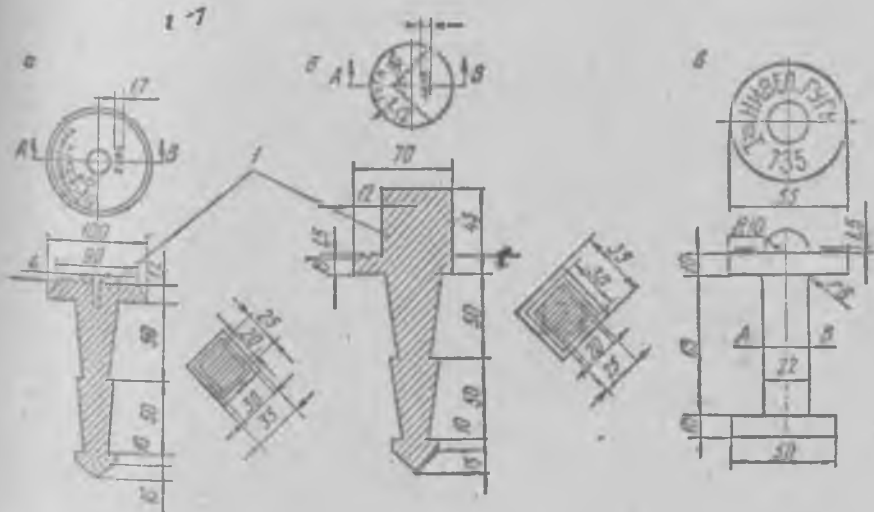
Съёмка тармоқлари пунктига VI. 10-шаклдаги марказлар ўрна-тилади; унда бетон белги (*a*) ва бетон якорли труба (*b*) курсатил-ган. Бу белгилар устига юқоридагидек марка маҳкамланган. Съём-ка тармоқларидаги узоқ сақланмайдиган пунктлар узунлиги 1,8—2,0 км

диаметри 15—20 см ли ёғоч устулар билан маҳкамланади; унинг устига мих қоқилади, михнинг қалпоғи марказ бўлади. Муваққат пунктларга узунлиги 30—40 см, йўғонлиги 4—6 см ли қоғозни қоқилади. Пункт марказлари устига тупроқ тортилиб тепача (кўз ёғон) қилинади; ёғин сувлари оқиши учун атрофида 0,4—0,5 м узунлиги туртбурчаклик шаклида ариқча уйилади.

Геодезик тармоқ пунктларининг бир-биридан яхши кўринишини таъминлаш учун марказ устига геодезик белгилар ўрнатилади. 3 ва 4-классларда бўйи 10—12 м бўлган металл ёки ёғочдан ишланган пирамида (VI. 6-шакл, а), 1 ва 2-классларда бўйи 15—40 м ли металл ёки ёғоч сигнал (VI. 6-шакл, б) қурилади. Белгилар тепасига карашга мосланган цилиндр ўрнатилади, бу цилиндр балванка дейилади. Сигнал уст қисмида асбоб ўрнатишга мосланган столча бўлади ёки асбоб ички сигнал устига ўрнатилади. Пирамида ва сигналларнинг вертикал уқлари марказ уқи билан бир вертикал чизикда ётиши керак. Шунга кўра, нуқта ўрнатиш мўлжалланган жойда аввал белгилар, яъни пирамида ва сигнал қурилади, кейин марказ ўрнатилади. Пирамидада асбоб марказ устига, ерда эса штатив орқали ўрнатилади. Съёмка қилиш тармоқларида белги урнида бўйи 3—6 м ли вежалар ишлатиш ҳам мумкин.

Нивелирлаш йули билан аниқланган нуқталар отметкалари ҳам ҳар 5—7 км да махсус белгилар билан маҳкамланади. Бу белгилар уч кўринишда бўлади:

1. деворий марка ва репер дейилиб, булар чўяндан ишланиб катта бино девори цоколига ўрнатилади;
2. ер (тупроқ) реперлари дейилиб, булар ғишт, бетондан ишланиб ерга вертикал қилиб ўрнатилади;



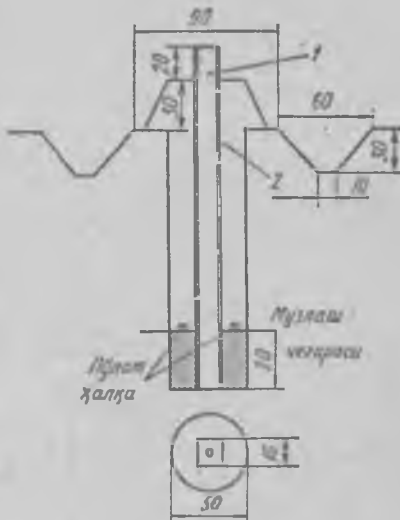
VI. 11-шакл. Марка ва деворий реперлар:

а — марка юқорида деворда кўриниши, тагида АВ чизмачи бўйича кесими; ўлчамлар мм да.
 б — деворий репер кўриниши; тагида ВА бўйича кесими; ўлчамлар мм да.
 в — ер реперининг усти маркази; ўлчамлар мм да.

3. қоя (тош) реперлар булиб, булар тоғлиқ жойларда тош орасига ўрнатилади.

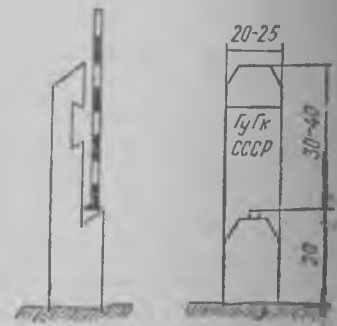
Деворий марка ва реперлар темир-бетон ва ғиштли бино цоколига қоришма билан юз томони ташқарига қилиб мустаҳкам ўрнатилади. Марка VI. 11-шакл, а да курсатилган курунишда бўлиб, тешик марказининг абсолют отметкаси маълум булади. Деворий репер (VI. 11-шакл, б) ҳам бино цоколига ўрнатилади, унинг буртмаси (тумшуги)нинг тепаси 1 нуктанинг отметкаси маълум булади. Марка ва репер отметкалари сир сақланиб, уларнинг олл томонига номери ва ўратган идора номигина ёзилади. Марка гардиши тепасига «нивелировка» деган сўз ёзилади.

Нивелирлаш ўтказиладиган жойда деворий белгилар ўрнатишга лойиқ бино булмаса, ер реперлари ўрнатилади. Булар нивелирлаш классига қараб, турли курунишда ва турли чуқурликда ўрнатилади. Ер репернинг тўзилиши VI. 10-шаклдаги маркага ухшаш булади. Лекин марка репер устига ўрнатилади. Марка тепаси ярим сфера тарзида силлиқ қилиб ишланади, энг баланд нуқта-сининг отметкаси репер отметкаси булади (VI. 11-шакл, в). Репер ёнида темир-бетондан ишланган таниш белгиси ўрнатилади, VI. 12-шаклда III—IV классларда ўрнатиладиган ер реperi курсатилган. Унинг якори (ёстиги) ер музламайдиган чуқурликка ўрнагилиб, усти ер юзасидан 50 см баланд булиши керак.



VI. 12-шакл. Ер реperi:

1 — ҳимоя плитаси; 2 — арматура; ўлчамлар см да



PI. 13-шакл.

Тоғлиқ жойларда репер ўрнида қоя, яъни қўзғалмас катта тошдан фойдаланилади. Бунда реперлар цемент-шағал қоришмаси билан қояга маҳкам ўрнатилади. Катта иншоот қуриладиган жойларда иш даврида фойдаланиш учун ёғоч репер, труба; рельслардан ҳам репер ўрнида фойдаланилади (V. 13-шакл).

Умуман реперлар узоқ муддатга сақланиши таъминланадиган, фойдаланишга қулай жойларга ўрнатилади. Репер отметкаси аниқ

ИККИНЧИ БЎЛИМ. ГОРИЗОНТАЛ СЪЁМҚА

VII боб. Горизонтал съёмкадаги геодезик ишлар

VII. 1. Горизонтал съёмканинг моҳияти

Ер юзасидаги A ва B нуқталарнинг бир-бирига нисбатан горизонтал ҳамда вертикал текисликда эгаллаган ўрнини аниқлаш геодезиянинг асосий вазифаларидан биридир. VII. 1-шаклда $AB = D$ — A ва B нуқталар орасидаги масофа; HN_1 — сатҳий юза; $AA_1 \parallel HN_1$ булганидан, $AA_1 = d$, D нинг горизонтал проекцияси бўлиб, у *горизонтал қўйилиш* дейилади.



VII. 1- шакл.

Горизонтал съёмкада икки нуқта орасидаги чизиқнинг ва бу чизиқлар орасидаги бурчакнинг горизонтал қўйилиши ҳамда чизиқларнинг йуналишига қараб, Ернинг тўрт томонига нисбатан жойланиши аниқланади, кейин қоғозда буларни тасвирлаш йўллари ўрганилади. Бу ишда бурчакнинг горизонтал қўйилишини теодолит билан ўлчаш асосий аҳамиятга эга бўлганидан, бу съёмка *бурчак ўлчаш съёмкаси* ва баъзан *теодолит съёмкаси* деб ҳам аталади.

VII. 2. Горизонтал съёмка қилиш

Горизонтал съёмкада берилган жойнинг чегараси ва у ердаги тафсилот съёмка қилиниб, планда ёлғиз жой контурлари тасвирланади.

Съёмка ишларига қуйидагилар киради:

1) съёмкага тайёргарлик куриш, 2) полигон ва теодолит йўлини белгилаш; 3) полигон ва йўлни пунктга боғлаш; 4) полигон элементларини ўлчаш; 5) тафсилотни съёмка қилиш. Бундан кейин камерал ишлар: а) ҳисоблаш ишлари ва б) графикавий ишлар бажарилади.

Съёмкага тайёргарлик куришда съёмка қилинадиган жой карта ёки эски планда аниқланиб, жой ўрганиб чиқилади. Кейин шу жойнинг ўзида *ракогноцировка* ишлари олиб борилади, яъни жой билан яхши танишиб, таянч пунктлар ва уларга боғлаш йўллари белгиланади, съёмка қулай бўлиши учун теодолит йўлини ва полигонни қандай олиш режалари тузилади. Жойнинг тафсилоти тасвирланган схематик плани чизилади.

Теодолит йўллари келгуси ишларга асос бўлганидан, бурчак учлари мустаҳкам ўрнатилади. Номерлари махсус устунчаларга ёзилади, устунчани ўрнатиш имконияти бўлмаса, бетондан 0,5 м диаметрли *маркировка* (нуқта атрофидаги бетонланган текис доира)



VII. 2-шакл.

ишланади ва унинг марказига нуқта номери ёзилади. Умуман, далада ўрнатилган нуқталар маҳкамланиши билан бирга, уларни осон топиш учун турли белгилар қўлланилади.

Съёмка ишлари жойнинг тузилиши, қуриладиган иншоот ва қўйилган талабга қараб, турлича ташкил қилиниши мумкин. Масалан, завод-фабрика биноси, темир йўл станцияси, аэродром, стадион каби иншоотлар ва колхоз, совхоз ерлари маълум катталиқдаги майдонни эгаллайди; лекин тош ва темир йўл, канал каби қурилишлар маълум кенгликда бир йўналиш бўйича чўзилиб кетган чизиқда қурилади. Шуларни ҳисобга олиб, аввал жойга съёмка қилиш учун асос бўладиган нуқталар ўрнатилади. Бу нуқталар сифатида жойда олинган ёпиқ ёки очиқ кўп бурчакликларнинг бурчак учлари қабул қилинади. Жойда белгиланган кўпбурчаклик *полигон* дейилади.

Агар съёмка қилинадиган жой маълум майдон бўлса, полигон томонлари шу майдон чегараси бўйлаб олинади, яъни полигон бир нуқтадан бошлаб майдон чегараси бўйича айланиб, яна бош нуқтага қайтилса, *ёпиқ полигон* ҳосил бўлади (VII.2-шакл, а). Агар полигон координатаси маълум бир нуқтадан бошланиб, чизиқ охирида ҳам координатаси белгиланган иккинчи бир нуқтада тугаса, бундай полигон *очиқ полигон* дейилади (VII. 2-шакл, б). Жой тафсилоти полигон томонлари ва бурчак учларига асосланиб съёмка қилинади.

Ёпиқ полигон ўрта еридаги жой тафсилотини съёмка қилиш учун полигон ичидан ўтиб, ёпиқ полигонни икки бурчагини туташтирувчи синиқ чизиқ ҳам *очиқ полигон* бўлиб, бу, кўпинча *диагональ йўл* дейилади. VII, 2-шакл, а даги ABCDEFA ёпиқ полигоннинг диагональ йўли FG HC бўлади.

Ҳар қандай полигонни съёмка қилишда жойда унинг қуйидаги уч элементини (асосий қисмларини) ўлчаш керак: 1) полигон томонлари узунлигининг горизонтал қўйилишлари d_1, d_2, \dots, d_n ; 2) томонларнинг йўналишлари $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ 3) томонлар орасидаги бурчакларнинг горизонтал қўйилишлари $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$. Ўлчанган ана шу миқдорлар қиймати план чизиш учун етарли маълумот бўлади.

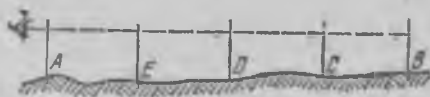
VIII боб. Жойда чизиқ олиш ва улчаш

VIII. 1. Чизиқ олиш

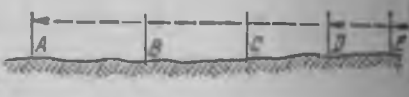
Ер юзасидаги нуқталар ўрни геодезик ишларда вежа (ола таёқ) билан белгиланади; у диаметри 3—6 см, узунлиги 2—3 м ли ёғочдан ишланиб, бир учига ерга яхши қадаш учун металлдан ишланган ўткир учлик кийдирилади. Вежа ҳар 20 см да оқ-қора ёки оқ-қизил бўёққа бўялади.

Нуқталар ерга жойига қараб узунликдаги ёғоч ёки темир қоziқлар билан маҳкамланади. Чизиқ эса унинг икки учига ўрнатилган вежалар билан белгиланади. Жойда чизиқ узунлигини улчаш учун аввал уни улчашга тайёрлаш керак. Узун чизиқларни туғри улчаш учун улар бир неча булакка бўлиниб, вежалар билан белгиланади. Жойда бир йўналиш бўйича ўтган вертикал текисликда (створда) ётувчи нуқталар ўрнини белгилаш *чизиқ олиш* дейилади. Чизиқ асосан икки усул билан олинади:

1. Жойда берилган A ва B нуқталардан ўтган створда ётувчи C, D, E, \dots нуқталар ўрнини белгилаш (VIII. 1-шакл). Бунинг учун съёмкачи A нуқтада туриб, A вежа орқали B даги вежага қарайди ва унинг курсатиши бўйича A вежа



VIII. 1- шакл.



VIII. 2- шакл.

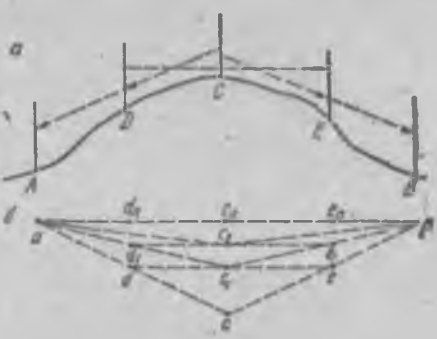
C ни, C вежа эса B ни бекитадиган қилиб, ёрдамчи C ни ўрнатади. Кейин вежалар бир-бирини беркитадиган қилиб D, E ва бошқалар қўйдирилади.

2. Жойдаги AB чизиқни давом эттириш (VIII.2-шакл). Бунда съёмкачининг ўзи ишчи ёрдамсиз ишлайди. B нуқтадан AB давомида 40—50 м масофадаги C нуқтада туриб, B ва A нуқталарни бекитадиган қилиб C вехани, кейин худди шундай йўл билан D ва E вехаларни ўрнатадики, бу вежалар бир створда ётади. Чизиқ олишда вежаларни ўрнатиш тартиби VII. 1-ва 2-шакллардаги ҳарфлар тартибига мос бўлади.

Чизиқ тепалик ва жарликдан ўтганда ҳам юқоридаги икки усулдан фойдаланиб чизиқ олиш мумкин.

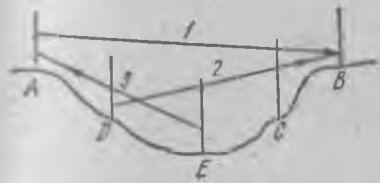
Тепалик орқали чизиқ олиш. A ва B нуқталар орасида тепалик бўлиб, нуқтанинг бири иккинчисидан кўринмасин; тепада шу нуқталар орасида A ва B нуқталардан ўтадиган створда ётувчи бир неча нуқта белгилаш керак бўлсин. Бу масала тепалардан йўл утказишда кўп учрайди. Бундай вақтда съёмкачи тепада туриб A ва B нуқталар створида ётган ихтиёрий C нуқтани белгилайли; кейин бир ишчини вежа билан CA йўналиши томон юбориб, D нуқтага вежа қўйдиради; иккинчи ишчи CB томон юриб, съёмкачи курсатиши бўйича E нуқтага вежа қўяди. D ва E нуқталар

шундай олинадики, D дан E , C ва A , E дан эса B , C ва D кўриниб. Булар VIII. 3 а-шаклдаги профилда яққол кўришиб турибди. C нуқта тахминий олинганидан C , D ва E лар AB створиди ётмаслиги мумкин. Буни VIII. 3-шаклнинг b қисмида кўрайлик; a , b , c , d ва e лар жойдаги A , B , C , D ва E ларнинг пландаги проекциялари бўлсин. Агар C нуқта AB створиди олинмаса, d дан e га қараганда c четда қолади. d даги ишчи курсатиши буйича съёмкачи c дан c_1 га ўтади; c_1 дан a ва b га қараб, d ва e даги ишчилар d_1 ва e_1 га ўтказилади. d_1 дан e_1 га қараб, съёмкачи c_1 дан c_2 га кўчирилади. Шу иш давом эттирилса, охирида d_n , c_n ва e_n нуқталар чиқади; c_n дан қараганда $c_n d_n a$ ва $c_n e_n b$ створлари ҳосил бўлади. d_n дан e_n га қараганда $d_n c_n e_n$ створи ҳосил бўлади, яъни $d_n c_n$ кесма $d_n c_n e_n$ створиди ва $ad_n c_n$ створиди ётади; худди шунга ўхшаш $c_n e_n$ кесма ҳам $c_n e_n b$ ва $d_n c_n e_n$ створиди ётади. Бу кўрсатадики, $ad_n c_n e_n b$ лар, яъни иккинчи суз билан айтганда $ADCE$ ва B лар бир створда ётади.



V. III 3-шакл.

Жарлик орқали чизиқ олиш. Берилган A ва B нуқталар орасида жарлик бўлса, жарлик тагида AB створиди C , E , D каби нуқталар ўрнини аниқлаш керак дейлик. Бу масала кўпроқ кўприк,



VIII. 4-шакл.



VIII. 5-шакл.

акведук каби иншоотлар қуришда учрайди. Бу юқоридаги икки усулдан фойдаланиб қуйидагича ишланади. A дан B га қараб (VIII. 4-шакл) C вежа ўрнатилади. Кейин CB створи орқали D вежа ўрнатилади. DA орқали E ўрнатилади. Қараш чизиқлари стрелка билан кўрсатилган.

Тўсиқни ёнлаб чизиқ олиш. Берилган A ва B нуқталар орасида тўсиқ (бино, ўрмон ва бошқалар) (VIII. 5-шакл) бўлиб, A дан B кўринмаса AB створиди тўсиқнинг икки ёнида ётувчи M ва N нуқталар ўрнини топиш учун қуйидагича ишланади. Тўсиқни ёнлаб, AC чизиқ олинади, B нуқтадан AC га перпендикуляр BC туширилади. Кейин $BC = b$, $AC = a$ ўлчанади. AC чизиқда ту-

сиқ чап ва ўнг томонида E ва D нуқталар ихтиёрий олиниб, E ва D дан AC га перпендикуляр чиқарилади; $AE = e$ ва $AD = d$ ўлчанади, AB створининг E ва D дан чиққан перпендикулярлар билан кесишган нуқталарини M ва N десак, тўғри бурчакли учбурчакликлар AEM ва ACB ҳамда ADN ва ACB нинг ўхшашлигидан қуйидагиларни ёзамиз ($EM = x_1$; $DN = x_2$ десак):

$$\frac{x_1}{e} = \frac{e}{a} \text{ ёки } x_1 = \frac{b}{a} \cdot e; \quad \frac{x_2}{d} = \frac{e}{a}; \text{ ёки } x_2 = \frac{e}{a} \cdot d$$

булади. Кейин a , e , e ва d ларнинг ўлчанган қийматларини ўринларига қўйсақ, x_1 , x_2 қийматлари топилади. Кейин E дан x_1 нинг, D дан x_2 нинг қийматини перпендикулярлар бўйича ўлчаб қўйсақ, AB створида ётувчи тўсикнинг икки ёнидаги M ва N нуқталар топилади.

Жойда перпендикуляр чиқариш ва тушириш учун экер номли асбобдан фойдаланилади.

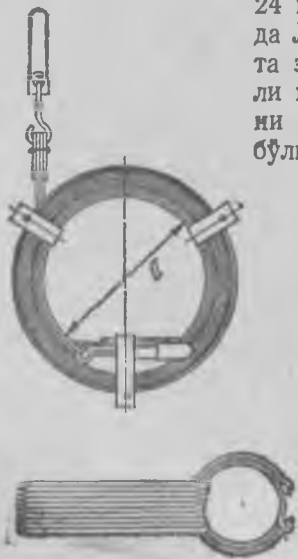
VIII. 2. Чизик ўлчаш ва қуроллари

Ўлчанадиган чизик жойда чизик олиш йўли билан белгилангач, турли чизик ўлчаш қуроллари билан унинг горизонтал қўйилиши ўлчанади. Чизик узунлигини бевосита ўлчашда осма асбоблар ёки ерда ўлчаш қуроллари ишлатилади.

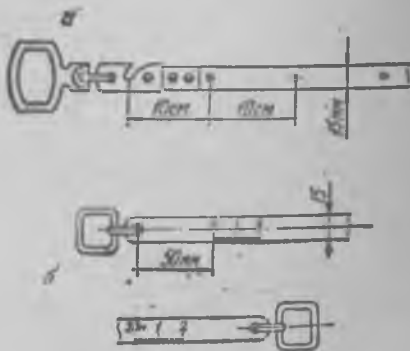
Чизик ўлчашда катта аниқлик талаб қилинмаса, лента ёки рулетка ишлатилади.

Ленталар: 10815 — 64 ГОСТ га кўра ленталар 20, 24 ва 50 м ли бўлади. Улар ЛЗ — 20 (20 Метрли ер ўлчаш лентаси), ЛЗ —

24 ва ЛЗ — 50 деб номланади. Ленталар ичида ЛЗ — 20 ҳаммадан кўп ишлатилади. Лента эни 15 — 20 мм, қалинлиги 0,4 — 0,6 мм ли пулат тунукадан ясалади. 20 м ли лентани олиб юришда уни диаметри 20 — 25 см бўлган темир ҳалқага ўраб винт билан маҳ-



VIII. 6- шакл.



VIII. 7- шакл.

қўланади. Ўлчашда ҳар қайси лентанинг 6 ёки 11 та сихчаси бўлади. Сихча диаметри 5—6 мм, узунлиги 30—40 см ли темир (йўгон сим) бўлиб, у ерга қадалади- да унга лента илинади (VIII. 6-шакл). Лента учлари штрихли ва шкалали бўлади (VIII. 7-шакл). Штрихли лента купроқ ишлатилади, унинг икки учида даста бўлиб, дастага маҳкамланган жойи илгаклик қилиб ишланган: илгакнинг ўртасида штрих чизилган; лента узунлиги икки учидаги штрихлар ораси ҳисобланади. Лентада метрлар лентага ёпиштирилган пластинкага ёзилади. Ярим метрлар доира шаклидаги заклёпка (пистон) билан белгиланган. Дециметрлар диаметри 1,5 мм ли тешиклар билан белгиланади, сантиметрлар кўзда чамалаб олинади. Чизиқ ўлчашда сихча ерга қадалиб, унга лента илинади, кейин чизиқ йўналиши бўйича лента таранг тортилиб, иккинчи учи ҳам сихчага илинади.

Чизиқни аниқ ўлчашда шкалали лента ЛЗШ ишлатилади. Бу лентанинг икки учидаги дециметр булагии миллиметрдан бўлинган бўлиб, ўлчанганда саноқ миллиметр аниқликда олинади.

Рулетка — чизиқ ўлчашда ёрдамчи қурол сифатида ишлатилади. У металл ва тесма (материя) дан тайёрланиб, узунлиги 5, 10 ва 20 м бўлади. Рулетка махсус ғилофга ўралган ҳолда олиб юрилади.

Лентани компарлаш. Геодезиянинг ҳамма ишларида ишлатиладиган асбоб ишлатишдан аввал текширилади. Агар тузатиш зарур бўлса, тузатилади, акс ҳолда бу камчилик ишлатишда ҳисобга олинади. Ленталар узунлигини текшириш лентани *компарлаш* дейилади. Компарлаш махсус жойда (компараторда) узунлиги аниқ маълум бўлган намунавий асбоб (эталон) узунлиги билан таққосланади. Компарлаш дала шароитида ўтказиладиган бўлса, текис жойда (асфальт устида) эталон лента билан текшириладиган лента ёнма-ён қўйилиб, иккаласининг 0 штрихлари туғриланади, кейин ленталар таранг тортилиб, иккинчи учларидаги фарқ миллиметр ҳисобида ўлчанади. Агар лентанинг номинал узунлиги l_N , иш лентасининг узунлиги l десак, улар ўртасидаги фарқ Δl қуйидагича бўлади:

$$\Delta l = l - l_N \quad (\text{VIII.1})$$

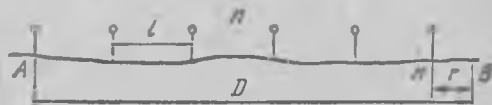
ёки

$$l = l_N + \Delta l \quad (\text{VIII.2})$$

Агар иш лентаси нормал лентадан (20 м дан) катта бўлса Δl мусбат, кичик бўлса — манфий бўлади. Δl *компарлаш тузатмаси* дейилади.

Лента билан чизиқ ўлчаш. Белгиланган чизиқ узунлигини ўлчашда лента кетма-кет бир неча марта қўйилади. Чизиқни икки киши ўлчайди. Чизиқ учига бир сихча қадалади, ишчи бешта сихчани олиб, B нуқта томон юради (VIII. 8-шакл). Съёмкачи лентанинг бир учини қадалган сихчага илиб, оёғи билан лента дастасини босади-да, ишчини B да ўрнатилган вехага туғрилайди. Лента AB створида ётгач, ишчи съёмкачи сигнали бўйича лентани таранг тортиб туриб, учига иккинчи сихчани қа-

дайди. Кейин лентани сихчадан олиб олдинга юради. Орқадаги съёмкачи бошдаги сихчани ердан олиб, бир қули билан лента дастасидан ушлаб, ишчи кетидан боради. Иккинчи сихча қадалган жойга келиб, лентани сихчага илади, шу тартибда кетма-кет лента қўйиб ишчи қулида сихча қолмагунча ўлчаш давом эттирилади (VIII. 8-шакл). Ишчи қулида сихча қолмагач, у юрмайди, шу



VIII. 8- шакл.

вакт съёмкачи қулида йиғилган сихчани ишчига узатади. Бешта сихчани узатиш 100 м ни кўрсатади. Съёмкачининг қулидаги сихчалар сони лента неча марта қўйилганини билдиради. VIII. 8-шаклдаги A ва B оралиғида лента n марта қўйилгач, чизиқ узунлигидан кичик оралиқ $MB = r$ ортиб қолди дейлик; лента узунлигини l десак, чизиқ узунлиги $AB = D$ қуйидагича бўлади:

$$D = ln + r \quad (\text{VIII.3})$$

Агар $l = 20 \pm \Delta l$ бўлса, Δl нинг r га таъсирини ҳам ҳисобга оласак, бу қийматлар (VI.3) га қўйилганда қуйидаги чиқади:

$$D = 20n \pm \Delta l n + r + r \frac{\Delta l}{20} \quad (\text{VIII.4})$$

Агар $\Delta l = 0$ бўлса, (VI.4) формула қуйидагича ёзилади:

$$D = 20n + r \quad (\text{VIII.5})$$

Чизиқ узунлигини катта аниқлик билан ўлчаш зарур бўлса, лента узунлигининг ҳаво температурасига қараб ўзгариши эътиборга олинади ва температура тузатмаси ΔD_t қўшилади. Агар лентани компарлашдаги компаратор температураси t_k , ўлчашдаги ҳаво температураси t бўлиб, булар орасидаги фарқ 10° ва ундан катта бўлганда температура тузатмаси ΔD_t қуйидагидан топилади:

$$\Delta D_t = \alpha \cdot D (t - t_k) \quad (a)$$

бу ерда α — пулат лентанинг кенгайиш коэффициенти бўлиб, 0,000012 га тенг.

Чизиқни лента билан ўлчаш аниқлиги. Пулат лента билан ер юзасида чизиқ ўлчаш аниқлигига жойнинг баланд-пастлиги, тушроқнинг тузилиши, ўт-ўланлар каби факторлар катта таъсир этади. Бундан ташқари, лентанинг чизиқ створида туғри ётмаслиги ҳам аниқликни камайтиради. Шунинг учун чизиқ ўлчаш аниқлиги жой тузилишига қараб баҳоланади. Чизиқни ўлчаш аниқлиги нисбий хато билан баҳоланади. Агар бир чизиқ икки марта ўлчаниб D_1 ва D_2 қийматлари топилган бўлса, уларнинг

арифметик ўрта қийматини D_0 , икки ўлчаш айирмасини ΔD десак. Қуйидагини ёзамиз:

$$D_0 = \frac{D_1 + D_2}{2}, \quad \Delta D = D_1 - D_2.$$

ΔD абсолют хато дейилади. Шунда нисбий хато қуйидагича ёзилади $\frac{\Delta D}{D}$ (V. 5 га қаранг). Чизиқ ўлчанадиган жойни тахминан уч турга бўлсак, шу жойларда ўлчаш аниқлиги қуйидаги чекда бўлиши керак:

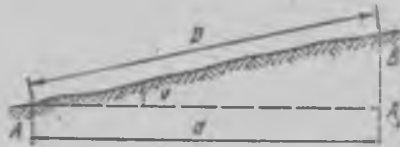
I категориядаги жой текис ва ўлчаш шароити яхши — $\frac{1}{3000}$;

II — ўртача қулай жой — $\frac{1}{2000}$;

III — ноқулай жой — $\frac{1}{1000}$.

VIII. 3. Қия чизиқнинг горизонтал қўйилишини аниқлаш

Ўлчанадиган чизиқ ҳаминша горизонтал ҳолда бўлмайди. Жой тузилишига қараб, юқорига ёки пастга оғиб боради. План чизиш учун қия чизиқларнинг горизонтал қўйилишини ўлчаш керак, буни жойига қараб, бавосита ва бево-сита ўлчаш мумкин. Масалан, жойдаги AB қия узунлиги $AB = D$ нинг горизонтал қўйилиши $AA_1 = d$, AB билан унинг горизонтал қўйилиши AA_1 орасидаги вертикал бурчак ν бўлса, ABA_1 тўғри бурчакли учбурчакликдан қуйидагини ёзамиз (VIII. 9-шакл):



VIII. 9-шакл.

$$d = D \cos \nu \quad (\text{VIII.6})$$

Агар қия чизиқ узунлиги D билан унинг горизонтал қўйилиши d орасидаги айирмани Δd десак, у қуйидагича бўлади: $\Delta d = D - d$ ёки (VIII. 6.) ни эсласак, $\Delta d = D - D \cos \nu = D(1 - \cos \nu)$, яъни

$$\Delta d = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2} \quad (\text{VIII.7})$$

катталиқ қия чизиқ горизонтал қўйилишининг *тузатмаси* дейилади. Чизиқнинг горизонтал қўйилиши d ни топиш учун жойда қия чизиқнинг узунлиги D лента билан, қиялик бурчаги ν эклиметр билан ўлчанади, кейин d ҳисоблаб топилиши керак. d нинг қийматини D ва ν бўйича ҳисобламай, махсус «Чизиқ қиялигига тузатма» жадвалидан (VIII. 1-жадвал) Δd ни топиб, кейин d қийматини қуйидаги формуладан топиш мумкин.

$$d = D - \Delta d \quad (\text{VIII.8})$$

Δd қиймати $\nu \geq 2^\circ$ бўлганда топилади.

Чизиқ қиялигининг тузатма жадвали
(тузатма мм ҳисобида берилган)

Қялик Бурчаги	Масофа, м									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1 00	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15
1 30	3	7	10	14	17	20	24	27	30	34
2 00	6	12	18	24	30	37	43	49	55	61
2 30	10	19	29	33	48	57	67	76	86	95
3 00	14	27	41	55	69	82	96	110	124	137
3 30	19	37	56	75	94	112	131	149	168	187
4 00	24	49	73	98	122	146	171	195	220	244
4 30	31	62	92	123	154	185	216	246	277	308
5 00	38	76	114	152	190	229	267	305	343	381
5 30	46	92	138	184	230	276	322	368	414	460
6 00	55	110	164	219	271	329	384	438	493	548
6 30	64	129	193	257	322	386	450	514	579	643
7 00	75	149	224	298	373	447	522	596	671	745
7 30	86	171	257	342	428	514	599	685	770	856
8 00	97	195	292	389	487	584	681	778	876	973
8 30	110	220	329	439	549	659	769	878	988	1098
9 00	123	246	369	492	616	739	862	985	1108	1231
9 30	137	274	411	548	686	823	960	1097	1234	1371
10 00	152	304	456	608	760	912	1063	1215	1367	1519

Горизонтал қўйилиш d нибевосита ўлчаш (ватерпаслаш). Агар қия чизиқ узунлиги қисқа, тик булса, унинг горизонтал қўйилишини бевосита ватерпаслаш ёрдамида ўлчаш мумкин. Бунинг учун икки ёки уч метрли рейка олинади, VIII. 10-шаклдагича A нуқтадаги вертикал веҳага рейканинг бир учи тегилиб, иккинчи учи B нуқтага қўйилади; рейка адилак (ватерпас) ёрдамида горизонтал ҳолга келтирилади. Кейин рейка учини B даги веҳага тўғрилаб, иккинчи учи C га қўйилади ва шу тартибда охиригача давом эттирилади. Агар рейка билан кетма-кет ўлчанган узунликларни d_1, d_2, d_3, d_4 десак, $AE_1 = d$ чизиқ узунлиги қўйидагича булади:

$$AE_1 = d_1 + d_2 + d_3 + d_4. \quad (\text{VIII.9})$$



VIII. 10- шакл

VIII. 4. Эклиметрлар

Қиялик бурчагини ўлчашда турли кўринишдаги эклиметрлар ишлатилади. Эклиметр оддий, доиравий ва тўртбурчаклик шаклда бўлади.

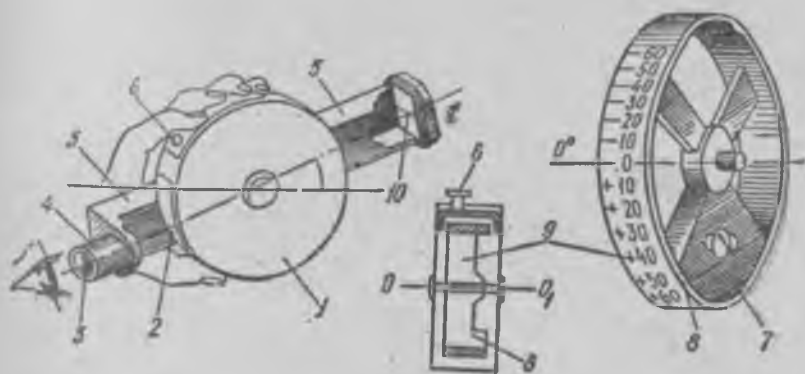
Оддий эклиметрнинг тузилиши ва ишлатилиши VIII.11-шаклда кўрсатилган. А нуқтадаги таёқ учига ўрнатилган ва марказига шовун осилган транспортирнинг асоси ОШ В нуқтадаги вежада белгиланган асбоб баландлиги К нуқтага туғриланади. Шунда шовун ипидан олинган саноқ қиялик бурчаги булади. Шаклда $AO=BK=i$ — асбоб баландлиги, OA — шовун йуналиши.



VIII. 11- шакл.

Доиравий эклиметр. VIII. 12- шаклда кўрсатилганидек, металл қутича 1 ичида маятникли диск 8 горизонтал ўқ OO_1 атрофида бемалол айланадиган қилиб ишланган. Диск (ғилдирак) гардиши 9 шаклнинг ўнг томонида курсатилгандаги каби, 0 дан $\pm 60^\circ$ гача бўлинган, юқорига қаралганда + ишорали, пастга қараганда — ишорали булаklar кўринади. Диска оғир юк 7 маҳкамланганидан OO_1 ўқ ҳамма вақт горизонтал туради.

Қути устидаги пружинали кнопка 6 босилса, диск OO_1 ўқда маятник каби ҳаракат қилиб, горизонтал вазиятда тўхтайдди. Қути ёнига тўртбурчаклик шаклидаги визирлаш (кўриш) трубаси 5 маҳкамланган, унинг бир учидидаги трубкачага кўз диоптри (тирқиш) 4, иккинчи учига нарса диоптри 10 ўрнатилган.



VIII. 12- шакл. Доиравий эклиметр ва бўлақлари:

1 — қути (наробка); 2 — дарча; 3 — лупа; 4 — кўз диоптри (тирқиш); 5 — кўриш трубаси; 6 — пистон; 7 — оғир юк; 8 — маятникли ғилдирак (диск), 9 — ободка (тегирчак); 10 — нарса диоптри.



VIII. 13- шакл.

саноқ вертикал бурчак v қиймати булади. Бунда бурчак $\pm 30'$ аниқлик билан ўлчанади.

Эклиметрни текшириш. Эклиметр ишлатишдан олдин қуйдаги шарт буйича текширилади. Эклиметр маятниги вертикал турганда ҳалқасининг ноль диаметри горизонтал булиши керак. Бунини текшириш учун A нуқтада туриб, B нуқтадаги вехага қаралади-да v_1 саноқ олинади (VIII. 13- шакл). Кейин B нуқтада туриб, A даги вехага қаралади ва v_2 саноқ олинади. Агар асбоб тўғри булса, бу саноклар тенг булиши керак; бу санок вертикал бурчак булади. Тенг булмаса, вертикал бурчак $v = \frac{v_1 + v_2}{2}$ булади. Ноль диаметр горизонтал булмай, қия булса ва горизонтал чизиқ билан x бурчак ҳосил қилса, бу хато $x = \frac{v_1 - v_2}{2}$ булади. Бу хато эклиметр юкени x қадар суриш йўли билан тузатилади.

VIII. 5. Экерлар ва уларни ишлатиш

Жойда перпендикуляр чиқариш ва туширишда турли кўринишдаги экерлар ишлатилади. Экер *оддий*, *саккиз қиррали* (*ёқли*), *икки ойнали ва призмали* булади. Оддий экер содда ясаиб, уни ишлатиш ҳам қулай. Бўйи 30 — 40 см ли икки рейкача олиб, ҳар қайси рейкачанинг икки учига p ва q , t ва n михлари вертикал қилиб қоқилади. Бу михлар *диоптр* дейилади. Кейин рейкачалар бир-бирига VIII. 14- шаклдаги каби 90°

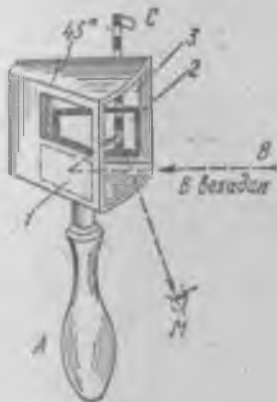


VIII. 14- шакл.

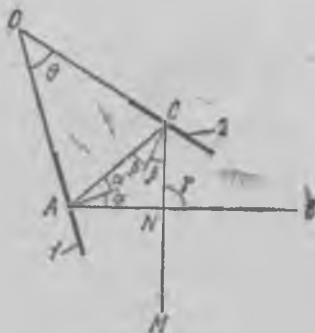
бурчак ҳосил қилган ҳолда бирлаштирилади, кейин E таёғига мих билан маҳкамланади. Бу экер ёрдамида AB чизиқнинг C нуқтасидан AB га перпендикуляр чиқариш учун экер C нуқтага урнатилиб, p ва q диоптрлар буйича B нуқтага қаралади; кейин t ва n диоптрлар буйича қараб, M веха урнатилади. Шунда MC чизиги AB га перпендикуляр булади.

Икки ойнали экер ва унинг назарияси, Икки металл

пластинкага ойна (кузгу) ёпиштирилиб, булар 45° ли бурчак билан бирлаштирилади, бу асбоб *икки ойнали экер* дейилади; бу асбоб тик чизиқ чиқариш ва туширишда қўлланилади. Бу ясалма VIII. 15- шаклда кўрсатилганидек икки томони очиқ қутчасимон махсус мосламага жойланган. *A* нуқтада туриб, экернинг очиқ томони *B* нуқтага қаратилади. *B* дан келган нур *1* ойнага тушиб акслангач, *2* ойнага тушади, ундан акслангач, *M* даги кузатувчи кўзига тушади, яъни кузатувчи *B* даги вехани кўради (экернинг



VIII. 15- шакл.



VIII. 16- шакл

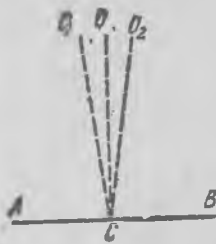
даразачаси *З* дан жойдаги веха кўринади). Кузатувчи сигнали буйича ишчи *C* даги вехани шундай ўрнатадики, *B* веханинг акси билан *C* даги веха бир-бирини давоми бўлади. Шу вақт *CM* чизиқ *BA* чизиққа перпендикуляр бўлади. Экер қуйидаги назария асосида ясалади.

AO ва *OC* пластинкаларга *1* ва *2* ойналар ёпиштирилган (VIII. 16- шакл). *B* нуқтадан келган нур *A* нуқтада қайтиб, уз йулини ўзгартиради-да *AC* томон йуналади, кейин *C* нуқтага тушгач, ундан ҳам қайтиб, *CM* томон йуналади. Нурнинг тушиш йуналиши *BA* билан икки марта синиб қайтган йуналиши *CM* кесиш увидан ҳосил бўлган γ бурчакнинг катталиги икки ойна орасидаги θ бурчак қийматига боғлиқ, *OAC* учбурчакликдан $\theta + (90^\circ - \alpha) + (90^\circ - \beta) = 180^\circ$ ёки, бу ихчамланса, $\theta = \alpha + \beta$; γ бурчак *ACN* учбурчакликка нисбатан ташқи бурчак бўлганидан, $\gamma = 2(\alpha + \beta)$, урнига қийматини қўйсак:

$$\gamma = 2\theta \quad (\text{VIII. 10})$$

бўлади; бу *икки ойнали экер формуласи* дейилади. Агар икки ойна орасидаги бурчак $\theta = 45^\circ$ бўлса, $\gamma = 90^\circ$ бўлади.

Икки ойнали экерни текшириш. Экерда икки ойна орасидаги бурчак 45° бўлиши керак. Буни текшириш учун жойда *AB* чизиқни олиб, унинг ўртасидаги *C* нуқтадан *AB* га аввал *A* буйича, кейин *B* буйича перпендикуляр чиқарилади. Агар иккала-сида ҳам бир чизиқ *CO* чиқса, асбоб тўғри бўлади. (VIII. 17)

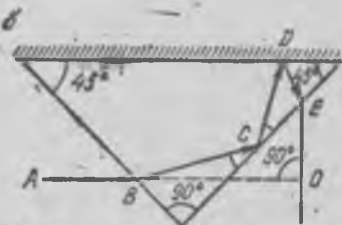
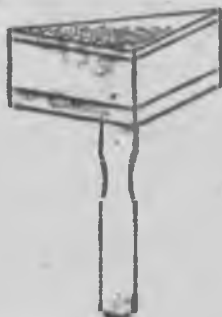


VIII, 17- шакл.

шакл). Агар A буйича чиқарганда O_1 нуқта, B буйича чиқарганда O_2 нуқта ҳосил бўлса, O_1 O_2 кесмани тенг иккига бўлиб, O нуқта белгиланади, кейин A ёки B орқали O вежа тўғри келадиган қилиб, бир ойнадаги тузатиш винти озроқ буралади.

Саккиз қиррали экер ҳозир ишлатилмайди.

Призмали экерлар. Призмали экер атрофи ойналар билан турлича уралган қутича шаклида бўлиб, асосининг тузилиши буйича уч ёқли, тўрт ёқли ва беш ёқли қилиб, призмадан ясалади.



VIII, 18- шакл.

Учёқли призмали экер асоси тўғри бурчакли тенг ёнли учбурчаклик бўлиб, гипотенузасининг юзаси акслантирувчи қатлам билан қопланган. Нурнинг тушишига қараб, турлича аксланиши (қайтиши) мумкин. VIII. 18- шакл, a да уч ёқли призмали экернинг ташқи кўриниши, VIII- шакл, b да эса нурнинг қайтиш йули кўрсатилган. Ташқаридан келган AB нур B нуқтада синиб, C нуқтага тушади, ундан синиб, D нуқтага, ундан қайтиб, E нуқтага тушади, ундан чиқиб, O нуқтада AB йуналиш билан 90° ли бурчак ҳосил қилган ҳолда кесишади. Тўрт ёқли, беш ёқли экерлар ҳам юқоридаги каби қондага асосланади.

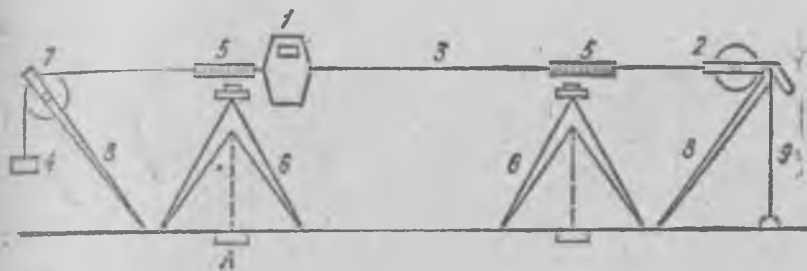
VIII. 6. Инвар сим билан чизиқ ўлчаш

Чизиқ узунлигини юқори аниқлик билан ўлчашда 65% темир, 35% никелдан иборат қотишмадан тайёрланган 24 м ли сим ишлатилади. Унинг икки учига миллиметрларга бўлинган 15 см ли металл ясалма (шкала) маҳкамланган бўлиб, симнинг учлари иккита штатив устига қўйилиб, 10 кг юк билан таранг тортилади ва шу он штативлар устидаги ўткир белги буйича шкалалардан миллиметрнинг 0,1 бўлагигача аниқликда саноқ олинади (VIII. 19- шакл). Олинган саноқлар буйича чизиқ узунлиги аниқланади. Инвар сим ёрдамида чизиқ 1:1 000 000 аниқликда ўлчанади.

Длиномер ва чизиқ ўлчаш. Полигонометрияда чизиқ узунлигини ўлчашда $ADIM$ шифрли длиномер (узунлик ўлчагич) ишлатилади. У диаметри 0,8 мм ли пўлат симдан ясалиб, икки учига шкалали диск ўрнатилган, симнинг узунлиги 500 м, у диаметри 160 мм ли бабин 2 га ўралган (VIII. 20- шакл). Сим 3 икки учидидаги шкаладан 5 штатив устидаги мослама буйича саноқ олинади. Симнинг бир учи узангига ўхшаш мослама 9 га маҳкамланади, ик-



VII. 19- шакл.



VIII. 20- шакл.

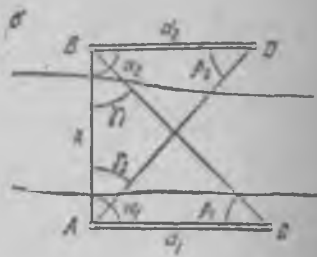
кинчи учига 15 кг ли юк осилади, бунда 1:10 000 аниқлик билан ўлчаш мумкин. 1:5000 аниқлик билан ўлчаш учун динамометр ишлатилади. Шкала қиймати 5 мм бўлиб, сим таранг тортилгач, икки фиксатор ва доиравий шкала бўйича сантиметр ва миллиметр саноклари олинади. Ўлчаш ва ҳисоблаш инвар симидаги каби бўлади.

ВНИМИ заводи чиқарадиган АД- 1 м шифорли дальномер ҳам ишлатиладики, унда чизик пулат сим ёрдамида ўлчанади.

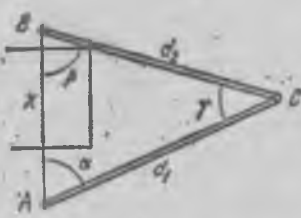
Кейинги даврда чизик узунлигини ўлчашда турли куринишдаги дальномерлар ишлатила бошланди. Дальномер, уларнинг тури ва ишлатилиши билан тахеометрик съёмка бобида танишамиз.

VIII. 7. Бевосита ўлчаб бўлмас масофани аниқлаш

Ўлчанадиган масофа, масалан полигон томонининг узунлиги AB жарлик, қўл ёки дарё каби тўсиқ орқали утиб, уни ўлчов воситалари ёрдамида бевосита ўлчаб бўлмаса, бундай масофа тригонометрик формулалар ёрдамида бевосита аниқланади. Масалан, дарё кенлиги (VIII. 21- шакл, а) AB ни аниқлаш керак бўлсин. Бунинг учун A нуқтанинг икки томонида ихтиёрий AC ва AD чизиклар қулай ўлчанадиган жойдан олинади. Булар базис дейилади. Базислар узунлиги шундай олиндики, γ_1 ва γ_2 бурчаклар қиймати 30° дан кичик, 150° дан катта бўлмайди. Масалан, $AC = d_1$, $AD = d_2$ бўлсин. Теодолитни A , C ва D нуқталарга ўрнатиб, α_1 , α_2 , β_1 ва β_2 бурчаклар ўлчанади. ABC ва ABD учбурчакликлардан синуслар теоремаси бўйича $AB = X$ ни ҳисобласак, икки қиймат чиқади:



VIII, 21- шакл.



$$ABC \text{ дан } X_1 = \frac{d_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \cdot \sin\beta_1$$

$$ADB \text{ дан } X_2 = \frac{d_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} \cdot \sin\beta_2$$

булади. Топилган икки қийматнинг фарқи $\Delta X = X_1 - X_2$ абсолют хато

$$\text{булиб, нисбий хато } \frac{\Delta X}{X} \leq \frac{1}{2000}$$

булиши керак; бу ерда $X = \frac{X_1 + X_2}{2}$. Агар нисбий хато юқоридаги шартни қаноатлантирса, X_1 ва X_2 ларнинг арифметик ўртаси X қабул қилинади.

Масофани аниқ ўлчаш учун ҳамма вақт масофа икки базис орқали ҳисобланиб, уларнинг арифметик ўртаси қабул қилинади.

Агар B нуқтага асбоб ўрнатиш мумкин бўлса, бир базис ва учбурчакликдаги α , β ва γ бурчакларни ўлчаш кифоя. Шунда $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$ булиши керак. Агар $\alpha + \beta + \gamma - 180^\circ = f_p$ бўлиб, хато йўл қўяри бўлса, у тарқатилиб, тузатилган бурчаклар бўйича X ҳисобланади. Бунда

$$X = d \frac{\sin\beta}{\sin\gamma}$$

булади.

Агар тўсиқ (дарё)нинг икки ёнида туриш ва базис олиш мумкин бўлса, VIII. 21- шакл, б даги каби ишланади. Бунда ҳам $AB = X$ узунлик икки марта аниқланади, кейин натижаларнинг арифметик ўртаси топилади. Ўлчанган бурчаклар тенглангач,

$$\frac{X_1}{\sin\beta_1} = \frac{d_1}{\sin\gamma_1} \text{ ёки } X_1 = \frac{\sin\beta_1}{\sin\gamma_1} \cdot d_1; \text{ худди шунга ўхшаш } X_2 = \frac{\sin\beta_2}{\sin\gamma_2} \cdot d_2; X = \frac{X_1 + X_2}{2} \text{ бўлади.}$$

Агар тўсиқ бино, ўрмон ва шунга ўхшаш бўлиб, A дан B кўринмаса, (VIII. 21- шакл, в) тўсиқнинг икки ёнида $AC = d_1$ ва $BC = d_2$ базислар ва учбурчакликнинг α , β ва γ бурчаклари ўлчанади. Шунда $AB = X$ икки базис орқали қуйидагича ҳисобланади:

$$\frac{X}{\sin\gamma} = \frac{d_1}{\sin\beta} = \frac{d_2}{\sin\alpha}$$

бундан

$$X_1 = \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} \cdot d_1; \quad X_2 = \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} d_2$$

ёни

$$X = \frac{X_1 + X_2}{2}$$

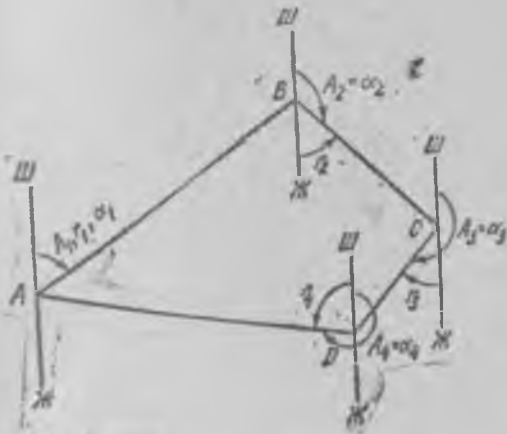
келиб чиқади.

IX боб. Ориентирлаш

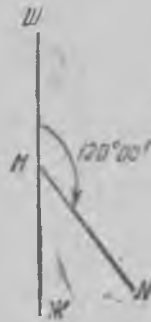
IX. 1. Жойда чизиқлар йўналишини аниқлаш

Берилган чизиқ йўналишини Ернинг тўрт томонига нисбатан қандай кетишини бирор бош йўналишга нисбатан аниқлаш *чизиқни ориентирлаш* дейилади. Маълумки, Ер юзасидаги ҳар қандай нуқтадан ёлғиз бир меридиан ўтади ва унинг йўналиши ўзгармайди. Шунга кўра, нуқтадан ўтган чизиқнинг йўналиши шу нуқта меридианининг йўналишига нисбатан берилган чизиқ ҳосил қилган бурчак орқали аниқланади. Бу бурчаклар азимут, румб ва дирекцион бурчакларга бўлинади.

Азимутлар. Жойда берилган чизиқ учидан ўтган меридианининг шимол йўналишидан соат стрелкасининг юриши бўйича чизиқ горизонтал қўйилишининг йўналишигача бўлган бурчак *азимут* дейилади ва A билан белгиланади. Масалан, $ABCD$ полигонда AB чизиқнинг (IX. 1-шакл) азимути A_1 га тенг бўлиб, $A_{AB} = A_1$ шаклида ёзилади. Худди шунга ўхшаш, BC чизиқ азимути $A_{BC} = A_2$ ва $A_{CD} = A_3$, $A_{DA} = A_4$. Азимут қиймати 0° дан 360° гача бўла олади, яъни $0^\circ \leq A \leq 360^\circ$. Азимут қиймати берилса, шу азимутга тегишли чизиқни ясаш мумкин. Масалан, MN чизиқнинг азимути $A_{MN} = 120^\circ 00'$ бўлса, чизиқни ясаш учун M нуқтани белгилаб (IX



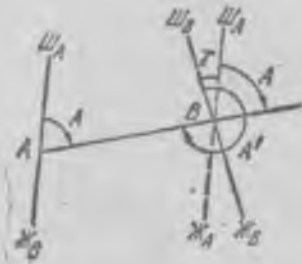
IX, 1-шакл.



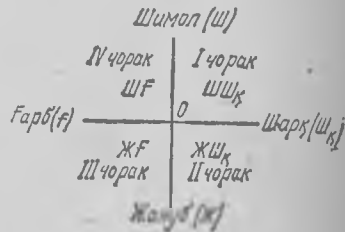
IX, 2-шакл.

2-шакл), ундан меридиан $ШЖ$ ўтказилади; кейин транспортир ёрдамида M нуқтада шимолдан ҳисоблаб 120° бурчак ясалади.

Тўғри ва тескари азимут. Геодезияда чизиқ номини икки ҳарф билан белгилашда ҳарфларнинг олдин-кейинлигига қараб, чизиқ йўналиши ўзгаради ва, шунга яраша, чизиқ азимутининг қиймати ҳам турлича бўлади. Масалан, IX. 3-шаклда AB чизиқни



IX. 3- шакл.



IX. 4- шакл.

тўғри десак, BA чизиқ тескари бўлади; бу чизиқларнинг азимутлари ҳам тўғри ва тескари дейилади. AB чизиқнинг A нуқтасидан $Ш_АЖ_А$ меридианини, B нуқтасидан $Ш_БЖ_Б$ меридианини ўтказсак, азимут таърифи бўйича AB чизиқнинг азимутини $A_{AB} = A$ тўғри азимут, BA чизиқнинг азимутини $A_{BA} = A'$ тескари азимут бўлади. Тўғри ва тескари азимутлар орасидаги муносабатни қуйидагича чиқариш мумкин. B нуқтадан A нуқта меридиани $Ш_АЖ_А$ га параллел $Ш_АЖ_А$ чизиқ ўтказиб, бурчакларни шаклдагича белгиласак, қуйидагини ёзамиз:

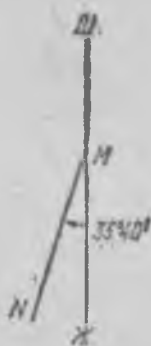
$$A' = A + 180^\circ + \gamma, \quad (\text{IX.I})$$

бу ерда γ — икки меридиан орасидаги бурчак булиб, меридианларнинг яқинлашиш бурчаги дейилади. Шундай қилиб, тескари азимут тўғри азимут билан 180° ва меридианлар яқинлашиш бурчаги йиғиндисига тенг. A нуқтага нисбатан B нуқта ўнгда (мисолдаги каби) бўлса, γ мусбат, чапда (ғарбда) бўлса, γ манфий бўлади, шунга кўра (IX.I) формула ўзгармайди, γ ўз ишораси билан олинади.

Румблар. Чизиқ йўналишини ўткир бурчак билан ҳам аниқлаш мумкин. Чизиқнинг горизонтал қуйилиши билан чизиқ учидан ўтган меридиан орасидаги ўткир бурчак *румб бурчаги* дейилади ва r ҳарфи билан белгиланади (IX.I-шакл). Румб бурчагининг ёлғиз градус қиймати чизиқ йўналишини белгилаш учун кифоя қилмайди ва румб бурчаги бўйича чизиқни ясаб ҳам бўлмайди. Чизиқ румбининг градус қиймати билан бирга, чизиқнинг ернинг тўрт томонига нисбатан қандай йўналганлигини чораклар билан курсатиш керак. Масалан, IX.4-шаклда O нуқтадан ўтган меридиан ва унга перпендикуляр чизиқ билан текислик тўрт чоракка бўлинган; чораклар шимолдан соат стрелкасининг айланиши бўйича I, II, III ва IV билан номерланган. Шунда I чорак шимол билан шарқ орасида



IX. 5- шакл.



IX. 6- шакл.

булганидан, шу чоракда ётувчи чизиқлар румбининг номи шимоли-шарқ (ШШ_κ), II чоракда — жануби шарқ (ЖШ_κ), III чоракда — жануби ғарб (ЖФ) ва IV чоракда — шимоли ғарб (ШФ) деб аталади ва қавслар ичидаги каби белгиланади.

Чизиқнинг румб қийматларини ёзишда аввал чорак номи ёзилиб, унинг кетидан икки нуқта қўйилади-да, румб бурчагининг соний қиймати ёзилади. IX. 5-шаклда O нуқтадан чораклар буйича чиққан нурларнинг азимутлари, румблари ва чоракдаги румб номлари кўрсатилган. OA чизиқ I чоракда булганидан унинг румби $\text{ШШ}_\kappa:r_1$ тарзида, OB чизиқ II чоракда, румби $\text{ЖШ}_\kappa:r_2$, OC чизиқ III чоракда, румби $\text{ЖФ}:r_3$ ва OD чизиқ IV чоракда, румби $\text{ШФ}:r_4$ тарзида ёзилади.

Агар чизиқ румбининг номи ва градус қиймати берилса, чизиқ қуйидагича ясалади.

Масалан, $r_{MN} = \text{ЖФ}:35^\circ40'$ булган чизиқни ясаб кўрайлик. Бунинг учун ихтиёрий m нуқта олиниб, ундан меридиан ўтказилди, кейин меридиан жанубий қисмининг ғарб томонида (IX.6-шакл) транспортёр ёрдами билан $35^\circ40'$ ли бурчак ясалади.

IX.1-шаклда полигон томонларининг азимут ва румблари кўрсатилган. AB томон румби $r_{AB} = \text{ШШ}_\kappa:r_1$; $r_{BC} = \text{ЖШ}_\kappa:r_2$ ва ҳоказо.

Тўғри ва тескари румб. Чизиқ румблари ҳам тўғри ва тескари бўлади. IX.7-шаклдаги AB чизиқнинг тўғри румби $r_{AB} = \text{ШШ}_\kappa:r$ бўлса, тескари чизиқ BA нинг румби, яъни тескари румби $r_{BA} = \text{ЖФ}:r'$ бўлади.

Бир чизиқнинг тўғри ва тескари румбларини аниқлашда ҳам меридианларнинг параллел булмаслигидаги меридианлар яқинлашиш бурчаги γ ни ҳисобга олиш керак, Шакл буйича тўғри румб $\text{ШШ}_\kappa:r$, тескари румб $\text{ЖФ}:r'$ бўлади, ёки



IX. 7, шакл,

$$r' = r + \gamma, \quad (\text{IX.2})$$

яъни тескари румб туғри румб қиймати билан меридианлар яқинлашиш бурчагининг йиғиндисига тенг бўлиб номларида ухшаш ҳарфлар бўлмайди.

IX.2. Меридианларнинг яқинлашиш бурчаги

Чизиқ йўналишини азимут ва румблар билан аниқлашда меридианларнинг параллел эмаслигини эътиборга олиб, азимут ёки румб қийматига меридианларнинг яқинлашиш бурчагини қўшиш ёки айриш керак. Икки нуқтадан ўтган меридианлар орасидаги бурчак *меридианларнинг яқинлашиш бурчаги* дейилади.



Х. 8- шакл,

Агар ер шари юзасида бир хил параллелда ётувчи *A* ва *B* нуқталарни (IX.8-шакл) олиб, улардан меридианларига уринмалар *AC* ва *BC* ўтказилса, ярим кун чизиғи булганидан улар орасидаги γ бурчак меридианлар яқинлашиш бурчаги булади. *A* ва *B* нуқталар кенгласини φ , узоқламаларини λ_A ва λ_B десак, улар айирмаси $\lambda_B - \lambda_A = \Delta\lambda$ узоқламалар фарқи булади. Ер шари радиусини *R* десак, параллелнинг радиуси $AO = r$ булса, $A_1O_1A = \varphi$, $O_1A = O_1A_1 = R$, $O_1A \perp AC$ эканини эслаб, O_1AO учбурчакликдан қуйидагини ёзамиз: $OA = AO_1 \cos \varphi$, ёки

$$r = R \cos \varphi \quad \text{a)}$$

O_1AC туғри бурчакли учбурчакликдан $AC = AO_1 \operatorname{tg} (90^\circ - \varphi) = AO_1 \operatorname{ctg} \varphi$, ёки

$$AC = R \operatorname{ctg} \varphi. \quad \text{б)}$$

Параллел ёйи $AB = l$ нинг марказий бурчаги $\Delta\lambda$ орқали $l = r\Delta\lambda$ ёки (а) ни эсласак,

$$l = R \cos \varphi \Delta\lambda \quad \text{в)}$$

булади. ACB сектордан *C* даги марказий бурчак γ ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\gamma = \frac{l}{AC}, \quad \text{ёки} \quad \gamma = \frac{R \cos \varphi \Delta\lambda}{R \operatorname{ctg} \varphi},$$

бу ифо дани соддалаштирсак,

$$\gamma = \Delta\lambda \sin \varphi \quad (\text{IX.3})$$

булади. яъни меридианлар яқинлашиш бурчаги γ икки нуқта узоқламалари айирмаси билан нуқталар ўртача кенгласининг синуси орасидаги купайтмага тенг. Бу формула меридианлар яқинлашиш бурчагининг қийматини ҳисоблашда асосий формула ҳисобланади.

Агар $\varphi = 0^\circ$ бўлса, $\gamma = 0$ бўлиб, меридианлар параллел бўлади,

$\varphi = 90^\circ$ бўлса, $\gamma = \Delta\lambda$ бўлади.

Агар икки нуқта оралигини узунлик бирлигида (*км* ҳисобида) ифодаласак, (IX.3) формула қуйидагича ёзилади; IX.8-шаклга кўра,

$$\Delta\lambda = \frac{l}{R} = \frac{l}{R \cos \varphi}$$

бўлади. Буни (IX.3) га қўйсак,

$$\gamma = \frac{l}{R \cos \varphi} \cdot \sin \varphi = \frac{l}{R} \operatorname{tg} \varphi$$

чиқади. Агар γ ни минутда ифодаласак, $\rho' = 3438'$ га кўпайтирамиз; R ўрнига унинг қиймати $R = 6371$ км ни қўйсак, $\gamma = \frac{3438'}{6371} \times$

$\times l_{\text{км}} \operatorname{tg} \varphi$ бўлади. Буни соддалаштирсак,

$$\gamma' = 0,54 l_{\text{км}} \operatorname{tg} \varphi \quad (\text{IX.4})$$

бўлади.

$l_{\text{км}}$ — икки нуқта орасидаги масофа *км* ҳисобида олинади.

Юқоридаги формулалардан фойдаланиб қуйидаги мисолни ишлайлик. Географик координатаси $\varphi = 41^\circ 18'$, $\lambda = 69^\circ 17'$ бўлган нуқтанинг шу нуқта ётган зона ўқий меридиани билан нуқта меридиани орасидаги яқинлашиш бурчагини аниқлаш керак. Бунинг учун аввал (III.3) буйича зона номерини, (III.4) буйича ўқий меридиан узоқламасини топамиз. Зона номери $N = \frac{69^\circ}{6} + 1 = 11 + 1 =$

$= 12$; ўқий меридиан узоқламаси $\lambda_0 = 6N - 3^\circ = 6 \cdot 12 - 3^\circ =$

$69^\circ 00'$ бўлади. Шунда $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = 69^\circ 17' - 69^\circ 00' = +00^\circ 17'$,

(IX.3) формула буйича $\gamma' = 17' \cdot \sin 41^\circ 18' = 17' \cdot 0,66 = +11'00''$.

(IX.4) формула асосида ҳисоблаш учун нуқтанинг ўқий меридиан

узоқлиги $l_{\text{км}}$ аниқланиши лозим. Агар нуқта ётган зонадаги тра-

пеция урта нуқтасининг ординатасини $y = 523,50$ км деб олсак

(II.4), $l_{\text{км}} = 523,50 - 500,00 = 23,50$ км чиқади. $\operatorname{tg} 41^\circ 18' = 0,878$

эканлигини эслаб, бу қийматларни (IX.4) га қўйсак, $\gamma = 0,54 \cdot 23 \times$

$\times 50 \cdot 0,878 = 11,06'$ чиқади.

Агар $\varphi = 41^\circ 18'$ деб, $l_{\text{км}}$ га турли қийматлар берсак, қуйидаги

(IX.1) жадвал чиқади:

IX.1-жадвал

$l_{\text{км}}$	1	2	3	4	5	10	20
γ'	0,47	0,95	1,42	1,89	2,37	4,74	9,48

Бу жадвал шуни кўрсатадики, зона системасида ордината 5 километргача булганда меридианлар яқинлашиш бурчаги $2'$ бўлади. Инженерлик ишларида бурчак ўлчашда йўл қўйиладиган хато ҳам жойига қараб шунга яқин бўлади. Шунинг учун масофаси 5 км гача булган жойларда меридианлар яқинлашиш бурчагини ҳисобга

олмай, меридианларни параллел десак, катта хато бўлмайди. Меридианларни параллел деб аниқланган азимут бурчаги *дирекцион бурчак* дейилади, румб бурчаклар эса *ўқий румб* деб аталади.

IX. 3. Дирекцион бурчаклар

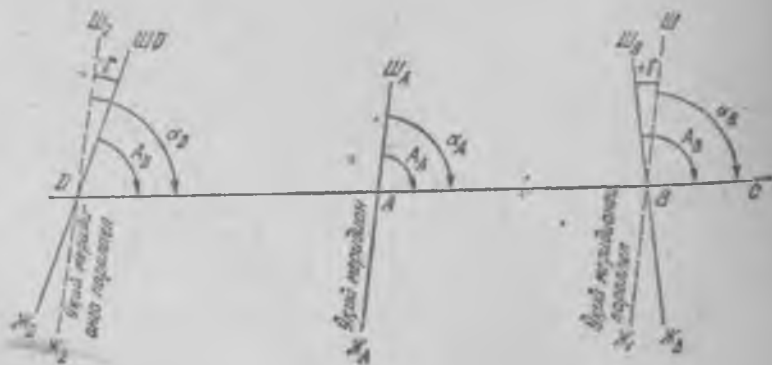
Зона системасида иш олиб борилганда чизиқ йўналишини аниқлашда зонанинг ўқий меридиани асос қилиб олинади ва полигон учларидан ўқий меридианга параллел чизиқлар ўтказилиб, шунга нисбатан чизиқнинг йўналиши топилади. Шунда чизиқ учидан ўқий меридианга параллел ўтган чизиқнинг шимолий йўналишидан соат стрелкаси юрадиган томон буйлаб берилган чизиққача булган горизонтал бурчак *дирекцион бурчак* бўлиб, α ҳарфи билан белгиланади. Дирекцион бурчак ҳам азимут бурчаги каби 0° дан 360° гача бўлади, яъни $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$. Кичик жойларда чизиқ азимути ва дирекцион бурчаги бир хил булганидан, азимутни дирекцион бурчак деб олинади. Бир йўналишдаги чизиқнинг дирекцион бурчаги чизиқнинг ҳамма нуқтасида бир хил бўлади (IX.9-шакл). DC чизиқнинг D , A ва B нуқталаридан $Ш_DЖ_D$, $Ш_AЖ_A$ ва $Ш_BЖ_B$ меридианлар ўтказиб, DC чизиқ азимутлари топилган; шаклга кўра: $A_D < A_A < A_B$.

D ва B нуқталардан A нуқта меридианига (ўқий меридиан) параллел чизиқлар ўтказилган, яъни $Ш_2Ж_2 \parallel Ш_AЖ_A \parallel Ш_1Ж_1$.

Шу параллел меридианлар шимолидан DC чизиққача ҳисобланган дирекцион бурчаклар ҳамма ерда бир хилда, яъни $\alpha_D = \alpha_A = \alpha_B$. Меридианлар яқинлашиш бурчаги ўқий меридиандан шарқдаги (унгдаги) нуқтада мусбат ($+\gamma$), ғарбдаги (чапдаги) нуқтада манфий ($-\gamma$) ишора билан олинади. IX. 9-шаклдан қуйидаги тенгликни ёзиш мумкин:

$$A = \alpha + \gamma, \quad (\text{IX.5})$$

яъни азимут дирекцион бурчакка меридианлар яқинлашиш бурчанинг алгебраик қўшилганига тенг. Бу формула меридианлар яқин-



IX, 9- шакл,

дишиш бурчаги ғарбий бўлганда ҳам қўлланилади. Масалан, D нуқтада $\alpha_D = 125^\circ 10'$, $\gamma = -30'$ бўлса, $A_D = 125^\circ 10' - 00^\circ 30' = 124^\circ 40'$ бўлади. Бу қўлланмада меридианларнинг яқинлашиш бурчагини ҳисобга олмай, меридианларни параллел деб ҳисоблаб, чизиқ йўналишини дирекцион ва румб бурчаклар билан ифодалаймиз. Шунда IX.1-ва IX.5-шакллардаги A ларни α лар билан алмаштириш мумкин.

Тўғри ва тескари дирекцион бурчак. Тўғри чизиқ AB нинг дирекцион бурчаги $\alpha_{AB} = \alpha$ билан, тескари чизиқ BA нинг дирекцион бурчаги $\alpha_{BA} = \alpha'$ орасида, IX.10-шаклга кура қуйидаги муносабатни ёзиш мумкин:

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180^\circ \text{ ёки } \alpha' = \alpha + 180^\circ, \quad (\text{IX.6})$$

яъни тескари дирекцион бурчак тўғри дирекцион бурчакка 180° қўшилганига тенг.

IX. 4. Дирекцион бурчак билан румб бурчаги орасидаги муносабат

Юқорида кўрдикки, жойдаги бир чизиқ йўналишини азимут ёки дирекцион бурчак ва румб бурчаклари ёрдамида аниқлаш мумкин. Шунга кура, дирекцион ва румб бурчаклари орасида қуйидаги математик муносабат бор. IX.1-ва IX.5-шакллардан куринадики, I чоракда $\alpha_1 = r_1$, II чоракда $r_2 = 180 - \alpha_2$ ва ҳоказо. Бу муносабатни қуйидаги IX.2-жадвалда келтирамиз.

IX.2-жадвал

Дирекцион ва румб бурчаклари орасидаги муносабат

Чораклар	Дирекцион бурчак қиймати	Румб номи	Дирекцион бурчак орқали румбни ҳисоблаш	Румб орқали дирекцион бурчакни ҳисоблаш
I	$0^\circ < \alpha_1 < 90^\circ$	$ШШ_K$	$r_1 = \alpha_1$	$\alpha_1 = r_1$
II	$90^\circ < \alpha_2 < 180^\circ$	$ЖШ_K$	$r_2 = 180 - \alpha_2$	$\alpha_2 = 180^\circ - r_2$
III	$180^\circ < \alpha_3 < 270^\circ$	$ЖФ$	$r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$	$\alpha_3 = 180^\circ + r_3$
IV	$270^\circ < \alpha_4 < 360^\circ$	$ШФ$	$r_4 = 360 - \alpha_4$	$\alpha_4 = 360 - r_4$

IX.2-жадвал асосида мисол ечайлик.

Мисол. $\alpha_{MN} = 210^\circ 15'$ бўлса, r_{MN} , яъни MN чизиқнинг румби қанча бўлади? Жадвалда $\alpha = 210^\circ 15'$ бўлганда, чизиқ III чоракда; шунга кура румб номи $ЖФ$ бўлади; жадвал буйича $r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$ бўлганидан, румб қиймати $r_{MN} = \alpha_{MN} - 180^\circ = 210^\circ 15' - 180^\circ = 30^\circ 15'$ бўлади. Румб қиймати қуйидагича ёзилади:

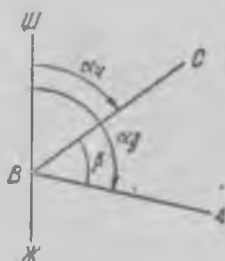
$$r_{MN} = ЖФ: 30^\circ 15'$$

IX.5. Бурчак томонларининг дирекцион бурчаклари орқали ички бурчакни ҳисоблаш

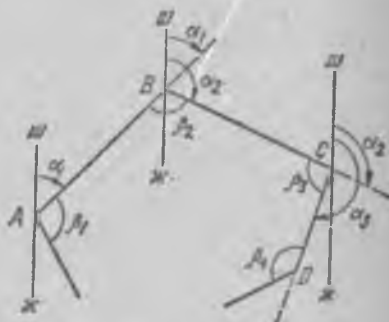
Бир бурчак икки ён томонининг дирекцион ёки азимут бурчаклари орқали β бурчакнинг қиймати қуйидагича бўлади (IX.11-шакл):

$$\beta = \alpha_{\text{y}} - \alpha_{\text{ч}}, \quad \text{ёки} \quad \beta = A_{\text{y}} - A_{\text{ч}}, \quad (\text{IX.7})$$

яъни β нинг қиймати бир нуқтадан чиққан икки чизиқ орасидаги бурчакнинг унг томонидаги дирекцион (азимут) бурчаги билан чап томонидаги дирекцион (азимут) бурчаги айирмасига тенг. Бу тенгламада $\alpha_{\text{ч}}$, α_{y} — унг ва чап томон дирекцион бурчаклари.



IX. 11- шакл.



IX. 12- шакл.

IX. 6. Полигон бурчаклари орқали томонларнинг дирекцион бурчакларини ҳисоблаш

Одатда жойда полигоннинг бир томони йўналиши (азимут ёки дирекцион бурчаги) аниқланиб, полигоннинг ҳамма бурчаклари ўлчанади. Кейин ўлчанган бурчаклар тенглангач, маълум томоннинг дирекцион бурчаги бўйича, ички бурчаклар орқали, қолган томонларнинг дирекцион бурчаги ҳисобланади. $ABCD \dots A$ полигоннинг ички унг бурчаклари $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ (IX.12-шакл) ўлчанган ва бош томоннинг дирекцион бурчаги α_1 аниқланган, қолган томонларнинг дирекцион бурчаклари $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ ни аниқлаш керак, дейлик. B нуқтадаги BC томон дирекцион бурчаги α_2 шаклга биноан қуйидагича аниқланади:

$$\alpha_2 + \beta_2 = \alpha_1 + 180^\circ,$$

ёки

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2. \quad (\text{a})$$

Худди шунга ўхшаш, C нуқтадаги учинчи томон CD нинг дирекцион бурчаги α_3 қуйидагича бўлади:

$$\alpha_3 = \alpha_2 + 180^\circ - \beta_3. \quad (\text{б})$$

Худди юқоридаги каби ишланса, тўртинчи томоннинг дирекцион бурчаги α_4 қуйидагича бўлади:

$$\alpha_4 = \alpha_3 + 180^\circ - \beta_4. \quad (\text{в})$$

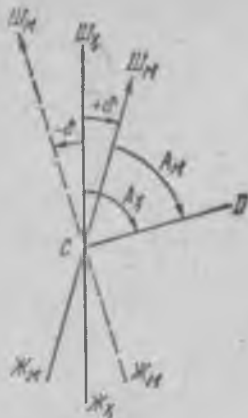
Кейинги томонларнинг дирекцион бурчаклари ҳам (а), (б), (в) даги ҳолида асосида ҳисобланади, яъни кейинги томон дирекцион бурчаги илгариги томон дирекцион бурчагига 180° қушилганидан шу икки томон орасидаги ўнг бурчакнинг айрилганига тенг. Шунда n -томоннинг дирекцион бурчаги қуйидагича ёзилади:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n \quad (\text{IX.8})$$

Агар полигоннинг соат стрелкаси бўйича юришда чап бурчаги γ ўлчанган бўлса (IX.13-шакл), ўнг бурчак $\beta = 360 - \gamma$ бўлиб, у (IX.8) га қўйилса,

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} - 180^\circ + \gamma_n \quad (\text{IX.9})$$

булади.



IX. 13-шакл.

IX.7. Ҳақиқий ва магнитавий азимутлар

Ер юзасидаги ихтиёрӣ нуқтадан ўтган географик (ҳақиқий) меридиан йўналишини исталган вақтда аниқлаш мумкин бўлавермайди. Ҳақиқий меридиан йўналиши астрономик кузатишлар орқали (масалан, Берунийнинг ҳинд айланаси ёрдамида, қутб юлдузини кузатиш билан) аниқланади. Кундалик геодезик ишларни олиб боришда ҳақиқий меридиан урнига магнит стрелканинг йўналиши бўлган магнитавий меридиан қабул қилинади.

Магнит стрелкани эркин айланадиган қилиб сикҳча устига горизонтал ҳолда илinsa, у Ернинг магнитавий майдонидаги кучлар таъсирида маълум йўналишни эгаллайди. Ер шимолий ва жанубий ярим шарининг ҳамма нуқтасидаги магнитавий куч чизиқлари ўз давомида шимолий ярим шарда бир нуқтада, жанубда ҳам бир нуқтада кесишадики, бу нуқталар *шимолий* ва *жанубий магнитавий қутблар* дейилади. Магнитавий қутблар Ернинг географик қутбларига туғри келмайди. Берилган нуқта магнитавий ўқининг сатҳий юзага тушган проекцияси *магнитавий меридиан* дейилади.

Чизиқ учидан ўтган магнитавий меридиан шимолий йўналишидан соат стрелкаси юрадиган томонга йўналган чизиққача бўлган бурчак *магнитавий азимут* дейилади ва A_m билан белгиланади (IX. 3-шакл).

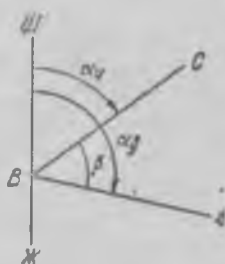
Магнит стрелканинг оғиш бурчаги. Бир нуқтадан ўтган географик ва магнитавий меридианлар бир йўналишда ётмай, ўзаро δ бурчак ҳосил қилиб кесишади, бу δ бурчак *магнит стрелканинг оғиш* (қийшайиш) *бурчаги* ёки, қисқача қилиб, *магнитавий оғиш бурчаги* дейилади. Магнитавий стрелканинг шимолий учи шимолий ярим шарда ҳақиқий меридианга нисбатан шарққа томон оғса, оғиш *шарқий* дейилиб, мусбат ишора билан, ғарбда бўлса — *ғарбий* дейилиб, манфий ишора билан олинади. Баъзан бу оғиш $\delta_{ш}$ ва δ , каби $Ш$ (шарқий) ва F (ғарбий) белгилар билан ёзилади.

IX.5. Бурчак томонларининг дирекцион бурчаклари орқали ички бурчакни ҳисоблаш

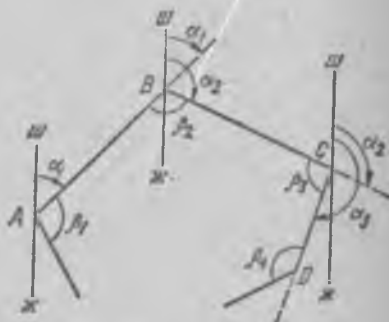
Бир бурчак икки ён томонининг дирекцион ёки азимут бурчаклари орқали β бурчакнинг қиймати қуйидагича бўлади (IX.11-шакл):

$$\beta = \alpha_D - \alpha_C, \quad \text{ёки} \quad \beta = A_D - A_C, \quad (\text{IX.7})$$

яъни β нинг қиймати бир нуқтадан чиққан икки чизиқ орасидаги бурчакнинг ўнг томонидаги дирекцион (азимут) бурчаги билан чап томонидаги дирекцион (азимут) бурчаги айирмасига тенг. Бу тенгламада α_D, α_C — ўнг ва чап томон дирекцион бурчаклари.



IX. 11- шакл.



IX. 12- шакл.

IX. 6. Полигон бурчаклари орқали томонларнинг дирекцион бурчакларини ҳисоблаш

Одатда жойда полигоннинг бир томони йўналиши (азимут ёки дирекцион бурчаги) аниқланиб, полигоннинг ҳамма бурчаклари ўлчанади. Кейин ўлчанган бурчаклар тенглангач, маълум томоннинг дирекцион бурчаги бўйича, ички бурчаклар орқали, қолган томонларнинг дирекцион бурчаги ҳисобланади. $ABCD \dots A$ полигоннинг ички унг бурчаклари $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ (IX.12-шакл) ўлчанган ва бош томоннинг дирекцион бурчаги α_1 аниқланган, қолган томонларнинг дирекцион бурчаклари $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ ни аниқлаш керак, дейлик. B нуқтадаги BC томон дирекцион бурчаги α_2 шаклга биноан қуйидагича аниқланади:

$$\alpha_2 + \beta_2 = \alpha_1 + 180^\circ,$$

ёки

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2. \quad (\text{а})$$

Худди шунга ўхшаш, C нуқтадаги учинчи томон CD нинг дирекцион бурчаги α_3 қуйидагича бўлади:

$$\alpha_3 = \alpha_2 + 180^\circ - \beta_3. \quad (\text{б})$$

Худди юқоридаги каби ишланса, тўртинчи томоннинг дирекцион бурчаги α_4 қуйидагича бўлади:

$$\alpha_4 = \alpha_3 + 180^\circ - \beta_4. \quad (\text{в})$$

Кейинги томонларнинг дирекцион бурчаклари ҳам (а), (б), (в) даги қонда асосида ҳисобланади, яъни кейинги томон дирекцион бурчаги илгариги томон дирекцион бурчагига 180° қушилганидан шу икки томон орасидаги ўнг бурчакнинг айрилганига тенг. Шунда n -томоннинг дирекцион бурчаги қуйидагича ёзилади:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n \quad (\text{IX.8})$$

Агар полигоннинг соат стрелкаси бўйича юришда чап бурчаги γ улчанган бўлса (IX.13-шакл), ўнг бурчак $\beta = 360 - \gamma$ бўлиб, у (IX.8) га қўйилса,

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} - 180^\circ + \gamma_n \quad (\text{IX.9})$$

бўлади.



IX. 13- шакл.

IX.7. Ҳақиқий ва магнитавий азимутлар

Ер юзасидаги ихтиёрӣ нуқтадан ўтган географик (ҳақиқий) меридиан йўналишини исталган вақтда аниқлаш мумкин бўлавермайди. Ҳақиқий меридиан йўналиши астрономик кузатишлар орқали (масалан, Берунийнинг ҳинд айланаси ёрдамида, қутб юлдузини кузатиш билан) аниқланади. Кундалик геодезик ишларни олиб боришда ҳақиқий меридиан урнига магнит стрелканинг йўналиши бўлган магнитавий меридиан қабул қилинади.

Магнит стрелкани эркин айланадиган қилиб сикҳча устига горизонтал ҳолда илинса, у Ернинг магнитавий майдонидаги кучлар таъсирида маълум йўналишни эгаллайди. Ер шимолий ва жанубий ярим шарининг ҳамма нуқтасидаги магнитавий куч чизиқлари ўз давомида шимолий ярим шарда бир нуқтада, жанубда ҳам бир нуқтада кесишадик, бу нуқталар *шимолий* ва *жанубий магнитавий қутблар* дейилади. Магнитавий қутблар Ернинг географик қутбларига туғри келмайди. Берилган нуқта магнитавий ўқининг сатҳий юзага тушган проекцияси *магнитавий меридиан* дейилади.

Чизиқ учидан ўтган магнитавий меридиан шимолий йўналишидан соат стрелкаси юрадиган томонга йўналган чизиққача бўлган бурчак *магнитавий азимут* дейилади ва A_M билан белгиланади (IX. 3- шакл).

Магнит стрелканинг оғиш бурчаги. Бир нуқтадан ўтган географик ва магнитавий меридианлар бир йўналишда ётмай, ўзаро δ бурчак ҳосил қилиб кесишади, бу δ бурчак *магнит стрелканинг оғиш* (қийшайиш) *бурчаги* ёки, қисқача қилиб, *магнитавий оғиш бурчаги* дейилади. Магнитавий стрелканинг шимолий учи шимолий ярим шарда ҳақиқий меридианга нисбатан шарққа томон оғса, оғиш *шарқий* дейилиб, мусбат ишора билан, ғарбда бўлса — *ғарбий* дейилиб, манфий ишора билан олинади. Баъзан бу оғиш $\delta_{\text{ш}}$ ва δ , каби Ш (шарқий) ва Ғ (ғарбий) белгилар билан ёзилади.

IX.13-шаклда CD чизиқнинг C учидан ҳақиқий меридиан $ШЖ_x$ ва магнитавий меридиан $ШМЖ_M$ ўтказилган. CD чизиқнинг ҳақиқий A_x ва магнитавий A_M азимутлар орасидаги муносабат қуйидагича:

$$A_x = A_M + \delta, \quad (IX.10)$$

яъни чизиқнинг ҳақиқий азимуту магнитавий азимут билан магнитавий оғиш бурчагининг алгебраик йиғиндисига тенг. Оғиш ғарбий бўлганда ҳам формула (IX.10) тўғри келади. Масалан $\delta_p = -3^\circ$; $A_M = 75^\circ 18'$ бўлганда $A_x = 75^\circ 18' - 3^\circ = 72^\circ 18'$ бўлади.

A_x , A_M , α , δ ва γ бурчаклар орасидаги муносабат. Агар CD чизиқнинг учи C дан (IX.14-шакл) ҳақиқий меридиан $ШЖ_x$, магнитавий меридиан $ШМЖ_M$ ва ўқий меридиан $ШЖ_y$ ўтказилса, CD чизиқнинг ҳақиқий азимуту A_x , магнитавий азимуту A_M , магнит стрелканинг оғиш бурчаги δ , дирекцион бурчак α ва меридианлар яқинлашиш бурчаги γ ҳосил бўлади. Шакл буйича бу катталиклар орасидаги муносабатни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$A_x = A_M + \delta; \quad A_x = \alpha + \gamma.$$

бундан

$$A_M + \delta = \alpha + \gamma,$$

ёки

$$\alpha = A_M + \delta - \gamma, \quad (IX.11)$$

яъни дирекцион бурчак чизиқнинг магнитавий азимутига оғиш бурчагини қўшиб, меридианлар яқинлашиш бурчагининг айирилганига тенг. (IX.11) даги

$$\delta - \gamma = \Pi \quad (IX.12)$$

ифода магнит стрелканинг оғиши ва меридианлар яқинлашишига бўлган қўшма тузатма дейилади. Шунда

$$\alpha = A_M + \Pi \quad (IX.13)$$

бўлади. IX.14-шаклда Π , α ва A_M аниқ кўрсатилган. Магнитавий оғиш бурчаги δ ер шарининг магнитавий хоссасига боғлиқ бўлиб, Ер юзасининг турли жойида турлича қийматга эга. Бундан ташқари, магнит стрелканинг ҳолатига юқори вольтли электр узатиш тармоқлари ҳам таъсир этади. СССР территориясида магнитавий оғиш δ нинг қиймати 0° дан $\pm 15^\circ$ гача боради. Топографик карталарнинг қуйи томонида жойдаги ўртача оғиш бурчаги қиймати кўрсатилган бўлади.

Оғиш бурчагининг қийматини изогонли картадан олиш мумкин. Изогонли карта оғишнинг асрий ўзгариши асосида қизилади. Оғиш

бурчаги бир жойнинг ўзида ҳам вақти билан ўзгаради. Бу ўзгариш асрий, йиллик ва кундалик ўзгаришларга бўлинади. Кундалик ўзгариш СССРда $\pm 15'$ дан ошмайди. лекин асрий ўзгариш катта бўлади. Масалан, 500 йилда асрий ўзгариш $22,5^\circ$ гача боради. Темир рудаси кўп баъзи жойларда магнит стрелкасининг оғиши жуда катта ўзгаради, бу ҳодиса *магнитлвий аномалия* дейилади. Бундай жойларда магнит стрелка билан ишлаб бўлмайди. Магнитавий оғишнинг ўзгариб туриши сабабли чизиқ азимут ва румбларини топиш аниқлиги ўрта ҳисобда $\pm 15'$ бўлади.

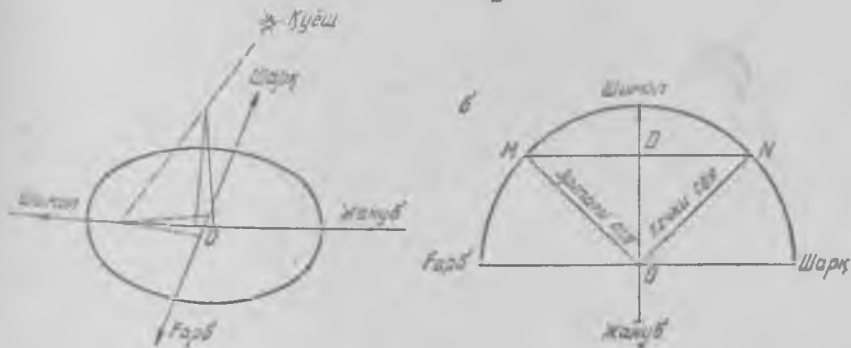
Магнит стрелкасининг энгашуви. Сихчага горизонтал қилиб эркин осилган магнит стрелканинг иккала учи хамиша ҳам бир горизонтал текисликда ётмайди. Шимолий ярим шарда стрелканинг шимолий учи шимолий магнитавий қутбнинг тортиши туйфайли горизонтал чизикдан пастга энгашади, жанубий учи кўтарилади. Бу ҳодиса *магнит стрелканинг энгашуви* дейилади. Бу градус халқасидан саноқ олиш аниқлигига таъсир этади. Стрелка горизонтал ҳолатда туриши учун жанубий учи томонига пулат сурма хомутча боғланади. Ишлаш жойининг кенглама бўйича ўзгаришига қараб, хомутча сурилади. Масалан, шимолга борган сари энгашуш кўпайгани сабабли хомутча стрелка жанубий учига сурилади.

IX.8. Ҳақиқий меридиан йуналишини аниқлаш

Жойда берилган чизиқнинг ҳақиқий азимут ёки румб бурчагини аниқлаш учун ҳақиқий меридиан йуналиши маълум бўлиши керак. Ҳақиқий меридиан йуналишини аниқлашнинг оддий усули билан танишамиз.

Гномон ёрдамида аниқлаш. Текис жойда вертикал ўрнатилган таёқ *гномон* дейилади. Гномоннинг кундузги соат 12 (СССР да соат 13) даги соясининг йуналиши шимолни курсатади, яъни соя меридиан йуналиши бўйича ётади (IX.15-шакл, а).

Ҳинд доираси. Гномон бўйича меридиан йуналишини белгилашда Беруний қуйидагича ишлаган. Текис жойдаги O нуқтада 3—4 метрли таёқ вертикал вазиятда ўрнатилди (IX.15-шакл, б);



IX. 15- шакл.

сунгра шимол томонида 5—6 м ли радиус билан арқон ёрдамида O марказидан ярим айлана чизилади. Қуёш чиққандан кейин гномон сояси учининг айлана билан кесишган M нуқтаси белгиланади. Гномонни қузғатмай, куннинг иккинчи ярми кутилади. Гномон сояси шимоли-шарқда булиб, учи айлана билан кесишган N нуқтага белгиланади. Кейин MN чизиқнинг қоқ яримидаги D нуқтага қозиқ қоқилади. Шунда OD чизиқ O дан ўтган ҳақиқий меридиан йўналиши булади. Бу усулни Беруний *Ҳинд доираси* деб атаган.

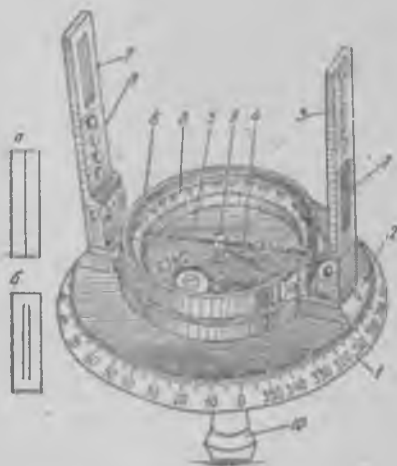
IX.9. Буссол ва гониометрлар

Катта аниқлик талаб қилинмайдиган амалий ишларда чизиқ йўналиши магнитавий меридианга нисбатан аниқланиб, кейин (IX.10) формула ёрдамида ҳақиқий азимут ёки румб ҳисобланади. Чизиқнинг магнитавий азимутини ва румбинини аниқлашда буссоллар ва гониометр ишлатилади.

Буссоллар. Буссол айланаси градусларга бўлинган доиравий ҳалқа 8 ли қутича 6 дан ясалиб, қутича марказидаги вертикал пулат сихча 9 га магнит стрелка 5 илинган (IX.16-шакл). Стрелкани маҳкамлаш ва бушатиш учун махсус винт — арритир 4 қилинган. Ҳалқа айланаси $0—360^\circ$ гача (азимут ҳалқаси) ёки $0—90^\circ$ гача (румб ҳалқаси) булинади. Шу ҳалқа булакларидан стрелка учини орқали санок олинади. Буссоллар кўпроқ ёрдамчи қуроли сифатида ишлатилади. Лекин съёмка ишларида мустақил асбоб сифатида ишлатиладиган *Степан буссоли* (БС-2) ва *дастаки буссол* ҳам учрайди. Степан буссолида йўналишнинг азимут ёки румбинини аниқлаш учун буссолни жойдаги нарсага қаратиш учун мосланган кўз

3 ва нарса 7 диоптирлар булиб, улар қутичанинг икки томонида маҳкамланган. Қутича металл баркаш марказига жойлашган, баркашнинг қия қилиб йўниланган четини 1 градусларга бўлинган; у *Лимб* дейилади. Лимб булакларидан санок олиш учун диоптирнинг қуйи қисмидаги йўниланган қирра 2 ҳам булақларга бўлинганки, бу штрихли ясалма *верньер* дейилади. Степан буссоли уч оёққа (штативга) махсус мослама — втулка 10 орқали урнагилади.

Буссолнинг градус ҳалқа, магнит стрелкадан иборат кичик тури *компас* дейилади. Баъзи геодезик асбобларни жойда меридиан бўйича ориентирлаш учунгина ишлатиладиган магнит стрелка ва O дан икки томонга



IX. 16- шакл. Буссоли БС-2.

1 — лимб; 2 — верньер; 3 — нарса диоптри; 4 — арритир; 5 — магнит стрелкаси; 6 — буссол қутичаси; 7 — нарса диоптри; 8 — буссолнинг градус ҳалқаси; 9 — пулат сихча; 10 — втулка; а — магнит диоптри; б — втулка диоптрининг схемаси.

10° гача бўлаги булган кичик ва ингичка буссол *ориентир* бус-
сол дейилади.

Буссолни текшириш. Буссол БС-2 қуйидаги шартлар бў-
йича текширилади.

1. Магнит стрелка мувозанатда бўлиши керак. Асбоб горизон-
тал вазиятга келтирилгач, стрелка учлари горизонтал турмай, бир
учи градус ҳалқа четидан кўтарилса, мувозанат бўлмайди, буни
тузатиш учун стрелканинг жанубий учидаги хомутча сурилади.

2. Стрелка етарли даражада сезувчан бўлиши керак. Буни тек-
шириш учун стрелка бушатилиб, у тинчлангач sanoқ олинади.
Кейин стрелкага магнитли нарса (пўлат ёки темир) яқинлаштири-
либ, унинг тинчлиги бузилади. Тинчлангач, яна sanoқ олинади.
Sanoқлар бир хил бўлса, шарт бажарилган бўлади; акс ҳолда
стрелканинг магнети заифлашган бўлади. Стрелка магнит тақага
суркалиб, у магнитланади. Агар стрелка ўз ҳаракатида бирдан
тўхтаса, стрелкадаги агат (ақиқ) тош яхши йўнилмаган бўлади.
Бундай буссол устахонада тузатилиши керак.

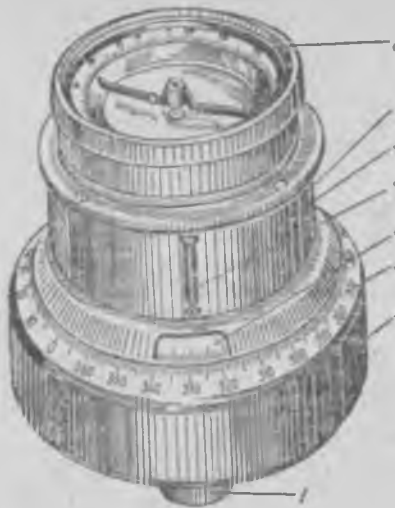
3. Буссолда сихча билан стрелкадан ташқари, темир ва темирли
жисм бўлмаслиги керак. Буни текшириш учун стрелка ва сихча
қутидан олиниб, стрелка тахтага ўрнатилган сихчага илинади; сўн-
гра қути ҳар томони билан стрелкага яқинлаштирилади. Агар стрел-
ка қимирламаса, қутида темир ёки темирли жисм йўқ бўлади.

4. Магнит стрелка градус ҳалқа марказида айланиши керак;
магнитавий стрелканинг айланмаслиги марказланмаганлик (эксцен-
тристет) ни билдиради. Бу шарт бажарилганда стрелка икки учидан
олинган sanoқлар тенг (румб ҳалқада) ёки фарқи 180° (азимут
ҳалқада) бўлиши керак. Агар бу шарт бажарилмаса, стрелканинг
икки учидан олинган sanoқларнинг арифметик ўртаси олинади.

5. Стрелканинг магнитавий ва геометрик ўқлари мос бўлиши
(бир чизиқда ётиши) лозим. Текшириш учун шимол учидан sanoқ
олинади; кейин ойна очилиб, стрелка сихчадан олинади-да, унинг
қалпоқчаси тескари (қуёи) томонга ўрнатилади; сўнгра сихчага
илинади ва тинчигач, илгариги учидан sanoқ олинади. Sanoқлар
тенг бўлмаса, улар фарқи ўқлар орасидаги бурчакнинг иккиланган-
ни бўлади. Хато катта бўлса, томон йўналишини аниқлашда уни
ҳисобга олиш керак.

6. Диоптрларнинг коллимацион текислиги градус ҳалқа текис-
лигига перпендикуляр бўлиб, ноль бўлагидан ўтиши керак. Тор
кўз диоптрининг тирқиши ва нарса диоптрининг ипидан ўтган вер-
тикал текислик *коллимацион текислик* дейилади. Шартни текши-
риш учун буссол градус ҳалқаси адилак ёрдамида горизонтал ва-
зиятга келтирилади. Кейин 20 м масофадаги шовун чизиққа қара-
лади. Агар диоптр ипи шовун ипни бор буйига беркитса, шарт
бажарилган бўлади.

Градус ҳалқанинг ноль диаметрини текшириш учун бир чизғич
(линейка) олиниб, унинг қирраси градус ҳалқанинг икки ноль бў-
лагига қуйилади; иккинчи қирраси буйича қаралганда кўриш нури
шовундан ўтса, асбоб тўғри, акс ҳолда градус ҳалқа бушатилиб,
бир оз буриш йули билан асбоб тузатилади.



IX. 17- шакл. Гониометр.

1 — втулка; 2 — қўйи цилиндр; 3 — лимб;
4 — нарса диоптри; 5 — устки цилиндр; 6 —
буссол қутиси; 7 — кўз диоптри, 8 — вер-
ньер.

ясалган, бу верньер орқали лимб булакларидан саноқ олинади. Қўйи цилиндр тагига втулка 1 маҳкамланган, бу втулка ёрдамида гониометр штатив устига ўрнатилади.

Гониометрни текшириш. Гониометр қўйидаги шартлар буйича текширилади.

1. Устки цилиндрининг айланиш ўқи қўйи цилиндрининг ўқи билан бир вертикал чизиқда ётиши керак. Текшириш учун ҳар $20 - 30^\circ$ дан иккала верньер буйича саноқ олинади. Қарама-қарши верньер саноқлари бир-бирдан $180^\circ \pm t$ дан ортиқ фарқ қилмаслиги керак; бу ерда t — верньер аниқлиги бўлиб, у $15'$ га тенг.

2. Верньернинг ноль диаметри устки ва қўйи цилиндрларнинг диаметрларидан утган текислик бир-бирига туғрилганда, верньернинг ноль диаметри лимбнинг ноль диаметри билан бир текисликда ётиши керак. Буни текшириш учун гониометрни штативга горизонтал ўрнатиб, қўйи диоптрлар орқали жойдаги вехага қаралади. Кейин қўйи цилиндрини қимирлатмай, устки цилиндрини айлантириб, вехага қаралади. Агар верньер саноқлари 0° ва 180° бўлса, шарт бажарилган бўлади; акс холда коллимацион хато бўлиб, унинг қиймати биринчи (нолинчи) верньердан олинган саноққа тенг. Буни тузатиб бўлмайди, у ишлашда албатта ҳисобга олинади.

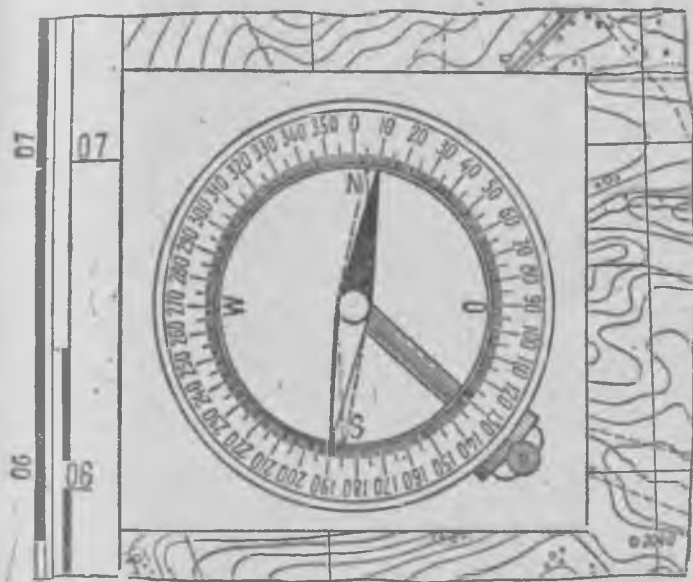
Гониометр буссоли ҳам БС-2 каби текширилади.

IX.10. Топографик картани ориентирлаш

План ёки картада тасвирланган чизиқларнинг жойдаги мос чизиқлар горизонтал қўйилишининг йўналишига параллел қилиб ўрнатилиши *планни ва картани ориентирлаш* деб аталади.

План ёки карта компас ёки буссол ёрдамида ё бўлмаса план ёки картада тасвирланган йул каби объектлар бўйича ориентирланади.

Компас ёки буссол ёрдамида ориентирлаш. Бунда топографик карта ундаги меридиан чизиғи ёки координата турининг километрлар чизиғи бўйича ориентирланади. Масалан, картани ориентирлашда буссол таглигининг бир томони (AB) картадаги ҳақиқий меридиан (IX.18-шакл) йўналиши, яъни трапеция



IX. 18- шакл.

рамкасининг чап ёки ўнг ён томони бўйича қўйилади. Кейин стрелка бушатилиб, карта буссоли билан шундай буриладики, магнитавий стрелканинг шимолий учи δ қийматига тенг булакда турсин (шаклда $\delta = +5^\circ$ да турибди). Шунда карта меридиан бўйича ориентирланган бўлади. Агар буссолнинг ён томони AB координаталар турининг вертикал чизиғига қўйилса, карта ўқий меридиан бўйича ориентирланган бўлади. Лекин бунда (IX.12) формулани эслаб, P ни топиш керак. Агар $\delta = +5^\circ$, $\gamma = 1^\circ 30'$ бўлса, $P = \delta - \gamma = 5^\circ - 1^\circ 30' = +3^\circ 30'$ ҳисобга олиниб, карта билан буссол шундай буриладики, стрелканинг учи $P = +3^\circ 30'$ ни курсатади. Шунда карта ўқий меридиан бўйича ориентирланади.

Йул бўйича ориентирлаш. Қартани планда курсатилган йул, алоқа симлари бўйича ориентирлашда жойдаги йулнинг бир учида туриб карта йулнинг пландаги тасвири жойдаги йулга параллел бўладиган қилиб ушланади. Буни уч қиррали чизғич ёрдамида бажариш қулай бўлади.

IX. 11. Картада чизиқнинг ҳақиқий азимут ва дирекцион бурчагини аниқлаш

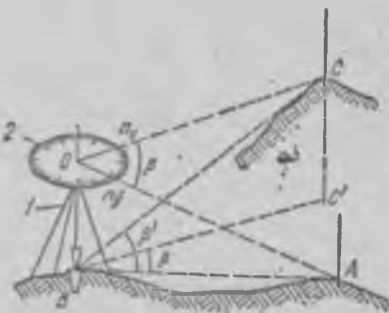
Жойдаги чизиқнинг ҳақиқий азимут ва дирекцион бурчагини картада ўлчаш йўли билан аниқлаш мумкин. Масалан, IX. 14-шаклдаги MN чизиқнинг ҳақиқий азимутини аниқлаш керак бўлсин. Бунинг учун M нуқтага $69^{\circ}18'$ ли минут чизигининг учи P нуқта θ билан бирлаштирилса, ҳақиқий меридиан йўналиши чиқади. Кейин M нуқтадан PQ га параллел ўтказилса, M нуқта меридиани ясалади; транспортёр ёрдамида $\angle PMN$ бурчак қиймати аниқланса, MN чизиқнинг ҳақиқий азимутини A_{MN} бўлади.

Чизиқнинг дирекцион бурчагини аниқлаш учун юқоридаги каби ишланади, лекин чизиқ учи (M) дан километрлар тури чизигига параллел чиқарилади ва транспортёр билан M нуқтадаги бурчак ўлчанади.

Х б о б. Горизонтал бурчакларни ўлчаш

Х.1. Горизонтал бурчак ўлчаш моҳияти

Жойда бир нуқтадан чиққан икки ёки бир неча йўналиш орасидаги бурчакларнинг горизонтал қўйилишини ўлчаш керак бўлади. Масалан, B нуқтада (Х.1-шакл) туриб, турли баландликда ётувчи



Х. 1- шакл.

A ва C нуқталарга қараш йўли билан ABC бурчакнинг горизонтал қўйилиши β ни ўлчаш керак, дейлик. Шаклдан кўринадики, C нуқта баландда, B ва A нуқталар эса C га нисбатан пастликда. Шунга кўра, BA ва BC томонлар орасидаги β' қия текисликдаги бурчак десак, ABC' горизонтал проекцияси бўлади. β нинг қийматини аниқлаш учун штатив 1 устига айланаси градусларга бўлинган доира 2 горизонтал вазиятда ўрнатилади; унинг маркази O дан

чап нуқта C га қараб n_c , кейин доирани қўзғатмай, ўнг нуқта A га қараб n_a саноқлар олинса, β бу саноқлар айирмасига тенг бўлади:

$$\beta = n_a - n_c, \quad (X. 1)$$

яъни бир нуқтадан чиққан икки йўналиш орасидаги бурчакнинг горизонтал қўйилиши ўнг нуқтага қараб олинган саноқдан чап нуқтага қараб олинган саноқнинг айирмасига тенг. Айланасининг йўнirilган қирраси булакларга бўлинган ва горизонтал ҳолга келтирилиб саноқ олинадиган доира 2 лимб дейилади. Агар O дан C га ва A га қаралган қуриш нурларидан вертикал текисликлар ўтказилса, бу текисликлар коллимацион текисликлар дейилади. • у

текисликлар орасидаги бурчак ўлчанадиган бурчакнинг қиймати бўлади.

Ўтки чизиқ орасидаги бурчакни гониометр ёрдамида ҳам ўлчаш мумкин. Асосан, бурчакнинг горизонтал қўйилиши теодолит ёрдамида ўлчанади.

V. 2. Теодолит ва унинг қисмлари

Теодолит жойда бурчакнинг горизонтал қўйилишини ўлчаш асосини бўлиб, X.2-шаклда кўрсатилганидек, қўйидаги асосий қисмлардан иборат: таглик 1, лимб 2, алидада 4, адилак 6 ва кўриш трубаси 8.

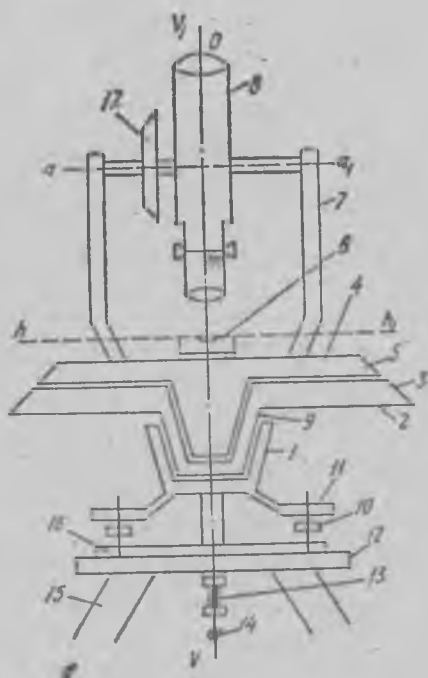
Теодолитнинг лимби айланмаса, бу теодолит оддий, айланса — такрорий теодолит дейилади. Такрорий теодолит лимбининг махсус маҳкамлаш ва қаратиш винтлари бўлади, оддий теодолитда эса улар бўлмайди.

Теодолитлар лимбининг нимадан ясалишига қараб, улар металл лимбли ва оптик теодолитларга бўлинади. Металл лимбли теодолитларнинг горизонтал ҳамда вертикал доиралари мис ёки бронзадан ясалади (ТТ-50, ТТ-5 маркали теодолит — тахометрлар).

Оптик теодолитларнинг лимблари эса шишадан ясалган бўлади (Т-30, Т-15, Т-5). Кейинги даврда кўпроқ оптик теодолитлар ишлатила бошлади. Энди теодолитнинг қисмлари билан танишиб чиқамиз.

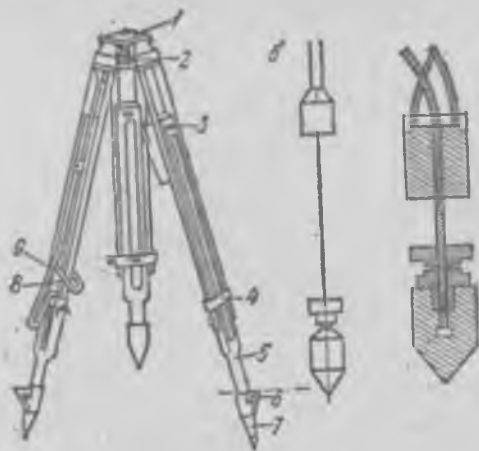
Таглик — магнитавий хоссаси бўлмаган металлдан учбурчаклик шаклида ясалган мослама 1 бўлиб (X.2-шакл), учбурчаклик учларида (11) ўрнатилган уч кўтаргич винт 10 лар ёрдамида шготив устига ўрнатилади.

Қўйи томонда тагликни шготивга маҳкамлаш учун махсус (пружинали ёки пружинасиз) ўрнатиш винти 13 бўлади, у ўрнатиш винти дейилади. Кўтариш винтлари билан адилак 6 ёрдамида асос горизонтал вазиятга келтирилади.



X. 2- шакл. теодолит схемаси.

VV, — асбоб айланиш (вертикал) ўқи; hh, — цилиндрик адилак ўқи; a,a, — труба айланиш ўқи; 0 — объектив маркази; m — тўр маркази; m⁰ — кўриш ўқи; 1 — таглик; 2 — лимб; 3 — лимбнинг йўнилган қирраси; 4 — алидада; 5 — алидаданинг йўнилган қирраси; 6 — цилиндрик адилак; 7 — труба таглиги; 8 — кўриш трубаси; 9 — лимб; 10 — кўтаргич винт; 11 — таглик кўтаргичи; 12 — штатив боши; 13 — ўрнатиш винти ва пружинаси; 14 — шовун илғаги; 15 штатив боши; 16 — трегер — пластинка; 17 — вертикал доира.



Х. 2а- шакл. Штатив ва шовунлар.

а — оёғи ўзгарадиган ёғоч штатив, б — мосламали шовунлар: 1 — штатив боши, 2 — ўрнатиш винти, 3 — оёқ узунлигини бошқарувчи, 4 — сиқув мосламаси, 5 — оёғи, 6 — таянч, 7 — металл учли қалпоқ, 8 — оёқ ремени, 9 — елка ремени.

ШР-160 штативи йиғма оёқларининг узунлиги 1,60 м бўлиб, Т2, Т5, Т15, Т30 теодолитларига, ТЭ, ТД, ТВ, ТН тахеометрларига, СМ-2, СМ-5 ёруғлик дальномерларига мосланган.

ШР-120 штативи йиғма оёқларининг узунлиги 1,60 м бўлиб, НЗ, Н-10 ва КН ларга мосланган.

Штативнинг кўриниши ва оёқ учларининг ясалиши, қисмлари ва номи (Х.2-шакл, а), да келтирилган.

Лимб — диаметри 10—12 см ли баркаш (доира) 1 бўлиб (Х.3-шакл), айланасининг қирраси 3 йуниланган ва 0 дан 360° гача бўлақларга бўлинган. Лимбнинг бир бўлагининг қиймати 1 билан белгиланса, у ҳозирги теодолитларда 10', 20' ёки 30' га тенг бўлади. Лимб марказидаги махсус буртмали мослама билан тагликка ўрнатилади ҳамда вертикал ўқи атрофида айланади. Лимбнинг маҳкамлаш ва қаратиш (микрометрик) винтлари бўлиб, маҳкамлаш винти қотирилгандан кейингина қаратиш винти ишлайди. Қаратиш винти кўриш трубасини нарсага аниқ қаратишда ишлатилади. Лимб марказида алидада доираси айланади.

Алидада — лимб марказида айланувчи, учида маълум мослама бўлган чизғич 2 дир. Теодолитларда алидада лимб марказида айланувчи доира 4 бўлиб, бир диаметрининг икки учидаги йуниланган қирра (5) га қилинган махсус штрихлар (вернер) ёрдамида лимб бўлақларидан sanoқ олинади (Х.3-шакл). Алидаданинг ҳам маҳкамлаш ва қаратиш винтлари бўлади.

Верньер ва унинг назарияси. Верньер лимб ва планиметр филдираги бўлақларидан sanoқ олишда ишлатилади. У қуйидагича ясалади. Агар АВ ёйи лимб бўлаги бўлиб, ундан n та бўлақ олинса, бир бўлагининг қиймати l дейилса, $AB = nl$ бўлади. АВ ёйга тенг ёй алидаданинг қиррасидан олиниб, $n + 1$ бўлаққа бўлинса ва бир бўлакнинг қиймати q дейилса, $AB = (n + 1) q$ бў-

Штатив. ГОСТ
11897 — 78 га кўра,
штативлар икки типга
бўлинади.

1. ШН штативи, бу штатив яхлит уч оёқли, узунлиги ўзгармайди. ШР штативи, бу штатив сурилувчи иккиланма уч оёқли, қуйидаги ўлчамда бўлади (Х.2-шакл, а): ШН-200 штативи (200 — штатив доиравий бошининг диаметри мм да), оёқларининг узунлиги 1,70 м бўлиб, Т1, ёруғлик дальномери СБ-6 ўрнатилади.

ШН-160 штативи, оёқлари 1,60 м бўлиб, Н-05 га мосланган.



Х. 3- шакл, Лимб ва алидада схемаси;

1 — лимб, 2 — алидада, 3 — лимбдаги градус бўлақлари, 4 — алидада доираси, 5 — верньер



К, 4- шакл,

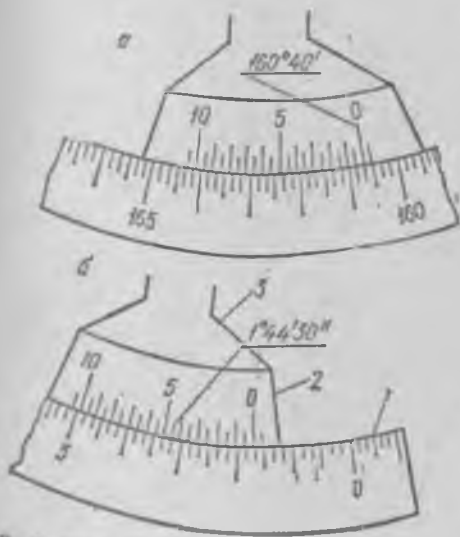
лади (Х.4- шакл). Шунда $nl = (n + 1) q (a)$. $l - q = t$ бўлади деб олинса, бу верньер аниқлиги дейилади. t ни топиш учун q ўрнига унинг (а) даги қиймати $q = \frac{nl}{n + 1}$ ни қўйсак,

$$t = \frac{l}{n + 1} \quad (X.2)$$

чиқади, яъни верньер аниқлиги лимбнинг бир бўлаги қиймати (l) ни верньер бўлақларининг сони ($n + 1$) га бўлинганига тенг. Верньер (Х.2) формулага асосланиб ясалади. Масалан, ТТ-5 теодоли-тида лимб бўлақларининг сони 2160 та бўлганидан $l = \frac{360^\circ}{2160} =$

$= \frac{21600'}{2160} = 10'$ бўлади. Аниқлиги $t = 0,5' = 30''$ ли верньер яшаш учун лимбдан олин-диган бўлақлар сони n (Х.2) формуладан топилади. Шу вақт $n + 1 = \frac{l}{t} = \frac{10'}{0,5'} = 20$ бўлади, яъни лимбдан 19 бўлақ олиб, уни верньерда 20 та бўлаққа бўлиш лозим.

Лимб ва верньер булақла-ридан катталаштириб саноқ олиш учун верньерга лупа ўрнатилади. Верньердан са-ноқ олишда қуйидаги қоида-га амал қилинади. Лимб, али-дада маҳкамлангач, лимб бу-лақларидан верньер О штрих-гача бўлган градус ва унли



Х, 5 шакл,

минутлар сони аниқланади; кейин верньернинг ноль штрихидан чапдаги верньер штрихларидан нечанчиси лимб штрихига тўғри келгани топилади. X.5-шаклда ТТ-5 да верньернинг қурилиши ва ундан саноқ олиш келтирилган. Умуман саноқ олишда лимб бир бўлаги 1 нинг қийматини ва верньер аниқлиги t ни яхши билиш керак. ТТ-5 да верньернинг минутли штрихлари узун, $30''$ ли штрихлари эса қисқа чизилган. X.5-шакл, б да верньернинг 0 штрихи лимбнинг 1° ли штрихидан турт булак утган, шунга қўра лимбдаги саноқ $1^\circ 40'$ булади; кейин верньернинг 0 штрихидан чапдаги 5 рақами ёзилган штрих унги томонидаги кичик штрих, яъни 0 штрихдан чапдаги 9 -штрих лимбнинг штрихига тўғри келган; шунга қўра саноқ $9 \times 0,5' = 4,5'$ булади. Шунда верньер саноғи $1^\circ 40' + 4,5' = 1^\circ 44,5'$ булади. X.5-шакл, а да эса саноқ $160^\circ 40'$ га тенг.

Микроскоплар. Металл лимбни майда булақларга бўлиш мумкин бўлмаганидан верньерлар ёрдамида $30''$ дан кичик аниқлик билан саноқ олиш мумкин бўлмайди. Оптик теодолитларда верньер ўрнида микроскоплар ишлатилади. Микроскоп штрихли ва шкалали булади.

Штрихли микроскоп. Микроскоп верньер лупаси ўрнида ёки бошқа йўл билан лимб штрихли ридан саноқ олиш мосламасидир. Бунда труба ичига, линзаларидан ташқари, бир шиша пластинка ҳам ўрнатилади. Бу пластинка ўртасига ёлғиз бир вертикал штрих чизилади ва бу штрих бўйича булақлардан саноқ олинади (X.6-шакл, а), бу штрих индекс дейилади. Саноқ олишда лимб булақларидан индексгача градус ва $10'$ ли булақлар саноқ олинади; шаклда 15° дан кейин штрих 3-булакни кўрсатганидан, саноқ $15^\circ 30'$ булади; кейин бу қийматга булак ораси индексгача чамалаб олинади, шаклда $0,5$ га тўғри келадиги, бу $5'$ булади. Шунга қўра тула саноқ $15^\circ 30' + 5' = 15^\circ 35'$ булади. Баъзи



X. 6- шакл. Микроскоплар:

а — штрихли саноқ $15^\circ 35'$ б — шкалали саноқ $34^\circ 20' + 6,4' \cdot 2 = 34^\circ 20' + 12,8' = 34^\circ 32,8'$.

теодолитларда бир кўриш майдонида горизонтал ва вертикал доира лимб булақлари кўринади. Бундай вақтда ҳам бир микроскоп штрихидан иккала доира лимби бўйича саноқ олинади.

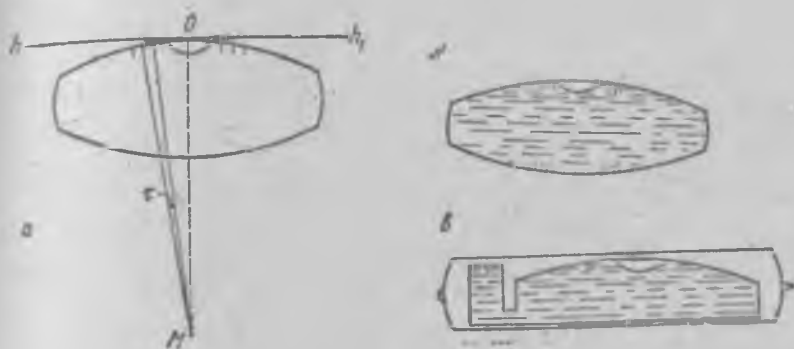
Шкалали микроскоп. Штрихли микроскопнинг аниқлиги кам бўлганлиги учун аниқ асбобларда шкалали микроскоп ишлатилади.

Бу микроскопда шиша пластинкага штрих ўрнига шу асбоб лимб булақларига мос шкала ишланади; шунга қўра, шкалали микроскопнинг тури куп. X.6-шакл, б да лимби $20'$ дан булинган доиранинг бир қисми (бир градуси) кўрсатилган. Пластинкада лимбнинг бир бўлагига баравар ёй олиб, у 10 булакка булинган, шунга қўра шкаланинг бир бўлаги $2'$ га тенг. Шунда шакл бўйича саноқ $34^\circ 20' + 6,6' \cdot 2 = 34^\circ 33,6'$ булади. Т-15 ва Т-5 теодолитларидаги шкалали микроскоплар турлича булади, улар билан кейинги параграфларда танишамиз.

Х. 3. Адилаклар

Адилак геодезик асбобларни ишлатишдан олдин кларни горизонтал вазиятга келтириш учун керак буладиган асбоб булагини булиб, кўриниши жиҳатидан *доиравий* ва *цилиндрик* булади. Цилиндрик адилак аниқроқ бўлганидан кўп ишлатилади. Адилаклар ампула, филоф ва тагликдан иборат.

Ампула — ички юзаси маълум градусли ёй қилиб ишланган шиша най (Х.7-шакл). Ампула иссиқ эфир сульфат ёки спирт билан тўлдирилгач, найнинг оғзи кавшарлаб қўйилади. Ампула ичи-



Х. 7- шакл. а. Цилиндрик адилак ампуласи;

τ — адилак бир булагининг қиймати, hh_1 — адилак ўқи. б — реверсион адилак ампуласи, а — камерали адилак.

даги суюқлик совигач, пуфакча (бушлиқ) ҳосил булади; у ҳамиша энг баланд жойни эгаллайди. Ампула булакларининг урта нуқтасини (0) адилакнинг *ноль нуқти* дейилади; 0 га уринма булган чизиқ hh_1 *цилиндрик адилак ўқи* деб аталади. Пуфакча *ноль нуқт*да турганда ўқи горизонтал булади. Ёй 0 нуқтдан икки томонга 2 мм дан булакларга булинади. Ҳар булакка *адилак бир булагининг қиймати* дейилиб, τ билан белгиланади. τ нинг қиймати орқали адилакнинг сезувчанлиги белгиланади. Агар булакнинг чизигий қийматини l , ёй радиусини R десак, l нинг бурчак қиймати

$$\tau = \frac{l}{R} \rho \quad (X.3)$$

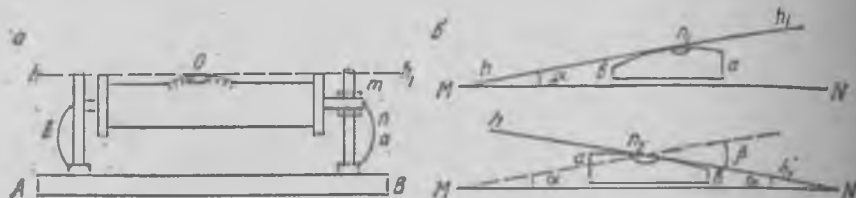
булади; бу ерда $\rho = 206265''$. Теодолитларда $\tau = 15 \dots 60''$ гача булади. τ нинг қиймати қанча кичик булса, адилак шунча сезувчан ҳисобланади.

Баъзан ампула ички юзасининг ҳаммаси ёй қилинади ва икки томони бир хил булакларга булинади; бундай адилак *реверсион* (айланадиган) *адилак* дейилади. Ампула филофи ҳам шунга мосланиб, икки томони очиқ булади. Масалан, Цейсс фирмаси чиқарган нивелирлар реверсион қилиб ишланган (Х.7-шакл, б).

Ҳаво температураси ўзгариши билан пуфакча ўлчами ҳам ўзгаради. Иссиқ кунлари суюқлик ҳажми ортиши билан пуфакча ки-

чиклашади, адилакнинг сезувчанлиги камаяди, совуқда аксинча, пуфакча катталашади. Пуфакча улчамини ўзгартириш учун баъзи ампуланинг бир томонида камера (бушлиқ) бўлиб, у ампула ичидан таги очиқ тўсиқ билан ажратилган (X.7-шакл, в). Ампулани турли томонга силкитиб, суоқликни камерага қочириб ёки камерадан чиқариб, пуфакча улчамини ўзгартириш мумкин; бундай адилак *камерали адилак* дейилади.

Адилак ғилофи (қутиси). Адилак ампуласи шиша бўлганидан, у синиб қолмаслиги учун махсус металл ёки ёғоч қутига жойланади (X.8-шакл, а). Ампула уст томонининг ўртаси очиқ



X, 8-шакл. а. Адилак ғилофда (оправада);

hh_1 — адилак ўқи, m ва n — гайкалар, AB — ғилов асоси. б — адилакни текшириш схемаси.

қутига солинган, қутининг учидаги буртма AB асосга таянган икки устунга ўрнатилади. Бир учини m ва n гайкалар ёрдамида кўтариш ёки тушириш мумкин. Баъзан гайка ўрнида пружина бўлади ва *тузатиш винти* дейилади.

Адилакни текшириш. Цилиндрик адилак ўқи hh_1 оправанинг (ғилоф) қуйи текислигига параллел бўлиши керак, яъни $hh_1 \parallel AB$. Бу шарт a ва b устунлар тенг бўлгандагина бажарилади. Масалан, $a > b$ бўлсин. Текшириш учун адилакни ихтиёрый MN текисликка қўйиб (X.8-шакл, б), a томонга қочган пуфакча учидан n_1 саноқ олинади. Бунда адилак ўқи hh_1 текислик MN билан M нуқтада кесишиб, α бурчак ҳосил қилади; бу бурчаги hh_1 нинг AB га параллел бўлмаганлигидан келган хатодир. Кейин адилак 180° айлантирилади — да, a ўрнига b ни, b ўрнига a қўйилиб, пуфакча учидан n_2 саноқ олинади. Бунда hh_1 ўқ MN билан N нуқтада α бурчак ҳосил қилиб кесишади. Ўқнинг икки туриши орасидаги β бурчак, ташқи бурчак бўлганидан, 2α га тенг, яъни $\beta = 2\alpha$, ёки $\alpha = \frac{\beta}{2}$; β бурчак пуфакча учидан ўнг ва чапга су-

рилганда олинган саноқлар йиғиндисига тенг, яъни $\beta = n_1 + n_2$.

Мисол. Биринчи ҳолда пуфакча ўртадан 5 булак ўнга ($n_1 = 5$), иккинчи ҳолда эса 3 булак чапга ($n_2 = 3$) сурилган бўлсин. Шунда $\beta = 5 + 3 = 8$ бўлади; хато бурчак α эса $8:2 = 4$. Буни тузатиш учун a устундаги гайка ёки пружина ёрдамида пуфакча ўнг томонга 4 булак сурилади.

Адилакни қуйидагича ҳам текшириш ва тузатиш мумкин. Адилакни бир ихтиёрый юзага қўйиб, паст учи остига нарса қистириб пуфакча ўртага келтирилади. Кейин 180° га айлантириб қўйилади.

Пуфакча ўртадан қанча (неча булак), масалан, n булак қочса, ана шу n бурчак қиймати бўлади. Кейин тузатиш винти билан пуфакча $\frac{\beta}{2}$ булак ўрга томонга сурилади.

Теодолитда адилак алидада доираси ўстига ўрнатилган, адилакнинг асоси алидада усти бўлади.

Контактли адилаклар. Аниқ асбобларда, кўпинча нивелирларда, контактли адилаклар ишлатилади. Бундай адилаклар асбоб ён томонида бўлиб, унинг устига призмалар системаси жойланади; призмалар орқали пуфакча ҳолати трубанинг кўриш майлонида иккита ярим палла бўлиб кўринади (X.9-шакл, а); X.9-шакл, б да пуфакчалар бирлашмаган адилак ўқи горизонтал эмас;



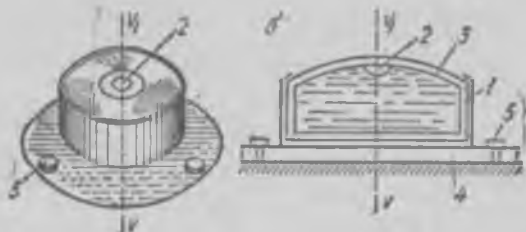
X. 9- шакл.

X.9-шакл, в даги каби пуфакчалар бирлашганда, адилак ўқи горизонтал ҳолатда бўлади. Пуфакчаларни бирлаштириш учун асбобда махсус винт бўлади. Масалан, *H 3* нивелиридаги махсус винт *элевацион винт* дейлади.

Доиравий адилак. Аниқлиги цилиндрик адилак аниқлигидан кичик бўлганлигидан геодезик асбобни тахминан горизонтал ҳолатга келтиришда ишлатилади. X.10-шакл, а да доиравий адилакнинг умумий кўриниши, X.10-шакл, б да эса вертикал кесими келтирилган. Ампуласидаги булаклар ўрнига айлана чизилган, айлана булаклари 2 мм дан қилинган. Пуфакча диаметри 2—4 мм га тенг. Айлана маркази O нуқта ҳисобланади. O нуқтадан ампуланинг сферик юзасига перпендикуляр бўлиб ўтган вертикал чизиқ адилак ўқи дейлади. Пуфакча доирача ичида турганда ўқ вертикал вазиятда бўлади. Доиравий адилакнинг ўқи асбоб айланиш ўқи га параллел бўлиши керак. У цилиндрик адилак каби текширилади, хато бўлса, адилак тагидаги учта тузатиш винти ёрдамида тузатилади.

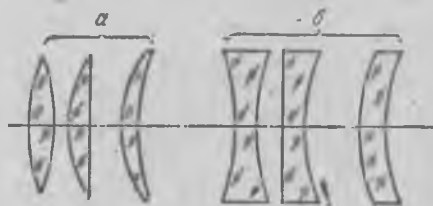
X. 10- шакл. Доиравий адилак:

а — умумий кўриниши, б — вертикал кесими; IV_1 — адилак ўқи, 1 — қутб, 2 — пуфакча, 3 — адилак устки палла, 4 — асос, 5 — тузатиш винт.



Х.4. Куриш воситалар

Геодезик асбобларда майда булаклардан саноқ олиш, узоқ нуқта-ларга қараш учун турлича ясалган куриш қуроллари ишлатила-ди. Куриш воситалари лупа, микроскоп ва куриш трубаларига бў-линади. Ҳозирги куриш восита-лари бир ёки бир неча мусбат (X.11-шакл) ва манфий линза-ларнинг турли вазиятларда ўр-натилиши орқали ясалади.



X. 11- шакл

Нарсанинг тасвири труба-ларда қуйидаги уч нурнинг иккиси орқали ҳосил бўлади:

1) оптикавий уққа параллел тушган нур;

2) линза марказидан ўтган нур;

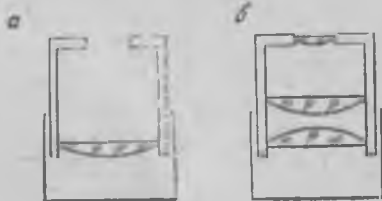
3) линза фокусидан ўтган нур.

Х.5. Лупа

Лупа лимб булакларидан саноқ олишда ишлатилади ва трубага ўрнатилган бир ёки бир неча линзалар системасидан ясалади (X.12-шакл). Лупанинг бир линзалиси — *оддий*, кўп линзалиси — *мураккаб* лупа дейилади. Лупа махсус мослама ёрдамида верньер булак-ларидан саноқ олишга мосланиб, алидада доирасига ўрнатилади.

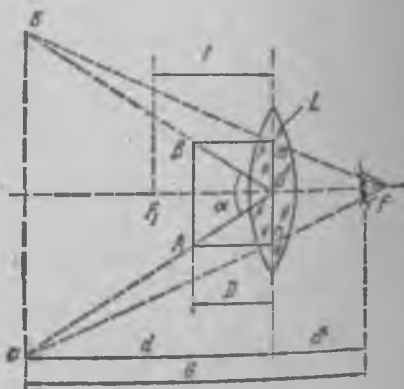
Лупа билан ишлашда нарса линза билан унинг фокуси орасида бўлиши керак. Линза билан нарса оралиғини D , линзанинг фокус масофасини f , нарса тасвирининг линзадан узоқлигини эса d десак, лупада $D < f$ бўлиши керак.

Лупада нарсанинг тасвири ва катталаштирили-ши. Қаралган нарса AB нинг тасвири лупада қандай ҳосил бўли-ши X.13-шаклда кўрсатилган. Нарсанинг учлари A ва B дан оптикавий уққа параллел кетган нур L линзадаги m ва n нуқта-ларда синиб, фокус F дан ўтиши керак, лекин нарса линза билан фокус орасида бўлганидан унинг тасвири мавҳум бўлади; шунга



X. 12-шакл. Лупалар:

а — оддий, б — мураккаб.



X. 13- шакл.

кўри нур Fm орқага қайтиб, mb томон йўналади. EO ҳам Bb томон қайтиб, mb билан b нуктада кесишадики, b нукта B нинг мавҳум тасвири бўлади. Худди шунга ўхшаш A нинг тасвири a бўлади. Шу вақт AB нинг тасвири катталашган ва мавҳум ab бўлади, яъни лупада тўғри, катталашган ва мавҳум тасвир ҳосил бўлади. Нарса AB ва тасвир ab ларнинг кўриниш бурчаги бир хил ва α га тенг.

Шунга кўра, лупанинг катталаштириши v қуйидагича чиқарилади. Шакл бўйича ab нинг AB га нисбати лупанинг катталаштириши бўлади, яъни $v = \frac{ab}{AB}$. ABO ва abo учбурчакликлар ўхшаш бўлганидан $\frac{ab}{AB} = \frac{d}{D}$, яъни $v = \frac{d}{D}$ бўлади.

Мавҳум тасвирдаги линзалар формуласи $\frac{1}{D} - \frac{1}{d} = \frac{1}{f}$ нинг иккинчи томонини d га кўпайтирсак:

$$\frac{d}{D} - 1 = \frac{d}{f} \quad (a)$$

чиқади. Тасвир яхши кўриниши учун лупа кўзга нисбатан сурилади. Агар кўздан тасвир энг яхши кўринадиган масофани G , кўз билан линза оралигини δ десак, $d = G - \delta$ бўлади. Буни (а) га кўйсак,

$$\frac{d}{D} - 1 = \frac{G - \delta}{f} \quad (b)$$

ёки

$$v = \frac{G}{f} - \frac{\delta}{f} + 1 \quad (в)$$

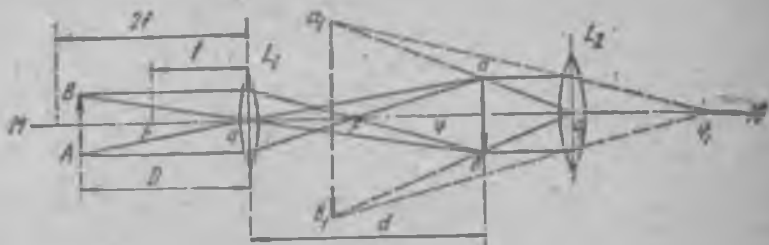
бўлади. Нарсанинг тасвири кўз фокусда турганда, яъни $\delta = f$ бўлганда яхши кўрилади. (в) даги δ ўрнига f қўйилиб, соддалаштирилса

$$v = \frac{G}{f} \quad (X 4)$$

чиқади. Бу лупанинг катталаштириши формуласи дейилади. Лупада катталаштириш энг яхши кўриш масофаси G нинг линза фокус масофаси f га нисбатига тенг. Маълумки, G ўзгармас катталиқ бўлиб, 25 см га тенг; шу вақт катталаштириш v фокус масофа f га тескари пропорционал бўлади, шунга кўра, лупада қисқа фокусли линза ишлатилади. Агар $f = 2,5$ см бўлса, $v = 10^x$ бўлади. Оддий лупалар $5 - 10^x$ марта катталаштиради.

Х.6. Микроскопларнинг катталаштириши

Оптик теодолитларда лимб бўлақларидан санок олишда верньернинг катталаштириши кам бўлганлигидан, унинг ўрнига микроскоп ишлатилади. Микроскоп турли асбобда ҳар хил жойга ўрнатилади. Ҳозирги оптиквий теодолитлар (Т30, Т15) да кўриш трубасининг окуляри ёнида микроскопли махсус труба ўрнатилган. Бу билан нарсага қараш ва санок олиш анча осонлашади. Микрос-



Х. 14- шакл. Микроскоп ва унда тасвир ясалиши:

L_1, L_2 — объектив ва окуляр линзалари, AB — кузатилган арса, ab — объектив берган тасвир, a_1b_1 — окуляр катталаган тасвир.

коп икки ва ундан ортиқ мусбат ва манфий линзаларнинг маълум қоида асосида урнатилиш йули билан ясалади. Бу линзалар кичик ва к'тта диаметрли икки трубага урнатилган булиб, трубаларнинг бири иккинчиси ичида сурилади; буларнинг бирига объектив линзаси L_1 , иккинчисига эса окуляр линзаси L_2 ўрнатилади. Х. 14-шаклда икки линзали микроскопда нарса тасвирининг ҳосил булиши кўрсатилган. Микроскопда нарса объектив линзаси фокуси билан унинг иккиланган фокус масофаси орасида ётиши, яъни $f < D < 2f$ булиши керак. Нарсанинг A ва B учларидан кетган нурлар объективда сингач, фокус F дан ўтиб, окуляр L_2 билан унинг фокуси ϕ орасида кесишади-да, ab тасвирни ҳосил қилади. Объектив тесқари, ҳақиқий ва катталашган тасвир ҳосил қилади. Кейин тасвир ab дан кетган нурлар окуляр L_2 да синиб, мавҳум холда қайтади-да, a_1b_1 нуқталарда кесишади, a_1b_1 тасвир нарса AB нинг микроскопда ҳосил бўлган катталашган тасвирidir. Окуляр лупа вазифасини бажаради.

Микроскопнинг катталаштиришини қуйидагича топиш мумкин. Шакл буйича кузатилган AB нарса микроскоп объективи орқали катталашиб, ab ҳолида кўринади; шунда объективнинг катталаштириши

$$v_{об} = \frac{ba}{BA} \quad (a)$$

булади. ab ни окуляр катталаштириб, a_1b_1 ҳолида кўрсатади; шунга кўра, окулярнинг катталаштириши

$$v_{ок} = \frac{a_1b_1}{ab} \quad (б)$$

булади.

Лекин микроскоп AB ни катталаштириб, a_1b_1 ҳолида кўрсатади; шунга кўра, микроскопнинг катталаштириши

$$v_m = \frac{a_1b_1}{AB} \quad (в)$$

булади. Бу ифодани ab га кўпайтириб ва бўлиб, қуйидагича ёзсак

$$v_m = \frac{a_1b_1}{AB} \cdot \frac{ab}{ab} \text{ ёки } v_m = \frac{ab}{AB} \cdot \frac{a_1b_1}{ab} \quad (г)$$

чиқади. Бу (г) га (а) ва (б) даги қийматлар қўйилса

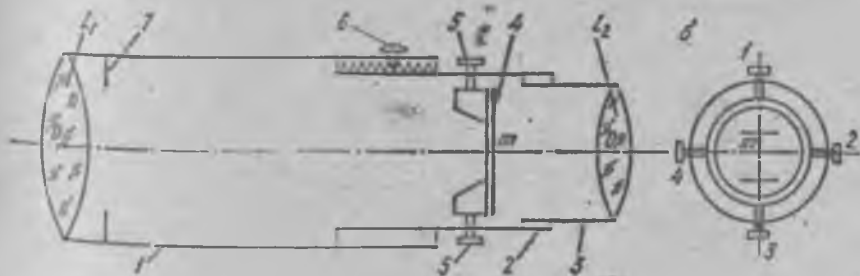
$$v_m = v_{об} \cdot v_{ок} \quad (X.5)$$

чиқади, яъни микроскопнинг катталаштириши v_m объектив ва окулярининг катталаштиришлари кўпайтмасига тенг. Геодезик асбоблардаги микроскопда объективнинг катталаштириши 2 ... 4 марта, окулярининг катталаштириши эса 15 марта бўлганидан, микроскоп 60 мартагача катталаштириб кўрсатади.

X.7. Кўриш трубалари

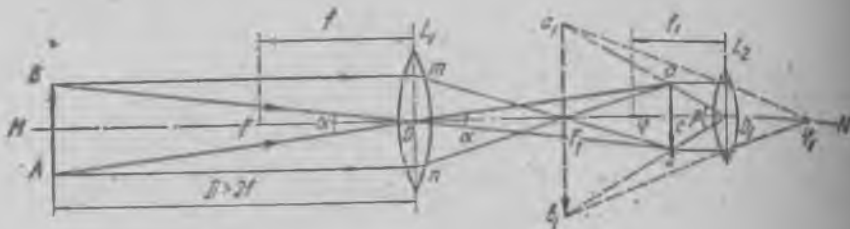
Геодезик асбоблар жойда турли масофадаги нарсаларга кўриш трубалари орқали қаратилади. Кўриш трубалари алидада доираси устидаги икки тагликка (X.2-шакл, 7) ўрнатилган бўлиб, горизонтал aa_1 ўқ атрофида вертикал текисликда айланади. Кўриш трубаларида нарса тасвирининг кўриниш ҳолатига қараб, трубалар астрономик ва ер трубаларига бўлинади. Астрономик трубалар — қаралган нарсанинг тескари тасвирини, ер трубалари эса туғри тасвирини ҳосил қилади.

Астрономик труба. Энг оддий астрономик труба Кеплер трубаси бўлиб, у X.15-шаклда кўрсатилганидек, икки томони қабариқ объектив L_1 ва окуляр L_2 дан ясалади. Бу линзалар катта ва кичик цилиндрга ўрнатилади ва объектив тирсаги 1 ва окуляр тирсаги 2 дейилади. Окуляр бир учига кичик диаметрли трубка 3 ўрнатилган, бу трубкага окуляр линзаси L_2 маҳкамланган. Окуляр тирсагида тўртта винт 5 ёрдамида доиравий диафрагма (махсус тусиқ 4) ўрнатилган. Бу винтлар иплар турининг тузатиш винтлари дейилади. Диафрагма ўртасига шиша пластинка жойланиб, унга ингичка ип каби вертикал ва горизонтал чизиқлар (IX.15-шакл, б) тортилган, бу чизиқлар иплар тури дейилади. Окуляр тирсагининг объектив тирсаги ичида тишлар ёрдамида сурилишини ростлаш учун махсус винт 6 ясалган, бу винт кремальер винт деб аталади. Кремальер винт ёрдамида окуляр тирсаги объектив



X.15-шакл. а — ташқи фокусליнидан (астрономик) кўриш трубаси:

L_1, L_2 — объектив ва окуляр линзалари; 1 — объектив тирсаги; 2 — окуляр тирсаги; 3 — окуляр трубкаси; 4 — иплар тури; 5 — турнинг тузаткич винти; 6 — кремальер винт; 7 — диафрагма; б — иплар турининг схемаси; 2, 4 — горизонтал тузаткич винт; 1, 3 — вертикал тузаткич винт.

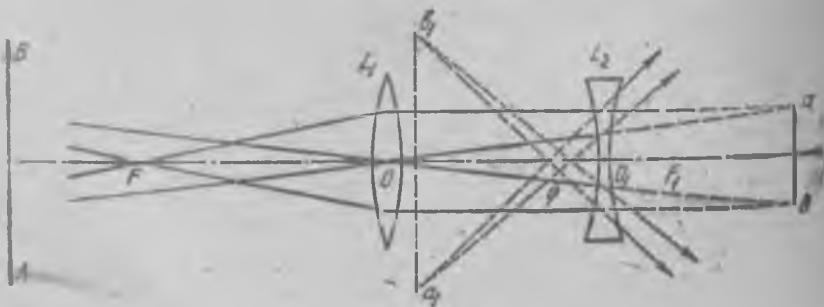


Х. 16- шакл. Кенлер трубасида нарса АВ нинг тасвири.

L_1, L_2 — объектив ва окуляр линзалари. ab — объектив берган тасвир, a_1, b_1 — окуляр катта-лаб кўрсатилган тасвир. f, f_1 — объектив ва окуляр фокус масофалари, α — объектив, β — окуляр марказларидаги кўриш бурчаги, f, f_1 — объектив, ϕ, ϕ_1 — окуляр фокуслари.

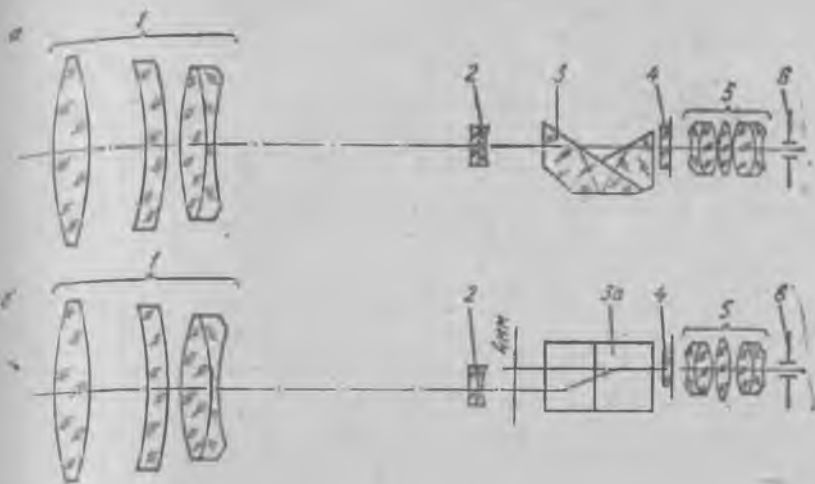
тирсаги ичида сурилади ва бунда труба узунлиги узгаради. Бундай кўриш трубаси *ташқи фокусладиган труба* дейилади. Объектив линзаси четига тушган нурларни окуляр томон утказмаслик учун объективдан ич томонда ўртаси очиқ доиравий диафрагма — тўсиқ 7 қўйилган. Турдаги вертикал ва ўртадаги горизонтал иплар кесишган t нуқта *тўр маркази* дейилади. Объектив маркази O билан тўр маркази t ни туташтирувчи tO чизиқ *кўриш ўқи* деб аталади. Нарсага қаралганда жойдаги нуқтага тўрнинг t нуқтаси туғриланади. Объектив маркази O билан окуляр маркази O_1 ни туташтирувчи чизиқ *оптик ўқ* деб аталади. Объектив ва окуляр тирсақларининг (цилиндрларнинг) ўқлари бир чизиқда ётиши керак, бу чизиқ трубанинг *геометрик ўқи* дейилади. Туғри асбобда оптик ва геометрик ўқлар бир чизиқда ётиши лозим.

Ташқи фокусладиган трубада нарсанинг тасвири. Кўриш трубалари турли узоқликдаги нарсаларга каратишга мўлжаллангани учун кузатиладиган нарса объективдан унинг фокус масофасининг иккилангани ($2f$) қадар узоқда туриши, яъни $D > 2f$ бўлиши керак. Х.16-шакл, а да кўрсатилганидек, AB нарса билан объектив L_1 ораси $2f$ дан катта. Шунда объектив орқали нарсанинг кичкиналашган, тескари ва ҳақиқий тасвири ab окуляр билан унинг фокуси орасида ҳосил булади. Окуляр L_2 бу тасвирни лу-



Х. 16- шакл, а. Ер (Галилей) трубасида нарса тасвирининг ясалиши

L_1 — объектив, L_2 — окуляр (манфий), a_1, b_1 — нарса АВ нинг туғри тасвири.



Х.16.- шакл, б. Янги ер трубасининг оптикавий схемаси:

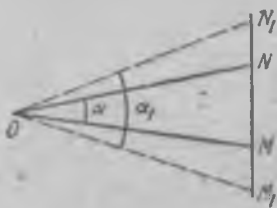
1 — мураккаб объектив, 2 — фокусловчи линза, 3 ва 3а — Аббе призмаси (айлантирувчи призмалар), 4 — ипплар тўри, 5 — окуляр, 6 — чиқиш (кўзага).

падагидек катталаштириб, мавҳум a_1b_1 ҳолида курсатади. Шундай қилиб, *қуриш трубасида нарса тесқари, мавҳум ва катталашган ҳолда кўринади.*

Тўғри тасвирли қуриш трубалари. Кузатиладиган нарса тасвирини узидек қилиб курсатадиган труба *ер трубаси* дейилади. Бундай трубани даставвал машҳур олим — Галилей (1564 — 1642) ишлатган, шунга қура у, қупроқ *Галилей трубаси* ҳам дейилади. Бу труба шаклдагидек (Х.16-шакл, а) мусбат ва манфий линзадан ясалади. Нарса AB нинг тасвири объектив орқали кичиклашган ab ҳолида булса, манфий линза орқали a_1b_1 ҳолида, яъни тўғри кўринади. Галилей трубаси узун булгандагина нарса тасвирининг катталашуви ортади, лекин равшанлиги камаяди. Шунга қура, геодезик ишларда тесқари тасвир берувчи астрономик трубалар ишлатилади. Лекин кейинги даврда қурилиш ишларида бажариладиган баъзи геодезик ишларни амалга оширишда тўғри тасвир берувчи трубаларнинг афзаллиги сезилди. Шунга қура, баъзи геодезик асбоблар қуриш трубалари тўғри тасвир берадиган қилиб чиқарилмоқда. Оптика техникасининг усиши билан қуриш трубаларида бир неча мусбат ва манфий линзалар системаси шундай урнатилдики, равшанлик камаймайди ва труба узунлиги ҳам ошмай, тўғри тасвир олинади. Масалан, Т15К, КБ1 асбобларнинг трубалари тўғри тасвир беради. Янги асбобларда Аббе призмаси (Х.16-шакл, б) урнатиш йўли билан тўғри тасвир олинади.

Х.8. Қуриш трубасининг катталаштириши

Қуриш трубасининг катталаштиришини лупа ва микроскопдагидек узоқликлар нисбати орқали ифодалаш тўғри булмаганидан, у қуриш бурчакларининг нисбати билан ифодаланadi. Қуриш бурчаги



X 17- шакл.

деганда нарсанинг четки нуқталаридан M_1N_1 қорачиғига тушган икки нур орасидаги бурчак тушунилади (X.17-шакл). O нуқтадан MN ни кўриш бурчаги α бўлса, M_1N_1 ни кўриш бурчаги α_1 бўлади; $\alpha_1 > \alpha$ бўлганидан $M_1N_1 > MN$, яъни қаралган нарсанинг кўриниш катталиги кўриш бурчаги катталигига тўғри пропорционал ўзгаради.

Кўриш трубаси орқали узоқдаги AB ва унинг трубадаги тасвири a_1b_1 турли бурчак остида кўринади. Агар D га нисбатан труба узунлигининг кичик эканлиги эсланса, AB га (X.16-шакл) объектив маркази O дан қаралса, AB нарса α бурчак остида кўринади. Худди шунга ўхшаш, тасвир, a_1b_1 га окуляр маркази O_1 дан қаралса, β бурчак остида кўринади. Шунда трубанинг катталаштириши v кўриш бурчакларининг нисбатига тенг бўлади:

$$v = \frac{\beta}{\alpha} \quad (\text{X.6.})$$

Трубанинг катталаштиришини линзалар фокус масофалари орқали ифодалаш учун қуйидагича ишлаймиз. Тенг ёнли учбурчаклик oab дан

$$\frac{oc}{cc} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (\text{a})$$

тенг ёнли O_1ac учбурчакликдан эса

$$\frac{oc}{O_1c} = \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \quad (\text{б})$$

бўлади; (б) ни (а) га бўлсак,

$$\frac{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{O_1c}{O_1c} \quad (\text{в})$$

чиқади. β ва α бурчаклар кичик бўлганидан, (II.14) формулга биноан, $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2} \sin 1'$; $\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{\beta}{2} \sin 1'$ деб уни (в) га қўйиб соддаласак, қуйидаги чиқади:

$$\frac{\beta}{\alpha} = \frac{oc}{O_1c} \quad \text{ёки} \quad v = \frac{oc}{O_1c} \quad (\text{г})$$

oc кесма тасвир ab нинг объектив линзасидан узоқлиги; нарса AB узоқда — $D = \infty$ бўлганда, тасвир ab объектив фокуси F_1 да бўлиб, O_1c масофа объективнинг фокус масофаси f_{oc} га тенг, яъни $oc = f_{oc}$ бўлади. D масофаси 200—300 м бўлганда oc нинг киймати f_{oc} га яқин бўлади. Нарсанинг тасвири кузатувчи кўзига параллел нурлар орқали кўринса, у равшан кўринади; бу ҳол ab тасвир объектив фокуси F_1 ва окуляр фокуси ϕ бир-бирига яқин бўлганда ҳосил бўлади. Шунга кўра, турли узоқликдаги нарсага

трубадан қараганда шу фокусларни бир-бирига яқинлатиш, яъни тасвир равшан кўриниши учун, кремальер винтини бураб, окуляр тирсаги объектив тирсаги ичида олдин-кетин сурилади. Бу билан F_1 ва F_2 бирлаштирилади; бу ҳодиса *фокуслаш* дейилади. Бундай оптик система *телескопик система* деб аталади ва геодезик асбобларда қўлланилади. Фокуслашда O_1C масофа окулярнинг фокус масофаси $f_{ок}$ га тенглашади, яъни $O_1C = f_{ок}$ булади. Бу OC ва O_1C қийматларни (v) га қўйсақ,

$$v = \frac{f_{об}}{f_{ок}} \quad (X.7)$$

булади, яъни кўриш трубагининг катталаштириши объектив фокус масофасининг окуляр фокус масофасига булган нисбатига тенг. Бу шунинг кўрсатадики, объективларда узун фокусли, окулярда эса қисқача фокусли линза ишлатилади. Трубагининг катталаштириши объектив линзаси диаметри a ва кўз қорачиғи диаметри (окулярдан чиқиб диаметр) b билан ҳам қуйидагича ифодаланади:

$$v = \frac{a}{b} \quad (X.8)$$

Баъзи теодолитларда махсус мослама ёрдамида окулярни алмаштириб, трубагининг катталаштиришини ўзгартириш мумкин. Геодезик асбоблардаги трубагарнинг катталаштириши $20 - 65^\circ$ орасида булади. Трубагининг катталаштириши бундан ортса, кўриш майдони ва равшанлиги камаяди.

X. 9. Трубагининг кўриш майдони

Тинч ҳолатдаги трубадан қараб ундан кўринган фазо *трубагининг кўриш майдони* дейилади.

Бу майдон (X.18-шакл) α бурчакнинг катталиги билан аниқланади. Бурчакнинг катталиги эса, шаклда кўрсатилганидек, иплар



X. 18- шакл.

тўри диафрагмасининг диаметри d_1 ва объектив фокус масофаси $f_{об}$ га боғлиқ. Шаклга кўра

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{d_1}{2f_{об}} \quad \text{ёки} \quad \frac{\alpha}{2} \cdot \sin 1' = \frac{d_1}{2f_{об}}$$

бундан

$$\alpha = \frac{d_1}{f_{об} \sin 1'} = \frac{d}{f_{об}} \rho \quad (a)$$

булади.

Тўр диафрагмасининг диаметри d_1 трубанинг тузилиши ва окулярнинг фокус масофаси $f_{ок}$ га боғлиқ бўлиб, улар орасидаги муносабатни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$d_1 = f_{ок} \cdot q \quad (6)$$

q — боғланиш коэффициенти бўлиб, 0,5 — 0,75 га тенг. Бу қиёматларни (а) га қўйсақ,

$$\alpha = \frac{f_{ок} q \rho}{f_{об}}$$

ёки соддалаштирсак

$$\alpha = \frac{q \rho}{v}$$

булади. Агар $\rho = 3438'$, $q = \frac{2}{3}$ деб, буларни (в) га қўйсақ,

$$\alpha = \frac{38,2^\circ}{v} \quad (X.9)$$

чиқади, яъни қўриш майдони трубанинг катталаштиришига тескари пропорционал. Қўриш трубасининг катталаштириши оширилса, қўриш майдони кичиклашади, кузатиладиган нуқтани топиш кийинлашади. Шўнга кўра трубанинг катталаштириши ортиқ булган теодолитларга катталаштириши кичик, қўриш майдони эса катта булган қўшимча труба ўрнатилади ва бу труба *изловчи труба* дейилади. Аввал изловчи труба билан нуқтани топиб, кейин асосий труба билан қаралади.

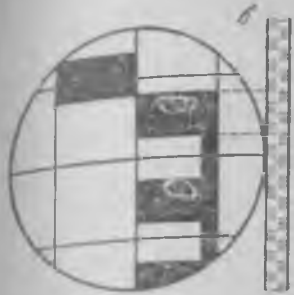
X.10. Қўриш трубасининг катталаштиришини аниқлаш

Трубанинг катталаштириши ҳар қайси асбобни чиқарган заводнинг асбобга қўшиб бериладиган йулланмасида курсатилган булади. Буни амалда қуйидагича аниқлаш ҳам мумкин.

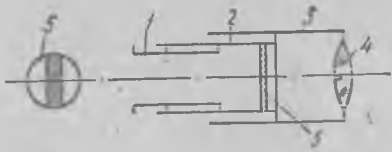
Рейка ёрдамида (Галилей усули) 15 — 20 м масофага рейкани вертикал ҳолда қўйиб, бир вақтда бир куз билан рейкага трубасиз, иккинчи куз билан эса рейкага труба орқали қаралади. Труба орқали қаралгандаги маълум оралиққа куз билан қараганда неча булак, труба орқали қараганда неча булак тўғри келгани аниқланади. Куз билан қаралганда кўринган булақлар сони ($n_{куз}$), труба билан қаралгандаги булақлар сони (n_T) га бўлинса, трубанинг катталаштириши v чиқади:

$$v = \frac{n_{куз}}{n_T}; \quad (X.10)$$

X.19-шаклда чап томонда (а) труба орқали қараш, ўнг томонда (б) куз билан қарашдаги ҳолат курсатилган. (а) да 1 бир булакка (б) да 20 булак тўғри келган, яъни $n_{куз} = 20$, $n_T = 1$; шунда (X.10) га кўра $v = 20:1 = 20^*$ булади, яъни (а) даги 3 булакка (б) да 60 булак тўғри келади, $v = 60:3 = 20^*$ булади.



X-19-шакл.



X-20-шакл.

чанани (X.20-шакл): Динаметр турли диаметрдаги учта (1, 2, 3) трубадан ясаиб, катта диаметрли трубага лупа 4 урнатилган. 2 труба учига пластинка урнатилиб, унга қиймати 0,1 мм бўлган шкала 5 чизилган. Шкалага лупа 4 дан қаралади, равшан қилиш учун 2 труба 3 ичида ҳаракат қилади. Кўриш трубаси узоқ нуқтага қаратилиб фокуслангач, унинг окулярига динаметр урнатилиб, 1 труба 2 труба ичида ҳаракатлантирилади-да, шкала юзасида ёруғ доирача ҳосил қилинади; бу ёруғ доирача диаметри чиқиш тирқишининг, яъни объективдаги нур кўриш тирқишининг окуляридаги тасвири бўлади. Бу доирача диаметри шкала булаклари орқали ўлчанса, u v қиймат бўлади. Кейин a ва v орқали (X.8.) формула бўйича u ни аниқлаш мумкин.

Кўриш майдонини аниқлаш. Амалий йўл билан кўриш майдонини аниқлаш учун асбобдан D масофага (X.18-шакл) рейкани вертикал қўйиб, кўринган оралиқ l аниқланади. Шунда

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{l}{2D} \text{ ёки}$$

$$\alpha = \frac{l}{D} \rho \quad (\text{X.11})$$

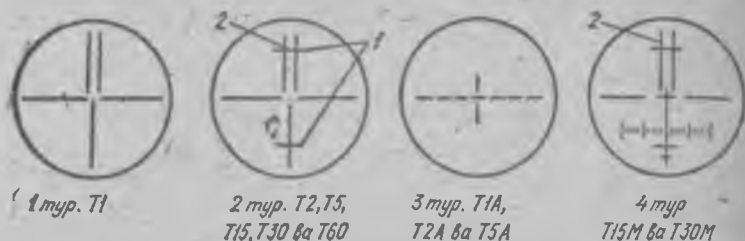
бўлади. $\rho = 3438'$.

Вертикал доирали теодолитларнинг кўриш майдони қуйидагича аниқланади. Маълум масофадан бир нуқтага кўриш майдонининг юқори чети қаратилиб, вертикал доирадан саноқ $n_{ю}$ олинади. Кейин қуйи чети қаратилиб, яна саноқ $n_{к}$ олинади. Шунда кўриш майдон α саноқлар айирмасига тенг бўлади:

$$\alpha = n_{ю} - n_{к} \quad (\text{X.12})$$

X.11. Иплар түри

Труба ни нуқтага бир хилда аниқ қаратиш учун трубада белгили нуқта бўлиши керак. Бундай нуқта сифатида кўриш трубасининг окуляр тирсагида окуляр трубчасининг объектив томонида махсус диафрагма шишасига чизилган вертикал, горизонтал чизиқлар кесилган нуқта m қабул қилинади (X.15-шакл, б), бу нуқта



Х. 21- шакл.

тўр маркази ҳам дейилади. Бу иплар чизилган шиша 4 диафрагмага ўрнатилиб, у иплар тури дейилади ва ўрнатилган металл мослама тўрт винт 5 ёрдамида ушлаб туриладики, булар иплар турининг тузатиш винтлари деб аталади. Бу винтлар ёрдамида иплар турини ўнг-чапга, юқори-қуйига суриш мумкин. Х.21- шаклда, ГОСТ 10529—79 га биноан, теодолитларда ишлатиладиган турдаги ипларнинг қандай чизилганлиги (тўртта тури) ва улар ўрнатилган теодолитлар кўрсатилган. Икки ипнинг вертикал ёнма-ён утказилгани 2 биссектор дейилади. 1— дальномер иплари.

Х.12. Тасвирнинг равшанлиги

Трубада кўринган нарса тасвирининг равшанлиги кўз пардасининг унга тушган нур билан ёритилишига боғлиқ. Бу ёритилиш тасвирнинг ҳар квадрат миллиметрга ҳар секундда келадиган ёруғлик миқдори билан белгиланади. Ҳар секундда тасвирнинг квадрат миллиметрга келадиган ёруғликнинг кўз қабул қилган миқдори тасвир равшанлиги дейилади ва I билан белгиланади.

Трубадаги тасвирнинг равшанлиги I ни кўз билан қарашдаги равшанлик i билан таққослаш орқали баҳоланади. i нинг қиймати қуйидагича топилади:

$$i = \frac{K \pi r^2}{s} \quad (\text{X.13})$$

бу ерда K — пропорционаллик коэффициенти; r — кўз қорачиғи радиуси, s — оддий кўз билан қарашда кўз пардасидаги тасвирнинг юзи; $K \pi r^2$ — нарсдан кўзга келадиган ёруғлик миқдори.

Тажрибадан аниқланишича труба объективига тушган ёруғликнинг бир қисми линзада ютилиб, бир қисми қайтади-да, тахминан 85 проценти кўзга тушади. Агар трубанинг катталаштириши v бўлса, кўз пардасидаги труба орқали кўринган нарса тасвирининг юзи S_1 кўз билан қарашдаги тасвир юзи S дан v^2 марта катта бўлади:

$$\frac{S_1}{S} = v^2 \quad \text{ёки} \quad S_1 = S v^2 \quad (\text{X.14})$$

бўлади. Ёруғликнинг кўзга тушуви объектив диаметрига боғлиқ; агар объектив радиусини R десак, ундан ўтиб кўзга тушган ёруғ-

лик миқдори $0,85 K\pi R^2$ бўлади. Бу миқдорнинг тасвир юзи S_1 га нисбати трубадаги тасвирнинг абсолют равшанлиги дейилади ва I билан белгиланади:

$$I = \frac{0,85 K\pi R^2}{S_1} \quad \text{ёки} \quad I = \frac{0,85 K\pi R^2}{Sv^2} \quad (\text{X. 15})$$

Бу формуладаги K номаълум бўлганидан уни сон қиймати билан ифодалаймиз. Унинг i га бўлган нисбати $\frac{I}{i}$ нисбий равшанлик дейилади ва қуйидагича аниқланади:

$$\frac{I}{i} = \frac{0,85 K\pi R^2}{Sv^2} : \frac{K\pi r^2}{S} \quad \text{ёки} \quad \frac{I}{i} = \frac{0,85 R^2}{v^2 r^2}$$

Агар R ва r ни объектив ва кўз қорачиғи диаметрлари a ва b билан алмаштирсак,

$$\frac{I}{i} = \frac{0,85 a^2}{v^2 b^2} \quad (\text{X. 16})$$

чиқади, яъни нисбий равшанлик объектив диаметрининг квадратига тўғри пропорционал, трубанинг катталаштириши квадратига эса тескари пропорционал бўлади. Бу ҳам кўрсатадики, трубанинг катталаштириши ортуви билан нарса тасвирининг равшанлиги камайиб, тасвир хира куринади. Труба катталаштиришининг ортиши куриш майдонини кичиклаштиради, нарса тасвирининг равшанлигини камайтиради. Шунга кўра, катталаштириш $50-60^\times$ дан ошмайди. Кейинги даврда астроном Д. Д. Максутов яратган ойнали — линза объектив ишлатиш йули билан юқоридаги камчиликлар бартараф қилинган геодезик асбоблар яратила бошланди.

Х.13. Кўриш трубасини кўзга ва нарсага тўғрилаш

Кўзга тўғрилаш. Кўриш трубасини ишлашдан олдин кўзга тўғрилаш керак. Кузатувчи трубани осмонга ёки очиқ деворга қаратганда тур иплари равшан ва қорамтир бўлиб кўринмай, хира кўринса, буни яхшилаш учун окуляр трубкчаси 3 (Х.15-накл) иплар яққол кўрингунча унг ёки чапга буралади. Бу процесс *трубани кўзга тўғрилаш* дейилади. Янги асбобларда окуляр трубкчаси махсус ҳалқасимон мосламага ўрнатилади, бу мослама ёрдамида буралиб кўзга тўғриланади; бу *диоптрия ҳалқа* дейилади.

Трубани нарсага тўғрилаш. Кузатиладиган нарса асбобга нисбатан турли узоқликда бўлади, шунга кўра, унинг тасвири фокусга яқин бўлмаганидан нарса тасвири хира кўринади. Тасвирни равшан қилиш учун кремальер винт 6 ёки ички фокусладиган янги асбобларда трубадаги кремальер ҳалқа тасвир тиниқ ва равшан бўлгунча буралади. Бу процесс *трубани нарсага тўғрилаш ёки трубани фокуслаш* дейилади.

Труба ҳар нуқтага қаратилганда фокусланиши керак. Трубани фокуслашда қуйидагига эътибор бериш лозим. Агар кузатилган нарса узоқда бўлса, кремальер винт трибкасини (винтини) чапга



Х. 22- шакл.

(соат стрелкаси юришига тескари), яқинда булса, унга (соат стрелкаси юриши томонига) бураш керак.

Иплар тўрининг параллакси. Труба тўғри фокусланмаса, иплар тўри параллакси вужудга келади. Тўғри фокусланганда тасвир qq_1 , иплар тўри текислиги PP_1 да (фокал текисликда) ҳосил бўлади. Параллакс борлигини билиш учун окуляр олдида g унг ёки чапга, юқори ёки пастга (g_1 ва g_2 нуқтага) ҳаракат қилдирилади; шу вақт тасвир qq_1 нуқта m да узгармай турса (Х.22-шакл, а) тўғри фокусланган бўлади. Агар фокуслаш етарли даражада тўғри булмаса, тасвир иплар тўри олдида (Х.22-шакл, б) ёки орқасида (Х.22-шакл, в) ҳосил булади. Бу ҳодиса *иплар тўрининг параллакси* дейилади. Бунни йўқотиш учун кремальер винтини бир оз бураш, яъни тўғри фокуслаш керак.

Х.14. Мураккаб линзалар

Юқорида (Х.15-шакл) келтирилган трубада ишлатилган линзалар оддий линзалар бўлиб, трубанинг катталаштириши ва куриш майдони кичик булади ва линзалардаги сферик ҳамда хроматик абберрациялар тасвирга салбий таъсир этади. Бунни йўқотиш учун субъектив ва окуляр бир неча линзадан ясаладикки, бунга *мураккаб линзалар* дейилади.

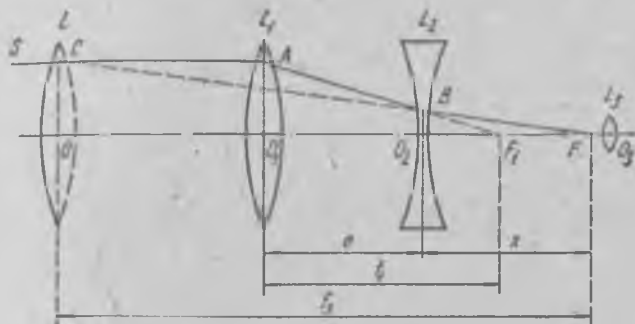
Сферик абберрация. Оддий линза четига тушган нур кўпроқ, марказга яқин тушган нур камроқ синиши туфайли линзадан синиб чиққан нурлар бир нуқтада (фокусда) кесинмай, фокус олди ва орқасида кесинишади, бунинг орқасида нарса тасвири хираланиб куринади; бу ҳодиса *сферик абберрация* дейилади.

Хроматик абберрация. Оддий линзага тушган нур призмалардагидек, спектр рангларига булинади; бу ҳам тасвир рангини узгартиради; тасвир рангининг узгарishi *хроматик абберрация* дейилади. Булардан ташқари, нарсанинг шакли ҳам симметриклигини йўқотиб, бирмунча узгарадики, бу ҳодиса *кома* деб аталади.

Бу камчиликларни йўқотиб, тасвир сифатини яхшилаш учун куриш трубаларининг объектив ва окулярлари мусбат ва манфий бир неча линзани турли нисбатда урнатиш йули билан ясаллади; бундай объектив ва окулярлар *мураккаб объектив* ва *мураккаб окуляр* дейилади. Мураккаб линзаларда объектив ва окуляр кўпроқ икки линзадан ясаллади ва улар бир линзадек ишлайди, бундан икки линза ишини алмаштирувчи линза *эквивалент линза* дейилади. Эквивалент линза ишлатиш бирмунча афзалликка эга булганидан ҳозирги геодезик асбобларда кўп ишлатилади.

Х.15. Эквивалент линзаларнинг фокус масофаси

Кўриш трубасига бир неча линза кетма-кет ўрнатилганда линзаларга тушган нур уларнинг биридан синиб ўтиб, иккинчисига тушибдила нур йўли мураккаб ўзгаради. Масалаи, икки линзанинг фокус масофалари f_1 , f_2 , эквивалент линзанинг фокус масофаси эса f_3 .



Х. 23- шакл.

L_1 — объектив, унинг фокус масофаси f_1 , L_2 — ёрдамчи линза, унинг фокус масофаси f_2 булсин. Бу линзалар ўзаро e оралиқда ўрнатилган ва $e < f_1$ бўлсин (Х.23-шакл). Оптик ўққа параллел тушган S нур A да синиб, F_1 дан ўтиши керак. Лекин йўлидаги манфий L_2 линзага тушади, B нуқтада яна синиб, оптикавий ўқ билан L_2 дан k масофадаги F да кесишади. Агар BF йўналишини объектив тасмн дағсм элтирсак, у S нур билан C нуқтада кесишади. C дан оптик ўққа перпендикуляр туширсак, O нуқта икки L_1 ва L_2 линзаларни алмаштирувчи мавҳум линза L ўрни бўладики, бу эквивалент линза дейилади. F нуқта эквивалент линза фокуси, OC — фокус масофаси f_3 бўлади.

Фокус масофаси f_3 иккала L_1 , L_2 линза фокус масофалари ва улар оралиғига боғлиқ. COF ва EO_1F ҳамда AO_1F_1 ва BO_2F_1 учбурчакликлар ўхшашлигидан қуйидагини ёзамиз:

$$\frac{AO_1}{BO_2} = \frac{f_1}{f - e} \quad \text{ва} \quad \frac{CO}{BO_2} = \frac{f_3}{x}. \quad (3)$$

Шаклга кўра, $AO_1 = CO$, (а) нинг ўнг томонлари ҳам тенг булганидан

$$\frac{f_1}{f_1 - e} = \frac{f_3}{x} \quad \text{ёки} \quad f_3 = \frac{f_1}{f_1 - e} \cdot x \quad (X.17)$$

бўлади; бу ерда x — эквивалент линза фокуси F нинг L_2 дан узоқлиги булиб, у қуйидаги мулоҳаза асосида аниқланади. Масалан, F дан L_2 га келган FB нур B нуқтадан қайтиб, мавҳум F_1 тасвир ҳосил қилади. Шунда F — нарса, L_2 — линза, x эса нарсенинг линзадан узоқлиги (D ўрнида) бўлади; нарса F унинг тасвири F_1 бўганидан, $O_2F_1 = f_1 - e$ линзадан тасвир оралиғи (d)

ўрнида) бўлади. L_2 линзанинг фокус масофасини f_2 десак, F_1 нинг манфий тасвир эканини эслаб, қуйидагини ёзамиз:

$$\frac{1}{x} - \frac{1}{f_1 - e} = \frac{1}{f_2} \quad (X.18)$$

Бундан

$$x = \frac{f_2(f_1 - e)}{f_1 + f_2 - e} \quad (X.19)$$

чиқади. Агар x қийматини (X.17) га қўйсак

$$f_3 = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - e} \quad (X.20)$$

бўлади. (X.20) дан кўринадикки, линзалар оралиғи e ўзгариши билан f_3 ҳам ўзгаради. L_2 манфий бўлганда, L мусбат булиши учун $f_1 - e < |f_2|$ бўлиши керак. Шу формулага кўра, мураккаб линзалар ясалади.

X.16. Мураккаб объективлар

Булар кўпроқ мусбат ва манфий линзадан ясалади. Бирининг икки томони қабариқ бўлса, иккинчисиники ботиқ- ясси ёки ботиқ-қабариқ бўлади (X.24- шакл). Икки линза шаффоф канада бальзами билан бирлаштирилади. Мусбат линза кронгласдан, манфийси — флинтгласдан қалинлиги ва юзасининг эгрилик радиуси нур синишининг оптик қоидаларига биноан ҳисоблаб тайёрланади. Мураккаб объективларда нурнинг келиши ва синиши X.24-шаклда курсатилган. Бунда абберация йўқолади. Бундан ташқари, объектив тирсагида линзанинг орқа томонига уртаси доғравий очиқ диафрагма (тусиқ) қўйилади (X.15-шакл, 7); бу тўсиқ линза четига тушган нурларни тўсиб қолади. Бундай объектив *ахроматик объектив* дейилади.

X. 24- шакл.

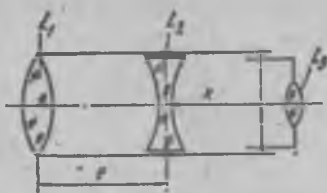
Мураккаб объективларда мусбат ва манфий линзалар бир-бирига ёпиштириб қўйилганидан, уларнинг оралиғи $e = 0$ бўлади. Шунда (X.20) формула қуйидагича ёзилади:

$$f_3 = f_1 \cdot \frac{f_2}{f_1 - f_2} \quad (a)$$

(a) даги $\frac{f_2}{f_1 - f_2}$ ҳамиша бирдан катта бўлганидан, $f_3 > f_1$ бўлади, яъни мураккаб объективнинг фокус масофаси катта бўлади. Бундай катта фокус масофали система объективларда ишлатилади.

Телеобъектив. Қуриш трубаларининг узунлигини оширмай, катталаштиришини ошириш учун (X.20) формула асосида объектив яшаш мумкин. Бунда икки томони қабариқ L_1 (асосий объектив) ва

Икки томони богиқ L_2 линза узаро e масофа билан бирлаштирилади (X.25-шакл), лекин бунда $e < f_1$ булиши керак. Бундай объектив телеобъектив дейилади. Телеобъектив труба-нинг катталаштиришини оширса ҳам кўриш майдонини камайтирмайди, лекин труба-нинг узунлигини камайти-ришга имкон беради.

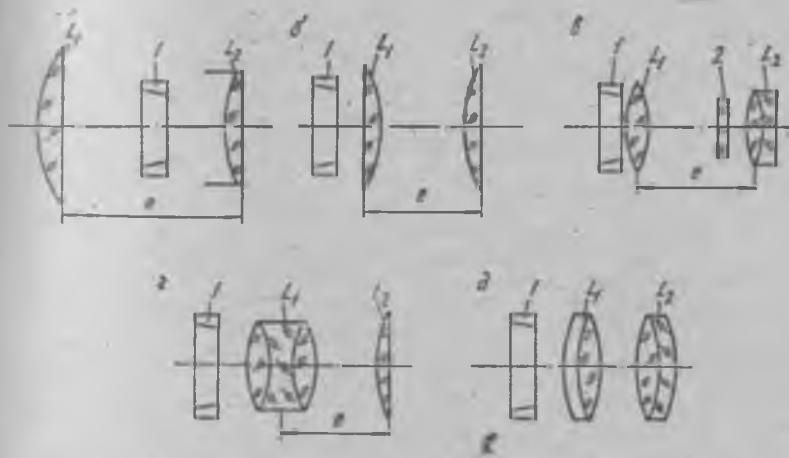


X. 25. Шакл.

X 17. Мураккаб окулярлар

Мураккаб окуляр бир неча линзадан иборат бўлади, линзалар эса бир-бирига нисбатан турлича ўрнатилади. Окулярда ишлати-ладиган линзалар турига ва уларнинг бир-бирига нисбатан ўрна-шувига қараб, бу окулярларни таклиф қилган олимлар шарафига Гюйгенс, Рамсен, Кельнер ва ортоскопик окуляр деб аталади.

Гюйгенс окулярида икки ясси қабариқ линзанинг қандай ўрна-тилиши X.26- шакл, а да кўрсатилган. Бундай тузилишда труба-нинг катталаштиришини камаяди, лекин кўриш майдони катталашади.



X. 26- шакл. Мураккаб окулярлар:

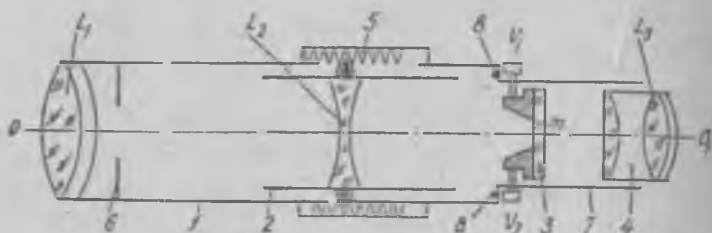
а — Гюйгенс окуляри, б — Рамсен окуляри, в — Кельнер окуляри, г — ортоскопик окуляр, д — симметрик окуляр.

Рамсен окулярида (X.26-б) труба-нинг катталаштириши ортиқ, кўриш майдони эса кичик бўлади. Лекин кейинги вақтларда Рамс-ден окулярини Кельнер бирмунча узгартириб, қўшимча линзалар билан такомиллаштирди, бу окуляр Кельнер окуляри дейилади (X.26-шакл, в).

Ҳозир энг мукамал окуляр ортоскопик окуляр булиб (X.26-шакл, г), унда кўриш майдонининг ҳамма ерида тасвир яхши кўрилади. Булардан ташқари, симметрик окуляр (X.26-шакл, д) ҳам ишлатилади.

Х. 18 Ички фокусланадиган труба

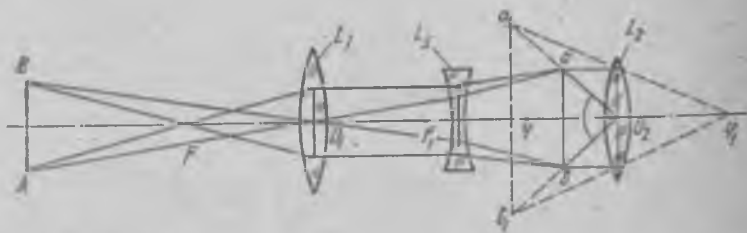
Ташқи фокусланадиган трубаларни фокуслашда окуляр тирсаги объектив тирсагида ташқи тишлар (зубчатка) ёрдамида ҳаракат қилади, бунда труба узунлиги узгаради ва ҳаводаги чанг-тузон ва намлик таъсирида тишлар кирганиши ва занглаши мумкин.



Х. 27- шакл. Ичка фокусланадиган куриш трубаси.

L_1 — объектив, L_2 — мураккаб окуляр, L_3 — фокуслаш линзаси, V_1, V_2 — турнинг тузатгич винтлари, $O.O.$ — оптиквий ўқ; 1 — объективи тирсак, 2 — патрубкаи, 3 — иллар тўри, 4 — окуляр трубкачаси, 5 — кремальер винт, 6 — диафрагма, 7 — окуляр тирсаги, 8 — окуляр ва объектив тирсақлар бирлашган жойи, m — тур маркаси.

Шу сабабли окуляр равон ҳаракат қилмаганидан куриш уқининг ҳолати узгаради. Бу камчиликни йўқотиш учун куриш трубалари ички фокусланадиган қилиб ишланади. Бу трубалар Х.16-§ да баён этилган эквивалент линзалар назарияси асосида ясалади. Х.27-шаклда ички фокусланадиган трубанинг кесими ва оптиквий схема-



Х. 28- шакл.

си берилган. Труба фокусловчи линза L_2 ни кремальер винт 5 ёки ҳаққа ёрдамида труба ичида ҳаракатлантириш йули билан фокус-лашади.

Ички фокусланадиган трубада нарса тасвирининг ҳосил бўлиши Х.28-шаклда келтирилган.

Х. 19. Куриш трубасини нарсага қаратиш аниқлиги

Трубани нарсага қаратиш аниқлиги кўзнинг курган нарсани ажрата билиш қобилиятига боғлиқ.

Нормал кўз билан нарса AB га қаралганда куриш бурчаги α нинг (Х.17-шакл) қиймати $60''$ дан катта ($\alpha > 60''$) бўлса, нарса

булиб кўринадди, акс ҳолда ($\alpha < 60''$) булса, нарса нуқта сулиб кўринадди. Шунга кўра, $60''$ кўришининг критик бурчаги дейилади. Критик бурчак кузатувчининг сезгирлизи, қаралган нарсанинг шакли, ранги, ёритилиши каби ҳолларга боғлиқ булганидан, у $30''$ дан $120''$ гача булиши мумкин, лекин у уртача ҳисобда $\alpha = 60''$ қилиб олинади.

Нарсага труба орқали қаралса, қарашнинг урта квадратик хато-си m_v трубанинг катталаштириши v қадар кичик булади, яъни:

$$m_v = \pm \frac{\alpha}{v} = \pm \frac{60''}{v}. \quad (\text{X.21})$$

Қараш аниқлигига тур ипларининг йўғонлиги ҳам таъсир этади. Бу таъсирдан қутулиш учун тур ипларидан бири бир-бирига яқин икки параллел чизиқдан иборат қилиб ишланадики, у *биссектор* дейилади (X.21-шакл, в).

Х.20. Теодолит турлари

Теодолитлар булакларининг бир-бирига булган муносабатига қараб оддий, такрорий ва буриладиган лимбли булади. Теодолит лимби айланмаса, оддий, айланса — такрорий булади. Такрорий теодолитда лимб ва алидада айланганидан, ҳар қасисининг узига хос сиқувчи ва қаратиш винтлари буладди.

Буриладиган горизонтал донрали теодолитда сиқувчи ва қаратиш винтлари булмайдди. Горизонтал донра айлланиш уқндаги махеус барабанча ёрдамида бурилади.

Теодолитлар *металл лимбли* ва *шиша лимбли* булади. Лимби шишадан ишланган теодолитга *оптик теодолит* дейилади.

ГОСТ 10529 — 79 бўйича металл лимбли теодолитлар чиқарилмайдди.

Теодолитлар бурчак улчашдаги аниқлигига қараб бир неча турга булинади. Бурчакни бир приём билан улчашдаги урта квадратик хато қийматига қараб шифрланади. Масалан, бурчакни бир приём билан улчашдаги хато $\pm 30''$ булса, теодолит шифри Т 30 каби ёзилади, яъни «теодолит» сўзидан Т ҳарфи ва аниқлиги ёзилади. ГОСТ га кўра оптиквий теодолитлар уч группага булинади ва қуйидаги шифр билан чиқарилади:

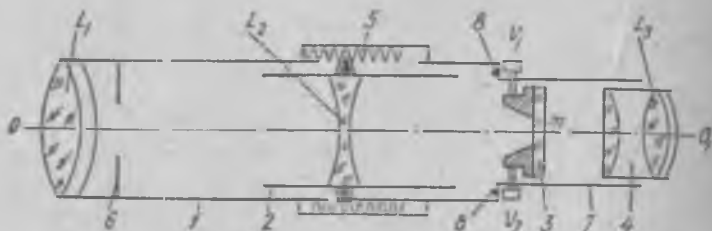
1. Энг аниқ теодолитлар — горизонтал бурчак улчашда урта квадратик хатоси $\pm 1,0''$; шифри Т1;
2. аниқ теодолитлар — хатоси $\pm 2''$ дан $\pm 7''$ гача, шифри Т2 ва Т5;
3. техник теодолитлар — аниқлиги $\pm 15''$ дан $\pm 30''$ гача, шифри Т15 ва Т30.

Булар билан бир қаторда, уқув теодолити номи билан, туғри тасвирли Т60 шифрли теодолит ҳам чиқарилади.

Бу теодолитлар билан бирга уларнинг такомиллаштирилгани ҳам чиқарилади. Чунончи, маркшейдрлик ишларида қўлланиладиган Т15М ва Т30М шифрли теодолитлар; Т5К, Т15К ва Т30К шифрли, компенсатор урнатилган теодолитлар; Т1А, Т2А, Т5А шифрли, кўриш трубади автоколлимацион окулярли теодолитлар; Т15К

Х. 18 Ички фокусланадиган труба

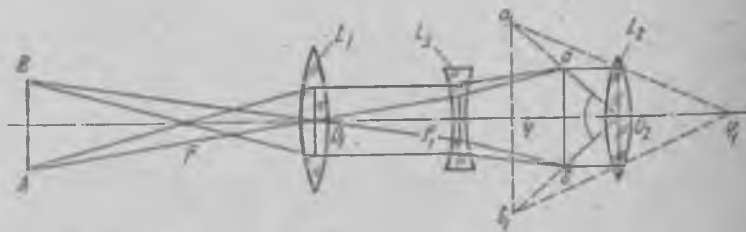
Ташқи фокусланадиган трубаларни фокуслашда окуляр тирсаги объектив тирсагида ташқи тишлар (зубчатка) ёрдамида ҳаракат қилади, бунда труба узунлиги узгаради ва ҳаводаги чанг-тузон ва намлик таъсирида тишлар кирланиши ва занглаши мумкин.



Х. 27- шакл. Ичка фокусланадиган кўриш трубаси.

L_1 — объектив, L_2 — мураккаб окуляр, L_3 — фокуслаш линзаси, V_1, V_2 — тўрнинг тузаткич винтлари, OO_1 — оптикавий ўқ, 1 — объективли тирсак, 2 — патрубк, 3 — иллар тўри, 4 — окуляр трубкчаси, 5 — кремальер винт, 6 — диафрагма, 7 — окуляр тирсаги, 8 — окуляр ва объектив тирсақлар бирлашган жойи, m — тўр маркаси.

шу сабабли окуляр равон ҳаракат қилмаганидан кўриш ўқининг ҳолати ўзгаради. Бу камчиликни йўқотиш учун кўриш трубалари ички фокусланадиган қилиб ишланади. Бу трубалар Х.16-§ да баён этилган эквивалент линзалар назарияси асосида ясалади. Х.27-шаклда ички фокусланадиган трубанинг кесими ва оптикавий схема-



Х. 28- шакл.

си берилган. Труба фокусловчи линза L_2 ни кремальер винт 5 ёки ҳалқа ёрдамида труба ичида ҳаракатлантириш йули билан фокус-лаяди.

Ички фокусланадиган трубада нарса тасвирининг ҳосил бўлиши Х.28-шаклда келтирилган.

Х. 19. Кўриш трубасини нарсага қаратиш аниқлиги

Трубани нарсага қаратиш аниқлиги кўзнинг курган нарсани алжрата билиш қобилиятига боғлиқ.

Нормал кўз билан нарса AB га қаралганда кўриш бурчаги α вниг (Х.17-шакл) қиймати $60''$ дан катта ($\alpha > 60''$) булса, нарса

чилик бўлиб кўринади, акс ҳолда ($\alpha < 60''$) бўлса, нарса нуқта оулиб кўрилади. Шунга кўра, $60''$ кўришининг критик бурчаги дейилади. Критик бурчак кузатувчининг сезгирлиги, қаралган нарсанинг шакли, ранги, ёритилиши каби ҳолларга боғлиқ бўлганидан, у $30''$ дан $120''$ гача бўлиши мумкин, лекин у ўртача ҳисобда $\alpha = 60''$ қилиб олинади.

Нарсага труба орқали қаралса, қарашнинг ўрта квадратик хато-си m_v трубанинг катталаштириши v қадар кичик бўлади, яъни:

$$m_v = \pm \frac{\alpha}{v} = \pm \frac{60''}{v}. \quad (\text{X.21})$$

Қараш аниқлигига тўр ипларининг йўғонлиги ҳам таъсир этади. Бу таъсирдан қутулиш учун тўр ипларидан бири бир-бирига яқин икки параллел чизикдан иборат қилиб ишланадигий, у *биссектор* дейилади (X.21- шакл, в).

X.20. Теодолит турлари

Теодолитлар бўлақларининг бир-бирига бўлган муносабатига қараб оддий, такрорий ва буриладиган лимбли бўлади. Теодолит лимби айланмаса, оддий, айланса — такрорий бўлади. Такрорий теодолитда лимб ва алидада айланганидан, ҳар қасисининг узига хос сиқувчи ва қаратиш винтлари бўлади.

Буриладиган горизонтал доирали теодолитда сиқувчи ва қаратиш винтлари бўлмайди. Горизонтал доира айланиш уқидаги махеус барабанча ёрдамида бурилади.

Теодолитлар *металл лимбли* ва *шиша лимбли* бўлади. Лимби шишадан ишланган теодолитга *оптик теодолит* дейилади.

ГОСТ 10529 — 79 бўйича металл лимбли теодолитлар чиқарилмайд.

Теодолитлар бурчак улчашдаги аниқлигига қараб бир неча турга бўлинади. Бурчакни бир приём билан улчашдаги ўрта квадратик хато қийматига қараб шифрланади. Масалан, бурчакни бир приём билан улчашдаги хато $\pm 30''$ бўлса, теодолит шифри Т 30 каби ёзилади, яъни «теодолит» сўзидан Т ҳарфи ва аниқлиги ёзилади. ГОСТ га кўра оптикавий теодолитлар уч гурпуга бўлинади ва қуйидаги шифр билан чиқарилади:

1. Энг аниқ теодолитлар — горизонтал бурчак улчашда ўрта квадратик хатоси $\pm 1,0''$; шифри Т1;
2. аниқ теодолитлар — хатоси $\pm 2''$ дан $\pm 7''$ гача, шифри Т2 ва Т5;
3. техник теодолитлар — аниқлиги $\pm 15''$ дан $\pm 30''$ гача, шифри Т15 ва Т30.

Булар билан бир қаторда, уқув теодолити номи билан, тўғри тасвирли Т60 шифрли теодолит ҳам чиқарилади.

Бу теодолитлар билан бирга уларнинг такомиллаштирилгани ҳам чиқарилади. Чунончи, маркшейдрлик ишларида қўлланиладиган Т15М ва Т30М шифрли теодолитлар; Т5К, Т15К ва Т30К шифрли, компенсатор ўрнатилган теодолитлар; Т1А, Т2А, Т5А шифрли, кўриш труба^{си} автоколлимацион оқулярли теодолитлар; Т17К

ва Т60 каби туғри тасвир берувчи ер трубаги теодолитлар шифрига «1» харфи қушиб ёзилади, масалан, Т5КП теодолити. ГОСТ 10529—79 га кура, Т1, Т2, Т6, Т15, Т30 теодолитларининг астрономик трубадилари билан бир қаторда ер трубадиларини ҳам чиқариш мумжалланади.

Модификациянинг тартиб номери шифр олдига ёзилади; масалан, 2Т5А каби. ГОСТ га биноан, Т1 ва Т2 да саноқ лимб диаметрининг икки учидан олиннши керак. Т1, Т2 ва Т5 ларда қидирувчи доира урнатилади. Т15 ва Т5 лар адилаги реверсион қилиб ишланади.

Хозирги техник теодолитларда вертикал доира ва иплар турида дальномер иплари урнатилган; улар вертикал бурчак ва масофани улчаш учун ишлатилади ва теодолит-тахеометр деб аталади.

Баъзи теодолит трубалари устига махсус мослама ёрдамида куйи адилак урнатилган, бу билан куриш уқи горизонтал холга келтирилади. Бундай теодолит ёрдамида нивелирлаш ҳам мумкин. Металл лимбли теодолит ТТ-5 (теодолит-тахеометр) купроқ тарқалганидан хозир ишлатилади. Теодолитларнинг дальномер коэффиценти $K = 100 \pm 0,54$ га тенг.

Х. 1-жадвалда баъзи теодолитларнинг асосий характеристикаси берилган.

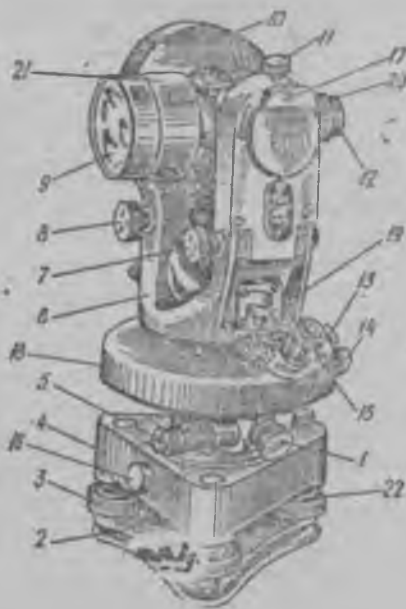
Х. 1-жадвал

Характеристикаси	Теодолит турлари				
	ТТ5	Т60	Т30	Т15	Т5
Куриш трубагининг катталаштириши, v^x	25	15	20	25	27
Куриш майдони, α	1°25'	2°	2°	1°30'	1°30'
Қаратишдаги энг қисқа масофа, м	2	1	1,2	1,2	2
Микроскопнинг катталаштирилиши, μ_m	—	—	18 \times	72 \times	70 \times
Лимбнинг диаметри, мм:					
горизонтал доира	100	70	70	76	90
вертикал доира	72	70	70	72	70
Лимб бир булагининг қиймати, l :					
горизонтал доира	10'	10'	10'	1°	1°
вертикал доира	10'	10'	10'	1°	1°
Саноқ олиш микроскопи булагининг қиймати	—	—	10'	1'	1'
Микроскопдан саноқ олиш аниқлиги	—	—	1'	0,1°	0,1°
Теодолит оғирлиги, кг	3,1	2	2,2	3,0	3,6

Х. 21. ТТ-5 Теодолити

ТТ-5 илгариги ТТ-50 асосида такомиллаштирилган металл лимбли, такрорий теодолит булиб, ихчам ва ишлатишга қулай (Х.29-шакл). Шаклда теодолитнинг булаклари ва номлари тула курсатилган. Теодолит инженерлик ва техник ишларда горизонтал ҳамда вертикал бурчакларни 30" аниқлик билан улчашда, тахеометрик съёмкада ишлатилади. Лимби, алидадаси ва вертикал доираси чанг, тузон ва нам тушмаслиги учун ёпиқ қилиб ишланган. Теодолит икки булакдан тўзилган, куйи булаги таглик (трегер) юкори

булагидан ажралади. Таглик 4 учти кутариш винти 3 билан металл пластинка 2 га урнатилган. Пластинка штатив устига қўйилади ва штативдаги турғилиш винти билан маҳкамланади. Кутариш винтлари билан асбоб горизонтал ҳолга келтирилади. Таглик устига теодолитнинг юқори қисми урнатилгач, таглик қисувчи винти 16 билан маҳкамланади. Теодолит лимбининг маҳкамлаш 1 ва қаратиш 5 винтлари, алидаданинг ҳам алоҳида маҳкамлаш 13 ва қаратиш 14 винтлари бор. Лимб филофи 18 нинг бир диаметри икки учигаги тирқишдан лимб ва верньер булаклари куринади, булаklar иллюминатор билан ёритилади. Булаklarдан саноқ олиш учун лупа 15 урнатилган булиб, у қимирламайди. Лимб филофи устига маҳкамланган икки колонка 6 труба таглиги булиб, ундаги горизонтал ўқда труба вертикал текисликда айланади. Трубани ҳам маҳкамлаш 11 ва қаратиш 7 винтлари булади. Труба айланиш ўқининг бир учига вертикал доира 10 маҳкамланган, у ўқ билан бирга айланади. Вертикал доиранинг махсус цилиндрик адилагидан булиб, вертикал доира алидадасидаги микрометрик винт 8 ёрдамида горизонтал ҳолга келтирилади. Труба таглигидан бирининг юқорисига 17 резьбали махсус уйма (тешик) ишланган булиб, унга ориентир буссол урнатилади. Труба таглиги орасида лимб филофи устига цилиндрик адилак урнатилган, унинг тузатиш винти 19 бир тагликнинг қуйи томонига жойлаштирилган. Қўриш трубасининг объективи 9 ва окуляри 12 мураккаб булиб, иплар тури махсус қалпоқча 20 билан беркигилган. Труба устига уни нарсага тахминан қаратиш учун фойдаланиладиган нишон-мушка 21 урнатилган.



Х. 29- шакл. Теодолит ТТ-5 нинг ёндан кўриниши.

1 — лимбининг маҳкамлаш винти, 2 — урнатилгач винтнинг втулкали ва пружинили пластинкаси, 3 — кутаргич винт, 4 — греггер, 5 — лимб, қаратгич винти, 6 — труба айланиш ўқининг таглиги, 7 — труба қаратгич винти, 8 — вертикал доира алидадасининг микрометрик винти, 9 — труба объективи, 10 — вертикал доира, 11 — труба маҳкамлаш винти, 12 — окуляр, 13 — алидада маҳкамлаш винти, 14 — алидада қаратгич винти, 15 — лупа, 16 — маҳкамлаш винти, 17 — буссоля ўрни, 18 — лимб филофи, 19 — адилак тузаткич винти, 20 — иплар турининг қопқоғи, 21 — мушка (пишонлагич) 22 — винт мосламаси.

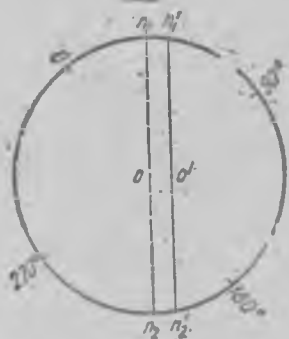
Х. 22. ТТ-5 теодолитини синаш

Теодолит геодезиянинг асосий қуроли булиб, унинг булаклари бир-бирига нисбатан маълум технологик ва математик қоида ва шартлар асосида урнатилади, бу шартларнинг сақланган булиши ш шифатини белгилайди. Теодолит ясалиши буйича қўйилган

шартларнинг сақланишни аниқлаш теодолитни *синаш* ва *текшириш* дейилади.

Теодолитни *синаш*. Теодолитнинг механик-технологик муносабати хоссаларини сақланишини аниқлаш уни *синаш* дейилади. Асбоб штативга урнатилгач, маҳкамлаш, қаратиш винтларининг тўғри ишлаши, лимб, алидада ва кўриш трубагининг равоан айланиши текшириб кўрилади. Кутариш винти буралганда адилак пуфакчасининг сурилиши, трубагининг зенит орқали равоан айланиши *синаб* кўрилади. Шу билан бирга, қуйидаги қисмларнинг канчалик тўғри эканлиги ҳам аниқланади.

1. Лимб, верньер булаклари тўғри бўлиши керак. Бунинг учун верньернинг ноль штрихи лимбнинг ноль штрихига тўғриланиб, верньернинг охириги йигирманчи $10'$ ли штрихи лимбнинг ун туққизинчи штрихига тўғри келиши аниқланади. Сушра лимб қўзғатилмай, алидаданнинг қаратиш винти буралиб верньер ноли лимбнинг нолдан кейинги $10'$ ли штрихига тўғриланади, шунда верньернинг охириги $10'$ ли штрихи лимбдаги $20'$ -штрихга тўғри келиши керак. *Синаш* шу тартибда кетма-кет давом эттирилади. Лимб булаклари тўғри бўлгач, верньер булаклари текширилади. Верньернинг уртадаги бир штрихини лимб штрихига тўғри-лаб, икки ёнидаги штрихларнинг лимб штрихидан тенг ораликда ётиши лупа орқали қаралади. Ҳозирги лимб, алидада булаклари штамплаш усулида бўлинганидан хато кам бўлади.



Х. 30- шакл.

2. Марказлашмаслик хатоси (эксцентрисите t) ни аниқлаш. Теодолитнинг тузилишига кўра, алидада доираси лимб марказида айланиши керак (Х. 30-шакл). Масалан, завод айби билан, алидада лимб маркази O ўрнига O' да айлансин. Шунда верньердан саноқ олишда n_1, n_2 ўрнига n_1', n_2' саноқлари олинади. Шу вақт айланадаги $x = n_1 n_1' = n_2 n_2'$ ёйлари марказлашмаслик хатоси бўлади. Асбобдаги марказлашмаслик хатосини аниқлаш учун лимбни маҳкамлаб, алидаданнинг турли туришида масалан, $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ ва 360° ҳолатида I ва II верньерлардан n_1, n_2 саноқлар олинади. Агар $n_2 - n_1 = 180^\circ$ чиқса, асбоб тўғри ҳисобланган бўлади. Агар $n_2 - n_1 \neq 180^\circ$ бўлса, асбобда марказлашмаслик хатоси булиб, унинг қиймати x қуйидагича:

$$2x = (n_2 - n_1) - 180^\circ, \text{ ёки } x = \frac{(n_2 - n_1) - 180^\circ}{2} \quad (\text{X.22})$$

бўлади. Бу хатони тузатиб бўлмайди, лекин иш натижасига таъсир этмаслиги учун қуйидагича ишланади. Шакл буйича $x = n_1 - n_1'$, $x = n_2 - n_2'$ тенгликларнинг ўнг томонлари ҳам тенг, шунга кўра $n_1 + n_2 = n_1' + n_2'$ ёки

$$\frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{n_1' + n_2'}{2} \quad (\text{X.23})$$

булади, яъни алидада лимб марказида айланмаганида ҳам икки верньер саноқларининг арифметик ўртаси, алидада марказда урнашганда олинган саноқларнинг арифметик ўртасига тенг. Бу шуни кўрсатадики, асбобда марказлашмаслик хатоси булганда ҳам туғри натижа олиш мумкин. Бунинг учун бир диаметрининг икки учидан кўрилган саноқларнинг арифметик ўртасини олиш керак. Шунга кўра, ТТ-5 теодолити бир диаметрининг икки учига иккита верньер (I ва II) ясалган. I верньердан градус, минут, секунд саноқлари, II верньердан ёлғиз минут, секунд, саноқлари олиниб, минут, секундларнинг арифметик ўртаси ҳисобланади ва бунда марказлашмаслик хатоси йўқолади. Масалан, I верньер саноғи $135^{\circ}43'00''$, II верньер саноғи $44'00''$ булса, саноқлар арифметик ўртаси

$$135^{\circ} + \frac{43' + 44'}{2} = 135^{\circ} 43,5'$$

булади ва бу сон қабул қилинади.

Куриш трубаси ҳаракатини синаш. Ҳозирги ички фокусланувчи трубаларни фокуслашда кремальер винти ёки ҳалқасини бураб, фокусловчи линза L_2 (X.27-шакл) олдинга ёки кетинга сурилади. Шунда трубанинг кўриш ўқи ўз ҳолатини узгартирмаслиги керак. Буни текшириш учун бир чизиқда ётган 50, 150 ва 300 мм масофатардаги нуқталарга D_3 ва D_4 ҳолатида қараб саноқлар олинади. Ҳар қайси нуқтага икки доирада қараб олинган саноқлар фарқи бир хил ёки маълум чегарада бўлишини керак, акс ҳолда асбоб ишга ярамайди.

X. 23. ТТ-5 теодолитини текшириш

Теодолит булакларининг узаро геометрик боғланишига мувофиқ равишда урнашувини аниқлаш теодолитни текшириш дейилади. Текшириш талаб қилинган математик шартлар бажарилмаса, уни кераклик винтлар ёрдамида тузатиш юстировка дейилади.

ТТ-5 теодолити қуйидаги шартлар буйича текширилади:

1. Алидада доирасидаги цилиндрик адилак ўқи hh_1 асбобнинг айланиш ўқи (VV_1) га перпендикуляр бўлиши керак, яъни $hh_1 \perp VV_1$ (X.2-шакл). Бу адилакни текшириш булади. Текширишда кутариш винтлари куп ишлатилади. Кутариш винтлари туғри резъбали бўлиб, соат стрелкасининг юриши буйича буралса, шу винт томон кутарилади; соат стрелкасининг юришига тескари буралса, шу томон пасаяди. Учта кутариш винтининг қайси бири қай вақтда қандай буралиши кераклигида адашмаслик учун қуйидаги тартибни тавсия этамиз. Лимбни маҳкамлаб, алидадани бушатиб, адилакни иккита (1 ва 2) кутариш винти ўртасига шундай қўйиладикки, адилак ўқи икки кутариш винтидан ўтадиган чизиққа параллел бўлсин (X.31-шакл, а). Кейин алидадани маҳкамлаб, I верньердан саноқ олинади. Пуфакча ўртада турмай, уннга қочса, унгдаги кутариш винти I соат стрелкаси юрадиган томонга тескари, чапдаги винт 2 соат стрелкаси юрадиган томонга бир вақтда айлантирилади (бураш йўналиши шаклда пунктир чизиқли стрелка билан кўрсатилган). Шу тартибда бураб, пуфакча адилак ўртасига келтирилади.



Х. 31- шакл.

ди. Кейин алидадани бушатиб ва уни 180° га айланттириб *II* верньерни юқоридаги санокқа кўйилади. Бунда адиллак Х. 31- шакл, *а* да курсатилганидек вазиятни сақлайди, лекин адиллак тўғри булмаса, пуфакча ўртадан ўнгга ёки чапга қочади. Масалан, ўртадан *n* булак қочсин. Адиллакни тузатиш учун, Х. 8- шаклга кўра,

неча булак қочган бўлса, шунинг ярмига, $(\frac{n}{2})$ булакка адиллакнинг тузатиш винти *19* билан пуфакча орқага сурилади. Кейин 180° га айланттириб *1* ва *2* кутариш винтлари билан пуфакча ўртага келтирилади. Бу иш адиллакнинг иккала туришида ҳам пуфакча ўртада турадиган булгунча давом эттирилади. Адиллакнинг иккала туришида пуфакча ўртада турса, адиллак тўғрилланган бўлади. Агар алидада бушатилиб, 90° га айланттирилса, адиллак Х. 31- шакл, *б* даги ҳола-

тида бўлади, яъни адиллак ўқи *1*-ва *2*-кутариш винтлари чизиқларига перпендикуляр булган ва *3*-кутариш винтидан утадиган чизиқ йўналишида бўлади. Шу туришда *3* винт буралиб пуфакча ўртага келтирилса, асбоб горизонтал ҳолатга келган бўлади. Адиллакни текшириб, уни тузатиш кўп вақт олади. Юқоридаги ишларни бир неча марта такрорлашга тўғри келади. Чунки адиллак пуфакчасининг ўртада турмаслигига алидада доирасини 180° га тўғри айланттирмаслик *3*- кутариш винтнинг ҳолати таъсир этади. Шунга кўра, адиллакни текшириш ва тузатишнинг тезлатиш учун қуйидагича ишлаш маъқул.

Адиллакни иккита кутариш винти ўртасига қўйиб, пуфакчани ўртага келтиргач, алидадани бушатиб 180° ўрнига тахминан 90° га айланттирилади, яъни цилиндрик адиллак учини кутариш винти йўналишига параллел қўйилади ва учинчи кутариш винтни бураб, пуфакча ўртага келтирилади. Бунда адиллак тўғри булса, теодолит горизонтал вазиятга келган бўлади. Кейин адиллак илгариги ҳолатига иккита кутариш винти ўртасига қўйилади; пуфакча ўртада бўлса, 180° га айланттирилади. Пуфакча ўртадан қанча қочса, шунинг ярмига адиллакнинг тузатиш винти билан тўғриланади, яна 180° га айланттириб иккита кутариш винти билан пуфакча ўртага келтирилади, кейин 90° га айланттириб, учинчи винт билан пуфакча ўртага келтирилади. Бу иш бир неча марта — адиллак ҳамма ерда горизонтал булгунча давом эттирилади.

Асбобни горизонтал ҳолатга келтириш. Асбоб иш олди-дан бир-икки кунда бир марта текширилади. Лекин асбоб бир нуқтадан иккинчи нуқтага кучганда ҳамма вақт аввал горизонтал ҳолатга келтирилади, кейин улчаш иши бошланади. Горизонтал ҳолатга келтириш учун лимб маҳкамланиб, алидадани бушатилади ва адиллак ихтиёрий иккита кутариш винти ўртасига қўйилади; шу кутариш винтлари буралиб, адиллак пуфакчаси ўртага келтирилади. Кейин алидада бушатилиб, *y* 90° га айланттирилади ва *3*-винтни

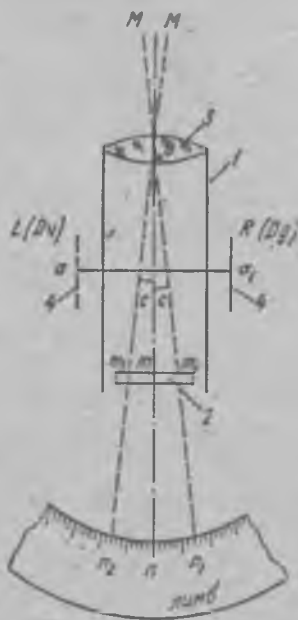
бураб, пуфакча ўртага келтирилади. Шунда асбоб горизонтал вазиятга келган бўлади.

2. Иплар турининг бир ипи вертикал бўлиши керак. Бунни текшириш учун теодолитни горизонтал вазиятга келтиргач, асбобдан 20 — 30 м масофадаги узун шовун чизиққа (ипга) қаратади. Агар вертикал ип бор бўйича шовун чизиқни қопласа, шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда шарт бажарилмайди. Бунни тузатиш учун окуляр калпоқчасини бураб олиб, окуляр тирсагини объектив тирсаги билан бирлаштирувчи туртта винт (шуруп) отвертка билан бушатилиб, окуляр қисмини тур ипи шовунни бор бўйича беркитгунча буралади. Кейин турт винт маҳкамлаб қўйилади.

3. Трубанинг кўриш ўқи то трубанинг айланиш ўқи aa_1 га перпендикуляр бўлиши керак. Бу шарт бажарилмаганда коллимацион хато s ҳосил бўлади. Масалан, X. 32-шаклда кўриш трубасининг кесими кўрсатилган. Бунда кўриш ўқи то трубанинг айланиш ўқи aa_1 га перпендикуляр бўлганда, кўриш ўқи то бўйлаб лимбдан n саноқ олинар эди. Лекин тур маркази m_1 да бўлса, m_2 трубанинг айланиш ўқи aa_1 га перпендикуляр бўлмай, m_2 бўйича кетиб to билан s бурчак ҳосил қиладики, бу коллимацион хато дейилади. Бу хато қийматини аниқлаш учун лимбни маҳкамлаб алидада бушатилади-да, трубанинг вертикал доираси 3 трубага нисбатан унг томонда турганда (бу «доира унгда» D_3 ёки R билан кўрсатилади) труба узоқдаги M нуқтага қаратилади ва 1 верньердан $75^\circ 44' 00''$ саноқ олинади. II верньердан ёлғиз минут ва секунд $43' 00''$ олинади. Кейин минут, секундларнинг арифметик ўртаси ҳисобланади:

$$75^\circ + \frac{44' 00'' + 43' 00''}{2} = 75^\circ 43' 30''$$

Бу саноқни R деб олсак $R = n_1 = 75^\circ 43' 30''$ бўлади. Кейин труба бушатилиб ўз ўқи aa_1 атрофида 180° , яъни зенит орқали айлантирилади. Бунда вертикал доира трубага нисбатан чап томонда бўлади ва бу туриш доира чапда деб, D_4 ёки L билан белгиланади. Алидадани бушатиб, труба яна M нуқтага қаратилади. Бунда кўриш ўқи m_2 бўйича кетади. Кейин юқоридаги каби, I верньердан градус, минут ва секунд, иккинчи верньердан эса минут, секунд саноқлари олиниб буларнинг арифметик ўртаси ҳисобланади.



X. 32- шакл. Коллимацион хатонинг схематик кўриниши:

1 — труба, 2 — иплар тури, 3 — объектив, 4 — вертикал доира, 5 — коллимацион хато.

ДЧ даги санок $n_2 = L = 75^\circ 40' 30''$ бўлсин. Шунда коллимацион хато c қуйидагича аниқланади:

$$n_2 - n_1 = 2c,$$

ёки

$$c = \frac{n_2 - n_1}{2}; \quad (X.24)$$

хато $c \leq 2t$ бўлиши керак, t — верньернинг аниқлиги. Мисолдаги қийматларни қўйсақ,

$$c = \frac{n_2 - n_1}{2} = \frac{75^\circ 40' 30'' - 75^\circ 43' 30''}{2} = -00^\circ 01' 30''$$

булади. ТТ-5 да $t = 30''$ бўлганидан, $c > 2t$, яъни хато йўл қўярли эмас. Асбобни тузатиш лозим. Бунинг учун n_1 ва n_2 санокларнинг арифметик уртаси n ҳисобланади. Мисолда:

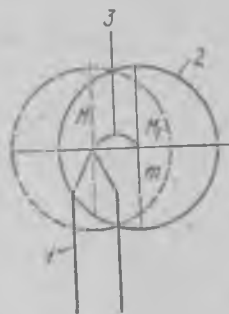
$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} = 75^\circ + \frac{43' 30'' + 40' 30''}{2} = 75^\circ 42' 00''.$$

Маълумки, объектив маркази O қўзғалмайди, тур маркази m эса тур винтларининг туришига боғлиқ бўлиб, турли томонга силжиши мумкин, коллимацион хато ҳам тур маркасининг силжиши орқасида келиб чиқади. Шунга кўра, бу хато иплар тури маркасини суриб тузатилади.

Тузатиш учун алидаданинг қаратиш винти буралиб, I верньер n санокка қўйилади. Шунда столбанинг тур маркази қаратилган учи M нуқтадан (X.33-шакл) чап ёки унгдаги M_1 га сурилади, бунда MM_1 оралиқ c нинг узунлик қиймати булади. Буни тузатиш учун иплар тури қалпоқчаси 20 бўшатиб олиниб, махсус сихча ёрдамида турнинг икки ёнидаги тузатиш винтлари 2 ва 4 (X.15-шакл) орқали иплар тури чап ёки унгда сурилади. Агар тасвирда сурилиш M га нисбатан унгда бўлса (шаклдаги каби) иплар турини унгда суриш керак, чунки труба тескари тасвир ҳосил қилади. Бунинг учун аввал унгдаги 2 ва юқори ҳамда пастдаги 1,3 винтларни бир оз бўшатиб, кейин 4 ни бураб, тур маркасини M га келтириш керак, яъни m столбанинг учи M ни бекитсин. Шуни эсда тутиш керакки, бу резьбали винтлар соат стрелкасининг юриш томонига буралса, маҳкамланади, соат стрелкасининг юришига тескари буралса, бўшайди. Тузатишнинг туғри бажарилганини аниқлаш учун текшириш такрорланади. Тузатиш туғрилиги аниқлангач, туртала винт маҳкамланади.

3-текшириш буйича иплар турини тузатгач, 2-шарт узгармаганини текшириб кўриш керак. Одатда 2-ва 3-шартлар бирга текширилади.

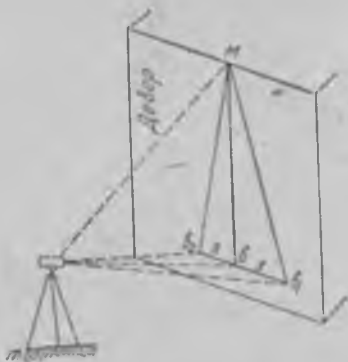
4. Трубанинг айланиш ўқи aa_1 асбобнинг айланиш ўқи VV_1 га перпендикуляр, яъни $aa_1 \perp VV_1$ бўлиши керак (X.2-



X.33-шакл. Коллимацион хатони тузатиш:

1 — столба, 2 — иплар тури.

шакл). Бу шарт бажарилмаса труба-
нинг горизонтал ўқи қийшайган бўла-
ди. Буни текшириш учун лимбни
маҳкамлаб (X.34-шакл), труба бино-
нинг баланд нуқтаси M га қаратила-
ди; алидадани маҳкамлаб, труба сь-
ективи пастлатилади ва девор тагида
 e_1 нуқта белгиланади. Кейин труба
зенит орқали айлантирилиб, алидада
бўшатилади, 180° га айлантиргач
яна M нуқтага қаралади. Алидада
маҳкамланади ва труба объективи
пастлатилиб, e_2 нуқта белгиланади.
 $e_1 e_2$ оралиқ иккиланган хато $2x$ бў-
либ, x турдаги биссектор кенглиги
иккиланмасдан ортмаслиги керак, акс



X. 34- шакл.

ҳолда aa_1 ўқ (X.2-шакл) қийшайган бўлади. Бу хато колонкалар-
нинг тенг бўлмаслигидан келиб чиқади. Бу хато теодолитда мах-
сус тузатиш винти булмаганидан, фақат устахонада тузатилади.

Агар труба трегердаги кўтариш винти яхши ишламаса, у кута-
риш винтининг юқори қисмидаги гайка 22 ёрдамида тузатилади
(X.29-шакл).

X.24. Оптик теодолитлар

Бу теодолитларда лимб бўлаклари оптик системалар ёрдамида
труба окуляри ёнига жойлашган микроскопнинг кўриш майдонида
курини ва микроскоп орқали саноқ солинади. Саноқ олиш аниқ-
лиги теодолитлардаги микроскопларнинг тузилишига боғлиқ. Оптик
теодолитлар ихчам, енгил ва ишлагга ҳам қулай. Нарсага қараш
ва микроскопдан саноқ олиш теодолитнинг бир томонида туриб
қузғалмай бажарилади, бу иш унумини оширади ва ишловчи чарча-
майди.

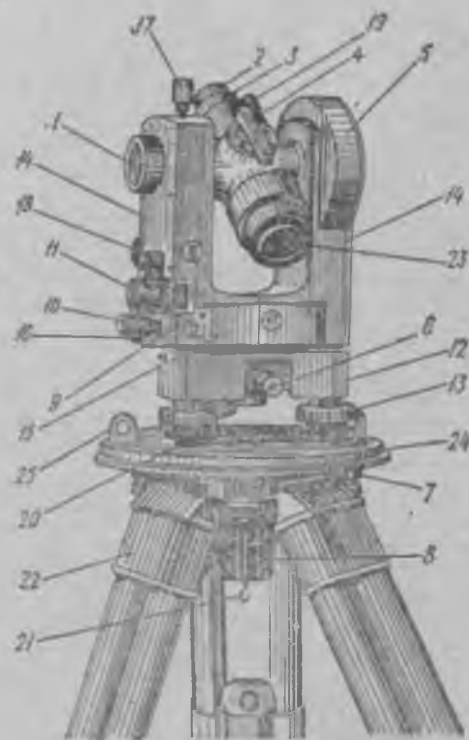
X. 25. Т30 теодолити

Т30 теодолити топографик сьёмкада, инженерлик ишларида
горизонтал ва вертикал бурчакларини $30''$ аниқлик билан ўлчашга
мулжалланган оптик такрорий теодолит бўлиб (X. 35- шакл), қисм-
лари ва номлари шаклда кўрсатилган.

Оптик теодолитлар ҳам металл лимбли теодолитлар каби бу-
лаклардан ясалади, улар лимбнинг шишадан ясалганлиги, верньер
ўрнида микроскоп ишлатиши билан фарқ қилади. Ўқлар ва улар-
нинг муносабати ТТ-5 даги каби X.2-шаклга асосланади. Т30
нинг кўриш трубаси астрономик, ички фокусладанган бўлиб,
штрихли микроскопининг саноқ олиш аниқлиги $1'$.

Теодолит устки қисми таглик 12 га ажралмас қилиб бирикти-
рилган, таглик эса учта кўтариш винти 13 ёрдамида металлдан
ишланган доправий махсус диск 24 га ажралмас қилиб ўрнатил-
ган. Диск пластинка 20 га маҳкамланган, у шитатив 7 устига ўрна-

ғалади ва марказдаги втулка орқали турғизиш винти 8 билан маҳкамланади. Тагликка горизонтал доиранинг маҳкамлаш винти 6 ва қаратиш винти (орқасида) жойлашган. Таглик марказида теодолитнинг асосий қисми айланади, лимб, алидада ҳамда вертикал доиралар ёпиқ қилиб ишланган. Алидаданинг маҳкамлаш 10 ва қара-



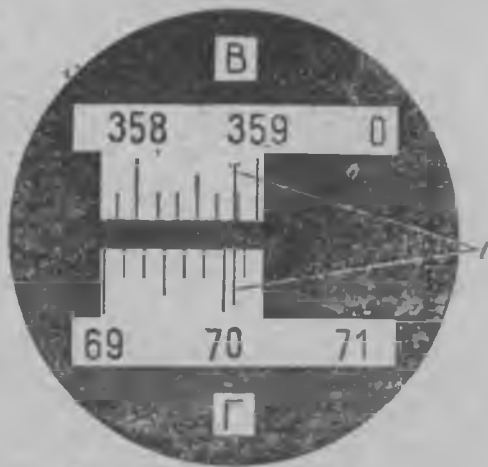
Х. 35- шакл. ТЗО теодолити штативда.

1 — кремальер винт, 2 — диоптрий ҳалқаси, 3 — инлар турғининг қопқоғи, 4 — визир, 5 — вертикал доира, 6 — трегернинг сиқувчи винти, 7 — столча, 8 — турғазгич винт, 9 — адилак тузатгич винти, 10 — алидада сиқувчи винти, 11 — цилиндрик адилак, 12 — трегер (таглик), 13 — кўтаргич винт, 14 — колонка, 15 — горизонтал доира, 16 — алидаданинг қаратгич винти, 17 — труба аниқ сиқувчи винти, 18 — труба аниқ қаратгич винти, 19 — микроскоп, 20 — уч бўртмали пластинка, 21 — илгак, 22 — штатив оёғи, 23 — объектив, 24 — доиравий диск, 25 — теодолит қалпоғидаги илгак илгич.

тиш 16 винтлари ёнма-ён қилиб адилак 11 ёнига урнатилган. Асбоб цилиндрик адилак II ёрдамида горизонтал вазиятга келтирилади; адилак тузатиш винти 9 билан тузатилади. Теодолитнинг куриш трубаи иккита таглик-колонка 14 даги горизонтал уққа урнатилган бўлиб, труба аниқ маҳкамлаш 17 ва қаратиш 18 винтлари бир колонкада жойлашган. Қаратиш винти, ҳамма вақт, маҳкамлаш винти қотирилгач буралиши керак. Труба аниқ икки томонида иккита визир 4 бўлиб, бу визир нарсга тахминан қаратиб, уни аниқлаб олиш учун хизмат қилади. Визирдан фойдаланишда кўз 20—25 см нарида туриши керак; нуқтага визирдаги крестнинг маркази қаратилади. Труба кўзга диоптрик ҳалқа 2 ёрдамида, нарсга эса кремальер винт 1 воситасида қаратилади. Труба окуляри ёнига микроскоп 19 ўрнатилган. Теодолит нуқтага шовун ёрдамида ёки оптикавий усулда марказлаштирилади. Шовун осяш учун илгак 21 қилинган, труба орқали оптикавий усулда марказлаш учун колонкалар ўртасида доиравий махсус тиркиш бор, ер-

даги нуқта ана шу тирқиш орқали кўринади. Труба икки томони (объектив ва окуляр) билан зенит орқали айланади.

Теодолитнинг горизонтал ҳамда вертикал доиралари ҳар $10'$ дан қилиб 0 дан 360° гача соат стрелкаси айланишига қарши йўналишда ошиб боради. Айланада булаклар сони 2160 . Хар бир градус штрихига қиймати ёзилган, $10'$ ли штрих қисқа, $30'$ лиси уртача, градусли штрих эса узун. Микроскоп кўриш майдонининг қуйи қисмида



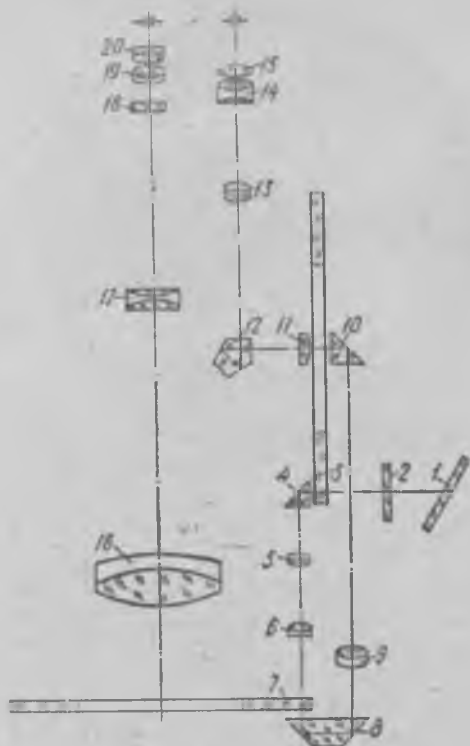
Х. 36- шакл.

горизонтал доира булаклари Г, юқорисиди вертикал доира булаклари В кўринади (Х. 36-шакл). Бир булакнинг қиймати $10'$ булганидан, булакнинг $0,1$ қисми чамалаб олинса, санок аниқлиги $1'$ булади. Санок қўзғалмас индекс штрихи 1 бўйича олинади. Шунинг учун ҳам теодолит *штрихли теодолит* дейилади. Санок олишда микроскопнинг кўриш майдонини ёритиш учун вертикал доирани колонканинг ён томонида доиравий тирқиш бўлиб, унга махсус кузгу ўрнатилган. Майдоннинг ёритилиши кузгунинг туришига боғлиқ булади, буни кузатувчи бошқаради. Вертикал доиранинг махсус адилаги йуқ. Шаклга кўра горизонтал доира саноғи $70^\circ 05'$, вертикал доира $358^\circ 48'$ булади. Теодолитда иплар тури Х. 21-шакл, б даги каби ишланган. Теодолит таглиги ўрнатилган диск 24 асбоб жойланадиган қалпоқсимон металл филофнинг таги вазифасини ҳам утайди. Дискнинг икки томонида тешикли мослама 25 булиб, унга теодолит филофидаги иккита илгак илинади, шунда филоф (қалпоқ) маҳкам туради.

Т30 теодолитининг оптикавий схемаси. Х. 37-шаклда кўрсатилган.

Штатив. Штатив металлдан, оёқлари йиғиладиган қилиб ишланган. Теодолит штатив устига диск орқали қўйилган, турғизиш винти 8 билан маҳкамланади; бунинг ичидан чиққан илгак 21 га шовун осилади. Ишдан кейин штатив оёқлари йиғилиб, тасмаси билан боғлаб қўйилади. Бир оёғида шовунни сақлаш учун мослама (қалпоқли чуқурча) ишланган.

Окуляр насадкаси. Қиялик бурчаги 45° ва ундан ортиқ булган нуқталарга қараш ва ўрнатган нуқтага марказлаш учун ишлатиладиган махсус насадкалар бўлиб, улар окуляр ва микроскоп окулярига кийгизилади. Унда кўриш ўқи йулини ўзгартирувчи призмадан ясалган ёруғлик фильтри булганидан у билан қуёшга қараш мумкин.



Х. 37- шакл.
Т30 теодолитининг оптикaviй
схемаси.

1 — кўзгу, 2 — хира ойна, 3 — вертикал доира, 4, 10 — призмалар, 5, 6, 9, 13 — саноқ олиш системасидаги объектив линзалари, 7 — горизонтал доира, 8 — призма, 11 — тўр коллективи, 12 — пентапризма, 14, 15 — саноқ олиш системаси окулягининг линзалари, 16 — кўриш трубасининг объективи, 17 — трубанинг фокусловчи линзаси, 18 — иплар тўри, 19, 20 — окуляр линзалари.

Ориентирлаш буссоли. Теодолит бир колонкасининг тепа томонида вертикал доира ташқарисида махсус уйилган жой булади, унга мосланган энсиз буссоль винт ёрдамида керак вақтда урнатилади ва *ориентирлаш буссоли* дейилади.

УТ-20-Т 2 адилаги. Бу асбоб махсус адилак булиб, труба ДЧ ҳолида турганда визир 4 олиниб, урнига адилак урнатилади ва теодолит нивелирлаш учун ишлатилади.

Т30 теодолитини синаш ва текшириш.

Т30 теодолитини синаш. Т30 теодолити қуйидаги шартлар бўйича синалади.

1. Штатив турғун булиши керак. Текшириш учун теодолит штатив устига урнатиладиган асбоб горизонтал ҳолатга келтирилиб, труба очик кўринадиган нуқтага қаратилади. Кейин столча дискини унг ва сулга бир оз буриб, трубадан қараганда тур маркази қаратилган нуқтадан силжиса, у столча шарниридаги штатив оёғини маҳкамловчи винтни қаттиқ бураш йули билан тузатилади.

2. Таглик турғун булиши керак. Бунда ҳам нуқтага қараб саноқ олгач, таглик корпуси бир оз сурилади; агар нарса тасвири тур марказидан силжиса, кутариш винтлари айланишини бошқарадиган гайкани бураб, винтлар оғирроқ ҳаракатланадиган қилинади.

3. Кўриш трубасининг кремальер винти 1 нинг айланиши узоқ-яқинга қарашни таъминлаши керак,

Теодолит билан 2 дан 200 мгача булган масофага қараб, труба фокусланади. Агар бунга винт тутқичининг айланиши етмаса, ёлдирайдиган юзадаги винтни бир оз буриш керак.

4. Марказлашмаслик хатосини аниқлаш. Т30 да бир томонли саноқ олинadиган бошқа теодолитларда микроскоп орқали лимбнинг ёлғиз бир томонидан саноқ олинadиган булгани учун, марказлашмаслик (эксцентриситет) хатосини ТТ—5 даги каби аниқлаб булмайди. Марказлашмаслик қуйидагича аниқланади. Жойда бир нуқтага асбобни ўрнатиб, унинг атрофида бир хил масофада ҳар 45° ёки 60° да нуқталар белгиланади ва бу нуқталарга бир хил горизонтал белгилар (коллиматор) қўйилади. Кейин ҳар қайси нуқтага $D\bar{U}$ ва $D\bar{C}$ да қараб, горизонтал доирадан R , L саноклари олинади. Агар ҳамма нуқтага қараб олинган санокларнинг $R-L$ айримлари 180° ёки узгармас сон d га тенг булса, асбоб тўғри булади. d сон иккиланган коллимацион хато қиймати дейилади. Агар d нинг қиймати узгарса, асбобда марказлашмаслик хатоси бор булади. d қийматининг узгариш фарқи $\Delta d \leq 2l$ булиши керак, бу ерда l —санок олиш аниқлиги.

Қураимизки, вертикал доиранинг икки туришида нуқтага қараб лимбдан олинган санокларнинг арифметик ўртаси марказлашмаслик хатосидан холи булади. Шунинг учун бурчак қиймати сифатида икки доирада ўлчанган бурчакларнинг арифметик ўртаси қабул қилинади.

Ҳозир чиқарилаётган оптикавий теодолитлар марказлашмаслик хатоси йўқ даражада қилиб ишланмоқда.

Т30 теодолитини марказлаштириш. Т30 теодолити икки йўл билан: шовун ёрдамида ёки қуриш трубаси орқали марказлаштирилиши мумкин.

Шовун билан ишланганда турғизиш винти илгагига шовун шпильнингач, юк нуқта устига келгунча теодолит штатив устида сурилади, сўнгра маҳкамланади.

Қуриш трубаси орқали марказлаш учун шовун олиб қўйилиб, вертикал доира $270^\circ + N\bar{U}$ саногига қўйилади; шунда объектив ерга қарайди. Қулайлик учун қуриш трубасининг окулярига ва микроскопга окуляр насадкаси ўрнатилади. Окулярдан қараб, тур маркази жойдаги нуқтага тўғри келгунча теодолит штатив устида сурилади; бунда адилакнинг горизонтал туришига эътибор бериш керак. Марказлаштиришнинг тўғрилигини билиш учун теодолит айлантириб кўрилади.

Т30 теодолитини текшириш. Теодолит қуйидаги шартлар буйича текширилади:

1. Горизонтал доира адилагининг ўқи теодолитнинг айланиш ўқи га перпендикуляр булиши керак, яъни $hh_1 \perp VV_1$ (X.2- шакл). Бу шарт ТТ-5 теодолитининг худди шундай шартига ўхшаш текширилади ва тузатилади.

Буни қуйидагича қилиш ҳам мумкин. Адилакни иккита қутариш винти ўртасига қўйиб унинг пуфакчаси ўртага келтиргач, 90° га айлантириб, учинчи винт ёрдамида пуфакча ўртага келтирилади. Кейин 180° га айлантирилади. Пуфакча ўртадан қанча қочса, адилакнинг тузатиш винти 9 ни шунинг ярмича бураб,

пуфакча оркага сурилади. Кейин 3-винт билан ўртага келтирилади, яна 120° га айланттирилади. Пуфакча ўртадан қочса, 9-винт билан ярмига тузатилади; қолган ярмига 3-винт билан тузатилади. 90° га айланттирилади. Пуфакча 1 ва 2-винт билан ўртага келтирилади. Тузатиш винти 9 махсус шпилка билан буралади.

2. Тур ипининг бири горизонтал, иккинчиси вертикал бўлиши керак. Бу шарт ҳам ТТ-5 даги каби текширилади ва тузатилади. Шовунсиз текширса ҳам бўлади. Бунинг учун асбоб горизонтал ҳолатга келтирилгач, тур горизонтал ипининг бир учи жойдаги бир M нуқтага қаратилади; кейин алидаданинг қаратиш винтини бураб, тур ипи ўнг-чапга сурилади. Агар ип ўз туришида қаратилган M нуқтадан силжимаса, шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда ТТ-5 даги каби усулда тузатилади.

3. Трубанинг қуриш ўқи *от* айланиш ўқи aa_1 га перпендикуляр бўлиши керак, яъни $ot \perp aa_1$ (X.2-шакл). Бу шарт ҳам ТТ-5 каби текширилади, лекин бунда яна қўшимча ишланади. Масалан, асбобни ўрнатиб, уни горизонтал ҳолатга келтиргач, труба тахминан горизонтал вазиятга келтирилади-да, трубанинг $D\mathcal{U}$ ва $D\mathcal{Y}$ ҳолатида узоқ M нуқтага қараб R_1 ва L_1 саноклар олинади. Кейин таглик b ни бушатиб, теодолит 180° га айланттирилади-да (лимбнинг жойи узгартирилади-да), маҳкамлаб қўйилади, сўнгра доиранинг $D\mathcal{U}$ ва $D\mathcal{Y}$ ҳолатида M нуқтага қараб, R_2 ва L_2 саноклар олинади. Шунда коллимацион хато c қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаб топилади:

$$c = \frac{(L_1 - R_1 \mp 180^\circ) + (L_2 - R_2 \mp 180^\circ)}{2} \quad (X.25)$$

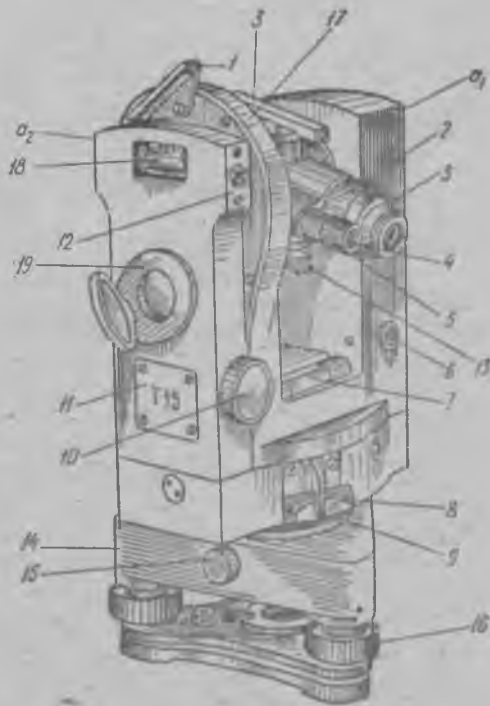
Агар $c > 2t$ бўлса (t — санок олиш аниқлиги), иплар турини тузатиш керак. Асбоб туғри бўлганда санок R буларди, у қуйидагича тенг: $R = R_2 - c$. Кейин алидаданинг қаратиш винтини бураб, санок R_2 га эмас, балки R га қўйилади. Шунда тур маркази m қаратилган M нуқтадан ўнг ёки чапга силжийди (X.33-шакл). Буни ТТ-5 нинг 3-шартида тушунтирилганидек тузатилади, яъни турнинг тузатиш винтлари 5 (X.15-шакл, a) билан диафрагмани суриб тур маркази m нуқта M га келтирилади. Асбобнинг тузатилганиг ишонч ҳосил қилиш учун текшириш ишлари такрорланади. Асбобнинг паспортда курсатилишича, бурчак икки доирада улчанганда, c ни тузатмаса ҳам бўлади.

4. Трубанинг айланиш ўқи aa_1 асбобнинг айланиш ўқи VV_1 га перпендикуляр бўлиши керак, яъни $aa_1 \perp VV_1$. Бу шарт ҳам ТТ-5 даги каби текширилади (X.34-шакл). Агар хато турдаги биссектор оралигининг иккиланганидан катта бўлмаса, йўл қўярли, акс ҳолда асбоб тузатилади. Бунинг учун қуриш трубасининг горизонтал ўқи жойлашган лагердаги эксцентрик втулкасининг тузатиш винтлари буралади. Бунда асбобнинг қисмларини очиш керак бўлганлигидан тузатиш иши фақат устахонада бажарилади.

Х. 26.Т-15 теодолити

Т-15 оптик теодолити такрорий ва шкалали микроскопли техникавий теодолитдир. Унинг тузилиши Т30 ники каби бўлиб, бундан ўзгаришлари бор. Теодолитнинг окуляр томонидан кўриниши Х.38- шаклда келтирилган.

Горизонтал доира алидадаси ва кўриш трубасининг маҳкамлаш винтлари тепки шаклида бўлиб, а колонканинг ташқи томонига



Х. 38- шакл. Т15 теодолити.

1 — адиллак кўзгуси, 2 — тўр қаллоқчаси, 3 — диоптрий ҳалқа, 4 — микроскоп окуляри, 5 — микроскоп диоптрий ҳалқаси, 6 — адиллак тузатгич винти, 7 — цилиндр адиллак, 8 — лимб клавиши, 9 — фиксатор, 10 — вертикал доира адиллагининг микрометр винти, 11 — колонка қопқоғи, 12 — адиллак қопқоғи, 13 — визир, 14 — трегер, 15 — лимбни сиқувчи винт, 16 — кутаргич винт, 17 — вертикал доира, 18 — вертикал доира адиллагига, 19 — микроскоп кўриш майдонини ёритувчи кўзгу, а₁ а₂ — колонкалар.

(шаклда кўринмайди) устма-уст жойланган. Бу тепкиларни пастга босиб маҳкамлагач, улар устига жойланган қаратиш винтлари ёрдамида труба нарсага аниқ қаратилади.

Теодолитда такрорлаш мосламаси бўлиб, клавиш 8 босилса, лимб алидада билан бирлашади. Агар фиксатор-қайдлагич 9 босилса, лимб алидададан ажралади; алидада айланганда лимб айланмайди.

Теодолит трубаси устига *D4* бўлганда визир урнига адиллак ўрнатиб, уни нивелирлашда ишлатиш мумкин. Теодолит объективига дальномер насадкасини ҳам ўрнатиш мумкин.

Теодолитни ўрнатиш, марказлаш, горизонтал ҳолатга келтириш каби ишлар Т30 теодолитиникига ухшашдир.

Саноқ мосламалари. Теодолит микроскопи кўриш майдонининг юқорисида вертикал доира булаклари (Х.39- шакл), қуйи-сида эса горизонтал доира булаклари кўрилади. Вертикал доира



Х. 39- шакл.

коп орқали бир булакнинг 0,1 аниқлигида саноқ олинса, саноқ аниқлиги $0,1' = 6''$ га тенг бўлади. Саноқ градус штрихлари буйича олинади.

Т15 теодолитининг вертикал доирасидаги саноқ олиш мосламаси алоҳида ишланган. Доирада бир булак ёй микроскоп шкаласида асос қилиб олиниб, унинг учларига — 0, + 0 ёзилганки, бу кўриш уқининг горизонтал ҳолатига тўғри келади. Доира иккала нолдан икки томонга 75° га бўлиниб, узун штрихлар чизилган ва ёнига ишораси ёзилган. Ноллар оралиги 6 га бўлиниб, узунроқ штрих билан чизилган ва бу штрихларга икки хил қиймат, яъни юқорига чапдан унга 0 дан 6 гача, куйисига ундан қапга — 0 дан — 6 гача ёзилган (Х.39- шакл); бу ракамлар $10'$, $20'$, ..., $60'$ ни билдиради. Кейин ҳар қайси штрих ораси 10 га бўлинган бўлиб, бир булаги $1'$ бўлади. Саноқ градус штрихлари буйича минут булагининг 0,1 улушигача олинганидан, саноқ аниқлиги $0,1' = 6''$ бўлади. Вертикал доиранинг $D4$ ҳолатида труба юқорига қаратилса, плюсли сонлар, труба пастлатилса, минусли сонлар куринади. $D5$ ҳолатида эса бунинг тескариси бўлади. Агар градус саноғи плюсдан олинса, минутлар ҳам плюсли шкаладан, градус минусдан олинса, минутлар ҳам минусли шкаладан олинади. Х.39- шаклда $D4$ ҳолатидаги саноқлар кўрсатилган. Шакл буйича горизонтал доира саноғи $125^\circ 05,2'$, вертикал доира саноғи эса $+ 0^\circ 25,5'$. Бундай булиниш вертикал бурчакни ўлчашда ҳисоблаш ишини осонлаштиради.

Х 27. Т15 теодолитини синаш ва текшириш

Т15 теодолитининг саноқ мосламаси шкалалари булганидан, буни синаш ва текшириш штрихли Т30 теодолитидан қисман фарқ қилади. Т15 теодолити шкалаларидаги параллакс ва рена қуйидагича аниқланади.

булаклари В ҳарфи билан, горизонтал доира булаклари Г ҳарфи билан белгиланган.

Горизонтал доира бир градусдан ($l = 1^\circ$) қилиб бўлинган, булаклар узун штрихлар билан белгиланган ва қийматлари соат стрелкаси бўйича 0 дан 360° гача ошиб боради. Ҳар бир градус оралиги 1 дан 6 гача олти булакка бўлинган. Бир булакнинг қиймати $10'$, улар ўртача узунликдаги штрихлар билан белгиланган. Кейин ҳар $10'$ ли булак 10 га бўлиниб, қисқа штрихлар билан кўрсатилган. Бунда шкала бир булагининг қиймати $1'$ бўлади. Микрос-

1. Санок системасида параллакс булмаслиги керак. Лимб штрихи билан микроскоп шкаласидан санок олишда улар ўртасидаги силжиш аниқ санок олишга имкон бермаса, бу ҳол *параллакс* дейилади. Агар фокуслашни тузатишда микроскоп окулири айланасининг $\frac{1}{4}$ қисмидан ортиқ бураш татаб қилинса, унда параллаксни тузатиш керак. Бунинг учун қопқоқ 11 ни очиб, унинг қуйи томонидаги горизонтал доира микроскопи объектив линзасини маҳкамловчи икки винтнинг юқоридагиси бушатилади, линзани суриб горизонтал доира штрихи яққол кўринадиган қилинади; бунда шкалага нисбатан параллакс булмайди. Вертикал доираники эса доира объективини маҳкамловчи винтни (a_2 колонкада) бураб тузатилади.

T15 да параллакс ва рена ярим автоматик равишда йўқолиши ҳам мумкин.

2. Санок микроскопининг ренаси 12° дан ошмаслиги керак. Горизонтал, вертикал доира лимб булаклари микроскоп шкаласидаги узинга мос булакка тенг булиши, яъни градус булакларининг икки четки штрихи шкала четки штрихига тўғри келиши керак. Бунинг тенг булмасли идан келадиган айирма *шкала ренаси* дейилади. Бу рена миқдорини аниқлаш учун бир градус штрихи шкаланинг 0 штрихига тўғриланади. Кейин шкаланинг 6 штрихи лимбнинг градус штрихига тўғри келиши аниқланади. Бу ҳолдаги текшириш лимбнинг турли жойида (камида 12 марта) синалиши керак. Агар тўғри келмаса, бунда айирма шкала ренаси булади. Буни горизонтал доирада қуйидагича тузатилади. Қопқоқ 11 ни очиб, унинг қуйи томонидаги горизонтал доиранинг объектив линзасини маҳкамловчи винтларнинг қуйи томондагисини бушатилиб, линза қуйи ёки юқори томон силжитилади. Агар доиранинг градус оралигини катталаштириш керак булса қуйинга, кичрайтириш керак булганда эса юқорига сурилади. Бу ишдан кейин юқоридаги винтнинг бушатиб, юқори линза ҳам уша томонга тасвир яхши булгунча сурилади.

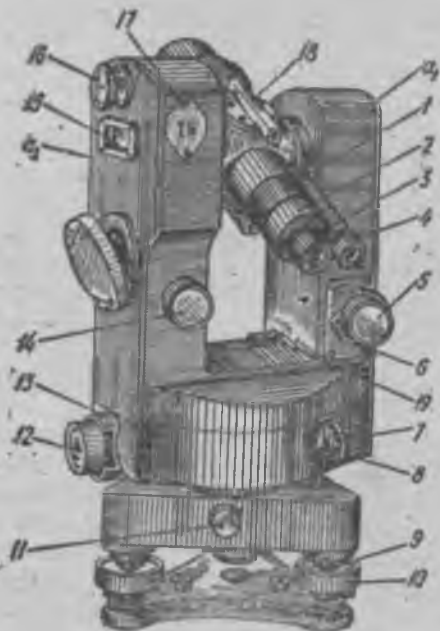
Вертикал доира ренаси ҳам юқоридагидек тузатилади. Лекин бунда вертикал доира булагини катталаштиришда линзалар юқорига, кичи лштиришда эса қуйинга сурилиши керак. Бу ишлар дала шароитида бажарилмай, хавсси тоза ёруғ хонада бажарилади. Текшириш T30 теодолитини текшириш кабидир.

X. 28. T5 теодолити

T5 шкалали оптик теодолит булиб, купгина булаклари T30, T15 теодолитлариники каби ишланган (X.40- шакл). Алидада ва трубанинг маҳкамлаш 6, 13 ва қаратиш 5, 12 винтлари T15 *ники* каби бир ўқли қилиб ишланган.

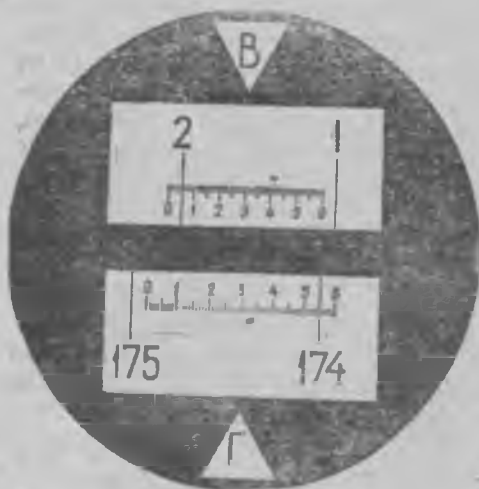
Теодолит T15 теодолити каби тагликдан ажралади; теодолит тагликка ўрнатилганда сиқувчи винт 11 билан маҳкамланади.

Санок олиш мосламасин. Горизонтал ҳамда вертикал доира лимбларидаги булакларнинг қиймати бир градусдан булиб, *соат* стрелкаси юрадиган томонга 0 дан 60° гача ўсиб боради. Булар-



Х. 40- шакл. Т5 теодолити.

1 — кремальер ҳалқа, 2 — Тўр копчиси, 3 — окуляр, 4 — микроскоп днотпий ҳалқаси, 5 — труба қаратиш винти, 6 — труба сиқувчи винти, 7 — тепки, 8 — фиксатор, 9 — кўтаргич винт втулкаси, 10 — кўтаргич винт, 11 — трегер сиқувчи винти, 12 — алидада қаратиш винти, 13 — алидада сиқувчи винти, 14 — алидада микрометр винти, 15 — дарча, 16 — лупа-призма, 17 — алидада қалпоғи, 18 — визир, 19 — алидада алидаги, а₁, а₂ — колонкалар.



Х. 41- шакл.

нинг тасвири коллектив текислигида ҳосил булиб, бу текисликда иккала доира микроскопининг шкаласи урнатилган. Микроскоп шкаласида лимбнинг бир булагига тенг ёй 60 булакка булинганидан, бир булакнинг қиймати 1'. Саноқ булакнинг 0,1 қисмигача аниқ олинса, саноқ аниқлиги $0,1' = 6''$ булади. Х.41- шаклда микроскоплардаги саноклар: горизонтал доирада — $174^{\circ}55'$; вертикал доирада — $2^{\circ}05,2'$.

Т5 теодолити Т15 теодолитидаги шартлар асосида синалади ва текширилади.

Х. 29. Янги типдаги теодолитлар

Кейинги вақтда мамлакатимиз заводларида юқоридаги теодолитлар билан бир қаторда фан ва техника ютуқлари асосида яратилган янги типдаги теодолитлар турли шифр билан чиқаришмоқда.

Янги теодолитлар шифри (Т15К, Т5К, 2Т5К, 2Т5, 2Т5А, 2Т2) бошида ёзилган «2» раками шу асбобнинг иккинчи модели,

шифр охиридаги «К» ҳарфи асбоб компенсорли, «А» ҳарфи эса асбоб автоколлимацион кўриш трубаги эканини билдиради.

Асбобнинг горизонтал ёки вертикал ҳолатда автоматик сақлашга имкон берадиган мослама компенсатор деб аталади; компенсатор теодолит ва нивелирларда ишлатилади. Компенсатор механикавий ёки гидромеханикавий маятникли асбобнинг кўриш трубаси ичига ёки вертикал доирага ўрнатиш орқали ясалади. Маятник билан бирга унинг тебранишини камайтирадиган демпфер номли мослама ҳам ишлатилади.

Т15 К теодолити. Бу теодолит такрорий бўлиб, Т15 теодолитидаги вертикал доиранинг цилиндрик адилаги ўрнига ўз-ўзидан ўрнашувчи компенсатор системаси ўрнатилган. Саноқ олиш микроскопи Т15 теодолитидаги каби шкалали. Кўриш трубаси тўғри тасвир беради. Трубасининг икки томонига визир ўрнатилган. Горизонтал доира алидадаси ва кўриш трубасини маҳкамлаш винти тепкили қилинган. Вертикал доирасининг булаклари Т15 теодолитидаги каби ишланган.

Вертикал доирали колонкага оптикавий компенсатор системаси ўрнатилган. Компенсатор ясси пружинага осилган тўғри бурчакли призмадан иборат бўлиб, теодолитнинг ўқи 3' гача қийшайганда ҳам призма вертикал доира штрихларининг тасвирини ўзгартириб, вертикал ҳолатдагидек кўринишига имкон беради.

Т15 К теодолити — аниқ теодолит бўлиб, Т5 нинг такомиллаштирилганидир. Триангуляция ва полигонометрияда зичлашнинг 1 ва 2 разрядларида ишлатилади.

Теодолит ўқлари такрорий систем да бўлиб, оптикавий шкалали микроскоп ва вертикал доирасига компенсатор ўрнатилган. Қаратиш ва тепкили маҳкамлаш винтлари бир ўқли бўлиб, Т15 даги каби ўрнатилган, булар кузатувчининг бир қўл билан ҳам горизонтал доирани, ҳам қараш трубасини бошқаришига имкон беради. Кўриш трубасининг ўрта қисмига пона ҳалқа ўрнатилган, уни бураб, кўриш ўқининг айланиш ўқига нисбатан ҳолатини ўзгартириш мумкин; теодолитнинг коллимацион хатоси шу ҳалқа билан тузатилади.

Теодолит трубасининг бир колонкаси асосий бўлиб, унга саноқ олиш системаси, вертикал доиранинг маятникли компенсатори, горизонтал доира алидадасининг адилаги, трубанинг қаратиш винтлари ва оптикавий марказлаштириш булаклари ўрнатилган.

Саноқ олиш системаси иккиланма (икки каналли) бўлиб, микроскоп шкаласи текислигида горизонтал-яшил-сариқ фонда (Г), ва вертикал (В) доираники — ҳаво ранг фонда кўринади. Доира (лимба-лар) 1° дан бўлиниб, горизонтал доира булагининг қиймати соат стрелкаси юрадиган томонга 0° дан 359° гача ошиб боради; вертикал доира булагини секторли бўлиб, 0° дан 75° гача ва —0° дан —75° гача ошиб боради.

Доиравий приём усули билан бурчак ўлчаганда горизонтал доира ҳолатини керакли саноққа қўйиш учун доира ён томонидаги маҳсуус дарча (иллюминатор) даги градус булаклардан фойдаланилади ва бу доира *изловчи доира* дейилади. Ноль штрихни индекс ёрдамида керакли саноққа қўйиб жойдаги нарсани тезда топиш мумкин.



Х. 42- шакл.

2Т5 теодолити. Т5 теодолитнинг бир оз узгаргани булиб, унинг вертикал доирасида компенсатор эмас, балки контакгли адилак ўрнатилган. Адилак пуфакчасининг вазияти лупа призмадан кўринади. Саноқ микроскопининг тузилиши Т5 теодолитидагидек булмай, Т15 даги каби. Ҳамма теодолитлар паспортда теодолитнинг булаклари ва уларнинг тузилиши ва ишлатилиши тула кўрсатилган булади.

2Т5А теодолити — оптик автоколлимацион кўриш труба булиб, горизонтал, вертикал бурчакларни қайтарувчи юзага ёки жойдаги мулжал ва нарсага автоколлимацион қаратиш усули билан улчашга мулжалланган. Асбобнинг умумий кўриниши Х.42- шаклда берилган.

Асбобнинг вертикал ўқлар системаси такрорий эмас, саноқ бир томонлама олинади. Вертикал доира секторли булиб, микроскоп шкаласи Т15 даги каби, лекин шкала учдаги нолларнинг манфийси чапда, мусба-

ти ўнгда. Шунга кўра, юқоридаги штрихларга ўнгдан чапга томон 0 дан 6 гача, пастидаги штрихларга эса чапдан ўнга томон — 0 дан — 6 гача рақамлар ёзилган (Х.42-шакл, а). Вертикал доира шкаласи ҳаво ранг фонда, горизонтал доираники эса сариқ-яшил фонда кўринади. Микроскопнинг кўриш майдони колонкадаги кузгунини ёруқча тўғрилаш орқали ёритилади.

Кўриш трубасининг окуляри автоколлимацион булганлиги ва оптикасининг эса ахроматик ва сфероахроматик қилинганлиги туфайли нарса тасвирининг сифати жуда яхшиланган.

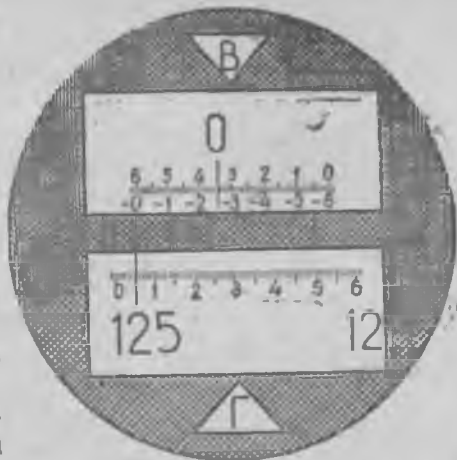
Электрик системаси бир симли, токни аккумулятордан олади. Теодолитга турли насадка, ориентир буссоли ўрнатиш мумкин.

2Т5А теодолити бошқа оптик теодолитлар сингари синалади ва текширилади. Тузатилишига оид баъзи маълумотлар теодолит паспортда тула берилган.

2Т5А теодолити ёрдамида бурчак ярим приёмда эмас, балки тула приёмда улчанади. Бунда эксцентриситет, коллимацион ва труба ўқининг қийшайиш хатолари йўқолади. Теодолитнинг горизонтал ҳамда вертикал доираларидан саноқ олиш Т15 даги каби. Х.42- шакл, а да горизонтал доира саноғи $125^{\circ}05,4'$, вертикал доира саноғи ($-0^{\circ}25,5'$).

Т2 теодолити — аниқ ва оптик теодолит булиб, триангуляциянинг 3 ва 4 классларида ва аниқ режалаш ишларида қўлланилади. ГОСТ 10529—70 га биноан ишлаб чиқарилади. Кўриш трубаси астрономик, оптик визирли, кечалари ишлаш учун ёритиш

мосламаси бор. Горизонтал ҳамда вертикал доира лимб-лари соат стрелкасининг юриш йўналишининг тескарига томон бир градусдан қилиб 0 дан 359° гача бўлинган; градуслар учга бўлинган, бир булакнинг қиймати 20'. Бу булаклар иккита параллел чизиқ (бифиляр) билан белги-ланган. Микроскопнинг кў-риш майдонида горизонтал қўра чиқиқ тепасида диаметр-нинг бир учигаги тўғри ёзув-лар. остида эса шу диаметр-нинг иккинчи учигаги 180° га фарқ қиладиган ёзувлар теска-ри бўлиб куринади (X.43-шакл)

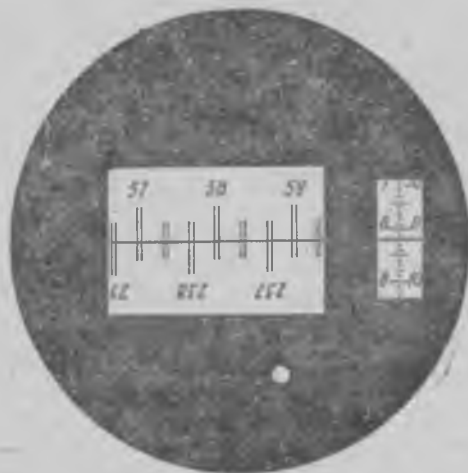


X. 42- шакл, а.

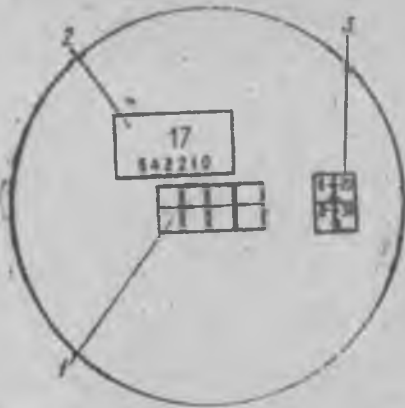
Саноқ олишда юқори ва қуйидаги бифиляр чизиқлар оптикавий микрометр ёрдамида бир-бирига тўғриланади (шаклга қаранг) кейин градус ва ўнли минутлар саноғи қуйидагича олинади. Юқоридаги градус қиймати ёзилган штрихдан 180° га фарқ қиладиган градус штрихи ўнг томондаги қуйи булаклардан белгиланади. Ма-салан, шаклда 57° га ўнгдаги тескари саноқ 237° (чапда 58° нинг тескариси 238°) бўлиб, бу штрих 57° градус штрихидан 5 булак узоқда; бир булак 10' бўлганидан доира саноғи 57°50' бўлади.

Минутнинг бирлиги ва секунд саноқлар куриш майдонининг ўнг томонидаги дарчадан олинади. Дарча шкаласи 1" дан ҳаммаси бўлиб 600 булак бор. Дарчанинг чап томонидаги сонлар минутни, ўнг томонидаги сонлар эса секундни курсатади. Саноқ ўртадаги горизонтал штрих (индекс) буйича бир булакнинг 0,1 аниқлигида олинганидан, саноқ аниқ-лиги 0,1" бўлади. Шакл-да чап томонда 8', ўнг томонда эса 2,0" шунга кура донранинг ҳамма са-ноғи 57°58'02,0" бўлади.

Микроскоп куриш май-донидида горизонтал ёки вер-тикал доира тасвирини ҳо-сил қилиш учун колонка-даги даста (винт) бурала-ди. Горизонтал доира бу-лаклари оқ фонда, верти-кал доираники эса яшил-симон фонда номоён була-ди. Вертикал доирадан са-ноқ олишда аввал ундаги контакт адилак горизонтал қўлга келтирилиши керак.



X. 45- шакл.



Х. 44- шакл.

раси бирлашма штрихли қилиб ясалган. Микроскопининг куриш майдонида учта дарча бўлиб, марказий 1 дарчадан (Х.44- шакл) бифиляр штрихлар, тепадаги 2 дарчанинг юқорисида лимб штрихи қиймати, унинг тагида унли минутлар қиймати (0 дан 5 гача) ёзилган. Ён томондаги дарча Т2 даги каби, яъни минут ва секунд қийматлари ёзилган. Саноқ 0,1" гача аниқлик билан олинади. Саноқ олиш учун бифиляр штрихлар тўғрилангач, юқоридаги дарча тепасидаги сон градус қиймати (шаклда 17), шу сон тагидаги рақам унли минут (шаклда 2) бўлиб бу 20' булади. Кейин ён дарчадан 5' ва 27,0" олинади. Шунда доира саноғи $17^{\circ}20' + 5'27,0''$ ёки $17^{\circ}25'27,0''$ булади.

СССР халқ хўжалигидаги геодезик ишларда ватанимиз корхоналарида ишлаб чиқариладиган юқоридаги теодолитлар билан бир каторда демократик республикаларда чиқариладиган қуйидаги теодолитлар ҳам қўлланади. Масалан, аниқ теодолитлардан Венгрияда ишланадиган ТеВ1, Те-С1 шифрли, Германия Демократик Республикасида чиқариладиган Theo 010 ва Theo 010А шифрли, техникавий теодолитлардан Те-Д2, Те-Д4, Те-Е5 (Венгрия), Theo 020, Theo 20А (ГДР) ва бошқалар.

Лазерий теодолитлар. Кейинги даврда халқ хўжалигининг турли соҳасидаги қурилиш ишларида лазер нуридан фойдаланиш ва лазерий геодезик асбоблар ишлатиш кенг тарқалди ва лазерий теодолит ҳамда нивелирлар яратилди. Бу асбоблар қурилиш майдонларида лойиҳани жойга кучириш, створли режалаш, берилган йуналишдаги чизиқни жойда белгилаш, бир хил нишабдаги чизиқ ва майдонни жойда белгилаш каби ишларда қўлланилади.

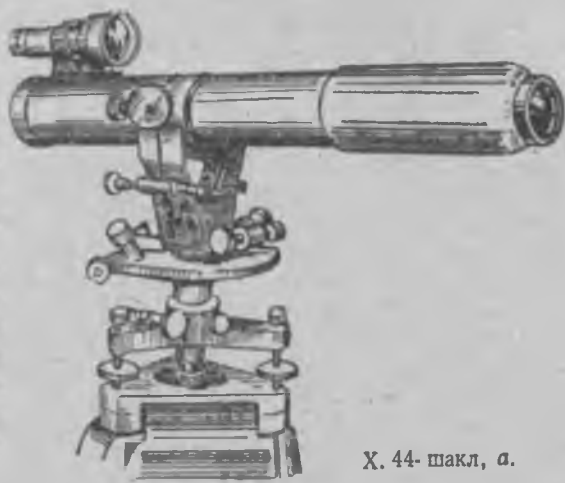
Лазерий теодолитлар одатдаги теодолит каби бўлиб, уларда куриш трубаси ўрнига лазерий нурланиш мосламаси ўрнатилган ёки лазерий нурланиш мосламаси теодолитнинг куриш трубасига ўрнатилган, бундай теодолит *лазерий насадкали теодолит* дейилади.

Мослама ўрнатилган теодолитлар икки гурпуага булинади: а) нурланиш мосламаси лагердан олиб қўйиладиган теодолитлар, масалан СССРда ЛТ-75, ЛТ-56 шифрли (Х.44- шакл а) теодолитлар,

2 Т2 теодолити— Т2 теодолитининг такомиллашгани бўлиб, умумий кўриниши 2Т5 да каби; саноқ олиш мосламаси оптик микрометр билан таъминланганки, булаклардан катта аниқлик билан саноқ олишга имкон беради. Саноқ Т2 даги каби лимб диаметрининг икки учидан олинган учун эксцентриситет хатосининг таъсири йўқолади.

Оптик горизонтал ҳамда вертикал доиралари 20' дан қилиб бўлинган, градус штрихларига 0° дан 359° гача ёзилган. Горизонтал доираси иккиланма (бифиляр) параллел штрихли, вертикал дои-

Польшада КР4 шифри билан чиқадиган теодолит; б) зенит орқали айланмаган нурланмишли теодолитлар, масалан, Польшада чиқариладиган, КР1, АҚШдаги LT-3 шифри билан чиқариладиган теодолитлар. Булардан ташқари, призмалар ёрдамида лазер нурланишини кўриш трубагининг кўриш ўқи билан бир чизикда ётадиган қилиб ишланган насадкали теодолитлар ҳам ишлатилади. Масалан, ТО-3 ВНИМИ (СССР), Швейцарияда ишланган СL01 Вильд, ДКМ-2А КЕРНА ва бошқа шифрдаги теодолитлар.



Х. 44-шакл, а.

1981 йили Москва халқ хўжалиги ютуқлари виставкасида қўйилган «Вильд» фирмаси чиқарган тўғри тасвирли оптик теодолит турлари қўйида келтирилган. Буларда окуляр тирсагини олиб қўйиш були билан трубагининг катталаштириши ўзгаради.

Шифри	Номи	Труба- ои	Катталаштири- ша, ч ²	Саноқ аниқлиги		Ишлати- лиш (триан- гуляцияда)	Синглиги кг
				гориз.	верт.		
				доира			
T4	Аниқлиги юқори, астрономик уни вер- сал (адилакли)	Синиқ	60× 80×	0,1"	0,2"	1 класс	91
T3	Аниқ (адилакли)	»	24× 30× 40×	0,2"	0,4"	2—3 кл.	15
T2	Аниқлиги ўртача (ком- пенсаторли)	»	18× 30× 40×	0,5"	1"	3—4 кл.	8,2
T1	Техникавий	тўғри	19× 26× 30×	3"	3"	инженер- лик иш-	8,6
T16	Шкалали	»	42× 30×	0,1'	0,1'	ларида ре- жалашда	8,1

Павильонда ТА-05 астрономик теодолит (комплекс) қўйилганки, бу билан лаплас пунктида кенглама, узоқлама ва азимутларни юқори аниқликда топиш мумкин.

Х.30. Бурчак ўлчаш усуллари

Асбобни иш ҳолатига келтириш ва нарсага қара-тиш. Теодолит синалиб, текширилиб, тузатиладиган, у билан жойда горизонтал бурчакни ўлчаш учун қўйидаги ишлар қилинади: 1) ас-боб нуқтага марказлаштирилади; 2) горизонтал ҳолатга келтири-лади; 3) труба кузатишга тайёрланади.

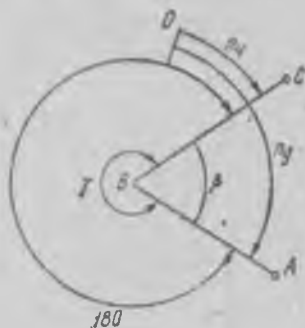
Теодолит шовун ёки оптик мослама ёрдамида марказлаштирилади. Шовун билан ишлаганда асбоб штативга ўрнатилиб, тургизиш винти билан маҳкамлангач, штатив B нуқта устига қўйилади, штатив боши тахминан горизонтал ҳолатга келтирилади ва штатив оёқлари ерга маҳкам ўрнатилади. Бунда кутариш винтлари резьбалар ўртасида туриши керак. Кейин тургизиш винти илгагига шовуннинг ипи илиниб қаралади. Агар шовуннинг учи нуқта қозиги устида турмаса, тургизиш винти бушатилиб, теодолит штатив устида шовун нуқта устига аниқ келгунча ўнг-чапга сурилади. Шовун юкининг учи нуқта устига тўғри келгач, асбоб марказлашган бўлади, тургизиш винти маҳкамланади.

Оптик марказлаш анча аниқ, бунинг учун аввал юқоридагидек шовун билан ишланади; кейин шовунни олиб қўйиб, тургизиш винтини бир оз бушатиб, асбоб штатив устида бир оз сурилади-да, оптик марказлаш иплар тўри доирачаси нуқтага тўғриланади, кейин тургизиш винти маҳкамланади.

Асбоб лимби горизонтал ҳолатга келтирилиши керак; бу иш асбобни нивелирлаш дейилади.

Трубани кузатишга тайёрлашда кузатувчи трубани аввал ўз қўзига тўғрилаши керак.

Кейин трубани нуқтага қаратиш учун лимб маҳкамланиб, алидада ва труба бушатилади, труба устидаги мушка ёки визир орқали қараб труба нарсага тўғриланади, кузатиладиган нарса тасвири трубада кўрингач, труба ва алидада маҳкамланади. Нарса узоқда бўлса, кремальер винт чапга, яқинда бўлса, ўнгга буралиб, труба фокусланади, яъни нарса тасвири равшанлаштирилади. Кейин труба ва алидада, қаратиш винтларини бураб иплар, тўрининг маркази нуқтага аниқ қаратилади. Веха ерга кадалганда зерттикал бўлмаслиги мумкин, шунинг учун вехага қараганда тўр маркази веха тагига қаратилади.



Х. 45- шакл.

Шаклда кўрсатилган BA ва BC чизиқлар орасидаги бурчакнинг ($X.45$ -шакл) горизонтал қўйилишини ўлчаш учун B нуқтага асбоб юқоридагича ўрнатилгач, алидада бушатилиб, аввал ўнг нуқта A га қаралади-да n_y саноқ олинади, кейин чап нуқта C га қараб $n_ч$ саноқ олинади. Шунда B нуқтадаги ўнг бурчак β қуйидагича бўлади:

$$\beta = n_y - n_ч, \quad (X.1)$$

яъни бурчак ўнг саноқдан чап саноқнинг айрилганига тенг. B нуқтадаги чап бурчак γ ҳам бу бурчак ўнг саноқдан чап саноқнинг айрилганига тенг бўлади. Мисолда β нинг ўнг саноғи n_y , γ нинг чап саноғи, β нинг чап саноғи $n_ч$ эса γ нинг ўнг саноғи бўлади, шунга кўра: $\gamma = n_ч - n_y$.

Бурчак ўлчаш усуллари. Қўйилган аниқлик талабига қараб, теодолит билан горизонтал бурчакни ўлчашда қуйидаги усуллар қўлланилади: 1) приём усули; 2) доиравий приём усули; 3) такрорлаш усули; 4) нолларни тўғрилаш усули ва бошқалар.

1. Приём усули. Теодолитни *B* нуқтага ўрнатиб (Х.45- шакл) иш назиятига келтиргач, лимбни маҳкамлаб, труба ва алидада бўшатилади-да, *D₁* ҳолатида ўнг нуқта *A* га қаралади, алидадани маҳкамлаб, I верньердан градус, минут ва секунд ($215^{\circ}45'30''$), II верньердан эса минут ва секунд ($46'30''$) саноқлари олинади ва улар махсус бурчак ўлчаш журналига ёзилади (Х.1- жадвал); минут, секундларнинг арифметик ўртаси ҳисобланиб ($46'00''$), «ўртача» деган графага ёзилади (бунда марказлашмаслик хатоси йўқолади), бу n_1 саноғи бўлади. Кейин алидадани бўшатиб, труба чап нуқта *C* га қаратиладида юқоридагича саноқлар олинади ва ўртаси ҳисобланиб, «ўртача» графасига ёзилади ($95^{\circ}43'30''$), бу n_2 саноғи бўлади. Ўртача графадаги ўнг саноқ n_1 дан чап саноқ n_2 айрилса, бурчак қиймати топилади. Бу биринчи ярим приём қиймати дейилади ($90^{\circ}02'30''$). Агар ўнг саноқ чап саноқдан кичик бўлса, ўнг саноққа 360° қўшиб, чап саноқ айрилади.

Кейин лимб бўшатилади ва уни 90° га буриб яна маҳкамланади, труба зенит орқали айлантирилади. Бунда *D₂* ҳолати бўлади. Яна юқоридаги каби ўнга, кейин чапга қараб, саноқлар олинади ва бурчак қиймати ҳисобланади ($90^{\circ}01'30''$). Бу иккинчи ярим приём қиймати бўлади. Икки ярим приёмдаги бурчак қийматларининг айирмаси

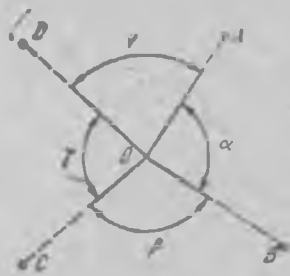
Х.1- жадвал

ТТ5 теодолити билан приём усулида бурчак ўлчаш жадвали ТТ5 № 3485

Тўғридан	Нуқталар номери	Верньер саноқлари				Саноқларнинг ўртаси		Бурчак қиймати		Бурчакнинг ўртаси қиймати			Магнитавий азимут	Чизиқнинг узунлиги, м	
		0	I	II	I	II	I	II	0	I	II				
B	A	185	45	30	46	30	<i>DS</i> 46	00							
	C	95	43	00	44	00	43	30	90	02	30				
	A	07	17	30	18	30	<i>ДЧ</i> 38	00							
	C	277	17	00	16	00	16	30	90	01	30	90	02	00	1—2 58°26'

2. Доиравий приём усули. Агар бир нуқтада бир неча йўналиш орасидаги бурчаклар ўлчанса, бунда доиравий приём усулидан ошмаслиги керак. Кейин иккала ярим приём қийматларининг арифметик ўртаси ҳисобланади ($90^{\circ}02'00''$); бу *тулиқ* приём қиймати дейилади. Бу хил ўлчашда коллимацион хато таъсири йўқолади.

2. Доиравий приём усули. Агар бир нуқтада бир неча йўналиш орасидаги бурчаклар ўлчанса, бунда доиравий приём усулидан



Х. 46- шакл.

ли қўлланилади. Бу усулдан триангуляция ишида кўп фойдаланилади. Масалан, O нуқтадан (Х.46- шакл) чиққан OA , OB , OC ва OD йўналишлар орасидаги бурчакларни ўлчаш керак бўлса, қуйидагича қилинади. Теодолит Т30 ни DU ҳолатида O нуқтага ўрнатиб, иш вазиятга келтиргач, 1 верньер O° га яқин саноққа қўйилади-да, алидада маҳкамланади; лимб айлан-тирилиб, бош нуқта A га қаратилади-да, маҳкамланади. Сунгра алидада бўшатилиб, труба соат стрелкаси юрадиган томонга бирин-кетин B , C , D ва A нуқталарга

қаратилади ва микроскопдан саноқ олиб, журналга ёзилади. A нуқтага қараб, дастлаб ва охирида олинган саноқларнинг бир хил бўлиши лимб ҳолати ўзгармаслигини курсатади. Бу ўлчаш *биринчи ярим приём* дейилади. Кейин трубани зенит оркали айлан-тириб, DU ҳолатида яна бош нуқта A га қараб лимб маҳкамланади ва саноқ олинади. Кейин алидадани бўшатиб уни соат стрелкаси юрадиган томонга қарши йўналтирилади-да, D , C , B ва A нуқталарга қараб саноқ олинади ва журнал графасига ёзилади. Бу билан *иккинчи ярим приём* тугайди. Икки ярим приём натижаларининг ўртаси тула приём дейилади. Бунда бутун доира бўйлаб айланилгани учун у *доиравий приём* деб аталади.

DU ва DU да олинган саноқлар арифметик ўртаси ҳисобланади. α , β , γ ва φ бурчакларнинг қийматларини (Х.1) формула ёрдамида, хар қайси бурчакнинг қийматини ўнг саноқдан чап саноқни айириш йўли билан топиш мумкин. Амалда кўпроқ аввал йўналишлар саногни ҳисобланиб, кейин келтирилган йўналиш саногни билан керакли бурчак топилади.

3. Такрорлаш усули. Бу усул такрорий теодолит билан ишлашда қўлланилиши мумкин. Теодолит верньери ва микроскопидан саноқ олиш хатоси трубани нуқтага қаратиш хатосидан бир неча барабар катта (Х.31 параграфга қаранг) бўлганидан бу усул кўпроқ қаратиб камроқ саноқ олишга асосланади.

Асбобни B нуқтага (Х.45- шакл) ўрнатиб, иш ҳолатига келтиргач, DU ҳолатида 1 верньерни O га яқин сон ($0^\circ 03'$) га қўйиб, алидада маҳкамланади. Лимбни айлан-тириб, чап нуқта C га қаралади-да, лимб маҳкамланади. Кейин алидадани бўшатиб, ўнг нуқта A га қаралади, алидадани маҳкамлаб, саноқ ($74^\circ 36'$) олинади ва журналга ёзилади (Х.2- жадвал). Бу саноқ бурчакнинг тахминий қиймати бўлиб, у *контрол саноқ* дейилади. Бунда ўлчанадиган бурчак лимб текислигига бир марта қўйилган булади. Кейин лимбни бўшатиб, чапга айлан-тирилади-да C нуқтага қаралади ва лимб маҳкамланади; алидадани бўшатиб, ўнг нуқта A га қаралади ва алидада маҳкамланади, лекин саноқ олинмайди. Бунда бурчак лимбга *иккинчи марта* қўйилган, яъни бурчак икки марта ўлчанган булади. Агар бурчак уч марта ўлчанадиган бўлса, яна лимбни бўшатиб, чапга айлан-тирилади ва C нуқтага қаралади, сунгра лимб маҳкамланади. Алидада бўшатилиб, ўнгга бурилади-да, A нуқтага қараб,

алидаки маҳкамланади ва саноқ олинади. Бунда бурчак лимбга уч марта қўйилган бўлади. Бу саноқ

Х 2- жадвал

Бурчакни такрорлаш усули билан ўлчаш (Т30 № 66802)

Нуқта номи		Такрор- ланиш сони	Горизонтал доира саноғи		п-каррели бур- чак		Бурчак қий- мати		Бурчаклар ўртаси	
турган	қаратилган		0	1	0	1	0	1	0	1
			ДЎ							
В	С		00	03						
	А		74	36	контроль саноқ					
	С		—	—						
	А		—	—						
	С		—	—						
	А	3	323	45	223	42	74	34		

223°45' деб фараз қилайлик. Бундан бош саноқ 0°03' ни айириб, натижа учга бўлинса, бурчакнинг уч марта такрорлаш йўли билан биринчи ярим приёмда ўлчанган қиймати 74°34' топилади. Худди шу тартибда доиранинг ДЧ ҳолатида ҳам ўлчаниб, иккинчи ярим приёмдаги қиймати топилади. Бу натижалар фарқи 2t дан ошмаса, буларнинг арифметик ўрта қиймати топилади ва «бурчак ўртаси» графасига ёзилади (t — саноқ олиш аниқлиги).

Қураимизки, бу усулда нуқталарга олти марта қаралди, лекин бурчак икки саноқ айирмаси орқали топилди.

Агар бош саноқни *a*, охириги саноқни *b*, такрорлаш сонини *n* десак, ўлчанадиган бурчак қиймати β қуйидагича топилади:

$$\beta = \frac{a-b}{n} \quad (X.26)$$

Ўлчанадиган бурчак катта бўлиб, лимбнинг 0 (360°) штрихи саноқ олишда такрорланса, 360° такрорланиш сонига купайтирилиб (X.26) суратига қўшилади.

4. Нолларни туғрилаш усули. Бу усул жой тафсилоти-
ни қутбий усул билан съёмка қилишда, ўлчанган бурчакларни тек-
ширишда, бурил-ш бурчакларини ўлчашда қўлланилади. Бу усул
билан бурчак ўлчаш учун саноқ олиш мосламасининг ноль штрихи
(верньер ёки микроскоп) лимбнинг ноль штрихига туғрилангач,
алидада маҳкамланиб, лимб бушатилади-да чап нуқтага қаралади.
Кейин лимб маҳкамланиб, алидада бушатилади ва унг нуқтага
қараб олинган саноқ ўлчанадиган бурчакнинг қиймати бўлади.

Х. 31. Бурчак ўлчаш аниқлиги

Теодолит билан горизонтал бурчакни ўлчаш аниқлиги ўлчашда қилинадиган хатоларга боғлиқ бўлиб, унга турли мустақил ман-
садан келадиган хатолар таъсир этиши мумкин; бу хатоларни
ўрта квадратик хатолар орқали ифодаласак, қуйидагича бўлади:

1) ўлчашдаги хато, m_s

- 2) марказлаштириш хатоси, m_m ;
- 3) белгининг қийшайишидаги хато (редукция), m_p ;
- 4) асбоб хатоси, m_a ;
- 5) ташқи шарҳит хатоси, $m_{ш}$.

Бурчак хатоси m_b юқоридаги хатоларга боғлиқ булиб, турли ишорада бўлиши мумкин. Бурчак хатосини (V.25) га мувофиқ қуйидагича ёзиш мумкин:

$$m_b^2 = m_p^2 + m_m^2 + m_a^2 + m_{ш}^2 \quad (X.27)$$

1. Ўлчаш хатоси трубани нуқтага қаратиш хатоси m_v ва саноқ олиш хатоси m_n дан иборат.

Қаратиш хатоси $m_v = \frac{60''}{v}$ бўлади. Агар трубанинг катталаштириши $v = 20 \times$ бўлса, $m_v = \pm 3''$ бўлади.

Санок хатоси m_n санок олиш мосламаси аниқлигининг ярмига тенг. Т30 теодолитда $m_n = 30''$. Қурамызки, қаратиш хатоси санок олиш хатосидан 10 марта кичик.



Х. 17- шакл.

2. Марказлаштириш хатоси теодолит B нуқтага тўғри марказлаштирилмай, $BB_1 = e$ қадар сурилиб, B_1 га марказлаштирилган бўлса, бу орқали ўлчанадиган бурчак қиймати узгаради (X.47- шакл, а).

Бурчак $BB_1 A = \Theta$ десак, e ва Θ марказлашнинг *чизиғий* ва *бурчағий* элементлари дейилади. B дан A га қараб лимбдан санок олинганда бурчак хатоси x бўлади, бу марказлаштириш хатосидир.

$BB_1 A$ учбурчакликдан $\frac{\sin x}{e} = \frac{\sin \Theta}{d}$, бу ердан $\sin x = \frac{e}{d} \sin \Theta$.

Бунда x кичик бўлганидан $\sin x = x \sin 1'$ десак, $x = \frac{e}{d} \cdot \frac{\sin \Theta}{\sin 1'}$, ёки

$$x = e \frac{\sin \Theta}{d} \cdot \rho \quad (X.28)$$

бўлади

3. Редукция хатоси. A нуқтага қаратишда A га эмас, балки A_1 га қаралса, $AA_1 = e_1$ қадар хато бўлади (X. 47- шакл, б).

ABA_1 учбурчакликдан $\frac{\sin y}{e_1} = \frac{\sin \Theta_1}{d}$, ёки

$$y = e_1 \frac{\sin \Theta_1}{d} \cdot \rho \quad (X.29)$$

чиқади, y қиймати *редукция хатоси*, e_1 ва Θ_1 эса *редукция элементлари* дейилади. (X.28) ва (X.29) лардан кўринадикки, марказлашмаслик ва редукция хатолари масофага тескари пропорционал ўсади. Агар $\Theta = \Theta_1 = 0$ ва $\Theta = \Theta_1 = 180^\circ$ бўлса, B_1 ва A_1 лар AB

чизиқда ётиб, $x = 0$, $y = 0$ бўлади. Агар $\Theta = \Theta_1 = 90^\circ$ ва $\Theta = \Theta_1 = 270^\circ$ бўлса, x ва y энг катта қийматга эга бўлиб, булар қиймати қуйидагига тенг,

$$x_{\max} = \frac{e}{d} \rho \quad (\text{X.30})$$

$$y_{\max} = \frac{e_1}{d} \rho. \quad (\text{X.31})$$

Асбоб шовунда 1 см аниқлик билан марказлаштирилади, шунга қўра $e = 1$ см бўлади. Нарсага қараганда ҳам 1 см хато қилиш мумкин, яъни $e = e_1 = 1$ см бўлади. Агар чизиқ узунлиги $d = 150$ м бўлса, $x_{\max} = y_{\max} = \pm 0,2 = \pm 12'$ чиқади. (X.30) ва (X.31) формулаларга турли қийматлар қўйиб, x_{\max} ва y_{\max} қийматларини топиш мумкин. Агар $d = +100$ м, $e = e_1 = 1$ см десак, $x_{\max} = y_{\max} = 0,34''$ бўлади. Хато $e = e_1 = 2$ см десак, x ва y қийматларини икки марта ошади. Бу кўрсатадики, полигон томонларининг узунлигини 150 м атрофида олиш керак. Томон узунлиги қисқа бўлганда асбобни сикхчага аниқ қаратиш ва оптикавий марказлаштириш керак.

4. Асбоб хатосига лимб булаклари хатоси, коллимацион хато, труба айланиш ўқининг қийшайиши, эксцентриситет хатоси кабилар киради. Ҳозирги асбоблар янги техника асосида ишлаб чиқарилганидан, бу хатолар таъсири жуда кичик, улчашда турли усуллар ишлатилганидан натижага таъсири ҳам оз. Коллимацион хато c тузатишганда ҳам унинг таъсири қолади.

Коллимацион ва труба айланиш ўқининг қийшайишидан келадиган хатолар вертикал бурчак катталаниши билан ортади. Шунга қўра коллимацион хатони йўқотиш ва асбобни яхши горизонтал ҳолга келтириш керак. Албатта бурчакни икки доирада улчаш лозим.

5. Ташқи шароит хатоси деганда ҳавонинг очиқ бўлиши, температураси, чанг-тузсн ва қуриш нурига рефракция таъсиридан келадиган хатолар назарда тутилади. Улчаш ишини ҳаво очиқ ва тинч бўлган пайтда бажариш, асбоб ёнида ҳеч нарса бўлмаслиги керак.

Бурчак улчашда юқоридаги манбалардан келган хатолар улчанган бурчак қийматиға салбий таъсир этади. Шунга қўра бурчак маълум хато билан улчанади.

Инженерлик ишларида қўлланиладиган техникавий теодолитлар билан бурчак улчашда ҳам юқоридаги хатолар таъсир этади, улчашда турли усуллардан фойдаланиш, масалан, марказлашмаслик (эксцентриситет) хатосини йўқотиш учун икки верньердан саноқ олиш (ТТ5 да), коллимацион хатони йўқотиш учун бурчакни икки доирада улчаш каби усуллрдан фойдаланиш билан хатолар миқдори анча камайтиради. Лекин саноқ, кўпроқ чамалаб ва яхлитлаб олинадикки, бу хато бошқа хатолардан абсолют қиймати жиҳатидан бир неча марта катта бўлади. Агар саноқ олиш аниқлигини

t десак, санокнинг ўрта квадратик хатоси $m_0 = \frac{t}{2}$ бўлади. Бу хато ҳар санокқа таъсир этиб, бурчак икки санок айирмаси бўлганидан, биринчи ярим приёмдаги бурчак ўлчаш хатоси m_β қуйидагича тегилади:

$$m_\beta = m_0 \sqrt{2} = \frac{t}{2} \sqrt{2} = \frac{t}{\sqrt{2}}, \quad (\text{X.32})$$

лекин бурчак икки ярим приём натижаларининг арифметик ўртаси бўлганидан, бир тўлиқ приёмда ўлчанган бурчакнинг ўрта квадратик хатоси қуйидагича бўлади:

$$m_\beta = \frac{m_\beta}{\sqrt{2}} = \frac{t}{2}. \quad (\text{X.33})$$

Бунинг чекли хатоси

$$\Delta_{\text{lim}} = 3m_\beta \leq \pm 1,5 t \quad (\text{X.34})$$

бўлади.

Икки ярим приёмда ўлчанган бурчак қийматлари айирмасининг ўрта квадратик хатоси m_d , (V. 23) га биноан, қуйидагича бўлади:

$$m_d = \pm m_\beta \sqrt{2} = \pm \frac{t}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} = \pm t. \quad (\text{X.35})$$

Агар чекли хатони (V.12) га кўра $2m$ деб олсак,

$$\Delta_{\text{lim}} = 2m_d = \pm 2t \quad (\text{X.36})$$

бўлади. Шунда ТТ5 теодолитида $t = \pm 30''$, $2t = 1'$, Т30 теодолитида эса санок олиш хатоси $0,5' = 30''$ деб олинади. Шунга кўра, бурчак ўлчашдаги чекли хато $1'$ бўлади, яъни биринчи ва иккинчи ярим приём натижалари орасидаги фарқ $1'$ дан ошмаслиги керак.

Х.32. Вертикал доира, вертикал бурчакни ўлчаш

Ер юзасида турли баландликда ётган икки нуқтани туташтирувчи вертикал текисликдаги қия чизиқнинг горизонтал ва шовун чизиқлар билан кесишуvidан ҳосил бўлган вертикал текисликдаги бурчаклар иккига — қиялик бурчаги (вертикал бурчак) билан *зенит оралиғига* бўлинади.



Х. 48- шакл.

Зенит оралиғи куриш нури OM билан вертикал чизиқ VV нинг кесишуvidан ҳосил бўлган вертикал текисликдаги бурчак (X.48-шакл) бўлиб, Z билан белгиланади.

Вертикал бурчак қия куриш нури OM билан горизонтал текислик ON орасидаги вертикал текисликда ётувчи бурчак бўлиб, v билан белгиланади. Агар куриш нури горизонтал те-

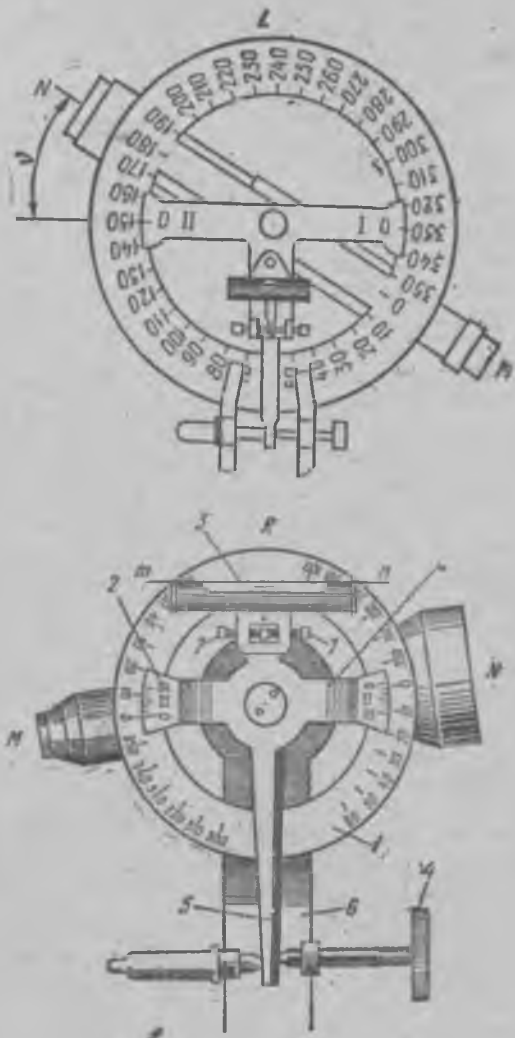
қияликдан юқорида бўлса, қиялик бурчаги мусбат ишора билан, пастда бўлса манфий ишора билан олинади. Шаклда $\nu + z = 90^\circ$.

Зенит оралиғи ва қиялик бурчаги теодолит трубасига маҳкам ўрнатилган махсус вертикал доира билан ўлчанади. Қиялик бурчагини эклиметр билан ҳам ўлчаш мумкин. Зенит оралиғи айрим ном билан аталганидан кўпинча, қиялик бурчаги вертикал бурчак деб аталади. Техникавий теодолитлар қиялик бурчагини ўлчашга мосланган бўлади.

Вертикал доиранинг тузилиши. Айланаси йўналиб градусларга бўлинган 8—10 см диаметри металл доира 1 қуриш трубасининг айланиш ўқиға вертикал вазиятда маҳкамланган бўлиб, труба билан бирга горизонтал ўқда айланади. Доира (лимб) булаклари турли асбобларда турлича бўлинган. Секторли доираларда (Т15, 2Т5А) бир диаметрининг икки учига 0° ёзилган ва улардан икки томонга 60° ёки 75° гача ошиб боради. Ҳозирги ТТ5, Т30 каби теодолитларнинг вертикал доираларида

бир диаметрининг бир учига 0° дан соат стрелкаси юрадиган томонга 360° гача ошиб боради. Лимб 2160 бўлакка бўлинганидан, бир бўлакнинг қиймати $l = 10'$; ТТ5 теодолитида градус қийматлари ҳар 10° дан ёзилган; I ва II верньер санокларидаги фарқ $180'$ га тенг бўлади (X.49-шакл, а).

Баъзи теодолит ва кипрегелларда доира X.49-шакл, б даги каби бўлинган, бу бош штаб бўлиниши дейилади. Бунда бир диа-



X. 49- шакл. Вертикал доира.

а — градус қийматларининг ҳозирги ёзилиши, б — илгирини ёзилиши; 1 — вертикал доира, 2 — верньер, 3 — вертикал доира адидаги, 4 — алидада микрометр винти, 5 — алидада бошқарувчиси, 6 — труба тағлиғи, 7 — адидада тузатгич винти, 8 — алидада, тп — адидада ўқи.

метрнинг икки учигади O дан соат стрелкасининг юриши томон 60° гача, соат стрелкасининг юришига тескари томон 360° дан 300° гача бўлинган. Трубанинг куриш ўқи MN горизонтал турганда лимбнинг $0-180^\circ$ ёки $0-0^\circ$ диаметри ҳам горизонтал бўлиши керак.

Лимб булакларидан саноқ олиш учун лимб марказига қузғасмас қилиб алидада 8 ўрнатилган, унинг икки учига горизонтал доирадаги каби I ва II верньерлар 2 ясалган. Верньернинг ноль штрихларини горизонтал вазиятга келтириш учун алидадага цилиндрлик адилак 3 ўрнатилган. Адилак тузатиш винти 7 билан тузатилади. Алидаданинг махсус буртмаси 5 бўлиб, у микрометрик винт 4 ёрдамида сурилади ва саноқ олишдан олдин адилак горизонтал вазиятга келтирилади, кейин верньердан саноқ олинади.

T30 теодолитининг вертикал доирасида махсус адилак ўрнатилмаган. Вертикал доирага параллел ўрнатилган горизонтал доира адилагини аниқ горизонтал вазиятга келтириш кифоя. Компенсаторли теодолитлар (Т15К) нинг вертикал доирасида ҳам адилак бўлмай, доира саноқ мосламаси компенсатор орқали автоматик равишда горизонтал вазиятга келади.

Вертикал бурчакни ўлчаш. Асбоб вертикал доираси адилагининг ўқи mn (X.49-шакл, б) горизонтал ҳолатга келтирилганда ва куриш ўқи MN горизонтал турганда вертикал доира саноғи $0^\circ 00'$ бўлиши керак, яъни лимбнинг $0-180^\circ$ ли диаметри билан I ва II верньер нолларини туташтирувчи чизиқ uv , бир чизиқда ётиши керак (X.50-шакл, а). Лекин ҳақиқатда бундай бўлмайди, $0^\circ 00'$ ўрнига бошқа саноқ олинадики, бу саноқ ноль ўрни дейилади ва uv билан белгиланади. Агар юқоридаги шарт бажарилганда эди $uv = 0$ бўлиб, $D\mathcal{U}$ да юқори нуқтага қараб олинган саноқ вертикал бурчак қиймати буларди.

Масалан кўриш ўқи MN алидада адилагининг ўқи mn горизонтал турганда лимбнинг $0-180^\circ$ диаметри tt_1 горизонтал чизиқ билан y бурчак, верньер нолларини туташтирувчи uv_1 чизиқ эса x бурчак ҳосил қилсин (X.50-шакл, а). $D\mathcal{U}$ да олинган саноқни R билан, $D\mathcal{C}$ да олинган саноқни L билан белгилайлик. Агар $D\mathcal{U}$ ҳолатида бирор Q нуқтага қараб a_1 саноқ олинса (X.50-шакл, б), $a_1 = R$ ва $R = v + x + y$ ёки

$$v = R - (x + y) \tag{X.36}$$

булади. Бу икки хато таъсири йиғиндиси $x + y$ ноль ўрни қийма-



X 50- шакл.

ти бўлиб, уни « $H\bar{U}$ » билан белгиласак, яъни $x + y = H\bar{U}$ деб ол-
сам ва ўрнига қўйсак,

$$v = R - H\bar{U} \quad (X.37)$$

чиқади, яъни вертикал бурчак доира унгдан олинган саноқ R дан
ноль ўрнининг айрилганига тенг.

$H\bar{U}$ қийматини аниқлаш учун труба зенит орқали айлантири-
лади-да, алидада бушатилиб $DЧ$ ҳолатида труба яна Q нуқтага
қаратилади. Бунда верньер v_1 дан олинган саноқ $a_1 = L$ утмас
бурчак t_1 v_1 нинг қиймати булади. Шунда X. 50-шакл, v га би-
ноан қуйидагини ёзиш мумкин: $v = 360^\circ - L + x + y$ ски $v = 360^\circ$
 $+ x + y - L = 360^\circ + H\bar{U} - L$; 360° ташлаб юборилса,

$$v = H\bar{U} - L \quad (X.38)$$

чиқади, яъни вертикал бурчак ноль ўрнидан вертикал доира чап
ҳолатида олинган саноқнинг айрилганига тенг.

Бу (X.37) ва (X.38) формулалардан $H\bar{U}$ ҳамда вертикал бур-
чак қийматларини аниқлаш учун уларни қўшсак, $2v = R - L$ чи-
қади. Бундан

$$v = \frac{R - L}{2} \quad (X.39)$$

булади. Агар (X.37) дан (X.38) ни айирсак $\dot{O} = R - 2H\bar{U} + L$ ёки
 $2H\bar{U} = R + L$ булади; бундан

$$H\bar{U} = \frac{R + L}{2} \quad (X.40)$$

чиқади.

Чиқарилган формулалар ёрдамида вертикал доирадан олинган
саноқ орқали $H\bar{U}$ ҳамда вертикал бурчак ҳисобланади. $TT5$ каби
теодолитлардан саноқ олишда қуйидаги қоидага риоя қилиш керак.
Окуляр ёнидаги верньерни ҳаммаша асосий қилиб олиб, ундан гра-
дус, минут ва секунд саноқлари, объектив яқинидаги верньердан
ёлғиз минут ва секунд саноқлари олинади ва минут, секундлар
ўртаси ҳисобланади.

$TT-5$ теодолити билан вертикал бурчак ўлчаш учун труба
 $D\bar{U}$ ҳолатида нарса Q га қаратиб, R саноқ олинади. Труба зенит
орқали айлантирилади-да, алидадани бушатиб $DЧ$ ҳолатида яна
 Q га қаратиб, L саноқ олинади. Кейин (X.39) билан v , (X.40) би-
лан эса $H\bar{U}$ ҳисобланади. v ва $H\bar{U}$ ни ҳисоблашда R ва L нинг
бири 300° дан кичик, иккинчиси 300° дан катта булади, ҳамма
вақт 300° дан кичигига 360° қўшиб, кейин ҳисобланади. $H\bar{U} \leq 2t$
булиши керак (t — саноқнинг аниқлиги).

1-мисол. $R = 4^\circ 48'$, $L = 355^\circ 14'$ булса, (X.39) га биноан,

$$v = \frac{4^\circ 48' + 360^\circ - 355^\circ 14'}{2} = +4^\circ 47'; \quad (X.40) \text{ га биноан эса}$$

$$H\bar{U} = \frac{4^\circ 48' + 360^\circ + 355^\circ 14'}{2} = \frac{720^\circ 02'}{2} = 360^\circ 01' \text{ булади;}$$

бу 360° га яқин бўлганидан $H\check{U}$ нинг ортиқ қиймати дейилиб, « $H\check{U}_c$ » билан белгиланади. Бу қийматдан 360° айрилса, $H\check{U}$ нинг кичик қиймати « $H\check{U}_k$ » топилади. Мисолда $H\check{U}_k = 360^\circ 01' - 360^\circ = +01'$ булади. R ёки L қиймати 300° дан катта бўлганда $H\check{U}$ нинг ортиқ қиймати ($H\check{U}_o$), кичик бўлганда эса $H\check{U}$ нинг кичик қиймати ($H\check{U}_k$) олинади.

Энди (X. 37) ва (X. 38) бўйича v қийматини ҳисоблаб кўрайлик. (X. 37) бўйича $v = R - H\check{U} = 4^\circ 48' - (+1') = +4^\circ 41'$; (X. 38) бўйича эса $v = 360^\circ 01' - 355^\circ 14' = +4^\circ 47'$.

2-мисол. $R = 348^\circ 12'$, $L = 11^\circ 40'$. Худди юқоридагидек ишланса, қуйидагича олинади:

$$v = \frac{348^\circ 12' - (11^\circ 40' + 360^\circ)}{2} = \frac{348^\circ 12' - 371^\circ 40'}{2} = \frac{-23^\circ 28'}{2} = -11^\circ 44';$$

$$H\check{U} = \frac{348^\circ 12' + 371^\circ 40'}{2} = \frac{719^\circ 52'}{2} = 359^\circ 56';$$

бу $H\check{U}$ нинг ортиқ қиймати ($H\check{U}_o$). $H\check{U}$ нинг кичик қиймати $H\check{U}_k = 359^\circ 56' - 360^\circ = -4'$ булади. (X. 37) бўйича $v = 348^\circ 12' - (359^\circ 56') = -11^\circ 44'$ ва (X. 38) бўйича $v = -4' - 11^\circ 40' = -11^\circ 44'$.

$H\check{U}$ нинг қиймати $0^\circ 00'$ га яқин бўлса, ишлаш осон булади. $H\check{U}$ қиймати катта бўлганда u вертикал доира адилагини тузатиб кичрайтирилади. $H\check{U}$ қийматининг узгармаслиги асбобнинг туғрилигини курсатади. Шунинг учун иш даврида $H\check{U}$ ни текшириб туриш керак.

Ноль урни ($H\check{U}$) қийматини кичрайтириш. Юқоридаги 2 мисолда $H\check{U} = -4' > 2t$ бўлганидан катта ҳисобланади; уни қуйидаги икки усулнинг бири билан кичик қилиш мумкин.

1. $H\check{U}$ қиймати аниқлангач, вертикал доира адилагининг горизонтал туришини ўзгартирмай, труба айлантририлиб верньер $H\check{U}$ санокқа қўйилади. Кейин микрометрик винт 4 буралиб (X. 49-шакл, б) верньер ноли лимб нолига туғриланади: бунда адилак пуфакчаси уртадан қочади; адилакнинг иккита тузатиш винти 7 ни бураб, пуфакча уртага келтирилади. Кейин қайтадан $H\check{U}$ топилади.

2. Жойдаги бир нуқтага қараб, R ва L саноклар олинади, v ва $H\check{U}$ ҳисобланади. Агар $H\check{U}$ қиймати катта бўлса, буни тузатиш учун трубанинг қаратилган ҳолатини бузмай, микрометрик винт 4 буралиб $D\check{U}$ да v санокқа, $D\check{U}$ да эса $H\check{U} - L$ санокқа қўйилади. Бунда адилак пуфакчаси уртадан қочади; бу адилакнинг тузатиш винти 7 орқали тузатилади. Шунинг эсла тутиш керак: вертикал доира адилагини пуфакчасини чапдан унга суриш учун микрометрик винтни унга, чапга суриш учун чапга бураш керак.

T30 теодолити билан вертикал бурчак улчаш. Бунда ҳам TT5 даги каби ишланади, лекин вертикал доирада адилак бўлмаганидан горизонтал доира адилагини аниқ горизонтал ҳолатга келтирилади. Бу теодолитда куриш ўқи горизонтал турганда $D\check{U}$ да олинган санок $L = 0$ булади. Объектив кўтарилса, са-

ноқ O дан ошиб боради. Шунга кўра, v ва $H\check{U}$ куйидагича аниқланади:

$$v = \frac{L - R}{2} \quad (X.41)$$

$$H\check{U} = \frac{L + R}{2} \quad (X.42)$$

$$v = L - H\check{U} = H\check{U} - R. \quad (X.43)$$

$H\check{U}$ ҳисоблашда 90° дан кичик санокқа 180° қўшилади.

1-мисол. $L = 5^\circ 20'$; $R = 174^\circ 38'$; (X. 41) га кўра

$$v = \frac{4^\circ 20' + 140^\circ - 174^\circ 38'}{2} = \frac{+ 10^\circ 42'}{2} = + 5^\circ 21';$$

$$(X. 42) \text{ га кўра } H\check{U} = \frac{5^\circ 20' + 180^\circ + 174^\circ 38'}{2} = \frac{354^\circ 58'}{2} = 179^\circ 59';$$

бу $H\check{U}_0$ нинг қиймати. $H\check{U}_0$ дан 180° айрилса, $H\check{U}$ нинг кичик қиймати чиқади, яъни $H\check{U}_k = H\check{U}_0 - 180^\circ = -1'$; $v = 5^\circ 20' - (-1') = +5^\circ 21'$, $v = 179^\circ 59' - 174^\circ 38' = +5^\circ 21'$.

2-мисол. $L = 172^\circ 40'$; $R = 7^\circ 24'$;

$$v = \frac{172^\circ 40' - 187^\circ 24'}{2} = -\frac{14^\circ 44'}{2} = -7^\circ 22';$$

$$H\check{U}_0 = \frac{172^\circ 40' + 187^\circ 24'}{2} = 180^\circ 02'$$

$$H\check{U}_k = +2'; \quad v = 172^\circ 40' - 180^\circ 02' = -7^\circ 22'; \quad v = +2' - 7^\circ 24' = -7^\circ 22'.$$

Т30 теодолитида $H\check{U}$ ни тузатиш. Т30 теодолитининг тузилишига караб, $H\check{U}$ бошқа усулда тузатилади. Агар Т30 нинг вертикал доирасида $H\check{U}$ қиймати катта бўлса, буни кичик қилиш учун юқоридагидек L ва R саноклар олиниб, (X. 42) формула ёрдамида $H\check{U}$ ҳисобланади. Трубани иккинчи қаратилган ҳолатда қўйиб, трубаининг микрометрик винтини бураш йули билан микроскоп саногини O га тўғриланади. Шу вақт тур маркази қаратилган M нуқтадан силжийди. Буни тузатиш учун тур вертикал тузатиш винтлари буралиб, тур маркази M га қаратилади. Кейин яна $H\check{U}$ аниқланади.

Т15 теодолити билан вертикал бурчак улчаш. Т15 теодолити вертикал доира микроскопининг тузилишига кўра, R ва L санокларнинг абсолют қийматлари бир хил, фақат ишоралари турлича булади. L ва R саноклар бўйича v ва $H\check{U}$ ни ҳисоблаш анча осон, яъни ТТ5 даги каби 360° , Т30 даги каби 180° қўшилмайди. v ва $H\check{U}$ ҳисоблаш формулалари (X. 41), (X. 42) ва (X. 43) каби ёзилади, яъни

$$v = \frac{L - R}{2}; \quad H\check{U} = \frac{L + R}{2}; \quad v = L - H\check{U} = H\check{U} - R.$$

Т15 нинг микроскопидан санок олишда аввал адилаги горизонтал ҳолатга келтирилади, кейин санок олинади.

1-мисол. Жойдаги M нуқтага $DЧ$ ва $D\dot{У}$ ҳолатида қараб олинган саноқлар $L = 4^{\circ} 56, 7'$; $R = -2^{\circ} 53, 5'$ бўлса, $H\dot{У}$ ва $У$ қиймати қуйидагича топилади:

$$\nu = \frac{4^{\circ} 56,7' - (-2^{\circ} 53,5')}{2} = \frac{9^{\circ} 50,2'}{2} = +4^{\circ} 55,1';$$

$$H\dot{У} = \frac{4^{\circ} 56,7' + (-2^{\circ} 53,5')}{2} = +\frac{3,2'}{2} = +1,6',$$

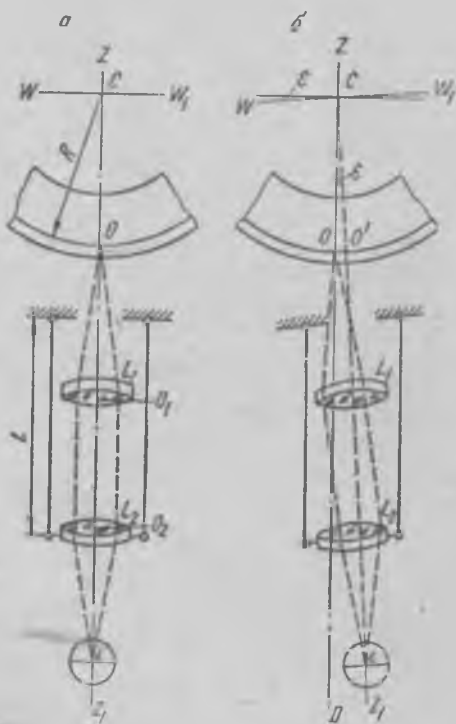
$$\nu = L - H\dot{У} = 4^{\circ} 56,7' - 0^{\circ} 01,6' = +4^{\circ} 55,1',$$

$$\nu = H\dot{У} - R = 1,6' - (-2^{\circ} 53,5') = +4^{\circ} 55,1'.$$

$H\dot{У}$ қиймати катта бўлса, ТТ-5 даги каби тузатилади. M нуқтага қараб олинган саноқ, масалан, L ўрнига қаратиш винти 10 ни (Х.38-шакл) бураб, $L \pm H\dot{У}$ саноғи қуйилади ($H\dot{У}$ ишорасига қараб). Шунда пуфакча уртадан қочади, буни қошқоқ 12 ни очиб, ундағи адиллак тузатиш винти билан тузатилади.

Х. 33. Теодолитнинг оптик компенсатори

Кейинги даврда теодолит, нивелир каби асбоблар автоматик равишда горизонтал ҳолатга келтирадиган мосламали (компенсаторли) қилиб чиқарила бошлади, энди шу мослама билан қисқача танишайлик. Масалан, Т15К, 2Т5К, ОМТ-30 каби теодолитлар-



Х. 51- шакл.

нинг вертикал доирасида адиллак вазифасини бажарадиган ўз-ўзича ўрнашувчи оптик компенсатор урнатилган. Бу компенсатор орқали вертикал доира текислиги ҳамиша ўз вертикал ҳолатини сақлайди. Компенсатор схемаси Х.51-шаклда кўрсатилган, у иккита мураккаб L_1 ва L_2 линзадан тузилган. Булардан L_1 линза қўзғалмас қилиб урнатилган, лекин L_2 линза йўғонлиги 0,07 мм ли туртта пулат сымга осилган махсус ғилофда урнатилган. Вертикал доиранинг O штрихи L_1 линзанинг фокусида ётади; микроскоп шкаласининг кўрсаткичи i эса L_2 линзанинг фокусида ётади; яъни ораліқ $O_1O = f_1$; $O_2i = f_2$. Линзалар шундай жойланганда улар орасидаги нурлар параллел даста бўлиб ўтади.

Агар теодолитнинг айланиш ўқи ZZ_1 вертикал, трубаининг кўриш ўқи WW_1 горизонтал бўлса, L_1 ва L_2 линзаларнинг оптик марказлари O_1 ва O_2 теодолит айланиш ўқи ZZ_1 га параллел бўлган бир шовун чизиқда ётади, шу билан бирга доира O штрихнинг тасвири ҳам микроскоп кўрсаткичи i тасвирини қсплайди. Шунга кўра, кўриш ўқи WW_1 горизонтал турганда доира саноғи OOO' бўлганидан $H\dot{U} = 0$ булади.

Агар асбобнинг айланиш ўқи ZZ_1 — C нуқтада е бурчак қадар ўнг ёки чап томонга оғса, кўриш ўқи WW_1 ҳам горизонтал чизиққа нисбатан е бурчак қадар қийшайди. Бунда вертикал доиранинг ноль штрихи O_1 га қадар силжийди. Бунда O штрихнинг чизигий силжиши $OO' = R\epsilon$ булади; бу ерда R — вертикал доира радиуси. Оғирлик кучи таъсири билан осилган линза L_2 ҳам ўзининг биринчи ҳолатини ўзгартади; бу ўзгариш миқдори сим узунлиги l га боғлиқ, яшашда l узунлиги шундай олинганки, унинг ўзгариши OO' га тенг булади. L_1 ва L_2 линзалар фокус масофалари f_1 ва f_2 лар тенг ($f_1 = f_2$) бўлганда микроскоп шкаласининг кўрсаткичи i тасвири CD шовун чизиқда ётувчи доира (лимб) O штрихи тасвири билан қопланади. Агар кўриш ўқи WW_1 ни е бурчак қадар бурчак, яъни уни горизонтал ҳолатга келтирсак, доиранинг ноль штрихи O' микроскоп шкаласининг индекси i билан қопланади. Шунга кўра, асбобнинг айланиш ўқи ZZ_1 вертикал турмаганда ҳам кўриш ўқи горизонтал тургандагидек доира саноғи нолга тенг булади.

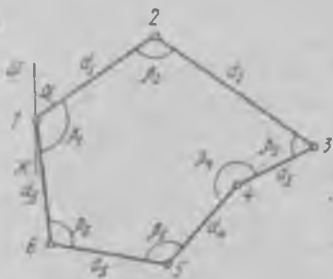
Асбоб айланиш ўқининг қийшайишини бундай компенсация қилиш (туғрилаш) қийшайиш бурчаги $\epsilon = \pm 10'$ гача бўлганда мумкин. Компенсация хатоси $\pm 2''$ га тенг.

Теодолит вертикал доирасининг алидадасига ўрнатилган оптика компенсатор жуда қулай бўлиб, асбобнинг туришидаги баъзи камчиликларни, масалан, асбоб ва трубаининг айланиш ўқлари туришининг ўзгариши каби ҳолларни сезишга ёрдам беради.

Х. 34. Теодолит съёмкаси ва усуллари

Жойнинг контурли планини чизиш учун аввал жой тафсилоти съёмка қилинади. Тафсилот жойда табиий ва сунъий йўл билан барпо бўлган бино, йўл, ариқ, ўрмон, электр узатиш линияси ва бошқалардир, уларнинг ўрни ва шакли туғри аниқланиши керак. Съёмкада жойига қараб қуйидаги усуллар қўлланилади.

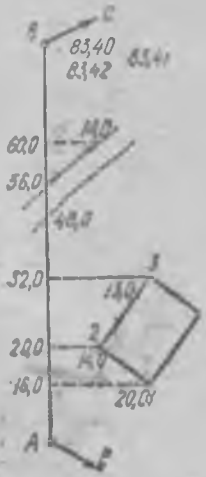
Айланма усул. Бунда съёмка қилинадиган жой чегараси бўйлаб ёпиқ полигон ҳосил қилинади. Бунинг томон ва бурчак учларига асосланиб, тафсилот съёмка қилинади. Полигон томонларининг узунлиги d_1, d_2, \dots, d_n , томонлар орасидаги ўнг бурчак $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$, ёки чап бурчак $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ ва бир ёки ҳамма томонлар азимути ўлчанади (Х. 52-шакл). Томонларни ўлчашда томоннинг икки ёнида 20—40 м гача бўлган тафсилот характерли нуқталарининг ўрни шу томонга нисбатан перпендикуляр усули билан аниқланади. Ўлчаш натижалари абрис дейиладиган вараққа чизилади ва ёзилади. Чизиқни туғри ва тескари ўлчаш нати-



Х. 52-шакл.

дината (y) қийматлари буйича аниқланади (Х. 53-шакл). Масалан, полигоннинг AB томонини ўлчашда унинг унғ томонидаги бино ва йўлни съёмка қилиш курсатилган. AB томон x ўқи, A нуқта координаталар боши деб қабул қилинган. Бинонинг чизикдан кўринган учта бурчагидан x ўқиға перпендикуляр туширилиб, уларнинг x ўқи билан кесишган нуқталарнинг ўрни координаталар боши A га нисбатан аниқланган, 16,00, 20,00 ва 32,00 м даги перпендикулярлар узунлиги ўлчанган ва бино ёнига ёзилган (20,01; ва 14,0 м). Йўл x ўқи билан 48,00 ва 56,00 м да кесишган; йўл йуналишини аниқлаш учун 60,00 м да x га перпендикуляр чиқарилиб, унинг йўл билан кесишган нуқтасининг узоқлиги 14,00 м ўлчанган. Бу ишда x ўқи буйича олинган масофалар лента билан, перпендикуляр чизиклар узунлиги эса рулетка билан ўлчанади. Чизик ва унга чиқарилган перпендикуляр чизиклар абрис қоғозига жойдагидек чизилади ва ўлчаш натижалари ёзилади.

Ёпик полигон томонларини ўлчашда унғ томондаги, очиқ полигон томонларини (диагонал йўлни) ўлчашда эса икки томондаги тафсилот съёмка қилинади. Перпендикуляр чизиклар узунлиги 20 м гача бўлганда улар чамалаб, 40 м гача бўлганда экер ёрдамида чиқарилади. Съёмка қилинган тафсилотни планга туширишда ҳам съёмкадагидек ишланади. Полигон томонлари чизилгач, ҳар қайси томонининг абриси буйича ўлчанган x ва y қийматлари масштаб буйича қўйилиб, нуқталар топилади: бу нуқталарни абрисдагидек туташтирилса тафсилот ҳосил бўлади.



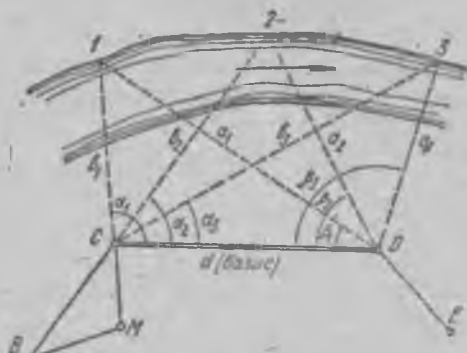
Х. 53-шакл.

Абрис хомаки план бўлиб, съёмка қилинадиган жой тафсилоти ва ўлчаш натижалари қўлда масштабсиз чизилган чизмадир (Х. 53-шакл). Бурчак ўлчаш журналида махсус бет бўлиб, унга «абрис» деб ёзилган бўлади; абрис шу бетга чизилади. Ўлчашда ҳар қайси томон абриси алоҳида бетга чизилади.

Агар тафсилот мураккаб бўлмаса, бир бетга икки, уч томон абрисини чизиш мумкин. Съёмканинғ ҳамма усулида ҳам узига хос абрис чизилади. Жой плани қоғозга чизилганда тафсилот шу абрисга кўра тасвирланади. Шу

нинг учун абрисда жой
тафсилоти турғи курсати-
лиши ва аниқ улчаниши
керак.

Кестирма усули.
Маълум икки нуқта ора-
сидаги масофа ва унинг уч-
ларида улчанган бурчак
томонлари ёки улчанган
масофаларни кесиштириш
орқати учинчи нуқта ўрни-
ни аниқлаш кестирма усул
дейлади. Бу усул, баъзан
күшқутбий (биполяр) ко-
ординаталар усули деб
ҳам юритилади. Кестирма
икки усулга бўлинади: чизиғий кестирма ва бурчак кестирмаси.



Х. 54- шакл.

Чизиғий кестирма усули. Бу усулда съёмка қилинади-
ган нуқта ўрни шу нуқтага яқин бўлиб, ўрни асосий съёмкада
аниқланган икки ёки уч нуқтадан улчанган масофа буйича аниқ-
ланади. Масалан, асосий полигоннинг BC томонига яқин якка да-
рахт ёки столба ўрнини аниқлашда B ва C нуқтадан M нуқтага-
ча бўлган масофа BM ва CM улчанади (Х. 54- шакл).

M нуқтанинг пландаги ўрни B ва C нуқталардан BM ва CM
радиуслари билан чизилган ёйлар кесишуви орқали топилади.

Бурчак кестирмаси. Бу усул жойда чизиқ узунлигини
улчаш ноқулай бўлганда қўлланилади. Масалан, CD томонга нис-
батан (Х. 54- шакл) дарёнинг нариги соҳилини съёмка қилишда
характерли уч нуқта ($1, 2, 3$) белгиланади. Бу нуқталар ўрнини
аниқлаш учун полигон томони CD базис деб қабул қилинади ёки
алоҳида базис улчанади. Кейин C ва D да туриб теодолит билан
 α_1, α_2 ва α_3, D да туриб β_1, β_2 ва β_3 улчанади. Бу улчаш нати-
жалари буйича $1, 2, 3$ нуқталарининг пландаги ўрнини икки йул
билан топиш мумкин. Агар C нуқтада транспортёр ёрдамида CD
га нисбатан α_1, α_2 ва α_3 бурчакларни, D нуқтада DC га нисба-
тан β_1, β_2 ва β_3 бурчакларини ясаб, бурчак томонларини давом
эттирсак, улар кесишувидан $1, 2$ ва 3 нуқталар ўрни топилади.
Бурчак ясашда хато катта булганидан, чизиғий кестирма усули-
дан фойдаланиш маъқул бўлади. Бунинг учун синуслар теоремаси
буйича $C1 = a_1, C2 = a_2$ ва $C3 = a_3$ ҳамда $D1 = e_1, D2 = e_2$ ва
 $D3 = e_3$ масофалар аниқланади, яъни

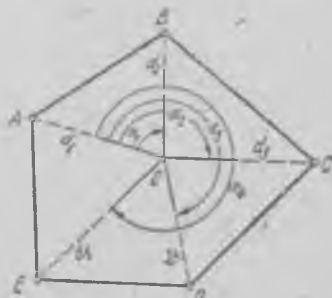
$$a_1 = \frac{d}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \cdot \sin \alpha_1; a_2 = \frac{d}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} \cdot \sin \alpha_2; a_3 = \frac{d}{\sin(\alpha_3 + \beta_3)} \cdot \sin \alpha_3;$$

$$e_1 = \frac{d}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \cdot \sin \beta_1; e_2 = \frac{d}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} \cdot \sin \beta_2; e_3 = \frac{d}{\sin(\alpha_3 + \beta_3)} \cdot \sin \beta_3.$$

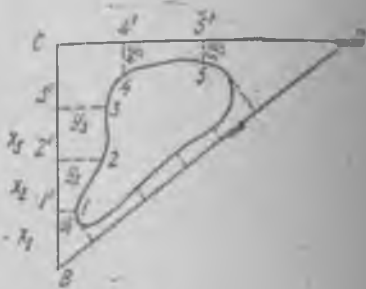
Кестирма усулда съёмка қилишда ҳам жой абрисни чизилиб, ул-
чаш натижалари учун махсус жадвал тузилиши мумкин. Кейин

чизигий кестирмадагидек D нуқтадан a_1, a_2 ва a_3 ларни радиус қилиб, C нуқтадан эса b_1, b_2 ва b_3 ларни радиус қилиб ёй чизилади; ўтказилган мос ёйларнинг кесишув нуқталари 1, 2 ва 3 нуқталар ўрни булади. Дарёнинг бериги соҳилини шу усул билан ёки CD базисга нисбатан перпендикуляр усули билан аниқлаш мумкин.

Қутбий координаталар усули. Бу усул қисқача қутбий усул деб ҳам аталади. Бу усулда съёмка қилинадиган жой характерли нуқталарнинг ўрнини қутб деб олинган бош нуқтада туриб, маълум чизиққа нисбатан ўлчанган бурчаклар ва шу нуқталарнинг қутбдан бўлган масофалари орқали аниқланади. Бу



Х. 55- шакл.



Х. 56- шакл.

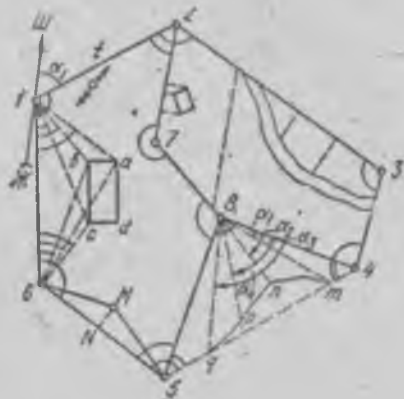
усул майдон ва очиқ жойларни (пахтазор, бедапоя, полизни) съёмка қилишда қўлланилади.

Масалан, берилган майдон чегараси буйлаб (Х. 55-шакл) характерли A, B, C, D, E нуқталар белгиланади. Асбобни ҳамма нуқта кўринадиган ва ўрни аниқланган O нуқтага ўрнатиб, иш ҳолатига келтиргач лимб ва 1 верньер ноллари туғриланади ва алидадани маҳкамлаб, лимб бушатилади-да, A нуқтага қаралади ва лимб маҳкамланади. Бунда теодолит OA чизиқ бўйича ориентирланган бўлади. Кейин алидадани бушатиб, кетма-кет B, C, D, E нуқталарга қараб саноқ олинади. Бу саноқлар $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_5$ бурчаклар қиймати булиб, улар қутбий бурчаклар, OA чизиқ эса қутбий уқ дейилади. Съёмка қилишда лента ёки дальнометр билан $OA = d_1, OB = d_2, OC = d_3, OD = d_4$ ва $OE = d_5$ масофалар ўлчанади; бу масофалар радиус вектор дейилади. Радиус вектор ва $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_5$ бурчаклар қутбий координаталар дейилади. Съёмкада жой абрисини чизиб, ўлчаш натижаларини жадвалга ёзиб бориш мақсадга мувофиқ бўлади.

Планга чизишда аввал O нуқта ва OA йуналиш чизилади. Кейин транспортир билан кетма-кет α_1 бурчаклар ясалиб, топилган йуналишлар бўйича d_1 лар қиймати масштаб бўйича қўйилса, B, C, D, E нуқталар топилади.

Веҳадан веҳага қараш ёки створ усули. Бу усулда съёмка теодолитсиз лента ва рулетка ёрдамида перпендикуляр усули асосида олиб борилади. Масалан (Х. 56-шакл), полигоннинг BC ва CD томонларининг унғ тарафидаги экинзор чегарасини съ-

Съёмка қилиш учун B , C ва D нуқталарга веха қўйилади. Экинзор чегарасининг характерли $1, 2, \dots$ нуқталаридан BC ва CD га перпендикуляр туширилади, буларнинг асосларигача булган x_1, x_2, \dots ва ординаталари узунлиги y_1, y_2, \dots ўлчанади. Шу ўлчаш натижалари буйича перпендикуляр усулидагидек $1, 2, \dots$ нуқталар ўрни планда аниқланиб, кейин туташтирилса, экинзор чегараси ҳосил бўлади.



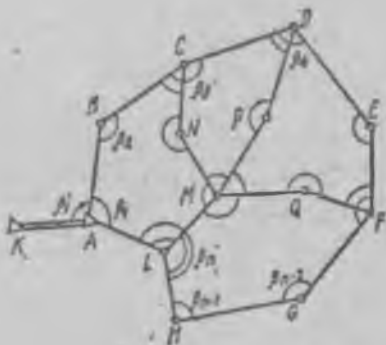
X. 57- шакл.

Комбинацияланган усул. Агар жой катта ва тафсилоти мураккаб бўлса, съёмка қилишда қулайлик учун юқоридаги усулларнинг бир нечасидан фойдаланиш мумкин. Ана шу усул комбинацияланган усул дейилади.

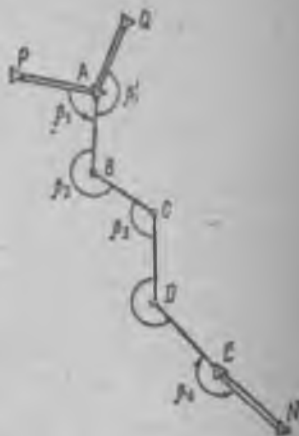
Масалан, берилган олти бурчакли полигоннинг ички тафсилотини съёмка қилишда юқоридаги усуллар қўллангани кўрсатилган (X. 57- шакл). Масалан, $1-2$ томонни ўлчашда унинг юқори вольтли линия билан кесишган нуқтасининг ўрни аниқланган, $2-7$ томонни ўлчашда кичик бино бурчаклари перпендикуляр усули билан съёмка қилинган, $2-3$ томонга нисбатан эса створ усули билан ариқ съёмка қилинган. Полигоннинг $4-5$ томони кўл орқали ўтганидан уни $4-5-8$ учбурчакликнинг ўлчанган $8-4$ томонига асосан бевосита ўлчаб булмас масофа қилиб топилган. Кўлнинг соҳили характерли m, n, p ва q нуқталар орқали белгиланиб, бу 8 нуқтадан қутбий усул билан съёмка қилинган. Пахтазор уртасидаги шийпон $abcd$ ўрни 1 ва 6 нуқталардан $1-6$ ни базис қилиб, бурчак кестирмаси усули билан съёмка қилинган. $5-6$ томоннинг ёнидаги якка дарахт M нинг ўрни 5 ва 6 нуқталардан чизигий кестирма усулида съёмка қилинган. Умумий полигон айланма усул билан съёмка қилинган.

X. 35. Теодолит йўллари ва уларнинг аҳамияти

Теодолит съёмкаси катта майдон (колхоз ва совхоз ерлари, завод ва фабрика участкалари, аэропорт, темир йул станциялари) ёки маълум йўналиш (темир, тош йўллар, канал), буйича олиб борилишига қараб, шу жойда теодолит билан айрим таянч чизиқ ва нуқталар барпо қилинадими, булар теодолит йўллари дейилади. Теодолит йўли тригонометрик тармоқ пунктларига боғланган ҳолда олиб борилади. Теодолит йўлига асосланиб, жойда съёмка тармоқлари ясалди ва жой съёмка қилинади, яъни жойдаги тафсилот характерли нуқталарининг планий ўринлари аниқланади. Жойга қараб, теодолит йўли ёпиқ (X. 58- шакл) ёки очиқ (X. 59)



Х. 58- шакл.



Х. 59- шакл.

-шакл) кўринишда бўлиши мумкин. Жой шароитига қараб, теодолит йўллари бир-бирини кесиб ўтишда ҳосил қилган умумий нуқта *тугун нуқта* дейилади. Ёпиқ теодолит йўлида олинган диагональ йўллар кесишган *M* нуқта тугун нуқта бўлади. Теодолит йўли томонларининг узунлиги 400 м дан катта, 50 м дан кичик булмаслиги, уртача 200—250 м бўлиши керак.

Теодолит йўли бурчак ва томон улчашга қулай бўлган очиқ ва текис жойдан, йўл ёнидан, дарё бўйидан олиниши керак, бунда съёмка иши осонлашади.

Ҳамма вақт ҳар қандай мустақил геодезик ўлчаш ишларида ёпиқ ё очиқ йўллар давлат геодезик таянч пунктларига боғланиб олиб борилади.

Теодолит йўли томонларининг йўналиши таянч тармоқ томонлари йўналиши бўйича, йўл бурчак учларининг координаталари таянч тармоқ пунктларининг координаталарига нисбатан аниқланса, бу *теодолит йўлини таянч пунктларга боғлаш* дейилади. Энди ана шу боғлашнинг бир неча оддий усуллари билан танишамиз.

Бевосита ёндошиш усули. Агар теодолит йўли (полигон) таянч пунктлар *A* ва *K* ёнидан ўтиб, пункт *A* ёпиқ ёки очиқ полигоннинг бир нуқтаси бўлса (Х. 58-шакл), *AK* билан *AB* орасидаги β_1 бурчак ўлчанади; β_1 бурчак *ёндош бурчак* дейилади. Кейин *KA* нинг дирекцион бурчаги ва β_1 орқали полигон томони *AB* нинг дирекцион бурчаги ҳисоблаб топилади. *A* пункт координатаси бўйича қолган нуқталарнинг координаталари ҳисоблаб чиқарилади.

Очиқ полигонда ҳам таянч пунктлар томони *PA* ёки *QA* нинг бошланғич дирекцион бурчаги орқали ёндош бурчаклар β_1 ёки β_1 билан *AB* томон дирекцион бурчаги аниқланади (Х. 59-шакл.) Охира *DE* томон дирекцион бурчаги орқали ёндош бурчак β_n билан тармоқ томони *EN* нинг дирекцион бурчаги топилади. *EN*

нинг бош ва ҳисобланган дирекцион бурчаклари ораларидаги фарқ топилди, кейин тузатилади, бу келаси бобда кўриб чиқилади. Агар теодолит йули ҳеч қандай пунктга боғланмаса, бундай йўл *эркин йўл* дейилади. Агар очиқ полигон бошда пунктга боғланган, охирда пунктга боғланмаса, бу йўл *осма йўл* деб аталади. Бу йўлларнинг тўғрилигини текшириб бўлмайди. Умуман асосий теодолит йўлларида эркин ва осма йўллар ишлатилмайди, балки иккинчи даражали съёмка ишларида ёрдамчи йўл қилиб олинади.

Теодолит йўлларининг узунлиги съёмка масштабига қараб тур-
лаш бўлади. Масалан, 1:10000 масштабда 6,0 км, 1:5000 да 3,0 км, 1:2000 да 1,2 км.

XI боб. Горизонтал съёмканинг камерал ишлари

XI 1. Камерал ишлар ва уларнинг моҳияти

Горизонтал съёмканинг далада ўлчаб топилган натижаларни математик қондалар бўйича ишлаш ва уни тўғрилаб (тенглаб) жой планини чизиш *камерал ишлар* дейилади. Камерал ишлар *ҳисоблаш ишлари* билан *график ишларга* булинади.

Ҳисоблаш ишларида миқдорларнинг ўлчаб топилган қийматлари миқдорлар орасидаги математик муносабат билан таққосланади. Ўлчашда йўл қўйилган хато сабабли ўлчаш натижалари математик муносабатни қаноатлантормаса, боғланмаслик хатоси юзага келади. Хато тузатма бериш йўли билан (V. 13 га қаранг) тўғриланади.

Тенглаш геодезик ишларда катта аҳамиятга эга бўлиб, анча мураккаб ҳисоблаш ишларини талаб қилади. Ҳисоблаш ишлари тугагач, тенгланган қийматлар бўйича план чизишга керакли миқдорлар ҳисобланади.

XI. 2. Полигон бурчакларини тенглаш

Теодолит йули (полигон) нинг ёпиқ ва очиқ бўлишига қараб ўлчанган бурчакларни тенглашда турли математик формулалар ишлатилади.

Ёпиқ полигон бурчакларини тенглаш. Ясси кўп-бурчакликдан иборат ҳар қандай ёпиқ полигон (VII. 2-шакл, а) ички бурчакларининг назарий йиғиндиси $\sum \beta_n$ қуйидагича бўлиши керак:

$$\sum \beta_n = 180^\circ (n - 2), \quad (\text{XI. 1})$$

бу ерда n — бурчаклар сони. Ўлчанган бурчакларнинг амалий йиғиндисини $\sum \beta_a$ десак, тўғри ўлчанганда $\sum \beta = \sum \beta_n$ бўлиши керак. Лекин ўлчашдаги хато сабабли бу йиғиндилар тенг бўлмай, ораларида фарқ бўладики, бу фарқ бурчаклардаги *боғланмасликнинг амалий хатоси* дейилади ва $f_{\beta a}$ билан белгиланади:

$$f_{\beta_a} = \Sigma \beta_a - \Sigma \beta_n = \Sigma \beta_a - 180^\circ(n - 2) \quad (\text{XI.2})$$

Бурчак улчашдаги йўл қўярли чекли хато (назарий хато) f_{β_n} қуйидагича булади:

$$f_{\beta_n} = \pm 1,5t \sqrt{n}, \quad (\text{XI.3})$$

бу ерда t — саноқ олиш хатоси. ТТ—5 да $t = \pm 30''$, Т30 да $t = \pm 1'$. Агар f_{β_a} қиймати йўл қўярли ($f_{\beta_a} \leq f_{\beta_n}$) булса, f_{β_a} томон узунлиги калта бўлган бурчакларга бир минутдан тузатма қилиб берилади. Тузатма ҳамма вақт боғланмаслик хатосининг ишорасига тескари ишора билан тарқатилади. Олти бурчакли полигонни тенглаш ва ҳисоблаш ишлари ми ол тариқасида келтирилган (XI.1-жадвалда кўрсатилган). Мисолда $f_{\beta_a} = 719^\circ 58' - 180^\circ \times (6 - 2) = 719^\circ 58' - 720^\circ 00' = -2'$. Бу $-2'$ — бурчаклардаги боғланмаслик хатоси бўлиб, унинг йўл қўярли қиймати $n = 6$, $t = 1'$ бўлганда (XI.3) га кўра $f_{\beta_n} = 1,5 \cdot 1' \sqrt{6} = \pm 3,75' \approx 4'$ булади; $f_{\beta_a} < f_{\beta_n}$ булганидан $2'$ ни 4 ва 5 бурчакларга $+1'$ дан тарқата-

миз. Кейин тузатилган графага бурчаклар қиймати тузатиб ёзилади.

Дирекцион бурчакларни ҳисоблаш. Ёпиқ полигоннинг улчанган бурчаклари тузатмалар билан тузатилгач, бош томон дирекцион бурчаги орқали бошқа томонларининг дирекцион бурчаклари юришда ун бурчак улчанганидан (IX.8) формула ёрдамида ҳисобланади. X. 57-шаклда бош томон дирекцион бурчаги $\alpha_1 = 63^\circ 26'$. Шунга кўра, $\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n$ формулага кетма-кет ички бурчакларнинг тузатилган қийматларини қуйиб, дирекцион бурчаклар ҳисобланган. Масалан, $\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2 = 63^\circ 26' + 180^\circ - 117^\circ 53' = 125^\circ 33'$. $\alpha_3 = \alpha_2 + 180^\circ - \beta_3 = 125^\circ 33' + 180^\circ - 120^\circ 40' = 184^\circ 48'$ ва ҳоказо. Дирекцион бурчаклар тўғри ҳисоблангани қуйидагича текширилади:

$$\alpha_1 = \alpha_n + 180^\circ - \beta_1, \quad (\text{XI.4})$$

яъни ёпиқ полигонда бош томон дирекцион бурчаги охири томон дирекцион бурчагига 180° қушиб, натижадан биринчи бурчакнинг айрилганига тенг; бунда α_n — полигон охири томонининг дирекцион бурчаги.

Ҳисобланган дирекцион бурчак 360° дан катта чиқса, бу қийматдан 360° ни айтириб, қолгани ёзилади.

Томонлар румбини ҳисоблаш. Томонлар румбининг қиймати ва румблар номи топилган дирекцион бурчаклар қиймати асосида (IX.1) жадвалдан аниқланади. Мисолда $\alpha_1 = 63^\circ 26'$ қиймати 90° дан кичик булганидан, румб ҳам биринчи чоракда бўлиб, номи ШШ_к (шимол-шарқ), қиймати $r = \alpha_1 = 63^\circ 26'$ булади ва $r_1 = \text{ШШ}_к : 63^\circ 26'$ каби ёзилади. $\alpha_2 = 125^\circ 33'$, яъни $90^\circ < 125^\circ 33' < 180^\circ$ булганидан чизиқ иккинчи чоракда бўлиб, r_2 номи ЖШ_к (жануб-шарқ), қиймати $r_2 = 180^\circ - \alpha_2 = 180^\circ - 125^\circ 33' = 54^\circ 27'$; ёки $r_2 = \text{ЖШ}_к : 54^\circ 27'$ каби ёзилади ва ҳоказо.

Очиқ полигон бурчакларини тенглаш. Йўл, канал каби чизилган иншоотларни съёмка қилишда очиқ полигон (X.59-шакл) олинади. Ёпиқ полигон уртасидаги тафсилотни съёмка қилишда ўтказилган (X.57-шаклдаги 2—8—7—6) диагональ йўл бурчаклари ҳам очиқ полигон каби тенгланади. X.59-шаклда очиқ полигоннинг юришдаги унғ бурчаклари улчанган. Агар PA ни бош томон деб, унинг дирекцион бурчагини α_0 , охириги EN томон дирекцион бурчагини α_n десак, (IX.8) формулага биноан қуйидагиларни ёзамиз:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_0 + 180^\circ - \beta_1; \\ \alpha_2 &= \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2; \\ \dots &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \alpha_n &= \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n. \end{aligned} \right\} \quad (XI.5)$$

(XI.5) нинг чап ва унғ томонидаги ухшаш ҳадларни едирсак, чап томонда α_n , унғ томонда эса $\alpha_0 + 180^\circ \cdot n - \sum \beta$ қолади, яъни $\alpha_n = \alpha_0 + 180^\circ \cdot n - \sum \beta$ чиқади. Шундан бурчакларнинг назарий йиғиндисини

$$\sum \beta_n = \alpha_0 - \alpha_n + 180^\circ \cdot n \quad (XI.6)$$

булади. Бунинг улчанган қийматлар йиғиндисидан ($\sum \beta_a$) фарқи очиқ полигон бурчакларидаги богланмаслик хатоси $f_{\beta a}$ булади:

$$f_{\beta a} = \sum \beta_a - (\alpha_0 - \alpha_n) + 180^\circ \cdot n. \quad (XI.7)$$

XI.2-жадвалда X.57-шаклдаги полигоннинг 2 ва 5 учларини туташтирган 2—7—8—5 диагональ йўл бурчакларини тенглаш мисол тариқасида кўрсатилган.

Бу ерда бош томон сифатида ёпиқ полигоннинг 1—2 томони, охириги томон сифатида эса 5—6 томони қабул қилинган. Шунга кура $\alpha_0 = \alpha_{1-2}$, $\alpha_n = \alpha_{5-6}$ булади. Улчанган бурчаклар йиғиндисини $\sum \beta_a = 486^\circ 52'$; назарий йиғиндисини $\sum \beta_n = \alpha_{1-2} - \alpha_{5-6} + 180^\circ \cdot n$. Ёпиқ полигон жадвали (XI.1) дан маълумки, $\alpha_{1-2} = 63^\circ 26'$. $\alpha_{5-6} = 296^\circ 36'$, улчанган бурчаклар сони $n = 4$. Бу қийматлар (XI.6) га қуйилса, $f_{\beta a} = 486^\circ 52' - 63^\circ 26' - 296^\circ 36' (+ 180^\circ \cdot 4) = 486^\circ 52' - 486^\circ 50' = +2'$ чиқади. Диагональ йўлда назарий хато $f_{\beta n} \leq \pm 2t \sqrt{n}$ бўлиши керак. Урнига қуйсак, $f_{\beta n} = \pm 2' \sqrt{4} = \pm 4'$ чиқади, амалий хато $+2'$ назарий хатодан кичик, шунга кура $+2'$ ни 2 ва 7 бурчакларга $-1'$ дан тарқатиб тузатилган бурчаклар ҳисобланади.

Дирекцион ва румб бурчаклар тенгланган ички бурчаклар бўйича юқорида баён этилган ёпиқ полигондаги каби ҳисобланади.

XI. 3. План чизиш усуллари

Полигон томонларининг дирекцион ва румб бурчаклари аниқлангач, томонлар узунлиги ва румблари бўйича полигон планини чизиш мумкин. План асосан икки усул билан чизилади.

Ёпиқ полигон учларининг координаталарини ҳисоблаш ведомости

Учларнинг номери	Ички бурчақлар β				Томонларнинг дирекцион бурчағи α		Томонларнинг рум-би с		Томонларнинг горизонтал қуйилиши d, м	Координата орттирмалари, м				Координаталар, м								
	ўлчанган		тузатилган							ҳисобланган ва тузатмалар		тузатилган		x	y							
	o	r	o	r	o	r	o	r		±	Δx	±	Δy			±	Δx	±	Δy			
1	90	02	90	02	63	26	ШШ _к	63	26	201,26	+	-5 90,02	+	+1 180,00	+	89,97	+	180,01	+	1000,00	+	500,0
2	117	53	117	53	125	33	ЖШ _к	54	27	172,02	-	-3 100,01	+	139,96	-	100,04	+	139,96	+	1089,97	+	680,01
3	120	45	120	45	184	48	ЖФ	04	48	120,40	-	-3 -120,00	-	10,07	-	120,03	-	10,07	+	989,93	+	819,97
4	119	+1 46	119	47	215	01	ЖФ	65	01	165,52	-	-3 69,90	-	150,03	-	69,93	-	150,03	+	809,90	+	809,90
5	128	+1 24	128	25	296	36	ШФ	63	24	89,40	+	-2 40,03	-	79,94	+	40,01	-	79,94	+	799,97	+	659,87
6	143	08	143	08	333	28	ШФ	26	32	178,90	+	-4 160,06	-	79,93	+	160,02	-	79,93	+	839,98	+	579,93
1																			+	1000,00	+	500,00
Σβ	719	58	720	00						p = -927,50	+	290,11	+	319,96	+	290,00	+	319,96				
											-	289,91	-	319,97	-	290,00	-	319,96				
												f _x = +0,20		f _y = -0,01		0,00		0,00				

Очиқ полигон (диагонал йўл) учларининг координаталарини ҳисоблаш

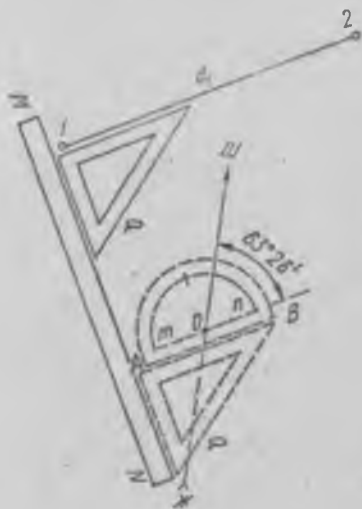
Бурчақнинг номери	Ички бурчақлар β				Томонларнинг дирекцион бурчақлари α		Томонларнинг рум-би с		Томонларнинг горизонтал қуйилиши d	Координаталарнинг орттирмалари, м				Координаталар, м								
	ўлчанган		тузатилган							ҳисобланган ва тузатмалар		тузатилган		x	y							
	o	r	o	r	o	r	o	r		±	Δx	±	Δy			±	Δx	±	Δy			
1					63	26																
2	57	-1 05	57	04	186	22	ЖФ	06	22	90,56	-	1 90,00	-	+1 10,04	-	90,00	-	10,03	+	1089,97	+	680,01
7	215	-1 24	215	23	150	59	ЖШ _к	29	01	102,93	-	+2 90,01	+	+2 49,93	-	90,02	+	49,95	+	999,97	+	669,98
8	122	20	122	20	208	39	ЖФ	28	39	125,30	-	+2 109,97	-	+2 60,08	-	109,98	-	60,06	+	909,95	+	719,93
5	92	03	92	03	296	36													+	799,97	+	659,87
6																						
Σβ	486	52	486	50	486	50				p = 318,79		289,98		20,19		290,00		20,14		290,00		20,14
												f _x = +0,02		f _y = -0,05								

1. Полигон томонларининг узунлиги ва румблари буйича (бу усул румб буйича план чизиш дейилади);

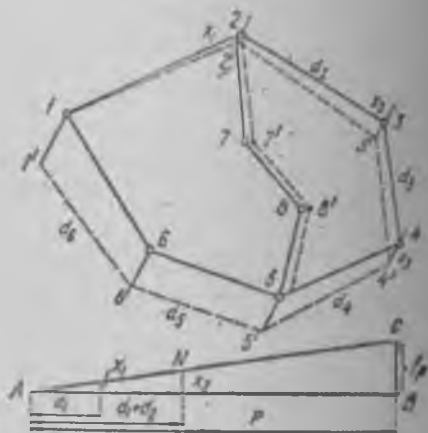
2. Полигон бурчак учларининг координаталари буйича (бу усул координаталар буйича план чизиш дейилади).

Румб буйича план чизиш. План XI.1-жадвалнинг томонлари румби ва горизонтал қуйилиши номли графаларидаги қийматлар буйича транспортир, учбурчаклик ва чизгич ёрдамида чизилади.

Қоғозга аввал рамка ясалади; бунинг учун қоғознинг қарама-қарши бурчакларини туташтирувчи диагоналлار кесилган нуқтани



XI. 1- шакл.



XI. 2- шакл.

марказ қилиб, қоғоз четидан 2—4 см қоладиган тарзда маълум радиус билан диагоналлار кестирилади; топилган туртта нуқта кетма-кет туташтирилса, рамка ҳосил булади. Кейин рамка ўртасидан бор буйича бир тўғри чизиқ ўтказилади ва у меридиан деб қабул қилинади. Кейин полигон томонлари румбларининг йуналиши ва узунлиги эътиборга олиниб, полигон қоғоз ўртасига симметрик жойланадиган тарзда биринчи нуқта (1) нинг ўрни ихтиёрий белгиланади. Кейин меридиан чизигига нисбатан транспортир ёрдамида биринчи томон румби ясалади (XI.1-шакл). MN чизгичнинг туришини бузмай, транспортир асоси AB га қўйилган учбурчаклик MN чизгич буйича 1 нуқтага сурилади ва 1 нуқтадан AB га қўйилган катег буйича чизиқ чизилади; бу чизиқ биринчи томон йуналиши булади. Томон узунлиги d_1 масштаб буйича ўлчаб қўйилса, иккинчи нуқта 2' нинг ўрни топилади (XI.2-шакл). Бошқа нуқталар ҳам кетма-кет шу тартибда топилади. Охирида b' нуқтадан b —1 чизиқнинг румби буйича чизиқ йуналишини топиб, d_6 нинг узунлиги b' нуқтадан қўйилса, бошдаги 1 нуқта урнига 1' нуқта чиқади. Бу 1 ва 1' нуқталар оралиғи $11'$ чизиқдаги чизигий боғлиқмаслик хатоси дейилади. $11' = f_p$ десак, унинг

план масштабида олинган узунлигининг полигон пери метри P га нисба ги

$$\frac{f_p}{P} \leq \frac{1}{300} \text{ ёки } f_p = \frac{P}{300} \quad (\text{XI.8})$$

булиши керак. Агар f_p йул қўярли бўлса, f_p қийматини томон узунликларига пропорционал бўлиб тузатмалар берилади. f_p ҳар қайси нуқта ўрнини топишда қилинган хатоларнинг йиғиндиси бўганидан, у P га тўғри келган хатодир. Биринчи томон хатоси

орқали 2 нуқта x_1 қадар сурилган десак, $\frac{f_p}{P} = \frac{x_1}{d_1}$ булади; бундан

$x_1 = \frac{f_p}{P} d_1$, яъни 2 нуқтани x_1 қадар суриш керак; учинчи

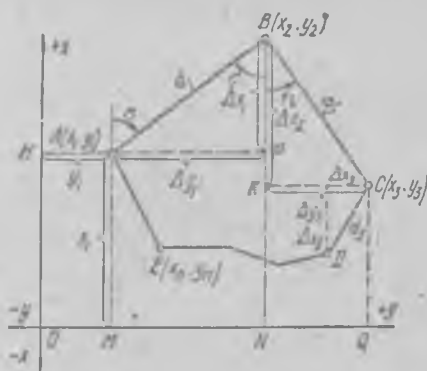
нуқта $x_2 = \frac{f_p}{P} (d_1 + d_2)$ га, $x_3 = \frac{f_p}{P} (d_1 + d_2 + d_3)$ га ва ҳоказо сурилиши керак. Тузатмани аниқлаш формуласи умумий кўринишда куйидагича ёзилади:

$$x_i = \frac{f_p}{P} d_i. \quad (\text{XI.9})$$

Охирида $1'$ нуқта f_p га сурилиб, 1 нуқта 1 устига тушади. x_1, x_2, \dots, x_n лар чизигий тузатмалар дейилади. $x_1 + x_2 + \dots + x_n = x_p$ булиши керак. Шаклни тузатишда параллел чизиклар усули қўлланилади, яъни ҳамма бурчак учларидан $11'$ чизикқа параллел утказилади. Кейин ҳар қайси бурчак учигаги параллел чизикқа нуқтадан $11'$ йўналиши бўйича, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ қийматлари план масштабида қўйилади (XI.2-шакл). 1 дан бошлаб топилган $2, 3, \dots$ нуқталар кетма-кет туташтирилса, тузатилган $1, 2, 3, 4, \dots$ полигон чиқади. Диагонал йул тузатилган 2 дан бошлаб қўйилади. Бундаги боғланмаслик ҳам ёпиқ полигондаги каби тарқатилади.

Чизигий тузатмаларни аналитик ҳисоблаш ўрнига параллел чизик усулидан фойдаланиш мумкин. Бунинг учун бир тўғри чизик олиб, ихтиёрий майда масштабда A дан P қиймати қўйилади-да, топилган B нуқтадан перпендикуляр чиқарилади, унга f_p қиймати план масштабида қўйилса, C топилади. C ни A билан туташтирсак, тузатмалар графиги ясалади (XI.2-шакл). 3 нуқта тузатмасини топиш учун A нуқтадан $d_1 + d_2$ қиймати қўйилади, шу нуқтадан чиқарилган перпендикулярнинг AC билан кесишув N нуқтасининг AB дан баландлиги x_2 3 нуқта тузатмаси булади.

Полигон бурчак учларининг координаталари бўйича план чизиш. Полигон планини чизишда энг тўғри ва аниқ усул бурчак учлари координаталари бўйича план чизиш бўлиб, бунда аввал полигон учларининг координаталари бош нуқта (тригонометрик пункт) координаталари асосида ҳисобланиши керак. Тўғри бурчакли координаталар системасида ҳар зонанинг ўқий меридиани абсциссалар ўқи x деб, бунга перпендикуляр бўлган экватор йўналиши эса ординаталар ўқи y деб қабул қилинади. Ер юзасидаги ихтиёрий нуқтанинг ўрни x ва y қийматлари бўйича аниқланади (III бобга қаранг).



ХI. 3- шакл.

Шаклга кўра, B нуқтанинг координаталари $x_2 = NP + PB = MA + PB = x_1 + PB$ (а); $y_2 = ON = HA + AP = y_1 + AP$ (б) ABP учбурчакликдан $PB = AB \cos r_1 = d_1 \cos r_1$; $AP = AB \sin r_1 = d_1 \sin r_1$; PB ни (а)га, AP ни (б) га қўйсак,

$$x_2 = x_1 + d_1 \cos r_1,$$

$$y_2 = y_1 + d_1 \sin r_1,$$

булади. Худди шу тартибда BCK учбурчакликдан $x_3 = CQ = BN - BK = x_2 - BK$ (с); $y_3 = ON + NQ = y_2 + KC$ булади. $BK = BC \cos r_2 = d_2 \cos r_2$; $KC = BC \sin r_2 = d_2 \sin r_2$, булар ўрнига қўйилса,

$$\begin{aligned} x_3 &= x_2 - d_2 \cos r_2, \\ y_3 &= y_2 + d_2 \sin r_2, \end{aligned} \quad (d)$$

чиқади. Шу қоида бўйича ишланганда

$$\begin{aligned} x_4 &= x_3 - d_3 \cos r_3, \\ y_4 &= y_3 - d_3 \sin r_3, \end{aligned} \quad (e)$$

чиқади. Бу ердаги $d \cos r$, $d \sin r$ координаталар орттирмаси дейилади ва Δx , Δy билан белгиланади. Шунда $d \cos r = \Delta x$, $d \sin r = \Delta y$ ёки

$$\begin{aligned} \Delta x_i &= d_i \cos r_i, \\ \Delta y_i &= d_i \sin r_i \end{aligned} \quad (X.10)$$

булади. Агар бу белгилашни (с), (d) ва (e) ларга қўйиб, Δx ва Δy лар мусбат ишора билан олинса, формула умумий кўринишда қуйидагича ёзилади:

$$\begin{aligned} x_n &= x_{n-1} + \Delta x_{n-1}, \\ y_n &= y_{n-1} + \Delta y_{n-1}, \end{aligned} \quad (X.11)$$

яъни кейинги нуқта координаталари олдинги нуқта координаталарига шу икки нуқта орасидаги чизиқ орттирмасининг қушилганига

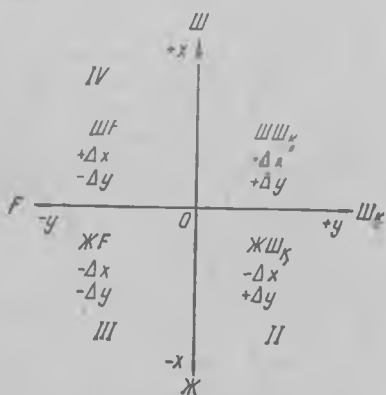
тенг. (XI.11) даги орттирмалар ишораси чизик румбларининг ном-ларига қараб XI.4-шакл асосида тузилган XI.3-жадвалдан аниқ-ланади.

XI.3-жадвал

Орттирмалар ишораси жадвали

Чораклар	Румблар номи	Орттирмалар ишораси	
		ΔX	ΔY
I	ШШ _к	+	+
II	ЖШ _к	-	+
III	ЖҒ	-	-
IV	ШҒ	+	-

Орттирмаларни ҳисоб-лаш. Чизик узунлиги d_i ва чизик йўналиши r_i ёрдамида (XI.10) формуладан Δx , Δy ларни ҳисоблаш-да номограммалардан, «туғри бур-чакли координаталар орттирмала-рининг жадвали» дан фойдаланиш мумкин. Тажрибада кўпроқ жад-валдан фойдаланилади. Жадвал ту-зилиши ва ундан фойдаланиш жад-вал аввалида берилган. Электрон ҳисоблаш мосламаларидан фойда-ланиш ҳам мумкин. Бунда чизик-ни d_i узунлиги d_i тригонометрик



XI.4-шакл.

жадвалдан олинган $\sin r_i$, $\cos r_i$ қийматларига кўпайтирилса, $\Delta x_i, \Delta y_i$ қийматлари чиқади.

XI.4. Ёпиқ полигонларда координата орттирмаларини тенглаш

Полигон турига қараб орттирмалардаги хато турлича аниқла-нади ва турлича тенгланади.

Координаталарни ҳисоблаш формуласи (XI.11) га биноан, ёпиқ полигон учун қуйидагиларни ёзиш мумкин:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 + \Delta x_1 \\ x_3 &= x_2 + \Delta x_2 \\ &\dots \\ x_n &= x_{n-1} + \Delta x_{n-1} \\ x_1 &= x_n + \Delta x_n \end{aligned} \right\} \quad (a)$$

$$\left. \begin{aligned} y_2 &= y_1 + \Delta y_1 \\ y_3 &= y_2 + \Delta y_2 \\ &\dots \\ y_n &= y_{n-1} + \Delta y_{n-1} \\ y_1 &= y_n + \Delta y_n \end{aligned} \right\} \quad (b)$$

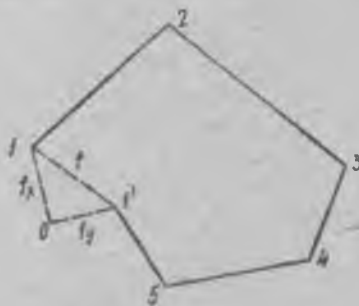
(a) ва (б) тенгликларнинг айрим ҳолда чап ва унғ томонларининг йиғиндисини олсак, ўхшашлари ейишганидан кейин қуйидаги чи-қади:

$$\Sigma x = \Sigma x + \Sigma \Delta x; \quad \Sigma y = \Sigma y + \Sigma \Delta y,$$

ёки содалаштирсак

$$\begin{aligned}\sum \Delta x &= 0, \\ \sum \Delta y &= 0\end{aligned}\quad (\text{XI.12})$$

булади, яъни ёпиқ полигонда координаталарнинг орттирмаларининг йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак. Лекин $\sum \Delta x$ ва $\sum \Delta y$ лар нолга тенг бўлмай, балки бирор бошқа сонга, масалан f_x ва f_y га тенг булади, яъни



$$\begin{aligned}\sum \Delta x &= f_x; \\ \sum \Delta y &= f_y.\end{aligned}\quad (\text{XI.13})$$

f_x ва f_y ларга координата орттирмаларининг боғланмаслик хатоси дейилади. Бу хатоларнинг геометрик маъноси XI.5-шаклда кўрсатилган. f_x ва f_y лар умумий хато f нинг координата ўқларидаги проекцияси бўлиб, шаклга кўра қуйидагини ёзиш мумкин:

XI. 5- шакл.

$$f^2 = f_x^2 + f_y^2, \quad \text{ёки} \quad f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (\text{XI.14})$$

f полигон периметридаги абсолют хато бўлиб, унинг полигон периметри P га нисбати

$$\frac{f}{P} = \frac{1}{N} \quad (\text{XI.15})$$

нисбий хато булади, бу ерда N — чизиқ ўлчанган жой шароитига, ўлчаш қуролига қараб турли (1:3000 — 1:1000) қийматга эга булади. Ўртача шароитда

$$\frac{f}{P} \leq \frac{1}{2000} \quad (\text{XI.16})$$

бўлиши керак. Умумий хато f йўл қўярли бўлса, f_x ва f_y ларни Δx ва Δy лар томон узунлиги d_i га пропорционал бўлиб тузатмалар v_{xi} , v_{yi} топилади, Δx_i ва Δy_i ларга f_x , f_y ларнинг ишораларига тескари ишора билан тарқатилади. Полигон периметри P бўлса, Δx лар тузатмаси v_x қуйидагича булади:

$$\frac{f_x}{P} = \frac{v_{xi}}{d_i}, \quad \text{шу ердан} \quad v_{xi} = \frac{f_x}{P} d_i, \quad (\text{XI.17})$$

худди шунга ўхшаш

$$v_{yi} = \frac{f_y}{P} d_i. \quad (\text{XI.18})$$

Агар $\frac{f_x}{P} = m_x$; $\frac{f_y}{P} = m_y$ деб олинса, тузатмалар қуйидагича булади: $v_{xi} = m_x d_i$, яъни $v_{x1} = m_x d_1$, $v_{x2} = m_x d_2$, \dots , $v_{xn} = m_x d_n$;

$v_{y_1} = m_y d_1$, яъни $v_{y_1} = m_y d_1$, $v_{y_2} = m_y d_2$, \dots , $v_{y_n} = m_y d_n$. Ҳисобланган тузатмалар йиғиндиси:

$$v_{x_1} + v_{x_2} + \dots + v_{x_n} = \sum v_x = f_x,$$

$$v_{y_1} + v_{y_2} + \dots + v_{y_n} = \sum v_y = f_y \quad (\text{XI.19})$$

Бўлиши керак. f_x ва f_y ларни тарқатишда тузатмалар қиймати сантиметргача яхлитланади. Ёпиқ полигон орттирмаларини ҳисоблаш ва тузатмалар бериб тенглаш XI.1-жадвалда келтирилган. Тенгланган орттирмалар буйича нуқталар координаталари ҳисобланади.

Ёпиқ полигон учларининг координаталарини ҳисоблаш

Полигон учларининг координаталарини ҳисоблаш учун учлардан би ининг координаталари маълум бўлиши керак. Бу координата буйича бошқа учларнинг координаталари топилади. Агар координата маълум бўлмаса, бирор ихтиёрий нуқтанинг қабул қилинган шартли координатаси асосида аниқланади. Ишнинг осон бўлиши учун, кўпинча бош нуқта координатаси нолга тенг қилиб олинади, кейин бошқа нуқталарнинг координаталари шунга нисбатан (XI.11) формула ёрдамида топилади.

XI.5. Орттирмалардаги йўл қўярлимас хатони аниқлаш

Агар (XI.14) формула буйича ҳисобланган f қиймати катта бўлиб, (XI.16) шарт бажарилмаса, у ўлчаш вақтида чизиқ узунлигида ёки томон румбида қўпол хато қилинганини курсатади. Бу хато қўйидаги уч ҳолда содир бўлади.

1. Хато чизиқ узунлигида бўлганида хато чизиқ (боғланмаслик чизиги) f полигоннинг нотўғри ўлчанган томонига параллел бўлади. Бунини аниқлаш учун $\text{tg } r = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ дан r қиймати топилади. Кейин полигон томонларидан топилган румбнинг қийматига яқин бўлган томоннинг узунлиги текширилади.

2. Хато томон йўналишида бўлганда $\frac{l_x}{2}$ ва $\frac{l_y}{2}$ ҳисобланади, булар қиймати қайси орттирмага яқин бўлса, шу томон румби текширилади.

3. Румб номидаги бир ҳарф нотўғри бўлса, f_x ва f_y қийматларининг бири катта, иккинчиси кичик бўлади. Хато манбаини аниқлаш учун катта хатонинг ярми ҳисобланиб, чиққан сонга яқин бўлган орттирмага тегишли томон румбининг номи текширилади. (XI.11) формула ёрдамида топилади.

ХІ. 6. Очиқ полигон координата орттирмаларини тенглаш

Очиқ полигоннинг (диагонал йўлнинг) бош ва охириги нуқталарининг координаталари маълум бўлади. Масалан, X.59-шаклдаги A ни бош ва E ни охириги нуқталар десак, буларнинг координаталари x_0, y_0 ва x_n, y_n бўлади. A нуқта координатаси x_0, y_0 бўйича (ХІ.11) формула ёрдамида B, C, \dots, E нуқталарининг координаталари ҳисобланса, қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned}x_1 &= x_0 + \Delta x_1, & y_1 &= y_0 + \Delta y_1, \\x_2 &= x_1 + \Delta x_2, & y_2 &= y_1 + \Delta y_2, \\&\dots & & \dots \\x_n &= x_{n-1} + \Delta x_n, & y_n &= y_{n-1} + \Delta y_n.\end{aligned}$$

Буларнинг чап ва ўнг томонларидаги тенг ҳадларни едириб, қолганларини қўшсак,

$$x_n = x_0 + \sum \Delta x; \quad y_n = y_0 + \sum \Delta y$$

чиқади. Бу ерда

$$\begin{aligned}\sum \Delta x &= x_n - x_0, \\ \sum \Delta y &= y_n - y_0\end{aligned} \tag{ХІ.20}$$

бўлади, яъни очиқ полигонда орттирмалар йиғиндиси охириги нуқта координатасидан бош нуқта координатасининг айирилганига тенг. Лекин амалда ўлчаш хатолари таъсирида (ХІ.20) тенглик сақланмайди, яъни

$$\begin{aligned}f_x &= \sum \Delta x - (x_n - x_0), \\ f_y &= \sum \Delta y - (y_n - y_0)\end{aligned} \tag{ХІ.21}$$

бўлади. Умумий хато эса (ХІ.14) формула ёрдамида ҳисобланади:

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

Диагонал йўлларни тенглашда нисбий хато маҳражи 1500 деб олинади, яъни

$$\frac{f}{P} \leq \frac{1}{1500} \tag{ХІ.22}$$

бўлади. Агар f йўл қўярли чиқса, ёпиқ полигондаги каби, f_x ва f_y лар диагонал йўл томонларига пропорционал булиниб, орттирмаларга тарқатилади (ХІ.2-жадвалдаги мисолга қаранг).

Ёпиқ ва очиқ полигон учларининг координаталарини ҳисоблаш ведомости тулдирилгандан кейин, ҳисобланган координаталар бўйича жой плани чизилади.

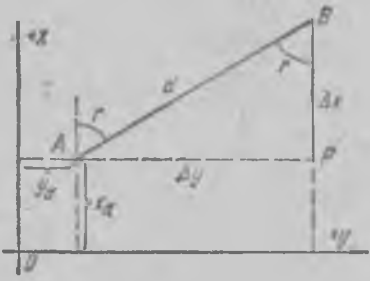
ХІ. 7. Тўғри ва тескари геодезик масалалар

Тўғри геодезик масала. AB чизиқнинг узунлиги d , йўналиши $\alpha(r)$ ва A нуқтанинг (ХІ.6-шакл) координаталари x_a, y_a берилган, B нуқтанинг координаталари x_b, y_b ни аниқлаш керак

булса, у тўғри геодезик масала
 дешилади. Юқоридаги (XI.11) фор-
 мулага биноан:

$$\begin{aligned} x_b &= x_a + \Delta x_{ab}, \\ y_b &= y_a + \Delta y_{ab} \end{aligned} \quad (XI.23)$$

булади. бу ерда $\Delta x_{ab} = d \cos r$,
 $\Delta y_{ab} = d \sin r$.



XI. 6- шакл.

Тескари геодезик маса-
 ла. Агар A ва B нуқталарнинг
 координаталари $(x_a, x_b, y_a$ ва $y_b)$
 берилиб шу нуқталарни туташти-
 рувчи чизиқ узунлиги $AB = d$ ва унинг йўналиши (α ёки r)
 аниқланса, бу тескари геодезик масала булади.

Чизиқ йўналиши XI.6-шаклга кўра қуйи дагича:

$$\operatorname{tg} r = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}. \quad (XI.24)$$

Топилган $\operatorname{tg} r$ нинг қиймати буйича тригонометрик функциялар
 жадвалидан румб бурчагининг 90° гача булган қиймати топилади.
 Δx ва Δy ишоралари буйича XI.3-жадвалдан румб номи аниқла-
 нади. Кейин румб буйича дирекцион бурчак қиймати топилади.

$AB = d$ узунлик иккала нуқтанинг координаталари буйича
 қуйидагича булади:

$$d = \pm \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \pm \sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2}. \quad (XI.25)$$

Бу формула билан ҳисоблаш анча мураккаб бўлганидан, d ни
 қуйидагича топиш қулай:

$$d = \frac{\Delta x}{\cos r} = \frac{\Delta y}{\sin r}. \quad (XI.26)$$

ёки

$$d = \Delta x \operatorname{sec} r = \Delta y \operatorname{csec} r. \quad (XI.27)$$

Тўғри ва тескари геодезик масалалар полигонни таянч пункт-
 ларга боғлашда кўп учрайди.

Геодезик масалаларнинг Берунийча ечилиши.
 Беруний ўз даврида шаҳарларнинг географик координаталарини, ша-
 ҳарлар орасидаги масофани ва бу чизиқ йўналишининг азимутини
 аниқлашда тўғри ва тескари геодезик масалаларни ечишдан моҳи-
 рона фойдаланди, сферик геодезия назариясига асослаб, бир неча
 формулалар берди.

Тўғри геодезик масала қондалари буйича шаҳарлар кенглиги φ
 ва узқлиги λ ни аниқлаш йўллари кўрсатди. Масалан, икки
 шаҳарнинг географик координаталари ва шаҳарлар оралиги буйича
 учинчи шаҳар кенглигини топишда қуйидаги формуладан фойда-
 ланди. Агар φ_1, φ_2 ва φ_3 — уч шаҳар кенглиги, λ_1, λ_2 ва λ_3 —
 узқлиги, s — шаҳарлар оралиги булса, иккинчи шаҳар кенглиги
 φ_2 қуйидагича аниқланади:

$$\frac{\cos\varphi_1 \cdot \sin\lambda_{1-3} \cdot \sin s_{2-3}}{\sin s_{1-3}} = \sin B;$$

$$\frac{\cos S_{2-3}}{\cos B} = \sin D;$$

$$(90^\circ - \varphi_3) - (90^\circ - D) = E;$$

$$\sin \varphi_2 = \cos E \cdot \cos B,$$

бу ерда $\sin B$, $\sin D$ ва E шартли белгилашлар.
Геодезик усулда шаҳар узоқлигини топишда

$$\lambda_2 = \lambda_1 \pm \Delta\lambda$$

формуладан фойдаланилади. Бу формулани ишлатишда аввал икки шаҳар узоқликларининг айирмаси $\Delta\lambda$ ни аниқлаш керак. Шаҳарлар оралиғи S , кенгликлари φ_1 , φ_2 бўлса, узоқликлар фарқи:

$$\overline{\Delta\lambda} = \pm \sqrt{\frac{\overline{S^2} - \overline{\Delta\varphi^2}}{\cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2}}$$

булади, бу ерда \overline{S} , $\overline{\Delta\varphi}$ ва $\overline{\Delta\lambda}$ масофа, кенгликлар фарқи ва узоқликлар айирмаси ёйига тўғри келган ватарлар узунлиги. Бу формулани ишлатишда Беруний ёйдан ватарга, ватардан ёйга утиш формулаларини берди. Масалан, ватар топишда қуйидаги формулани ишлатди:

$$\overline{S} = 2R \sin \frac{\alpha}{2},$$

бу ерда $R = 60$, α — s масофага тўғри келган бурчак, яъни $\overline{s} = \alpha$. Кейин \overline{S} орқали α ни топишда $\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\overline{S}}{120}$ формуладан фойдаланди. $\Delta\lambda$ ни ҳисоблашда юқоридагидан бошқа 5 формула келтирди.

Тескари геодезик масала. Икки шаҳарнинг географик координаталари бўйича шаҳарлар орасидаги масофа S ни аниқлаш учун ҳам бир неча формула келтирди. Масалан,

$$\overline{S} = \sqrt{\overline{\Delta\lambda^2 \cos\varphi_1 \cos\varphi_2} + \overline{\Delta\varphi^2}}.$$

Икки шаҳар орасидаги чизик йуналишини аниқлашга катта аҳамият берди. Узоқлик λ ва кенглик φ лар орқали азимутни ҳисоблашни назарий жиҳатдан асослаб, мураккаб формулалар берди. Масалан биринчи вариант формулаларини келтираемиз:

$$\cos\varphi_1 \cdot \sin\Delta\lambda = \sin B;$$

$$\frac{\sin\varphi_1}{\sin B} = \sin C;$$

$$\cos(C - \varphi_2) \cdot \cos\beta = \sin F;$$

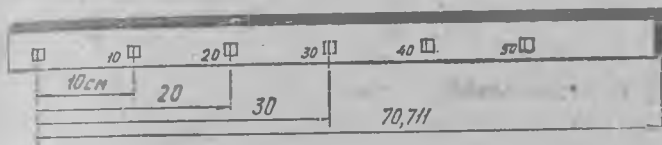
$$\sin A = \frac{\cos\varphi_2 \cdot \sin\Delta\lambda}{\cos F}.$$

бошқа учта вариантнинг формуллари авторнинг «Геодезические работы Беруни» номли асариди келтирилган. Астрономик азимутлар меридианнинг жанубий йуналишидан ҳисобланиши Беруний асариди ҳам маълум эди.

XI. 8 Нуқталарнинг координаталари буйича полигон чизиш

Координаталар буйича план чизиш учун аввал қоғозга қуйидаги усуллар билан квадрат катаклар ясалади.

ЛД-1 линейкаси ёрдамида квадрат катаклар ясаш. Ф. В. Дробишев линейкаси (ЛД-1) металлдан эни 5—6 см, қалинлиги 2—3 мм қилиб ишланган линейка бўлиб, катта ва кичик линейкаларга бўлинади. Кичик линейка бир учидида кесиб очилган тирқиш (дарча) дан бошлаб, яна ҳар 10 см дан 5 та дарча очилган (XI. 7-шакл); дарчанинг бир ёни линейка буйи

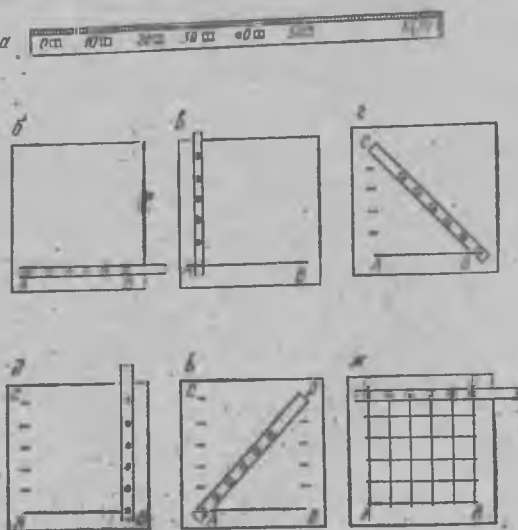


XI. 7- шакл.

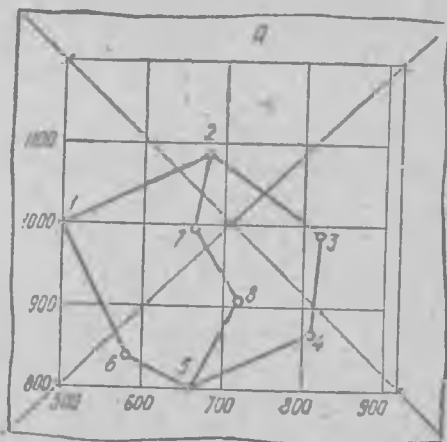
буйича ёй қилиб ясалган. Дарчалар 0, 10, 20, ... 50 см билан белгиланган; a нуқтадан унг учигача бўлган оралиқ 70, 711 см га тенг. Дробишев линейкаси Миср учбурчаклиги дейилган қоғозга асосланиб ясалган, яъни унинг булакларида $3^2 + 4^2 = 5^2$; $5^2 + 5^2 = 50$ каби қоғоз сақланган. Шунга кўра:

линейка билан катетлари 30, 40 см бўлган учбурчаклик ёки томонлари 50 см ли квадрат катаклар ясаш мумкин. Линейка билан катак ясаш XI. 8-шаклда кўрсатилган.

Улчигич ва линейка ёрдамида квадрат катаклар ясаш. Дробишев линейкаси бўлмаса, турли квадрат катаклар оддий линейка ва улчигич ёрдамида қуйидагича ясалади. Қоғоз Q бурчакларининг учлари диагоналар воситасида ту-



XI. 8- шакл.



ХI. 9- шакл,

рилса, квадрат катаклар ясалади. Бунинг туғрилиги улчагич ёки циркуль билан томони ва диагоналарини улчаш йули билан текширилади, бунда фарқ 0,2 мм дан ошмаслиги лозим. ХI.9-шаклда 1:1000 масштабда 10 см ли квадратлар тури ясаш кўрсатилган.

Координаталар буйича нуқта топиш. Полигон бурчаклари учларининг координаталарига қараб план қоғозда симметрик жойланадиган қилиб x ва y уқларнинг йуналиш урни белгиланади. Кейин нуқталарнинг координаталари буйича уринлари топилиб, улар туташтирилса, ёпиқ полигон ҳосил булади (ХI.9-шакл); топилган нуқталар урни текширилади.

Ёпиқ полигон ва диагональ йул чизилгач, бурчак учи ва томонларига асосланиб, съёмка қилинган ички тафсилот планга туширилади.

ХI. 9. Тафсилотни планга тушириш

Ситуациялар абрис асосида қуйидагича планга туширилади.

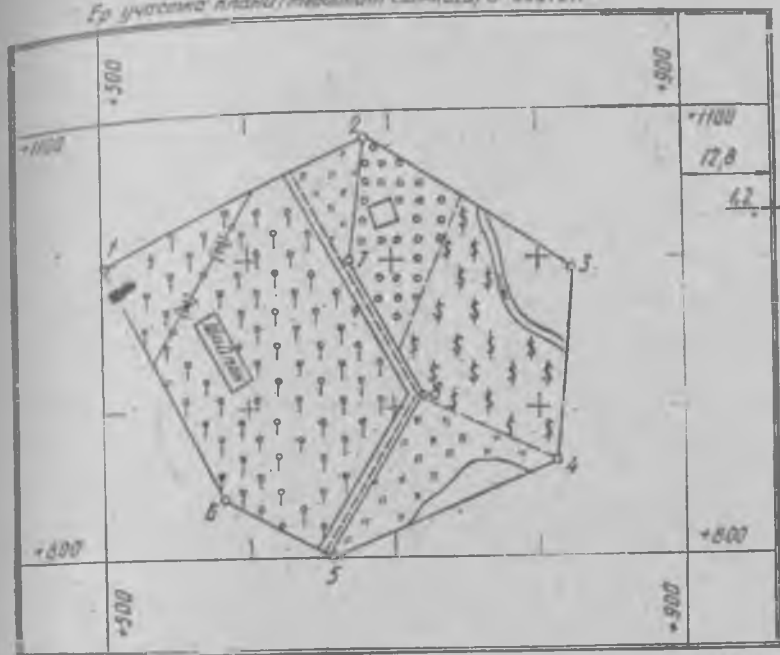
1. Перпендикулярлар усулида съёмка қилинган ситуацияларни планга тушириш. Перпендикуляр усулида съёмка қилинган тафсилот абрислар буйича съёмкадаги каби томонлар ёнига чизилади (Х.57-шаклга қаранг).

2. Қутб усулида съёмка қилинган ситуациялар ҳам съёмкада улчанган бурчак қийматлари ва чизиқ узунликлари орқали планга туширилади.

3. Кестирма усулида съёмка қилинган ситуацияни планга туширишда съёмкада улчанган бурчаклар уз нуқталарида ясалади ва чизиқлар кесишган нуқталар белгиланади.

Планни тахт қилиш. Бунда қалам билан чизилган квадрат катаклар бурчак учи оч ҳаво ранг тушь билан 0,2 мм йўғонликда ва 6 мм узунликда бир-бирига тик горизонтал ҳамда вертикал чизиқлар билан крест шаклида белгиланади. План масштаби 1:1000 ва 1:500 булганда ХI. 10-шакл, а даги каби расмийлаш-

Бир участка плани (таъдилит сълматил) $S=59970 \text{ м}^2$



1:1000
Бир см да 10 м

1980.3

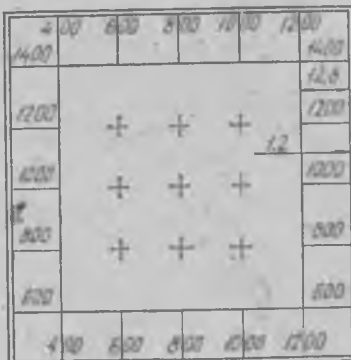
XI. 10- шакл, а

тирилади. План масштаби 1:5000 ва 1:2000 булганда квадрат тўр (катак) томонлари рамкада ҳам чизилиб XI.10-шакл, б даги каби расмийлаштирилади.

Рамка учун икки чизиқ: ички ва ташқи чизиқлар чизилади. Ички чизиқ сифатида, кўпинча, квадрат катакларининг четки чизиғи қабул қилинади. Бундан 12,8 мм қолдирилиб, йўғонлиги 1,2 мм булган ташқи чизиқ чизилади. Рамка чизиқлари ва бурчакдаги ёзувлар қора тушь билан чизилади ва ёзилади.

Полигон учлари 1,5 мм диаметри доирача билан курсатилади, доирача сиртига 0,5 мм ли икки горизонтал ва икки вертикал штрихлар чизилади.

Полигон томонлари, ситуациянинг чегара чизиклари (контурлари) қора тушь билан ингичка қилиб чизилади. Дарё, кўл уринлари оч ҳаво ранг бўёқда буялади, оқим йуналиши 15 мм узунликдаги стрелка билан курсатилади. Стрелка дарё номидан кейин



XI. 10- шакл, б

қўйилиши керак. Стрелка иккига булиниб, унинг ўртасига сувнинг оқиш томонидан бошлаб, тезлиги м/с ҳисобида ёзилади. Дарёнинг кенглиги суратга, чуқурлиги махражга ёзилади.

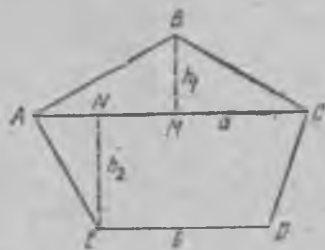
Пахтазор, тоқзор ва бошқа экинлар ўрни шартли белгилар билан кўрсатилади. Уларнинг чегараси эса кетма-кет қора түшда қўйилган нуқталар билан белгиланади («шартли белгилар» қўлланмасига қаранг)¹.

Рамканинг тепасига план, жой ва ташкилот номлари, полигон юзи, топшириқ номери ёзилади. Рамка тагига (ўртага) сон масштаб ёзилиб, унинг тагига 1 см даги қиймати кўрсатилади. Чизиғий масштаб чизилмайди.

ХI.10. Полигон юзини ҳисоблаш

Жойдаги участка плани маълум масштаб билан чизилгач, шу участка эгаллаган майдон юзини квадрат метр ёки гектарда ифодалаш керак. Бунда жой контурининг куриниши ва талаб қилинган аниқликка қараб, юз ҳисоблашнинг қуйидаги усуллари қўлланилади: 1) геометрик усул; 2) аналитик усул; 3) график усул; 4) механик усул.

Геометрик усул. Агар полигон томонлари тўғри чизиқли бўлиб, полигоннинг ўзи эса мунтазам геометрик шаклда бўлса, полигон диагоналлار ўтказиш йўли билан учбурчаклик ҳамда трапецияларга бўлинади. Ҳосил булган учбурчаклик ва трапеция юзлари геометрик йўл билан ҳисобланиб, бир-бирига қўшилса, полигон юзи чиқади (ХI.11-шакл). Масалан, $ABCDE$ кўпбурчакликни AC диагонал ABC учбурчаклик билан $ACDE$ трапецияга бўлган. Агар учбурчаклик юзини S_1 , трапеция юзини S_2 , умумий полигон юзини S десак,



ХI. 11- шакл.

$$S = S_1 + S_2 \quad (\text{ХI.28})$$

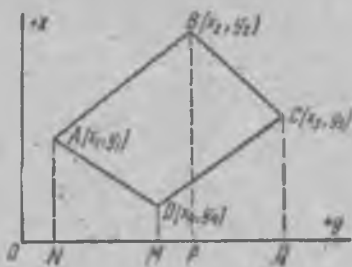
бўлади. Агар $AC = a$, $ED = b$, $BM = h_1$, $NE = h_2$ бўлса, $S_1 = \frac{1}{2} ah_1$, $S_2 = \frac{1}{2} (a + b) h_2$ бўлади; уларни ХI.28 формулага қўйсак, $S = \frac{1}{2} [ah_1 + (a + b) h_2]$ чиқади.

Аналитик усул. Агар полигон томонлари тўғри чизиқли, бурчак учларининг координаталари маълум бўлса, полигон юзи бурчак учларининг координаталари асосида ҳисоблаб топилади.

Берилган $ABCD$ полигон (ХI.12-шакл) учларининг координаталари $A(x_1, x_2)$; $B(x_2, y_2)$; $C(x_3, y_3)$ ва $D(x_4, y_4)$ бурчак учлари-

¹ Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. М., «Недра», 1973.

нинг P ва Q бўлсин, $ABCD$ полигоннинг юзини S десак, у трапециялар юзи орқали қуйидагича аниқланади:
 $S = NABP$ юзи + $PBCQ$ юзи — $NADM$ юзи — $MDCQ$ юзи. Бу трапециялар юзини координаталар орқали ифодаласак, қуйидагича ёзилади:



XI. 12- шакл.

$$S = \frac{1}{2} (x_1 + x_2) (y_2 - y_1) + \frac{1}{2} (x_2 + x_3) (y_3 - y_2) - \frac{1}{2} (x_1 + x_4) (y_4 - y_1) - \frac{1}{2} (x_4 + x_3) (y_3 - y_4)$$

ёки умумий махраж бериб соддалаштирсак, қуйидаги чиқади:

$$2S = x_1 y_2 + x_2 y_2 - x_1 y_1 - x_2 y_1 + x_2 y_3 + x_3 y_3 - x_2 y_2 - x_3 y_2 - x_1 y_4 - x_4 y_4 + x_1 y_1 + x_4 y_1 - x_4 y_3 - x_3 y_3 + x_4 y_4 + x_3 y_4 = x_1 y_2 - x_2 y_1 + x_2 y_3 - x_3 y_2 - x_1 y_4 + x_4 y_1 - x_4 y_3 + x_3 y_4$$

Бу ҳадларни группа:аб, x_i лар қавс олдига олинса, қуйидаги чиқади:

$$2S = x_1 (y_2 - y_4) + x_2 (y_3 - y_1) + x_3 (y_4 - y_2) + x_4 (y_1 - y_3)$$

Бу полигондаги ҳадлар сони бурчаклар сонига тенг бўлиб, қавслар олдидаги абсциссалар ва қавслар ичидаги ординаталар айирмаси маълум қоидага биноан ўзгаради. Агар қавс олдида x_i бўлса, қавс ичидаги айирмани $y_{i+1} - y_{i-1}$ деб ёзиш мумкин. Бу сон билан кўрсатилса, қуйидагича бўлади: $i = 2$ бўлса, қавс ичида $y_3 - y_1$ бўлади, шунда кўпайтма $x_2 (y_3 - y_1)$ бўлади. $i = 3$ бўлса, $x_3 (y_4 - y_2)$ ва ҳоказо ёки умумий кўринишда $x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$ бўлади.

Агар қавс олдида y_i олинса, у вақтда кўпайтманинг бир ҳади $y_i (x_{i-1} - x_{i+1})$ бўлади. Шунда полигоннинг иккиланган юзи $2S$ қуйидагича топилади:

$$2S = \sum x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) \quad (XI.29)$$

ёки

$$2S = \sum y_i (x_{i-1} - x_{i+1}) \quad (XI.30)$$

Бу формулалар ёрдамида юзни ҳисоблашда, махсус жадвал тuzилади.

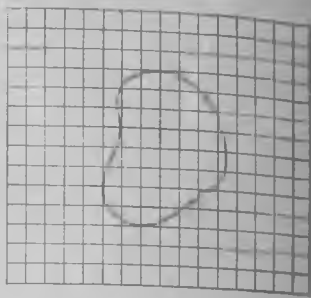
График усул. План ва картада тасвирланган кўл, ўрмон каби эгри чизиқли шакллар юзини график усул билан аниқлашда палетка қўлланилади. Палетка тўғри чизиқли ва эгри чизиқли бўлади. Тўғри чизиқли палетка параллел чизиқли, квадрат катакли булиши мумкин.

Квадрат катакли палетка кўпроқ қўлланилади, у восковка, плексиглас, ойна, целлулоид каби шаффоф нарсдан квадрат шаклида тайёрланган варақ бўлиб (XI.13- шакл), унга томон

узушлиги 1 мм ёки 2 дан 10 мм гача булган квадрат қатаклар чизилган булади. Агар квадрат томони a мм булса бир квадратнинг юзи $s = a^2$ булади.

План масштабига қараб, квадрат юзи s жойдаги турли юзга туғри келлади. Агар план масштаби $\frac{1}{M}$ булса (m — масштаб махражи), квадратнинг жойдаги юзи

$$s = (Ma)^2 \quad (\text{XI.31})$$



XI. 13- шакл.

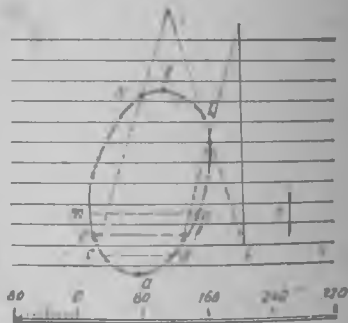
булади.

Мисол $a = 2$ мм; план масштаби 1:5000 булса, бир катакнинг юзи, (XI.21) га кўра, $s = (2 \cdot 5000)^2 = (10000 \text{ мм})^2 = (10\text{м})^2 = 100 \text{ м}^2$ булади.

Берилган эгри чизиқли шакл юзини аниқлаш учун палеткани пландаги эгри чизиқли шакл устига қўйиб, аввал юзиг туғри келган бутун квадрат сони аниқланади. Кейин шакл эгаллаган ярим катаклардан чамалаб, бир-бирига қўшиб бутун катаклар ясаладн ва улар сони ҳам ҳисобга олинади. Агар ҳамма катаклар сони n булса, шакл юзи S қуйидагича топилади:

$$S = sn = (Ma)^2 \cdot n \quad (\text{XI.32})$$

Параллел палетка — ҳам плексиглас, целлулоид, восковка каби шаффоф нарсадан 10×10 см улчамда тайёрланган варақ булиб, унга ҳар 2—3 мм дан параллел чизиқлар чизилган (XI. 14-шакл). Палетка эгри чизиқли шакл устига шундай қўйиладики, шаклнинг a ва b нукталари параллел чизиқлар уртасида турсин. Шунда параллел ораси трапеция шаклида, трапеция урта чизиқлари (пунктир чизиқлар) эса уларнинг асослари булади. Параллел чизиқлар кесмаси урта чизиқлар булади. Ҳамма трапецияларнинг баландликлари параллел ораликлари булади, буни h десак, трапециялар асосларини $cd, ef, mn, \dots kL$ деб, буларнинг узушлигини план масштабила аниқлагач, $cd = d_1, ef = d_2, \dots kL = d_n$ десак, шакл юзи S қуйидагича булади:



XI. 14- шакл.

$$S = h(d_1 + d_2 + \dots + d_n) = h \sum d. \quad (\text{XI.33})$$

Механик усул. Бу усулда туғри ва эгри чизиқли шакл юзи турли кўриниш ва тузилишдаги планиметр ёрдамида аниқланади. Планиметр чизигий ва қутблн булади.

Чизғий планиметрларда шаклнинг чегараси буйлаб айланишда асбобнинг ҳамма қисми ҳаракат қилади, роликли ва топорик планиметри шундай планиметр ҳисобланади.

Қутбли планиметрлар. Қутбли планиметр энг кўп ишлатиладиган қурол бўлиб, қутбий ва айлантириш ричагларида иборат. Бу ричаглarning бир-бирига булган муносабатига қараб, *оддий* ва *компенсацион* планиметрларга бўлинади. Компенсацион планиметр Амслер-Коради деб аталади. Шаклга нисбатан қутб турли тилмонда туриши мумкинки, бунда асбобдаги хатолар йўқолади. Қутб ричағи узунлиги узгармас, айлантириш ричагининг узунлиги эса узгармас ва узгарадиган бўлади. Ҳозирги қутбли планиметрлар узгарувчан ричағли қилиб тайёрланади.

ХI.11. Планиметрнинг тузилиши

Қутбли планиметр (ХI.15- шакл) асосан қутб ричағи 1, айлантириш ричағи 2 ва ҳисоблаш механизми (каретача) 11 дан иборат. Ҳисоблаш механизми айлантириш ричагининг бир учига ўрнатилган бўлиб, ричаг буйлаб сурилади ва ричаг узунлиги R ни узгартиради.



ХI. 15- шакл. Қутбли планиметр :

1 — қутбли ричаг, 2 — айлантириш ричағи, 3 — нинали оғир юк, 4 — штифт каллагли, 6 — штифт чуқурчаси, 7 — айлантириш игнаси, 8 — даста, 9 — штифт, 10 — гайка, 11 — каретача.

Қутб ричагининг бир учига оғир юк 3 бўлиб, қорғзда қўзғалмай туриши учун тагига игна ўрнатилган, бу қутб дейилади. Иккинчи учи тўқмоқчасимон штифтли 4 бўлиб, унинг учига айлантириш ричағидаги махсус чуқурча 6 га мосланган каллак 5 бор, бу орқали қутбли ричаг иш даврида айлантириш ричағи билан бирлашади.

Айлантириш ричагининг бир учига шакл чегараси (контури) буйлаб юргизиладиган игна 7, ричаг дастаси 8 ва стержень-штифт 9, унинг гайкаси 10 бор, штифт таянч хизматини ўтайди. Иккинчи учига планиметрнинг асосий қисми булган ҳисоблаш механизми ўрнатилган. Ричаг учигадаги игна 7 дан қутб ричағи бирлашадиган чуқурча 6 гача булган оралиқ ричаг узунлиги бўлади. Ричагнинг бор буйи штрихлар билан булақларга бўлинган, ричаг учидан бош-

булади; бу ерда P — планиметр бир булагининг қиймати, у баъланд-
лиги τ , томони R бўлган тўғри тўртбурчаклик юзига тенг (XI.12-
шакл, ε), n_1 — айлантиришдан олдинги санок, n_2 — айлантиришдан
дан кейинги санок.

Агар ричаг ўзига параллел ва CA нинг йуналиши бўйлаб ҳаракат-
катланса (в ҳоли), ғилдирак қисман айланган ва қисман сурилган
натижада ричаг йули параллелограмм ҳосил қилади. Унинг юзи S
ҳам $S = hR$ ёки $S = P(n_2 - n_1)$ булади.

Агар айлантириш ричаги билан қутб ричаги бирлаштирилса
(XI.18- шакл), кейин M нуқтадан бошлаб, MN чизиқ бўйича
юргизилса, BA ричаг B_1A_1 ҳолатга келганда айлантириш ричаги-
нинг йули BAA_1B_1 параллелограмм юзи булади, кейин B_1 нуктада
 B_1A_1 ўнгга α бурчак қадар бурилса, $B_1A_1A'_1$ сектор юзи чиқади.
Бунда ғилдирак тескари айланганидан C_1 нуқта C_1' га ўтади ва
 CC_1' ёйи ҳосил бўладик, бу радиан ўлчовида $CC_1' = \alpha r$ га тенг.
Бунда ғилдиракнинг ҳамма айланиши $h - \alpha r = \tau(n_2 - n_1)$ ёки $h =$
 $= \tau(n_2 - n_1) + \alpha r$ булади.

Параллелограммнинг юзи $S_1 = Rh = R\tau(n_2 - n_1) + R\alpha r$ булади.
Қутб ричагининг узунлигини R_1 десак, у ҳам OB дан OB_1 га ўтиш-
да β га бурилиб, $OB B_1$ секторини ҳосил қилади. Шунда сектор
 $B_1A_1A'_1$ нинг юзини S_2 , сектор $OB B_1$ нинг юзини эса S_3 десак,
қутб ва айлантириш ричагларининг юришидан ҳосил бўлган ҳамма
юз $S = S_1 + S_2 + S_3$ булади. $BB_1 = R_1\beta$; $A_1A'_1 = R\alpha$ эканини эс-
ласак, секторлар юзи $S_2 = \frac{1}{2} \alpha R^2$; $S_3 = \frac{1}{2} \beta R_1^2$ булади. Бу қиймат-
ларни S ифодасига қўйсақ ва $R'\tau = P$ эканини эсласак,

$$S = P(n_2 - n_1) + R\alpha + \frac{1}{2} \alpha R^2 + \frac{1}{2} \beta R_1^2 \quad (a)$$

чиқади.

Агар ричагларни юқоридагидек ўнг томонга айлантирсак, ҳар
қайси элементар суришга мос (a) каби бир неча тенглик чиқади.
Буларнинг йиғиндисини олсак,

$$S = P(n_2 - n_1) + Rr \sum \alpha + \frac{1}{2} R^2 \sum \alpha + \frac{1}{2} R_1^2 \sum \beta \quad (b)$$

булади. Агар айлантиришни шаклдаги M нуқтадан бошлаб, шакл
чегараси бўйича айланиб чиқсак, планиметр қутби O нинг шаклга
нисбатан туриш жойига қараб, қуйидаги икки ҳол булади.

1. Агар қутб O шакл ичида турса, бутун чегарани айланиб
чиққанда $\sum \alpha = \sum \beta = 2\pi$ булади. Бунини (b) га қўйсақ,

$$S = P(n_2 - n_1) + 2\pi Rr + \pi R^2 + \pi R_1^2 \quad (в)$$

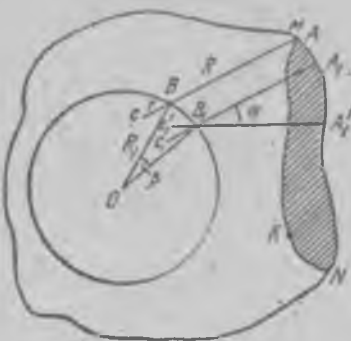
чиқади. Ўзгармас миқдорлар йиғиндисини $\pi(R^2 + R_1^2 + 2Rr) = Q$ де-
сак,

$$S = P(n_2 - n_1) + Q \quad (XI.37)$$

чиқади. Q планиметрнинг константаси дейилади. Бу формула пла-
ниметр қутби шакл ичида турганда қўлланилади.

2. Агар қутб O шакл ташқарисига урнатилиб, шакл чегараси буйлаб айлантириб чиқилса, масалан, XI.18-шаклда штрихланган участка чегараси буйича A дан бошлаб N нуқтагача юргизишда α ва β бурчаклар қиймати ошиб боради; N дан чапга NKM буйича юрганда эса камаяди ва бош нуқта M га келганда ноль, яъни $\sum \alpha = \sum \beta = 0$ бўлади. Шунда (6) ифода қуйидагича ёзилади:

$$S = P(n_2 - n_1), \quad \text{XI.36}$$



XI.18-шакл.

яъни планиметр қутби шакл ташқарисиди турганда шаклнинг юзи планиметр бир булаги қийматининг sanoқлар айирмасига кўпайтирилганига тенг.

Планиметр билан юз ҳисоблашдан аввал унинг бир булак қиймати P ва ўзгармас сон Q аниқланади. Бу иккала миқдорнинг қиймати R га боғлиқ бўлиб, R ўзгартирилмаса, P ва Q қийматлари ҳам ўзгармайди. Лекин ишлашда шакл катталиги ва бошқа сабабга кура, R қиймати ўзгартирилади.

P ни аниқлаш. Агар R ва τ қийматлари ва план масштаби маълум бўлса, P қуйидагича топилади:

$$P = M^2 R \tau, \quad \text{XI.38}$$

бу ерда M — масштаб маҳражи. Одатда, M ва R маълум бўлса ҳам τ қиймати маълум бўлмайди. Шунга кура P қиймати план масштабига қараб амалий йул билан топилади. (XI.36) формуладан:

$$P = \frac{S}{n_2 - n_1}. \quad \text{XI.39}$$

Бу формула ёрдамида P ни аниқлаш учун пландаги квадратлардан бири ёки бир нечтаси олинади ва унинг юзи план масштаби буйича математик усулда ҳисоблаб топилади. Катак томонининг узунлиги 5 см бўлса, план масштаби 1:2000 булганда, бу узунлик жойдаги 100 м га тўғри келади. Шунинг учун бир катакнинг юзи $S = 100 \times 100 = 10000 \text{ м}^2$ бўлади.

Планиметр олинади, унинг номери ва айлантириш ричагининг узунлиги R (верньер буйича олинади) ведомость тепасига ёзилади. Кейин планиметр қутби квадратнинг чап томонига (ҚЧ) урнатилиб, айлантириш нинаси (сихчаси) квадрат томонида белгиланган бир нуқтага қўйилади-да, sanoқ олинади; бу n_1 бўлади. Сунгра нина катак томонидан соат стрелкасининг юриш йули буйича юргизиб, белгиланган нуқтага қайтилади ва sanoқ олинади; бу n_2 бўлади (XI.19-шакл).

Шу хилда айлантириб sanoқ олиш уч марта такрорланади, олинган sanoқлар махсус жадвалга ёзилади. Бунда биринчи марта айлантиришдаги sanoқлар айирмаси билан иккинчи айлантиришдаги

саноқлар айирмаси орасидаги фарқ, шакл юзининг катта-кичиклигига қараб, 3—5 бирликдан ошмаслиги керак.

Сунгра планиметр қутбини квадрат катакнинг унг томонига (ҚЎ) қўйиб, бунда ҳам уч марта айлантириб саноқлар олинади ва айирмалари топилади. Кейин барча айирмаларнинг ўртача қиймати топилиб, (XI.39) формула ёрдамида P нинг қиймати аниқланади.



XI. 19- шакл.



XI. 20- шакл.

Лекин (XI.39) формулага саноқлар айирмаларининг арифметик ўрта қиймати $(n_2 - n_1)_0$ қўйилади, яъни $P = \frac{S}{(n_2 - n_1)_0}$ бўлади.

Q ни аниқлаш. $Q = Pq$ деб олиб, буни (XI.37) даги Q ўрнига қўйсақ,

$$S = P(n_2 - n_1) + Pq = P(n_2 - n_1 + q) \quad (a)$$

бўлади. Ихтиёрый бир шакл олиб, планиметр қутби O ни шакл ташқарисига қўйиб айлантириб (XI. 20- шакл), n_1, n_2 саноқлар олинади. Бунда (XI.36) га биноан шакл юзи,

$$S = P(n_2 - n_1) \quad (б)$$

бўлади.

Кейин қутбни шакл ичидаги O' га қўйиб, айлантириб n_1', n_2' саноқлақ олинади. Бунда (a) га биноан шакл юзи,

$$S = P(n_2' - n_1' + q) \quad (в)$$

бўлади. (б) ва (в) нинг чап томонлари тенг бўлганидан, унг томонлари ҳам тенг, шунинг учун $P(n_2 - n_1) = P(n_2' - n_1' + q)$, бу ердан $q = (n_2 - n_1) - (n_2' - n_1')$ (XI.40) бўлади. q топилгач, $Q = Pq$ бўйича Q топилади.

XI.13. Қутбни планиметрни синаш ва текшириш

Бошқа асбоблар каби планиметр ҳам қуйидаги шартлар бўйича синалади ва текширилади.

1. Ҳисоблаш механизмнинг ғилдираги (ролиги) эркин ва теб-ранмай бир текис айланиши керак. Буни синаш учун планиметрнинг айлантириш ричагини бир қўлга олиб, иккинчи қўл билан ғилдиракни айлантирганда у 3—4 секунд бир текис айланиши керак. Верньер билан ғилдирак орасида ёзув қоғози сиғадиган гир-

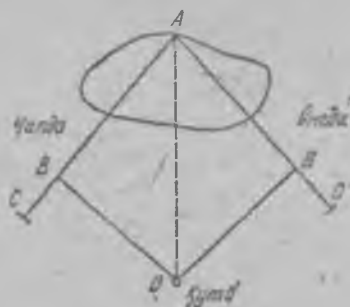
қиш бўлиши лозим. Агар шарт ба-
жарилмаса стопор винтлар 23 ва
24 бўшатилиб, кейин 21 ва 22
винтлар билан тузатилади.

2. Верньер юзаси филдирак юза-
си билан бир текисликда ётиши
керак. Агар паст ёки баланд бул-
са, 25 винтлар билан тузатилади.

3. Верньер ва филдирак булак-
лари тўғри бўлиши лозим. Бу
теодолит лимби ва верньеридаги
каби текширилади. Бундан кейин
геометрик шартлар текширилади.

4. Саноқ олиш филдирагининг вертикал текислиги айлантириш
ричагига перпендикуляр бўлиши керак. Буни текшириш учун бир
ихтиёрий шакл олинади-да, планиметр қутбини шаклдаги каби
(XI.21- шакл) ўрнатиб, каретача шаклга нисбатан ўнг ва чап то-
монга ўрнатилади; бунда ричаглар орасидаги бурчак 30° дан кичик,
 150° дан катта бўлмайдиган қилиб қўйилади. Икки туришда шакл-
ни айлантириб саноқлар олинади. Қутбнинг айлантириш ричагидан
унгидаги (ҚЎ) саноқлар фарқи қутбнинг чапидаги (ҚЧ) саноқлар
фарқига тенг бўлиши ёки ораларидаги айирма улар арифметик урта
миқдорининг 1:250 дан катта бўлмаслиги (3 булакдан ошмаслиги)
лозим. Агар катта булса, планиметр қутбининг икки туришида
ишлаш керак. Бунда юқоридаги хато узаро ейишиб, натижага таъ-
сир этмайди. Шунинг учун у планиметр компенсацион дейилади.

Бу текширишни планиметрнинг контрол линейкаси орқали амал-
га қшириш маъқул.



XI, 21- шакл.

XI. 14. Планиметр ёрдамида участка юзини аниқлаш

Планиметрнинг P ва Q қийматлари аниқлангач, пландаги ёпиқ
полигон юзини аниқлашда ҳам p ни аниқлашдаги каби ишланади.
Берилган шаклнинг юзи қутб шаклнинг ташқарисида турганда ҚЎ
ва ҚЧ ҳолатида уч мартадан айлантириб олинган саноқлар айир-
масининг арифметик урта қиймати $(n_2 - n_1)_0$ топилади. Кейин,
(XI.36) формулага биноан, яъни $S = P(n_2 - n_1)_0$ формула ёрдамида
полигон юзи топилади.

Полигоннинг юзи катта бўлиб, қутб ташқарига қўйилганда пла-
ниметр ричаглари таъмин этолмаса, қутбни полигон ичида ўрнатиб,
(XI.37) формула ёрдамида ҳисоблашда аввал Q аниқланиши керак.
Бунинг ўрнига Q ни аниқламай, полигон юзини ихтиёрий диагонал
чизиқлар билан бир неча булакка бўлиб, ҳар қайси булакнинг юзи
 S_1, S_2, \dots, S_n ни (XI.36) буйича топиш, кейин эса улар йиғин-
дисини олиш ҳам мумкин. Бунда шаклнинг умумий юзи S булак-
ларнинг юзлари йиғиндисига тенг булади:

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

План, картада йул, канал, дахлсиз полосалари каби тор жой-
лар булса, бундай жойларнинг юзини ҳисоблаш учун шу жойда

тик чизиқлар утказиб, тўғри тўртбурчакликлар ясалади. Тўртбурчакликлар буйи ва эни пландан масштаб буйича олиниб, юзи тўғри бурчакли тўртбурчакликники каби топилади. Бунда ортган ёки камайган жойлар ҳисобга олинади.

ХІ. 15. Юз ҳисоблаш аниқлиги

Геометрик усулда геометрик шаклнинг асоси ва баландлигининг қийматлари масштаб буйича пландан олинганида хато ошади. Пўннинг учун, купроқ, ўлчанган миқдорлардан фойдаланиш керак. Бу усулда юзни аниқлашдаги хато f_s қуйидаги чегарада бўлиши

лозим: $f_s \leq 0,01 \frac{M}{1000} \sqrt{S}$; бу ерда M — масштаб маҳражи; S — шакл юзи гектар ҳисобида.

Палетка билан аниқлаш хатоси $f_s \leq 0,025 \frac{M}{1000} \sqrt{S}$ бўлади.

Аналитик усул энг тўғри усул бўлиб, томон узунлиги 1:2000 аниқликда ўлчанганда юзни ҳисоблашдаги хато 1:1500 бўлади.

Кичик ёки чузиқ майдон (дарё, йўл) юзларини график ёки геометрик усулда ҳисоблаган маъқул.

Юзни планиметр билан ҳисоблашда ричаглар орасидаги бурчак 90° га яқин олиниши керак.

Проф. Волков Н. М. аниқлашича, шаклни тўрт марта айлантриб юзини ҳисоблашнинг ўрта квадратик хатоси қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$m_s = \pm (0,38 + 0,44 \sqrt{n_2 - n_1}); \quad (\text{ХІ.41})$$

(ХІ.36) ва (ХІ.38) формулалардан:

$$n_2 - n_1 = \frac{S}{m^2 R^2}$$

бўлади, яъни майдоннинг юзи қанча катта бўлса, у шунча аниқ топилади; майда масштабли планга қараганда, йирик масштабли планда юз аниқроқ ҳисобланади. Кичик майдоннинг юзини аниқлашда ричаг узунлиги кичикроқ қилиб олинса, натижа анча тўғри чиқади. Планда юзи 15 см^2 га яқин шаклнинг юзини яхши шароитда ҳисоблашнинг нисбий хатоси 1:400 га тенг. Умуман, планиметр билан юз ҳисоблашнинг нисбий хатоси 1:250 атрофида бўлади.

Юзни ҳисоблашда натижаларни тенглаш

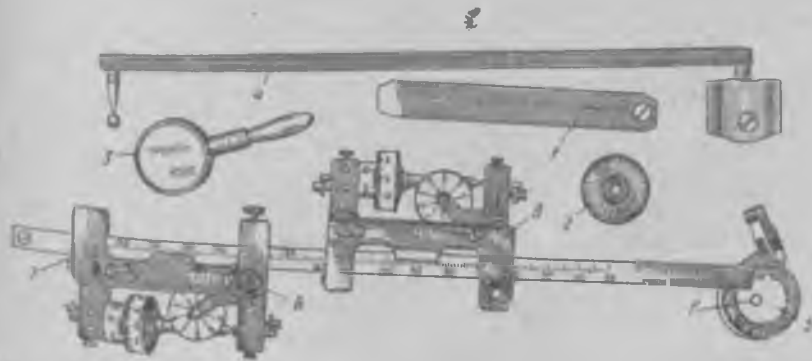
Агар полигон тўғри чизиқли ва бурчак учларининг координатлари маълум бўлса, унинг юзи S_k (ХІ.29) формула ёрдамида ҳисобланади. Полигон ичидаги айрим участкалар (экин, бино, йўл уринлари) юзини планиметр билан ҳисоблаб, уларни S_1, S_2, \dots, S_n десак, планиметр билан ҳисобланган юзлар йиғиндиси $\sum S$ полигон юзи S_n бўлади, яъни $\sum S = S_n$. Бу S_n координата билан ҳисобланган S_k га тенг бўлиши керак; лекин хато сабабли тенг

булмай, ораларида фарқ f_s булади, яъни $S_n - S_k = f_s$. Бу фарқ юзлардаги боғланмаслик хатоси дейилади. $\frac{f_s}{S_k} \leq \frac{1}{250}$ булиши керак. Шарт бажарилса, f_s нинг қиймати S_i ларга пропорционал тарқатилади, яъни $\frac{f_s}{S_k} = \frac{\Delta S_i}{S_i}$; бундан $\Delta S_1 = \frac{f_s}{S_k} S_1$; $\Delta S_2 = \frac{f_s}{S_k} S_2$; ... умумий кўринишда $\Delta S_i = \frac{f_s}{S_k} S_i$ булади; ΔS_i лар тузатма дейилади. $\sum \Delta S_i = f_s$ булиши керак. ΔS_i лар f_s га тескари ишора билан S_i ларга тарқатилгач, тузатилган юзлар топилади, яъни $S_{m_i} = S_{n_2} + \Delta S_i$. Шунда $\sum S_{m_i} = S_k$ булади.

ХI.16. ПП-2К планиметри

Проф. А. В. Маслов таклифига кура, икки кареткали қилиб чиқариладиган планиметр шифри ПП-2К (қутбли планиметр-компенсацион 2) деб номланади. Бунда асосий ҳисоблаш механизмидан ташқари, айлантириш ричагининг орқа томонида иккинчи каретка урнатилган. Айлантириш ричагининг учигаги сичха ўрнига шишадан ишланган доиравий ойна 5 қўйилган, унинг марказидаги белги f (нуқта) шакл чегараси буйлаб айлантирилади. Белгининг пландаги нуқта устида туғри туриши ёндан қараб эмас, балки устидан қараб нуқтага туғрилаш керак, бунда чизикдан юргазиш аниқлиги ошади (ХI.22- шакл).

Бу планиметр МИИЗ (Москва ер тузиш инженерлари институти) планиметри деб ҳам аталади. Кареткача иккита булганидан юз ҳисоблашда қутб икки томонга қўйилмай, ёлғиз бир томонга қўйиб айлантирилади, лекин иккала кареткачадан саноқ олинади. Бунда асбоб хатолари йўқолади. Чапдагиси асосий, унгадигиси эса қўшимча дейилади; булар бир-бирини текширишга имкон беради. Бу планиметрнинг назарияси ва ундан фойдаланиш юқорида кўриб ўтилган планиметрдаги кабидир. Агар иккала ғилдиракнинг диаметрлари бир хил булганда ричагининг узунлиги R бир хил булгани

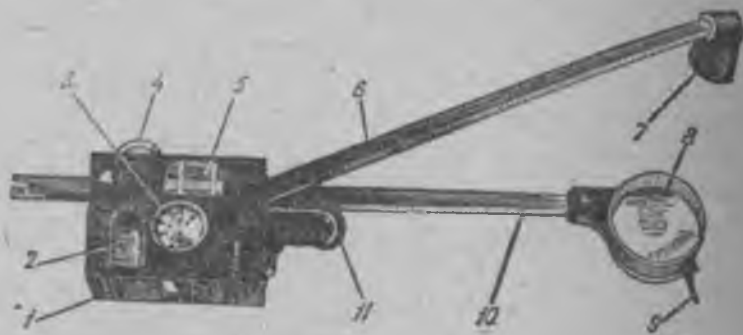


ХI. 22- шакл.

учун бир булакнинг қиймати P ҳам бир хил булиши керак. Лекин
 филдирақлар турли булганидан, иккала каретачанинг P лари ай-
 рим-айрим топилади, кейин уларнинг арифметик ўртаси олинади.

ХІ.17. ПП-М планиметри

ПП-М планиметри (қутбли планиметрнинг такомиллашгани) —
 компенсацион ва бир каретачали (ХІ.23- шакл). Айлантириш рича-
 ги 10 учуда сихча ёки айлантириш лупаси 8 булади. Буларни ал-
 маштириш мумкин, бунинг учун махсус винт бўшатилади-да бири



ХІ. 23- шакл.

олиниб, иккинчиси қўйилади. Лупа икки булакдан иборат бўлиб,
 тагидаги шиша ўртасига доирача чизилган, унинг марказида нуқта
 белгиланган. Устки қисми қабариқ линза бўлиб, у лупа каби кат-
 талаштириб кўрсатади. Лупа шаклнинг чегараси буйлаб даста
 9 ёрдамида юргизилади. Каретача ричаг 10 буйлаб махсус микро-
 метрик винт 11 воситасида сурилади. Ҳисоблаш механизми кирлан-
 маслиги учун ёпиқ қилинган, филдирақ ва унинг верньери 2 ҳамда
 ричаг верньери 5 лупасимон линза билан қопланган, булар катта-
 лаштириб кўрсатади. Циферблат 3 нинг усти ярим очиқ бўлиб,
 стрелканинг учи кўринади. Планиметр қутби махсус тўртбурчак-
 лик юк 7 билан таъминланган. Планиметрни текшириш ва ишла-
 тиш юқорида кўриб ўтилгани каби бажарилади.

ХІІ боб. Полигонни таянч пунктларга паний боғлаш

ХІІ. 1- §. Боғлашдаги ҳоллар. Ҳисоблаш тартиби

Геодезик ишларни бир системада олиб бориш учун полигон ёки
 трасса ўқ чизигининг бурчак учларидан бирининг координаталари
 таянч пункт координаталари асосида ҳисобланади ва полигон бир
 томонининг йўналиши ҳам аниқланади; бу иш боғлаш дейилади.
 Шу йўналиш буйича бошқа томонлар йўналиши, координатаси бў-
 йича эса бошқа нуқталарнинг координаталари ҳисобланади.

Пунктнинг полигонга нисбатан жойлашуви ва иш олиб бориш
 талабига қараб, полигон пунктга турлича боғланади. Масалан,

берилган полигон ёпиқ бўлса, унинг бир учининг координатаси ва бир томонининг йўналиши таянч пунктлар буйича аниқланади; агар очик бўлса, бош ва охириги бурчак учларининг координаталари ҳамда бош ва охириги томонлар дирекцион бурчаги аниқланади. Бу боғлаш ишлари дала улчаш ишлари билан бир қаторда, ҳисоблаш ишлари ҳам катта урин тутади. Энди боғлашга доир қуйидаги ҳолларни кўриб чиқамиз.

1- ҳол. Полигон $ABC \dots$ нинг A учи p нуктага яқин бўлиб, p дан q нукта кўринади ва p нуктага асбоб ўрнатиш мумкин. p ва q нукталарнинг координаталари буйича A нуктанинг координаталари X_A, Y_A ҳамда AB томон йўналиши α_{AB} аниқланиши керак (XII.1- шакл). Масалани ечиш қуйидаги тартибда олиб борилади:



XII. 1- шакл.

1) жойда p ва A нукталарда туриб, β_p, β_A бурчаклар ва Ap томон узунлиги d ўлчанади, кейин керакли миқдорлар ҳисобланади;

2) пункт p ва q координаталари X_p, Y_p ва X_q, Y_q буйича тескари геодезик масалани татбиқ этиб, pq томон йўналиши α_{pq} аниқланади, яъни $\operatorname{tg} \alpha_{pq} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_q - y_p}{x_q - x_p}$. $\operatorname{tg} \alpha_{pq}$ қиймати буйича тригонометрик функциялар жадвалидан α_{pq} топилади;

3) α_{pq} буйича PA томон йўналиши α_{PA} қуйидагича топилади:

$$\alpha_{PA} = \alpha_{pq} + \beta_p$$

4) α_{PA} орқали α_{AB} ҳисобланади:

$$\alpha_{AB} = \alpha_{PA} + \beta_A - 180^\circ$$

5) PA томонга тегишли орттирмалар ҳисобланади:

$$\Delta X_{PA} = d \cos \alpha_{PA};$$

$$\Delta Y_{PA} = d \sin \alpha_{PA};$$

6) кейин тўғри геодезик масала татбиқ этилиб, A нукта координаталари ҳисобланади:

$$X_A = X_p + \Delta X_{PA};$$

$$Y_A = Y_p + \Delta Y_{PA};$$

2- ҳол. Агар A нукта яқиндаги p нуктадан q кўринмай, β_p бурчакни ўлчаб бўлмаса, лекин A дан q кўринса, қуйидагича ишланади (XII.2- шакл):

1) $AP = d$ масофа ўлчанади; A нуктада туриб, β, β_A бурчаклар ўлчанади;

2) APq учбурчакликдаги γ бурчак p аниқланади: $\gamma = \beta_A - \beta$;



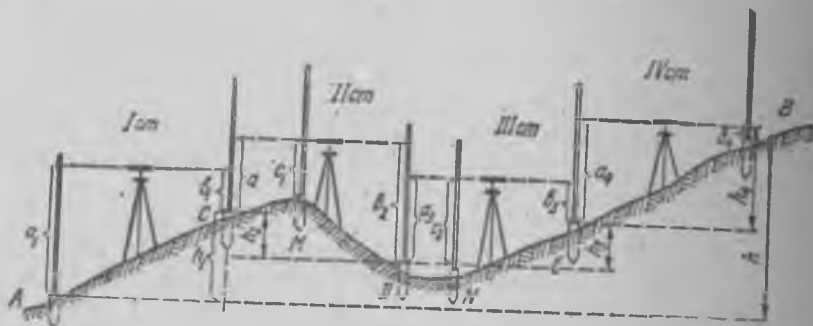
XII. 2- шакл.

$$h = a - b,$$

(XIII.3) яъни ўртадан нивелирлашда нисбий баландлик орқадаги рейкадан олинган санокдан олдинги рейкадан олинган санокнинг айралганига тенг (a — кетинги санок, b — олдинги санок), a ва b санокларнинг қийматига қараб, h мусбат ёки манфий бўлади. Нивелирлашда нивелирнинг ҳар урнатилиши станция дейилади. Агар икки нуқтанинг нисбий баландлиги бир станциядан аниқланса, оддий нивелирлаш, бир неча станция орқали аниқланса, мураккаб нивелирлаш дейилади.

XIII.2. ва XIII.3-шаклдагилар оддий нивелирлаш бўлади.

Мураккаб нивелирлаш. Берилган A ва B нуқталар (XIII.4-шакл) бир-биридан узоқ бўлиб, булар орасидаги нисбий



XIII. 4-шакл.

баландлик h ни бир станциядан аниқлаб бўлмаса, AB оралиғи бир неча ихтиёрий бўлакка бўлинади. Кейин ҳар қайси оралиқ алоҳида станциядан кетма-кет нивелирланиб, нисбий баландликлар $h_i = a_i - b_i$ формула ёрдамида ҳисобланади. Масалан, шаклда AB оралиғи тўрт станция орқали нивелирланган, шунда

$$h_1 = a_1 - b_1,$$

$$h_2 = a_2 - b_2,$$

$$h_3 = a_3 - b_3,$$

$$h_4 = a_4 - b_4. \quad (\text{XIII.4})$$

бўлади. B нинг A дан бўлган нисбий баландлиги $h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = \sum h_i$ бўлади. Бунга h_i ларнинг (XIII.4) даги қийматларини қўйсақ, $h = (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) - (b_1 + b_2 + b_3 + b_4) = \sum a - \sum b$ бўлади. Станция сони n та бўлганда ҳам шу қоида сақланади. Шунинг учун умумий кўринишда

$$h = \sum h_i = \sum a - \sum b \quad (\text{XIII.5})$$

бўлади, яъни мураккаб нивелирлашда нисбий баландлик орқа саноклар йиғиндиси $\sum a$ дан олдинги саноклар йиғиндиси $\sum b$ ният айрилганига тенг.

Маълум йўналиш бўйича мураккаб нивелирлаш олиб борилган чизик нивелирлаш йўли дейилади.

Мураккаб нивелирлашда боғловчи ва оралиқ нуқталар бўлади. Агар бир нуқтага икки қўшни станциядан қараб, кетинги (a) ва

олдинги (а) саноклар олинса, бу нуқта боғловчи нуқта дейилади, чунки у кушни станцияларни боғлайди.

Икки боғловчи нуқта орасида булган, отметкаси аниқланадиган жойнинг баланд-пастлигини билдирувчи нуқта *оралиқ нуқта* дейилади ва бу нуқтага қуйилган рейкадан олинган санок *оралиқ санок* дейлиб, *с* билан белгиланади.

XIII.4- шаклда бир хил оралиқда *A, C, D, E, B* нуқталар боғловчи, *C* билан *D* орасидаги *M* ва *D* билан *E* орасидаги *N* нуқталар оралиқ нуқталардир.

XIII. 3. Асбоб баландлиги ва асбоб горизонти

Нивелирлаш ва унинг натижалари асосида ҳисоблаш ишларини бажарганда асбоб баландлиги билан асбоб горизонти деган тушунчалар куп учрайди, уларни бир-биридан ажрата билиш керак.

Ҳамма геодезик асбобларда асбоб ўрнатилган нуқтадан труба-нинг айланиш уқигача (теодолит, кипрегелларда) ёки труба-нинг куриш уқигача (нивелирларда) булган вертикал масофа (баландлик) *асбоб баландлиги* деб аталади ва *i* ҳарфи билан белгиланади (XIII. 2 ва 3- шакллар). Асбобнинг ҳар туришида узига хос баландлиги булади, у рейка ёки рулетка билан ўлчанади (XIII.2- шаклга қаранг). Нивелирлашда асбоб баландлигини ўлчаш учун рейкага окулярни қаратиб объективдан қараб тўр маркази рейкада белгиланади ва шу нуқта баландлиги ўлчанади.

Нивелирларни горизонтал ҳолатга келтиргандан кейинги куриш уқининг денгиз сатҳидан булган баландлиги (отметкаси) *асбоб горизонти* деб аталади ва *H_a* билан белгиланади, унинг қиймати ҳисоблаб топилади. Асбоб горизонти рейка қуйилган нуқта отметкасига шу нуқтадаги рейка саногининг қушилганига тенг. Ҳар станциянинг ўз асбоб горизонти булади. Одатда асбоб горизонти кетинги нуқта саногини орқали ҳисобланади. Шунга кўра, кетинги нуқта отметкасини *H_a* десак,

$$H_i = H_a + a \quad (\text{XIII.6})$$

булади; олдинги нуқта отметкаси *H_B* булса,

$$H_i = H_B + b$$

булади.

Асбоб горизонти мураккаб нивелирлашда оралиқ нуқталар олинган станциялардагина ҳисобланади ва унинг қиймати асосида оралиқ нуқталар отметкаси ҳисоблаб чиқарилади. Масалан, оралиқ нуқта саногини *с*, унинг отметкасини *H_C* десак,

$$H_C = H_i - c \quad (\text{XIII.8})$$

булади, яъни оралиқ нуқта отметкаси асбоб горизонтидан оралиқ санокнинг айрилганига тенг.

ХIII. 4. Нивелирлаш натижаларига ер эгрилиги ва рефракциянинг таъсири

Геометрик нивелирлашнинг ХIII.2 ва ХIII.3 формулаларини чиқаришда ернинг шарсимонлиги эътиборга олинмай, кўриш нури тўғри горизонтал бориб вертикал рейкадан саноқлар олинади, дейилган эди, лекин ҳақиқатда бундай бўлмайди. Нивелирлашга ернинг эгрилиги (шарсимонлиги) ва кўриш нурининг атмосферада синиши таъсир этади-да рейка саноқларида мураккаброк ҳол юз беради.

Масалан, ер юзасида турли баландликда ётган A ва B нуқталар орасидаги нисбий баландлик h (ХIII.5- шакл) десак, A билан B



ХIII. 5- шакл

нуқталардан утган сатҳий юзалар AA_1 ва BB_1 орасидаги айирма $B_1B = AB_1 = h$ булади. A ва B да вертикал ўрнатилган рейкаларга O нуқтадан қаралганда кўриш нури Om_1 ва Om_2 бўйича кетиши керак, лекин ҳавода синиши туфайли нур On_1 ва On_2 эгри

чизик бўйича кетади; рейкадаги m_1 $n_1 = r_1$, m_2 $n_2 = r_2$ лар вертикал рефракция таъсиридаги хато булади.

Агар O дан сатҳий юза ўтказилса, AA_1 билан BB_1 га параллел e_1e_2 ҳосил бўлади. $m_1e_1 = P_1$; $m_2e_2 = P_2$ лар ер эгрилиги таъсиридаги хато дейилади.

Шаклда $An_1 = a$; $Bn_2 = b$ — кетинги ва олдинги саноқлар. Шакл бўйича: $h = Ae_1 - Be_2$. (a)

$$Ae_1 = An_1 - n_1e_1 = a - (m_1e - m_1n_1) = a - (P_1 - r_1) \quad (б)$$

Худди шунга ўхшаш

$Be_2 = Bn_2 - e_2n_2 = b - (m_2e_2 - m_2n_2) = b - (P_2 - r_2)$ (в). $P_1 - r_1$ ва $P_2 - r_2$ лар ер эгрилиги ва рефракция хатоларининг йиғиндиси бўлади; буларни: $P_1 - r_1 = f_1$, $P_2 - r_2 = f_2$ ёки, умумий курунишда,

$$P - r = f \quad (ХIII.9)$$

деб белгилаб, f_1 , f_2 қийматларини (б) ва (в) га қўйсақ, $Ae_1 = a - f_1$; $Be_2 = b - f_2$ бўлади. Бу Ae_1 , Be_2 ларнинг қийматларини (a) га қўйсақ, $h = (a - f_1) - (b - f_2)$ ёки

$$h = a - b - (f_1 - f_2) \quad (ХIII.10)$$

чиқади.

Ер эгрилигининг баландликка таъсири P (II.2) формулага кўра $\Delta h = p = \frac{d^2}{2R}$ бўлади.

Вертикал рефракция устида жаҳон олимлари олиб борган тадқиқот ишларидан аниқланишича, r ҳам P каби ўзгаради, улар орасида қуйидагича боғланиш бор:

$$r = kP = k \cdot \frac{d^2}{2R^2} \quad (\text{XIII } 11)$$

K — рефракция коэффициентлари:

$$K = \frac{R}{R_1}, \quad (\text{XIII } 12)$$

бу ерда R — ернинг радиуси, R_1 — рефракция эгри чизигининг радиуси. $\frac{R}{R_1} = \frac{1}{6} - \frac{1}{7}$ булади. Агар $R_1 = 6R$ десак, $K = 0,16$ булади. Буни (XIII 11) га қўйсақ, $r = 0,16\rho$ булади. r қийматини (XII 9) га қўйсақ, $f = P - r = P - 0,16P = 0,84P$ булади, қийматини қўйсақ, ер эгрилиги ва рефракция таъсиридан келган йиғинди хато f қуйидагича ифодаланади:

$$f = 0,42 \frac{d^2}{R}. \quad (\text{XIII } 13)$$

Агар $R = 6371$ км деб олиб, d га турти қийматлар қўйиб f ҳисобланса, XIII. 1-жадвал чиқади.

XIII. 1-жадвал

$d, \text{ м}$	50	100	200	300	400	500	1000	2000
$f, \text{ мм}$	0,2	0,7	2,7	6,0	10,7	16,8	66,0	264,0

Нивелирлашда рейка билан асбоб оралиғи 100 м дан ошганла f ни ҳисобга олиш керак. Ўртадан нивелирлашда асбобдан кетинги ва олдинги рейкаларгача бўлган масофалар d_1 ва d_2 ($d_1 = d_2$) бўлса, $f_1 = f_2$ булади, (XIII. 10) даги f_1, f_2 лар ейишиб, $h = a - b$ булади. Шунга кўра, нивелирлашда асбобни икки рейка уртасига ўрнатиш керак. d_1 билан d_2 қийматидаги фарқ 5 м дан ошмаслиги лозим.

XIII. 5. Нивелирлар ва уларнинг турлари

Нивелир нисбий баландликни горизонтал кўриш нури орқали аниқлашда ишлатиладиган геодезик асбобдир. ГОСТ 10528-69 га биноан, нивелир аниқлиги жиҳатдан *жуда аниқ*, *аниқ* ва *техник* нивелирларга бўлинади. Тузилиши жиҳатидан уч типда чиқарилади:

- 1) кўриш ўқи цилиндрик адилак ёрдамида горизонтал ҳолатга келтириладиган нивелирлар (Н1, Н2, Н3, НТ каби);
- 2) ўзича ўрнашувчи нивелирлар (НС2, НС3, НС4, Н.С к. би);
- 3) қия кўриш нузли нивелир (НЛ3).

Нивелирлар тури қабул қилинган шифрига қараб аниқланади. Шифрдаги «Н» нивелир—сузидан, «Н» дан кейинги рақам шу асбоб нивелирлашнинг қайси классига мулжалланганлигини кўрсатади. Масалан, III классда ишлатиладиган нивелир шифри Н3 булади.

Нивелир типн шифрига ракам билан бирга қўшиб ёзиладиган ҳарфга қараб ажратилади. Узица ўрнашувчи нивелирларга «С» ҳарфи қўшиб ёзилади; масалан, IV классда ишлатиладиган ўзица ўрнашадиган нивелир шифри НС4 бўлади. Техникавий нивелирда «Г» ҳарфи қўшиб ёзилади. Масалан, НТС — ўзица ўрнашувчи техникавий нивелир. XIII.2- жадвалда ГОСТ 10528-69 га биноан чиқариладиган нивелирлар типн, бир километр масофани нивелирлашдаги ўрта квадратик хатолар кўрсатилган.

XIII. 2- ж а д в а л

Нивелирлашнинг аниқлиги ва тузилиши жиҳатидан бўлиниши

Нивелир шифри	Аниқлик жиҳатидан	Ишлатилиш жойи	Ўрта квадратик хатоси m_n	Тузилиши
Н1	энг аниқ	I класс нивелирлашда	$\pm 0,5$ мм 1 км да (туғри ва тесқари юришда)	адилакли
Н2	«	II «	± 1 мм «	«
НС2	«	«	« «	ўзица ўрнашувчи
Н3	аниқ	III «	± 4 «	адилакли
НС3	«	«	« «	ўзица ўрнашувчи
НС4	«	IV «	± 8 бир юришда	« «
НГ	техникавий	техникада	± 15 «	адилакли
НТС	«	«	« « «	ўзица ўрнашувчи
НЛС	«	«	± 30 »	қия нурли

Адилакли нивелирлар ГОСТ 10528-76 га кура Н—05, Н—3 ва Н—10 шифрлар билан чиқарилади.

Компенсаторли нивелир шифрига К ҳарфи қўшилади. Масалан, Н—05К, Н—3К, Н—10К каби. Н—3, Н—10 ва Н—10 К нивелирлари ҳам горизонтал бурчак ўлчаш учун лимбли қилиб ишланган, уларнинг шифрига Л ҳарфи қўшилади. Масалан, Н—10КЛ (Н—10 нивелирли компенсаторли, лимбли). ГОСТ 10528-76 га биноан, нивелирдаги ишлар тури XIII.6- шаклдагича ишланиб, Н—3 ва Н—10 да горизонтал иш учлари айланадан радиуснинг камида тўртдан бир қисмича қочиб туради.

Ватанимизда чиқадиган нивелирлар билан бир қаторда, демократик республикаларда чиқариладиган Ni—025, Ni—050, Ni—007 (ГДР даги «Карл—цейсс» фирмаси), Ni—A3, Ni—B3, Ni—B4, Ni—B6) (Венгриядаги МОМ заводи), Ага фирмаси чиқарган компенсаторли лазервий «Геоплан 300» каби нивелирлар ҳам ишлатилади.

Кейинги вақтда нивелирлаш ишларида ЛН—56 шифрли (лазерий нивелир) ва ЛВ—5 шифрли (лазерий визир) асбоплар ҳам ишлатилмоқда.



Н-05 даги тўр



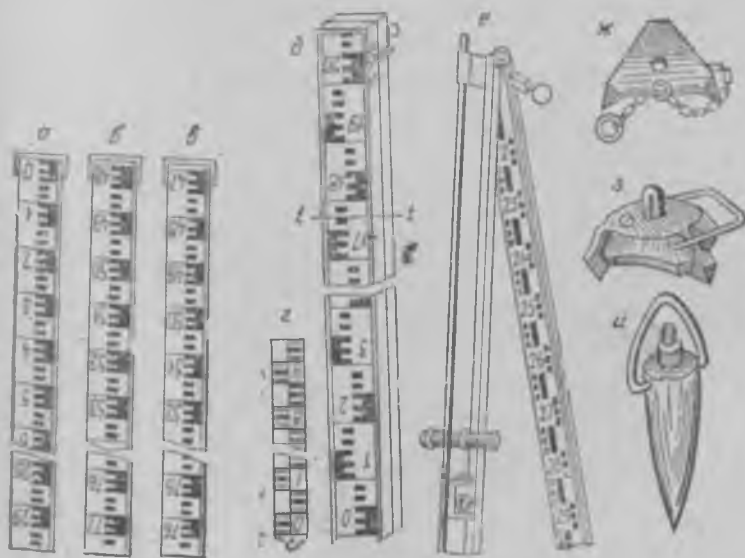
Н-3 ва Н-10 даги тўр

XIII. 6- шакл.

Нивелир асосан таглик, цилиндрик адилак ва куриш трубасидан иборат булиб, илгари бу булакларнинг бир-бирига булган муносабатига қараб: қуйма, адилак ва трубаси тагликдан олинадиган, трубаси олинб, адилаги тагликда турадиган нивелирларга бўлинган. Ҳозирги нивелирлар қуйма килиб чиқарилади. Буларда адилак, труба ва таглик бир-биридан ажралмас қилиб ишланган бўлади. Нивелирлар ёрдамида саноқ махсус ишланган нивелир рейкаларидан олинади.

ХIII.6. Нивелир рейкалари ва саноқ слиш

ГОСТ 11158-76 га биноан нивелир рейкалари РН-05; РН-3 ва РН-10 каби белгилар билан чиқарилади. Бу белгилашдаги охириги ракам—1 км даги нивелирлаш хатосининг қиймати. РН-05 бир томонли штрихли булиб, I, II класс нивелирлашда ишлатилади. РН-3 икки томонли, шкалали булиб, III ва IV класс нивелирлашда ишлатилади. РН-10 техникавий нивелирлашда қўлланилади. ГОСТ 15096-69 га кўра РН1, РН2, РН3, РН4 ва РНТ белгили рейкалар ҳам чиқарилади. Рейкалар 1500, 3000 ва 4000 мм ли булади. РН-10 да 4000 мм ли рейка ишлатилади. Рейкалар йиғма (ХIII.7-шакл, е) ва бутун (ХIII-шакл, а) қилиб ишланади. Йиғма рейка белгисидан С ҳарфи қўшиб ёзилади. Ёзувлар туғри ва тескари бўлади. Туғри рейка белгисига II ҳарфи қўшилади. Масалан, РН-3П 4000 С, яъни (III) класс нивелирлашда ишлатиладиган, туғри, 4000 мм ли нивелир рейкаси, йиғма. Маркага ссилалдиган рейка 1200 мм ли булиб, у осма рейка дейилади (ХIII.7-шакл, з).



ХIII. 7- шакл. Нивелир рейкалари, башмаклар, темир қозиқ:
 а — рейканинг дўза томони, б — ва в — қизилтомони, г — осма рейка, д — ва е — бир томон-
 лив қўшилган рейкалар, ж, з — башмаклар, и — темир қозиқ (костиль).

d — A билан B нукта оралиги. Адилакнинг бир булагини қиймати τ булса, $\alpha = n\tau$ булади. n —пуфакча унги ва чап томонга сурингандаги булақлар сони, яъни, $n = 2m$. Бу қийматларни (а) га қўйиб,

$$n\tau = \frac{206265''h}{d}, \text{ ёки } \tau = \frac{206265''h}{nd} \quad (\text{XIII } 14)$$

булади. $d = 50$ м; $h = 5$ см; $n = 6$ булса, $\tau = 34''$ булади. τ қийматини махсус мослама экзаматорларда аниқлаш ҳам мумкин.

2. Адилакнинг бир булагини қиймати τ трубагини катталаштиришига мос булиши керак. Трубагини катталаштириши асбоб паспортидан маълум ёки (X.10) формула ёрдамида топилади. Адилакнинг бир булагини τ билан трубагини катталаштириши орасида қуйидаги математик боғланиш бор:

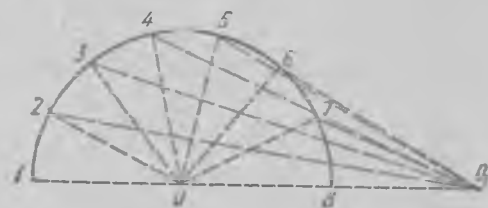
$$\tau v = 600'' \quad (\text{XIII } 15)$$

Техник нивелирда $\tau = 20''$, шунга қўра цилиндрлик адилак бир булагинини қиймати $\tau = 30''$ булади. $v = 30''$ булса $\tau = 20''$ булади. НЗ каби контактли адилақлар, горизонтал ҳолатга 2—4 марта аниқ келтирилади. Шунга қўра, бундай нивелирларда,

$$\tau v = 1200'' \quad (\text{XIII } 16)$$

булади. Масалан, НЗ да $v = 30''$, шунга қўра $\tau = 40''$ булади.

3. Труба турли узоқликдаги нарсага қаратилиб фокусланганда кўриш ўқинини ҳолати ўзгармаслиги керак. Маълумки, трубагини турли узоқликдаги нуқтага қаратишда фокусловчи линза кремальер винт ёрдамида олдинга еки орқага сурилади. Узоқ нуқтага қараганда кремальер винт



XIII. 12- шакл.

соат стрелкаси йўналишида (ўнга), яқин нуқтага қараганда унга тескари йўналишида (чапга) буралади. Шартни аниқлаш учун текис жойда O нуқта атропоидан O дан бир хил масофада, масалан, 40 м да 1, 2, ..., n нуқталар қозилар билан белгиланади (XIII.12- шакл). Кейин O га нивелир урнатилади бир фокуслашда ҳамма нуқталарга бир рейка қўйиб қаралиб, a_1, a_2, \dots, a_n саноклар олинади ва нуқталар орасидаги нисбий бала ндликлар қуйидагича ҳисобланади:

$$\begin{aligned} h_1 &= a_1 - a_2; \\ h_2 &= a_2 - a_3; \\ &\dots \dots \dots \\ h_{n-1} &= a_{n-1} - a_n \end{aligned} \quad (\text{XIII } 17)$$

Кейин нивелир O дан 80 метрча узоқдаги O_1 нуқтага урнатилади, яна 1, 2, ..., n нуқталарга қараб, b_1, b_2, \dots, b_n санок-

ларни олинади. Бунда ҳам нуқталар орасидаги нисбий баландликлар ҳисобланади:

$$h_1 = b_2 - b_1;$$

$$h_2 = b_3 - b_2;$$

$$\dots \dots \dots$$

$$h_{n-1} = b_n - b_{n-1}.$$

(XIII 18)

Агар $h_1 = h'_1$, $h_2 = h'_2$, \dots , $h_{n-1} = h'_{n-1}$ бўлса, ёки оралари-даги фарқ ± 5 мм дан ошмаса, асбобдаги шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда асбоб устахонада тузатилади.

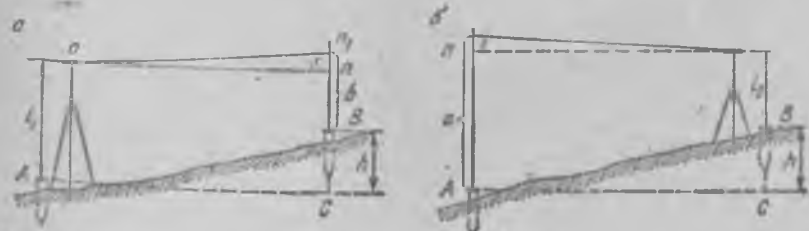
Нивелирни текшириш. ИЗ нивелири куйидаги шартлар бўйича текширилади:

1. Доғавий адилак ўқи нивелирнинг айланиш ўқига параллел бўлиши керак, яъни $tt_1 \parallel zz_1$ (XIII.9-шакл, а). Буни текшириш учун учта кутариш винти буралиб, пуфакча адилак марказидаги доирача ўртасига келтирилади, кейин у 180° айланттирилади. Агар пуфакча доирача марказидан четга чиқмаса, шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда адилак тагидаги тузатиш винтлари 14 воситасида пуфакча марказидан сурилганининг ярми қадар тескарига сурилади.

2. Иплар турининг горизонтал ипи нивелирнинг айланиш ўқи zz_1 га перпендикуляр бўлиши керак. Текшириш учун горизонтал ипнинг бир учи 40—50 м масофадаги қузғалмас нуқтага қаратилиб, труба қаратиш винти воситасида унг ва чапга сурилади, агар шунда ип қаратилган нуқтадан силжимаса, шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда тур қопқоғини олиб, трубанинг окуляр қисмини объектив тирсагига маҳкамлайдиган туртта шурупни отвёртка билан бўшатиб, окуляр қисми бир оз буралади-да, ип горизонтал қилинади. Бу шарт, купинча, завод гарантия берганлигидан текширилмайди.

3. Күриш ўқи vv_1 цилиндрик адилак ўқи hh_1 га параллел бўлиши керак ($vv_1 = hh_1$). Бу нивелирнинг энг зарур шarti бўлиб, бу шартни икки усул билан текшириш мумкин:

1-усул. Олдинга нивелирлаш усулида икки томондан нивелирлаш йўли билан текширилади. Асбоб А нуқтага (XIII.13-шакл, а) ўрнатилиб, горизонтал вазиятга келтирилгач, асбобнинг баландлиги i_1 ўлчанади, кейин 50—60 м масофадаги В нуқтага қуйилган рейкадан саноқ v олинади. Агар күриш ўқи адилак ўқи



XIII. 13- шакл.

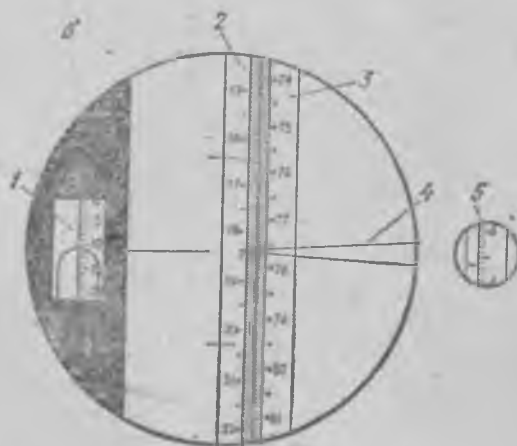
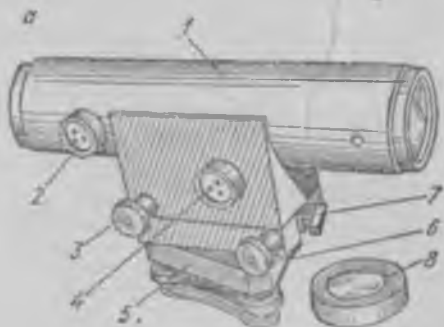
Труба горизонтал доира 10 устига ўрнатилган булиб, унинг булак-лари ён томонидаги маълум кенгликдаги дарчадан куринади. Дарча булакларининг қиймати 1, верньер 11 ёрдамида 6 аниқлик билан саноқ олинади. НТ нивелири билан горизонтал бурчакларни ўлчаш ҳам мумкин.

НТ нивелири НЗ каби текширилади ва тузатилади.

ХIII.10. Н2 ва Н1 нивелирлари

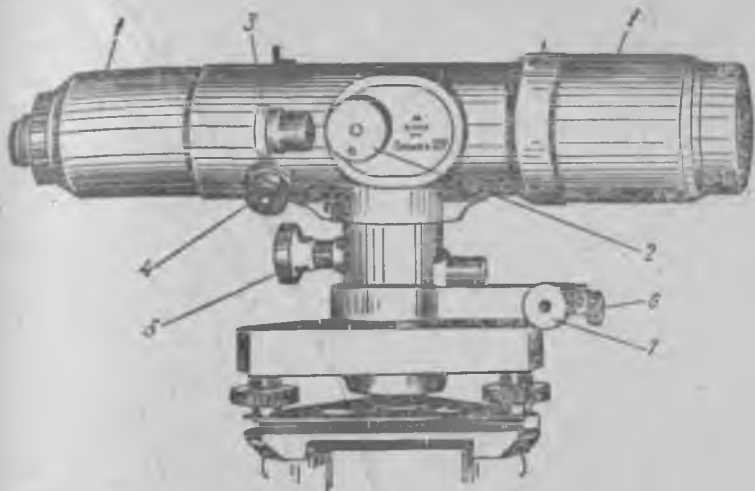
Н2, Н1 нивелирлари НА-1, НБ-3 нивелирлари асосида яратилган булиб, ГОСТ 10528-76 га биноан чиқадиغان энг аниқ Н-05 нинг намунаси ҳисобланади.

Н2 нивелири. ГОСТ 10528-69 га қўра, II класс нивелир-лашда ишлатилади. Булаклари ХIII.16-шакл, а да келтирилган. Н2 нивелири горизонтал вазиятга, Н3 нивелири каби, доиравий адилак билан тахминан, труба ёнидаги контактли цилиндрик ади-лак билан эса аниқ келтирилади. Н2, Н1 ларда қўриш трубаси-нинг иплар тури алоҳида ишланган, горизонтал ипи бурчакли 4 биссектор шаклида бўлиб (ХIII.16-шакл, б) шкалалари рейканинг штрихларидан юқори аниқлик билан саноқ олишга имкон беради.



ХIII. 16- шакл. II2 нивели-ри. а — умумий кўриниши:

1 — труба филофи, 2 — кремальер винт, 3 — элевацион винт, 4 — оптикавий микрометриниг махови-ги, 5 — таглик, 6 — қаратиш вин-ти, 7 — сиқувчи винт, 8 — қўшим-ча линза, б — труба кўриш маю-дони: 1 — контакт адилак яри-паллаларининг тасвири, 2 — рейк-анинг асосий қисми, 3 — ердам-нинг шкалалар, 4 — биссектор, 5 — оптикавий микрометр шкаласининг тасвири, саноқ: 184, 367.



Х III. 17- шакл. N1 нивелири:

1 — куриш трубаси, 2 — ясси-параллел пластинка барабани, 3 — лупа, 4 — кремальер, винт, 5 — элевацион винт, 6 — маҳкамлаш винти, 7 — қаратиш винти.

Рейка махсус ишланган, ҳар бир булакнинг қиймати 5 мм. Рейкада икки қатор шкала булиб, унгадигиси ҳар 5 см дан булинган, булакнинг қийматлари 0 дан 60 гача ёзилган; бу асосий шкала дейилади. Чап томондагиси 2 ёрдамчи шкала булиб, унга 60 дан 119 гача ёзилган. Шкалалар рейкага ёпиштирилган инвар полосага қизилган. Унгадиги шкала чапдагидан 2,5 мм силжитилган, рейка доиравий адилак билан таъминланган.

Баъзан инженерлик ишларида куриш нури баландлигига шкалали марка ёпиштирилган рейкалар ишлатилади.

N2 нивелирининг объективи олдига ясси-параллел пластинкали насадка ва унинг олдига оптик пона ўрнатилган, у куриш нури-ни $\pm 40''$ гача ўзгартиради, унга оптикавай микрометр ишланган. Қисқа масофаларга қараш учун объективга ёрдамчи линза 8 (Х III. 16- шакл, а) ўрнатиладики, бунда 1 м гача масофани куриш мумкин.

N1 нивелири ҳам энг аниқ нивелир булиб, I класс нивелир-лашда ишлатилади (Х III. 17- шакл). Трубанинг катталаштириши 45° , массаси 7 кг, дальномер коэффиценти $K = 100$. Бунда ҳам N2 даги рейка ишлатилади. Куриш майдони ҳам Х III. 16- шакл, б даги каби. Нивелир термоизоляцияцион, яъни цилиндрик адилак, ясси-параллел пластинка ва призмалар блоки куриш трубасининг ичига жойланган, шунинг учун унга ҳаводаги ўзгариш таъсир этмайди. Ясси-параллел пластинка $\pm 15^\circ$ гача айлана олади, бунда рейка штрихларининг тасвири вертикал текислик буйлаб силжийди, бу билан улар труба биссекторига туғриланади. Рейка тасвири окулярдан қараладиган турда ҳам куринади. Ясси-параллел пластинка нивелир унг томондаги барабани маховик 2 ёрдамида бу-

дафтарчанинг бир бети келтирилган (XIII.33-шакл), унда ПК $3 + 30,00$ да кундаланг чизиқ (поперечник) олингани, шийпон ўрни перпендикуляр усули билан сѐмка қилингани кўрсатилган. Йул ўқ чизиқ ПК $4 + 29,30$ да унга бурилган, бурилиш бурчаги ва эгри чизиқ элементлари кўрсатилган. Жойдаги экин турлари ҳам ёзиб қўйилган. Пикетлаш дафтарчасидан нивелирлаш ва профиль чизишда фойдаланилади.

XIII.10. Эгри чизиқлар ва уларни режалаш

Чизиғий иншоотлар ҳамма вақт бир йўналишда тўғри кетмай, балки жой шароити ва бошқа сабабларга биноан бош йўналишга нисбатан унڭ ёки чапга бурилади (XIII.34-шакл). Масалан, $ABCD$. . . трассаси A дан бошланиб, B нуқтада унڭга θ_1 бурчак билан бурилади, кейин C нуқтада чапга θ_2 бурчак билан бурилади. Бу θ_1 ва θ_2 лар бурилиш бурчаги дейилади. Бурилиш булган жойлар-



XIII. 34- шакл.

да иншоот (йўл, канал) эгри чизиқ бўйича қурилмай, шаклдаги каби эгри чизиқ бўйича қурилади. Бурилиш булган B ва C нуқталар $Бу$ (бурчак учи) билан белгиланади. Эгри чизиқ бурчак учи B нинг чап томонидаги E дан бошланиб, унгдаги F нуқтада тугайди. E ни $ЭБ$ (эгри чизиқ боши), F ни эса $ЭО$ (эгри чизиқ охири) билан кўрсатилади. Эгри чизиқнинг ўртаси M эса $ЭУ$ ҳарфлари билан белгиланади. $ЭБ$, $ЭО$ ва $ЭУ$ эгри чизиқнинг бош нуқталари дейилади. Трассадаги ҳар қайси бурилишнинг узига хос бош нуқталари булади.

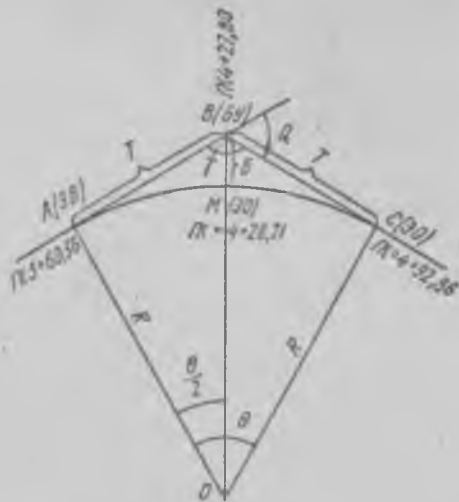
Эгри чизиқ бурилиш бурчагининг катталиги ва техникавий талабларга қараб турли радиус ва турли усулда утказилади. Бурилишдаги эгри чизиқ бош нуқталарини лойиҳага биноан жойда белгилашдаги геодезик улчаш ишларининг мажмуи эгри чизиқни режалаш дейилади.

Қуриладиган иншоотнинг талабига қараб, эгри чизиқ икки хил режаланади: а) доиравий эгри чизиқ бўйича; б) утма эгри чизиқ бўйича. Тош йул ва каналларни режалашда кўпроқ доиравий эгри чизиқ усули қўлланилади, лекин темир йўллар, кўпроқ, утма эгри чизиқ билан режаланади.

Эгри чизиқ икки боскичда режаланади: 1) эгри чизиқни бош нуқталарда режаланади; 2) эгри чизиқ мукамал режаланади.

Доиравий эгри чизиқ ва унинг элементлари. Агар эгри чизиқ бошидан охиригача бир радиус бўйича утказилса,

иравий эгри чизиқ булади. Масалан, XIII.35- шаклда трасса В нуқтада θ бурчак билан унга бурилди, дейлик А ва С нуқталар эгри чизиқ боши (ЭБ) ва охири (ЭО) булсин. А ва С нуқталардан АВ ва ВС ларга чиқарилган перпендикуляр О нуқтада кесишда ва бу нуқта эгри чизиқнинг маркази, $OM=AO=OC=R$ эгри чизиқнинг радиуси булади. В ни О билан туташ тирилса, VO — θ бурчакнинг биссектрисаси булади. $VA=VC=T$ — эгри чизиқнинг тангенсини. $VM=B$ — эгри чизиқнинг биссектрисаси. Эгри чизиқнинг боши (ЭБ) ва охири (ЭО) ни топиш учун T қийматини, θ ни топиш учун эса B қийматини аниқлаш керак. AVO учбурчакликда $AB=T=AO \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}$ ёки



XIII. 35- шакл.

булади.

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \quad (\text{XIII.27})$$

$$B = VM = OV - MO = \frac{OA}{\cos \frac{\theta}{2}} - MO = \frac{R}{\cos \frac{\theta}{2}} - R \quad \text{ёки}$$

$$B = R \left(\sec \frac{\theta}{2} - 1 \right) \quad (\text{XIII.28})$$

булади. Йўл $AMC=K$ эгри чизиқ бўйича қурилади, бу эй эгри чизиқнинг узинлиги булади; у қуйидагича топилади: $K: 2\pi R = \theta: 360^\circ$ ёки

$$K = \frac{2\pi R}{360^\circ} \cdot \theta = \frac{\pi R}{180} \cdot \theta = \frac{R}{\rho} \cdot \theta. \quad (\text{XIII.29})$$

Бу ерда $\rho = 180^\circ: \pi$ булиб, қиймати $3438' = 206265''$ га тенг.

Пикетлаш ABC чизиқ бўйича олиб борилади, $ABC = 2T$ булиб, унинг эгри чизиқ K дан фарқи домер дейилади ва D билан белгиланади:

$$D = 2T - K \quad (\text{XIII.30})$$

Юқоридаги T , B , K ва D лар доиравий эгри чизиқ элементлари дейилади. Бу эгри чизиқ элементларини ҳисоблаш учун бурилиш бурчаги θ ва R маълум бўлиши керак. R нинг қиймати иншоот талабига қараб, техникавий қондалар бўйича берилади, лекин бу-

XIII.4-жадвал

Доиравий эгри чизиқни мукамал режалаш учун координаталар жадвали

κ, м	R = 300		R = 400		R = 500		R = 600	
	κ - x	y	κ - x	y	κ - x	y	κ - x	y
10	0,00	0,17	0,00	0,12	0,00	0,10	0,00	0,08
20	0,01	0,67	0,01	0,50	0,01	0,40	0,00	0,33
30	0,05	1,50	0,03	1,12	0,02	0,90	0,01	0,75
40	0,12	2,66	0,07	2,00	0,04	1,60	0,03	1,33
50	0,23	4,16	0,13	3,12	0,08	2,50	0,06	2,08

ЭБ булган A нуқтадаги сихчага лентанинг O учи илиниб, кейин лента тангенс чизиғи буйлаб таранг тортилади, 20 м ли учи сихчага илиниб, сихча ерга қадалади. Кейин жадвалнинг κ қаторидан тегишли радиус қийматига қараб $\kappa - x$ ва y қийматлари олинади. Масалан, жадвалда $R = 300$ м, $\kappa = 10$ м булганда $\kappa - x = 0,00$, яъни $\kappa - x = 10$; $y = 0,17$ м. Шунга кура, лентанинг 10 м белгисидан чиқарилган перпендикуляр буйича $y = 0,17$ м ни ўлчаб қўйилса, эгри чизиқдаги N_1 нуқта топилади; кейин жадвалдан $\kappa = 20$ м га тегишли $\kappa - x = 0,01$ ва $y = 0,67$ м олинади. Лентанинг 20 м ли учи илинган сихчадан орқага, яъни N_1 нуқта томон $\kappa - x = 0,01$ м ўлчаб қўйилади ва топилган нуқтадан перпендикуляр чиқариб унга $y = 0,67$ м ўлчаб қўйилса, N_2 нуқта топилади. Кейин лентани тангенс чизиғи буйлаб давомига қўйиб, яъни лента O учини 20 м ли учи илинган сихчага илиб, лентани таранг тортиб 20 м ли учига бошқа сихча қадалади. Жадвал буйича $\kappa = 30$ булганда $\kappa - x = 0,05$, $y = 1,50$ м олинади. ЭБ дан 30 м ёки лента учидан 10 м булган нуқтадан орқага $\kappa - x = 0,05$ м ни ўлчаб қўйилади ва топилган нуқтадан чиқарилган перпендикуляр буйича $y = 1,50$ м ни ўлчаб қўйилса, N_3 нуқта топилади; режалаш шу тартибда давом эттирилади. Шу вақт топилган N_1, N_2, N_3, \dots нуқталар ҳар 10 м да эгри чизиқда ётувчи нуқталар булади.

Э0 дан ҳам бурчак учига томон режалашда юқоридаги каби ишланади.

Координата усули текис ерда ва y қиймати 20 м дан катта булмаганда туғри натижа беради. Агар эгри чизиқ режаланадиган жой пастлашиб ёки баландлашиб кетса, бундай вақтда бурчак усули, кетма-кет ватар усули ёки бошқа усул билан режаланади.

Пикетни тангенс чизиғидан эгри чизиққа кучириш. Трассани пикетлашда бурчак учи эгри чизиқнинг бош ва охириги нуқталарининг пикет уринлари тангенс чизиқларида аниқланган булади. Шу асосий нуқталар орасида пикет нуқта учраса, унинг урни ҳам тангенс чизиқларида белгиланади. Йўл ва канал эгри чизиқ буйлаб қурилганидан, тангенс чизиғидаги пикетни ҳам эгри чизиққа кучириш керак булади; бу иш пикетни тангенсдан эгри чизиққа кучириш дейилади.

Пикетни кучириш координаталар усули билан бажарилади: бунинг учун пикет нуқтанинг координаталари ҳисобланиши керак.

Бунда аввал пикетнинг эгри чизиқ бошидан булган масофа, яъни ЭБ дан пикетгача булган ёй узунлиги аниқланади; ёй пикетга тегишли булганидан уни $K_{пк}$ деб белгиласак, у қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$K_{пк} = PK - ЭБ_{пк} \quad (XIII.38)$$

Юқоридаги мисолда (XIII.35-шакл) эгри чизиқнинг боши билан бурчак учи орасида 4-пикет (PK 4) бор. 4-пикетнинг эгри чизиқ бошидан узоқлиги, (XIII.38) формулага кўра $K_{пк} = PK + 10,00 - (PK 3 + 60,56) = 39,44$ м бўлади. Бу сон ЭБ дан эгри чизиқ буйлаб PK 4 гача булган ёй узунлиги бўлади. Бу ёй қиймати буйича бунга тўғри келган марказий бурчакни $\varphi_{пк}$ десак, у (XIII.36) формула ёрдамида ҳисобланади, яъни

$$\varphi_{пк} = \frac{180^\circ}{\pi R} \cdot K_{пк} = \frac{180^\circ}{3,14 \cdot 300} \cdot 39,44 = 7^\circ 32'$$

Кейин (XIII.37) формулага асосланган қуйидаги формула ёрдамида пикет нуқтанинг координаталари ҳисобланади:

$$\begin{aligned} X_{пк} &= R \sin \varphi_{пк} \\ Y_{пк} &= 2 \sin^2 \frac{\varphi_{пк}}{2} \end{aligned} \quad (XIII.39)$$

Мисолда

$$\begin{aligned} X_{пк} &= 300 \cdot \sin 7^\circ 32' = 39,33 \text{ м,} \\ Y_{пк} &= 2 \cdot 300 \sin^2 3^\circ 46' = 2,59 \text{ м.} \end{aligned}$$

$X_{пк}$, $Y_{пк}$ лар буйича топилган нуқта 4-пикет ўрни бўлади (XIII.37-шакл).

Пикет ўрнини кўчиришда қулай бўлиши учун ҳар метрда k қиймати берилган махсус жадвал ҳам тузилган.

Амалий ишларда баъзан пикет ўрнини кўчиришда қуйидагича қилинади. Масалан, $R = 300$ м, $ЭБ_{пк} = 3 + 42,60$ м, $БУ_{пк} = 4 + 27,80$ м булса, бурчак учи билан эгри чизиқ боши орасида 4-пикет бор, шунда $K_{пк} = 57,40$ бўлади. Жадвалнинг k графасида 57,40 булмаганидан, эгри чизиқдаги 50,00 ва 60,00 м лар ўрни топилади. Кейин тошилган нуқталар орасига лента тортиб, 50 м белгиланган нуқтадан 60 га томон 7,40 м ўлчаб қуйилса, пикет ўрни чиқади.

Бурчак усули ёки кутбий усул. Эгри чизиқ бошига ёки охирига ўрнатилган теодолит ёрдамида гэнгенс чизиғига нисбатан ясалган бурчак то-



XIII. 37- шакл.

равий эгри чизиқ билан ўтказилади. Шаклдаги ўзгарувчан радиусли эгри чизиқ $AN_1 = N_2C$ ўтиш чизиғи узунлиги дейилади ва l билан белгиланади. l узунлик жойга қараб, 20—120 м қилиб олинади. Ўтиш эгри чизиғини режалаш учун доиравий эгри чизиқнинг боши (ДЭБ) ва доиравий эгри чизиқнинг охири (ДЭО) дан илгари ва кейинга ΔT қиймати (XIII.42-шакл), эгри чизиқнинг ўртаси (ЭЎ) дан эса ΔB қиймати биссектриса бўйича марказ томон ўлчаб қўйилади. Ўтиш эгри чизиғини режалаш учун доиравий эгри чизиқ элементлари T , K , B ва D лар қийматидаги ўзгариш ΔT , ΔB , ΔK ва ΔD лар орттирмалар дейилади. ΔT ва ΔB қийматлари махсус жадвалдан олинади¹; $\Delta K = l$; ΔD қиймати қўйидагича топилади. $\Delta D = 2 (\Delta T - 0,5 l)$ булади. Ўтма эгри чизиқ элементларини T_y , K_y , D_y ва B_y деб белгиласак, улар қўйидагича аниқланади: $T_y = T + \Delta T$; $K_y = K + \Delta K$; $D_y = D + \Delta D$ ва $B_y = B + \Delta B$ булади. Режалаш схемаси XIII.42-шаклда келтирилган. Бош нуқталар топилгач, ЭЭБ ва ЭЭО дан координаталар усули билан махсус жадвал бўйича мукамал режаланади.

Нуқталарнинг пикет ўринлари (XIII.31, 32 ва 34) формулалар ёрдамида ҳисоблаб топилади.

XIII.20. Нивелирлаш йўлини реперга боғлаш

Нивелирлаш йўлидаги бирор (бош) нуқтанинг отметкасини репер ёки марка отметкаси асосида ҳисоблаш *нивелирлаш йўлини репер ва маркага боғлаш* деб аталади. Топилган шу отметка асосида трассадаги пикет ва плюс нуқталар отметкаси ҳисобланади.

Боғлашда бир рейка реперга қўйилиб a санок олинса, иккинчи рейка трассадаги нуқтага қўйилиб b санок олинади. Репер билан нуқта орасидаги нисбий баландлик $h = a - b$ булади. Шунда трассадаги нуқта отметкаси $H_T = H_R + h$ булади (H_R — репер отметкаси). Маркада ҳам шундай ишланади.

Репернинг нивелирлаш йўлига нисбатан жойланишига қараб, нивелирлаш шу репердан бошланади. Репер нивелирлаш йўли уртасида булса, йўлдаги бир пикет реперга боғланади. Агар репер нивелирлаш йўлидан узоқда булса, репердан нивелирлаш йўлигача алоҳида бир неча станцияли нивелирлаш йўли олинади ва у *боғлаш йўли* дейилади. Боғлаш йўли ўлчанмайди, шунинг учун унда пикет, плюс нуқталар бўлмайди, ҳамма нуқта боғловчи булади.

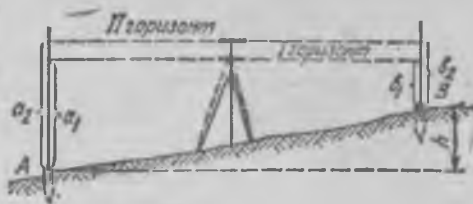
XIII.21. Рейка саногини текшириш усуллари

Геометрик нивелирлашда рейкалардан олинган санокларнинг туғрилигини текшириб бориш учун икки йўл билан: а) бир томонли рейка билан икки горизонтда; б) икки томонли рейка билан бир горизонтда нивелирланади.

Бир томонли рейка билан нивелирлаш. Бунда нивелир A ва B уртасига ўрнатилиб (XIII.43-шакл), асбоб горизонтал

¹ Нарходжаев К. Н. Таблицы по разбивке кривых. Т., 1977.

ҳолатга келтирилади, бу *биринчи горизонт* бўлади. А ва В даги рейкалардан a_1, a_2 саноқлар олинади. Кейин асбобнинг туриши ўзгартирилиб, яъни 100 мм чамасида кўтариб ёки пасайтириб, яна горизонтал ҳолатга келтирилади; бу *иккинчи горизонт* бўлади. Яна А ва В даги рейкалардан a_2, a_1 саноқлар олинади. Шунда $a_2 - a_1 = -B_2 - B_1$ ёки $(a_2 - a_1) - (-B_2 - B_1) \leq 4$ мм бўлиши керак, акс ҳолда нивелирлаш такрорланади.



XIII. 43- шакл.



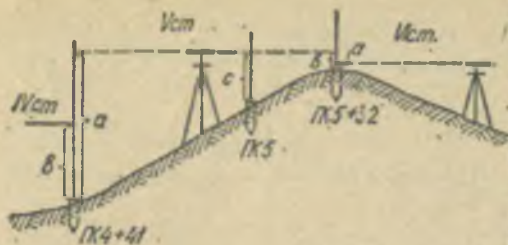
XIII. 44- шакл.

Икки томонли рейка билан нивелирлаш. Асбоб А ва В нуқталар ўртасига ўрнатилиб (XIII.44- шакл), горизонтал ҳолатга келтирилгач, рейкаларнинг қизил томонидан $a_{қиз}, v_{қиз}$ саноқлар олинади. Кейин асбобнинг туришини бузмай, рейкаларнинг қора томонидан $a_{қор}, v_{қор}$ саноқлар олинади. Бунда $a_{қиз} - a_{қор} = v_{қиз} - v_{қор}$ ёки $(a_{қиз} - a_{қор}) - (v_{қиз} - v_{қор}) \leq 4$ мм бўлиши керак. Фарқ катта бўлса, нивелирлаш такрорланади.

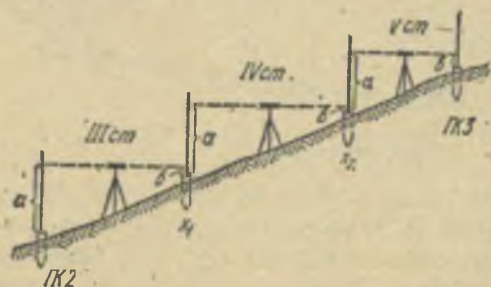
Бир томонли рейкада саноқни текшириш. Нивелирлашда бир томонли рейка ишлатилганда рейка саногини, асбоб горизонтини ўзгартирмай, қуйидагича текшириш ҳам мумкин. Асбобни иш ҳолатига келтиргач, узунлижлари l бўлган рейкалардан a ва v саноқлари олинади. Кейин рейкаларни ўз ўрнида буйига 180° айлантириб қуйиб, яна a' ва v' саноқлари олинади. Бунда $a + a' = l, v + v' = l$ бўлиши ёки $(a + a') - l \leq 5$ мм; $(v + v') - l \leq 5$ мм бўлиши керак. Бу усулда асбоб горизонти ўзгартирилмаганидан, вақт тежаллади.

XIII.22. Боғловчи ва оралиқ нуқталар

Пикетлашда нуқталар иккига: пикет ва плюс нуқталарга бўлинади. Нивелирлашда эса нуқталар боғловчи ва оралиқ нуқталарга бўлинади. Агар бир нуқтага икки қушни станциядан қараб, кетинги a ва олдинги v саноқлар олинса, бу *боғловчи нуқта* дейилади. Нуқтага бир станциядан бир марта қараб, бир саноқ c олинса, бу нуқта *оралиқ нуқта* бўлади. Икки горизонтда нивелирланса, *оралиқ саноқ иккинчи горизонтда* олинади; икки томонли рейка ишлатилганда эса *оралиқ саноқ қора томондан* олинади. Агар нивелирланган жой текис бўлса (XIII.4- шакл), пикет нуқталарни боғловчи, плюс нуқталарни эса оралиқ нуқта қилиб нивелирлаш қулай бўлади, лекин ҳамма вақт бу мумкин бўлавермайди. Жой шароити (рельефи) га қараб, пикетлар оралиқ нуқта, плюс нуқталар эса боғловчи нуқта бўлиши мумкин. Масалан,



XIII. 45- шакл.



XIII. 46- шакл.

XIII.45- шаклда жойнинг тузилиши буйича ПК4 + 41,00 ва ПК5 + 32,00 лар боғловчи, ПК5 эса У станцияда оралиқ нуқта бўлган ва с саногин олинган.

Икс (X) нуқталар. Баъзан жой бир хил катта нишаб билан кўтарилса ёки пасайса, пикетлар орасидаги нисбий баландлик 3 м дан ортиқ бўлиб, орада плюс нуқта ҳам бўлмаса (XIII.46- шакл), бундай жойни нивелирлашда иккинчи пикет орасида бир ёки жой нишабига қараб, бир неча ёрдамчи ихтиёрий нуқта олинади (XIII.46- шаклда 2 — X нуқта олинган), уларнинг ўрни ўлчаб топилмайди, улар ёлғиз нивелирлашда боғловчи нуқта

булади. Бу нуқталар ўрни белгисиз бўлганидан X (икс) нуқта дейилади. Икс нуқталар трассанинг ўқ чизигидан четда олиниши ҳам мумкин, улар профилда кўрсатилмайди.

Инструкцияга кўра, нивелирлашда кўриш нури ердан Н-10 нивелири ишлатилганда — 0,30 м, Н — 3 нивелири ишлатилганда — 0,5 м баланд бўлади. Асбобдан кетинги ва олдинги рейкагача бўлган масофадаги фарқ 2—5 м дан ошмаслиги керак.

XIII.23. Нивелирлаш йўли натижаларини текшириш

Трассада буйлама нивелирлаш олиб борилганда нивелирлаш натижаларини текшириш учун қуйидаги усулларнинг бири билан нивелирланади.

1. Репердан реперга нивелирлаш. Нивелирлаш бирор репердан ёки маркадан бошланиб, иккинчи (охирги) репер (ёки марка) да тугайди. Бунда нивелирлаш йўлидаги нисбий баландликлар йиғиндиси $\sum h$ охирги ва бошдаги реперлар отметкаларининг айирмасига тенг бўлиши керак:

$$\sum h = H_o - H_6, \quad (\text{XIII.44})$$

бу ерда H_6 — бош репер отметкаси; H_o — охирги репер отметкаси. Бунда нивелирлаш йўлидаги боғланмаслик хатоси f_h қуйидагича бўлади:

$$f_h = \sum h - (H_o - H_6) \quad (\text{XIII.45})$$

2. Тўғри ва тескари юриш билан нивелирлаш. Бу усул нивелирланадиган жойда репер ёки марка бўлмаган тақдирда қўлланилади. Бунда нивелирлаш трасса бош нуқтасидан бошланади, охириги нуқтасигача давом эттирилади; бу *туғри йўл* (юриш) дейилади. Сунгра шу трассанинг охириги нуқтасидан бош нуқтагача тескари юриш нивелирланади, бу *тескари йўл* деб аталади. Бу усулда туғри йўлдаги нисбий баландликлар йиғиндиси $\sum h_{тғр}$ тескари йўлдаги нисбий баландликлар йиғиндисининг $\sum h_{тес}$ тескари ишора билан олинган қийматига тенг бўлиши керак:

$$\sum h_{тғр} = - \sum h_{тес} \quad (XII.46)$$

ёки нивелирлаш хатоси

$$f = \sum h_{тғр} + \sum h_{тес} \quad (XIII.47)$$

булади.

3. Икки нивелир билан нивелирлаш. Бу усулда икки киши икки нивелир билан кетма-кет юриб нивелирлайди. Биринчи нивелирловчи боғловчи ва оралиқ нуқталарни тула нивелирлаб боради, иккинчиси эса ёлғиз боғловчи нуқталарни нивелирлаб боради. Бунда иккала нивелирлаш нисбий баландликларининг йиғиндиси тенг бўлиши керак:

$$\sum h_1 = \sum h_2 \quad (XIII.48)$$

ёки нивелирлаш хатоси

$$f_h = \sum h_2 - \sum h_1 \quad (XIII.49)$$

булади, бу ерда $\sum h_1$, $\sum h_2$ биринчи ва иккинчи нивелирловчи аниқлаган нисбий баландликлар йиғиндиси.

4. Ёпиқ йўл бўйича нивелирлаш. Бунда нивелирлаш бир нуқтадан бошланиб, бутун йўлни айланиб чиқилади, охирида бош нуқтада тугатилади. Бунда нисбий баландликларнинг йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак:

$$\sum h = 0_{\pm} \quad (XIII.50)$$

ёки нивелирлаш хатоси

$$f_h = \sum h \quad (XIII.51)$$

булади.

Нивелирлашнинг юқоридаги 2- ва 3- усулларида нивелирлаш йўли реперга боғланмаганидан, олма йўл дейилади.

XIII.24. Нивелирлаш йўлидаги йўл қўярли хато

Нивелирлаш классларига қараб, нивелирлашда қилинадиган хатонинг чеки турлича булади. Қўйилган чеккача бўлган хато *йўл қўярли хато* дейилади. Нивелирлаш йўлидаги хатони f_h десак, бу

ҳаф қиймати нивелирлашга онд 1974 йилги давлат инструкции буйича қуйидаги чекда бўлиши керак: III класс нивелирлашда $f_h \leq \pm 10 \sqrt{L}$ мм; IV классда $f_h \leq \pm 20 \sqrt{L}$ мм; олма йўлларда $f_h \leq \pm 30 \sqrt{L}$ мм; бу ерда L — нивелирлаш йўлининг узунлиги, км.

Техникавий нивелирлаш давлат нивелирлаш классларига кирмасан, турли идоранинг талабига кура, турли аниқликда олиб борилади; йўл, канал трассаларини нивелирлаш, инженерлик ишларини қуриш каби ишларда қўлланилади. Қўрсатилган инструкцияга биноан техникавий нивелирлашда $f_h \leq \pm 50 \sqrt{L}$ мм ёки $f_h \leq \pm 10 \sqrt{n}$ мм бўлиши керак; бу ерда n — нивелирлаш йўлидаги станциялар сони; тахминий қидириш ишларида $f_h \leq \pm 100 \sqrt{L}$ мм деб ҳам олинади.

XIII.25. IV класс нивелирлаш

Инструкцияга биноан IV класс нивелирлаш топографик съёмка ва инженерлик ишларида баландликка асос бўлувчи реперлар ометкасини аниқлашда қўлланилади. Нивелирлаш йўли йирик масштабдаги топографик картада белгиланади; жойни рекогноцировка қилиш вақтида нивелирлаш режаси тузилади, репер ва марка ўрни белгиланади ва урнатилади. Бу тайёргарлик ишлари тугагач, нивелирлаш бошланади. Нивелирлаш иши *НЗ*, *НС4* нивелирлари воситасида бир томонли ёки икки томонли адилакли рейка билан бажарилади. Асбобдан рейкагача бўлган масофа 100 м дан ошмаслиги керак; бунда масофалар дальномер билан ёки ингичка сим билан улчанади; кетинги ва олдинги рейкалар масофасидаги фарқ 2—5 м дан ошмаслиги лозим.

Нивелирлаш тартиби. Нивелирлашда ишлатиладиган рейкага қараб, турлича кузатиш олиб борилади.

Икки томонли рейка ишлатилганда қуйидагича ишланади: асбоб горизонтал ҳолатга келтирилгач, кетинги ва олдинги рейкалар бошмоқ ёки костилга қўйилади; кейин қуйидаги тартибда саноқ олинади: а) кетинги нуқтага қараб, рейканинг қора томонидан турнинг юқори ипидан (1384), ўрта ипидан (1834) саноқлар олиб жадвалга ёзилади (XIII.5-жадвал); б) кейин нивелирни айланттириб, олдинги нуқтадаги рейкага қараб, қора томондан юқоридагидек (186) ва (1135) саноқлари олинади, в) олдинги рейкага қараб, 180° га айланттирилган рейканинг қизил томонидан ўрта ип буйича (5921) саноқ олинади; г) кейин кетинги нуқтага қараб, қизил томонидан ўрта ип буйича (6521) саноқ олинади. Ҳар саноқ олишдан олдин адилак горизонтал ҳолатга келтирилади. Юқори ва ўрта иплардан олинган саноқлар орқали дальномер масофаси топилади. Масалан, кетинги рейкагача $1834 - 1384 = 450$, олдинги рейкагача $1135 - 686 = 449$. XIII.3-жадвалда бир станциядаги иш тартиби келтирилган.

IV класс нивели лаш жадвали

Станция номери	Нуқталар номери	Кетинги, олдинги нуқталарнинг дальномер масофаси	Рейкалар саноғи		Нисбий баландлик h , мм	Нисбий баландликнинг ўртаси h_0 , мм
			кетинги a	олдинги a		
I	0—1	450 (7)	1384 (1)	686 (3)	+ 699 (11) + 698 (12) — 99 (14)	+699 (13)
		449 (8)	1834 (2)	1135 (4)		
			6521 (6)	5921 (6)		
			4647 (9)	4786 (10)		

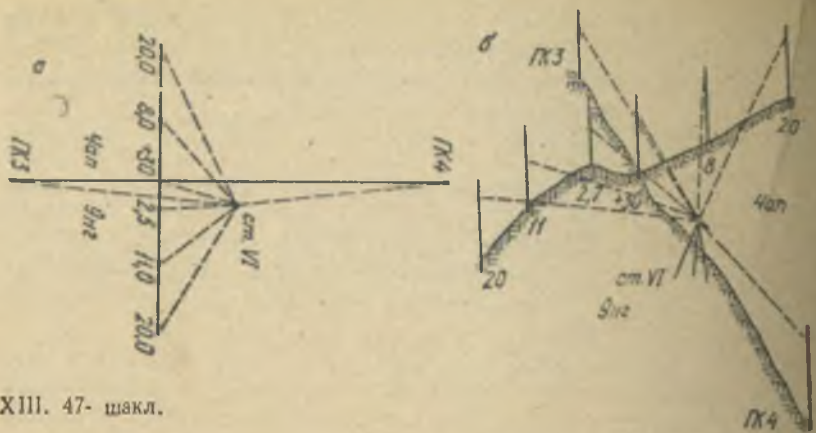
Нисбий баландликлардаги фарқ ± 5 мм дан ошмаслиги керак. Кейинги станцияларда ҳам юқоридагидек ишланади, лекин олдинги нуқтадаги рейкачи кетинги нуқтада, кетинги нуқтадаги рейкачи эса олдинги нуқтада туриши шарт.

Бир томонли рейка билан ишлашда саноқлар қуйидагича олинади: а) кетинги рейканинг ўрта ва юқори ипидан саноқлар олиб ёзилади; б) олдинги рейкадан ҳам юқоридагидек саноқлар олиб ёзилади; в) асбоб баландлиги камида 100 мм ўзгартирилиб, яна горизонтал ҳолатга келтирилади; г) олдинги рейканинг ўрта ипидан саноқ олинади; д) кетинги рейканинг ўрта ипидан саноқ олинади. Кейин XIII.5- жадвалдагидек жадвал тузилади.

XIII.26. Техникавий нивелирлаш

Буйлама нивелирлаш. Техникавий нивелирлаш иншоотларнинг қидирув ишларида, топографик съёмкаларда, инженерлик қурилишларда қўлланилади. Бунда бир вақтда буйлама ва кўндаланг нивелирлаш бажарилади. Буйлама нивелирлаш қоидалари IV классга яқин бўлиб, аниқлиги нивелирлашни ташкил қилган идора талабига биноан белгиланади. Нивелирлаш иши $H3$, $HC4$, $H10$ нивелирлари ёрдамида бажарилади. Рейкаларда адилак бўлмайдиган, рейкани тебратиш орқали саноқ олинади. Икки томонли рейка ишлатганда саноқ олиш тартиби қуйидагича: а) кетинги рейканинг қизил томонидан саноқ олинади; б) олдинги рейкадан ҳам қизил саноқ олинади; в) олдинги рейкадан қора саноқ олинади; г) кетинги рейкадан қора саноқ олинади; д) саноқлар тўғри бўлса, оралиқ ва кўндаланг нуқталардан саноқ олинади. Техникавий нивелирлашга оид ҳисоблаш ишлари кейинги параграфларда келтирилган.

Кўндаланг нивелирлаш. Йўл ва канал, катта-кичиклигига қараб, маълум кенгликда қурилади. Шунга қўра, пикетлашда трасса ўқ чизигининг икки ёнидан 20—50 метргача жойи ситацияси ва рельефи съёмка қилинади; баландлик жиҳатидан характерли нуқталар ўрни трасса ўқ чизигига чиқарилган перпендикулярга нисбатан аниқланади, кейин булар буйлама нивелирлаш вақтида нивелирланади. Бу перпендикулярлар *кўндаланг чизиклар* (поперечниклар) деб, уларни нивелирлаш эса *кўндаланг нивелирлаш* деб аталади. Кўндаланг чизик нуқталарига, оралиқ нуқта-

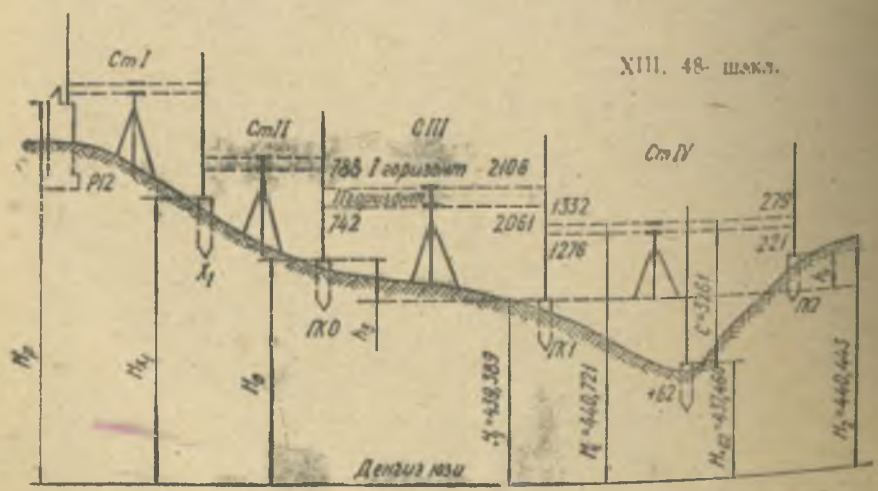


ХIII. 47- шакл.

лардаги каби иккинчи горизонтда ёки икки томонли рейкада рейканинг қора томонидан саноқ олинади. Масалан, қуйидаги нивелирлаш мисолида (ХIII.47- шакл) ПК 3 + 30,00 да кундаланг чизиқ олиниб, ўқ чизиқнинг ўнг томонидаги + 2,5 м, + 11,00 м ва + 20,00 м, чап томонидаги + 8,00 м ва + 20,00 ларга рейкалар қуйиб саноқлар олинган ва жадвалнинг оралиқ саноқ графасига ёзилган.

ХIII. 27. Геометрик нивелирлашнинг камерал ишлари

Геометрик нивелирлаш натижаларини математика қоидаларига биноан ишлаб, керакли қийматларни ҳисоблаш ва бу қийматлар асосида профиль ва бошқа чизмалар чизиш нивелирлашнинг камерал ишлари дейилади. Ҳисоблаш ва график ишларга мисол қилиб, қуйидаги нивелирлаш натижаларини кўрсатамиз. Трассанинг ПК 0 нуқтаси бир х нуқта репер № 12 га боғланган (ХIII.48-шакл). Нивелирлаш иши бир томонли рейка билан икки горизонт-



ХIII. 48- шакл.

да сажарилган. Жойнинг тузилишига қараб, х, ПК 1 ва ПК 2 лар боғловчи нуқталар. ПК1 + 62,00 оралиқ нуқта бўлган. Шаклда рейкалардан sanoқ олиш тартиби, нуқталар отметкаси IV станциядаги асбоб горизенти. Бу орақали + 62,00 нуқтанинг отметкасини ҳисоблаш йўли кўрсатилган. XIII.6- жадвалда нивелирлаш журналининг бир бети ва унда ёзиш, ҳисоблаш тартиби келтирилган.

XIII.6 - жадвал

Техникавий нивелирлаш журнали

Станциялар номери	Пикетлар номери	Рейка станоклари, мм					Нисбий ба-ландлик		Асбоб го-ризонти, м H ₁	Отметкалар H, м	
		уқилгани			ўртачаси		+	-			
		кетинги а	оралиқ-даги с	олдинги а	кетинги а _у	олдинги а _у					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
I	P-12 X ₁	418				440					443,656
		462									
II	ПК 0	270		2086		261	2108		1668		441,968
		252		2130		765	1542		1281		440,707
III	ПК 1	788		1550							
		742		1531							
IV	+ 62 ПК2	1276		2106		1304	2083,5		+0,5	440,721	439,389
		1332		2061					1318,5		437,460
V	+ 30 ПК3	340	3261	221		357	250	1054			440,443
		374		279							
VI	+ 30 ПК4	1563		951		1531	969		612	441,330	439,831
		1499	2938	987							438,392
VII	X ₂										
VIII	ПК6										
		12270		33145		6135	16572,5	1054	11491,5		-10,437
				-20875			-10437,5		-10437,5		

Нивелирлаш йўлининг узунлиги 20 пикет, яъни 2000 м бўлиб, ПК20 икки станция орқали марка № 7 га боғланган. Нивелирлаш йўлида икки бурилиш бурчаги бўлиб, бири ПК4 + 29,30 да ўнгга бурилган, бурилиш бурчаги $\theta_1 = 35^\circ 40'$, эгри чизиқ радиуси $R_1 = 300$ м; иккинчиси ПК11 + 69,16 да чапга бурилган, бурилиш бурчаги $\theta_2 = 40^\circ 30'$, эгри чизиқ радиуси $R_2 = 400$ м олинган. Бош репер отметкаси $H_6 = H_{p12} = 443,656$ м, охириги марка отметкаси $H_0 = H_{m7} = 439,702$ м; ПК0 дан ПК4 + 29,30 гача булган чизиқнинг дирекцион бурчаги $\alpha_6 = 342^\circ 34'$ га тенг.

Жадвалнинг 1—5- графалари нивелирлаш вақтида далада тулғазилади, қолган графалари эса камерал иш вақтида (уйда) тулғазилади.

Нивелирлаш жадвалини тўлдирдиш. XIII.6- жадвални тўлдирдиш учун қуйидаги ишлар бажарилади:

1. Ҳар қайси бетдаги кетинги (a) ва олдинги (e) саноклар йиғиндиси $\sum a = 12270$ ва $\sum e = 33145$ ҳисобланиб, ўз графаси тагига ёзилади. $\sum a - \sum e = -20875$ ҳисобланиб, 3—5 графалар тагига чизилган чизиқ тагига ёзилади.

2. Кетинги ва олдинги санокларнинг арифметик ўрта қиймати топилиб, 6,7-графаларга ёзилади. Масалан, I станциядаги саноклар $a_y = \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{418 + 462}{2} = 440$ ва $e_y = \frac{e_1 + e_2}{2} = \frac{2086 + 2130}{2} = 2108$ каби.

3. Кетинги ва олдинги ўрта саноклар йиғиндиси ($\sum a_y$ ва $\sum e_y$) ҳисобланиб, бет тагига, ўз графасига ёзилади ва ($\sum a_y - \sum e_y$) топилади. Мисолда $6135 - 16572,5 = -10437,5$. Бу айирма 3- ва 5-графалар йиғиндиси айирмасидан икки марта кичик бўлиши керак, яъни $\sum a_y - \sum e_y = \frac{\sum a - \sum e}{2}$; мисолда $\frac{-20875}{2} = -10437,5$. Ҳар қайси бетни шу тартибда текшириш бетма-бет текшириш дейилади.

4. Кейинги 8- ва 9- графаларга нисбий баландлик қиймати ўз белгисига қараб ёзилади. Нисбий баландликлар ўртача саноклар бўйича ҳисобланади:

$$h = a_y - e_y. \quad (\text{XIII.52})$$

Мисолда $h = 440 - 2108 = -1668$.

5. 8- ва 9- графалар йиғиндиси ва уларнинг айирмаси ҳисобланиб графалар тагига ёзилади. Биринчи бет ПК6 нинг олдинги саноғи билан тугаган, дейлик; шунда нисбий баландликлар йиғиндисининг айирмаси $\sum (+h) - \sum (-h) = 1054 - 11491,5 = -10437,5$ бўлади. Бу ерда ҳам $\sum (+h) - \sum (-h) = \sum a_y - \sum e_y$ бўлиши керак; мисолда: $-10437,5 = -10437,5$.

Шуни эсда тутиш керакки, журналнинг ҳар бети кетинги саноқ билан бошланади, олдинги саноқ билан тугайди. Мисолда биринчи бет ПК6 нинг олдинги саноғи билан тугаган, иккинчи бет эса ПК6 нинг кетинги саноғи билан бошланади. Бу ерда иккинчи бет саноқлари келтирилмай, охири XXVII станция саноқлари келтирилган. Репер 12 дан 7 маркагача булган нивелирлаш натижа-

ларни юқоридагича ишлаб чиқилади. Кейин ҳар бет тагидаги $\sum (+h)$ ва $\sum (-h)$ ларни қўшиб, нивелирлаш йўлидаги умумий йиғинди $\sum (+h)_y$ ва $\sum (-h)_y$ лар топилади; буларнинг йиғиндиси 12 репер билан 7 марка орасидаги нисбий баландлик h бўлади, яъни $h = \sum (+h)_y - \sum (-h)_y$. Бу нивелирлаш йўлидаги станцияларда аниқланган нисбий баландликлар йиғиндиси бўлганидан уни $\sum h$ билан белгиласак, (XIII.44) формулага кўра қуйидагича бўлиши керак:

$$\sum h = H_0 - H_6 = H_m - H_p, \quad (\text{XIII.53})$$

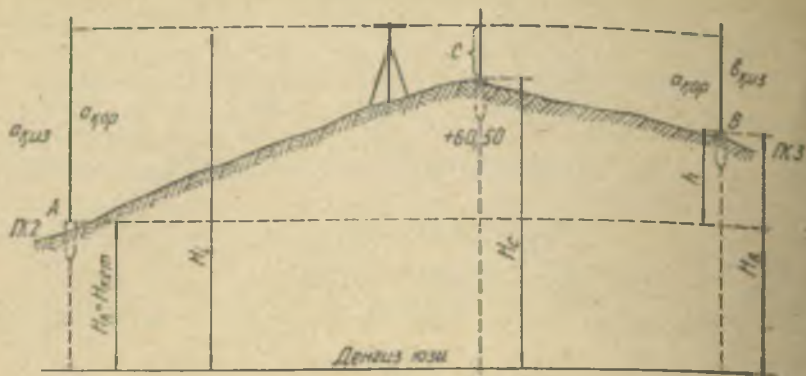
бу ерда H_m , H_p — марка ва репер отметкалари. Нивелирлаш йўлидаги боғланмаслик хатоси (XIII.45) га кўра қуйидагича бўлади:

$$f_h = \sum h - (H_m - H_p). \quad (\text{XIII.54})$$

Мисолда нивелирлаш йўлидаги $\sum (+h)_y = 16393$ мм, $\sum (-h)_y = 20350$ мм, шунга кўра, $\sum h = -3957$ мм ёки $-3,957$ м. Мисолда $H_p = 443,656$, $H_m = 439,702$ м. (XIII.54) га кўра, нивелирлаш йўлидаги амалий хато $f_{h_a} = -3,957 - (439,702 - 443,665) = -3,957 - (-3,954) = -0,003$ м $= -3$ мм бўлади. Мисолда нивелирлаш йўлининг узунлиги 2,5 км га тенг. Йўл қўярли (чекли) хато $f_{h_q} = \pm 30 \sqrt{L}$, формулага кўра $f_{h_q} = \pm 30 \sqrt{2,5} = \pm 48$ мм бўлади, яъни $f_{h_a} < f_{h_q}$ бўлганидан 3 мм хато тарқатилади.

Нисбий баландликни тенглаш. Нивелирлаш йўлидаги боғланмаслик хатоси f_h йўл қўярли бўлганда, уни нивелирлаш йўлидаги нисбий баландликларга тузатма тариқасида тарқатиб, нисбий баландликларни математик қондаларга мослаш нисбий баландликни тенглаш дейилади. f_h нивелирлаш йўлидаги станциялар сонига, яъни нисбий баландликлар сонига қараб тарқатилади. Нисбий баландликларга бериладиган тузатмалар f_h ишорасига тескари ишорада бўлиб, қийматлари 1 мм дан кичик бўлмаслиги керак. Агар нивелирлаш йўлидаги нисбий баландлик (станция) сони n , хато f_h бўлса, бир станцияга тўғри келадиган тузатма $\delta h = \frac{f_h}{n}$ бўлади. δh қиймати 1 мм дан кичик бўлса, нисбий баландликларнинг ҳаммасига берилмай, оралатиб берилади. Аввал 0,5 мм ли m та нисбий баландликларга, 0,5 мм дан берилади, кейин қолган хато $f_h - 0,5m$ нисбий баландликлар сони n га бўлиб $\frac{f_h - 0,5m}{n}$ берилади. Бунда хато станция сонидан кичик бўлганидан, тузатма касрли чиқади. Шунинг учун 1 мм хато неча станцияга тўғри келиши, яъни 1 мм хато тўғри келган станция сони n' аниқланади: $n' = \frac{n}{f_h - 0,5m}$ бўлади. Кейин $f_h - 0,5m$ қийматини 1 мм дан n' оралатиб h ларга тарқатилади.

Нуқталар отметкасини ҳисоблаш. Тузатмалар бериб тузатилган нисбий баландликлар орқали аввал боғловчи нуқталар



ХIII. 49- шакл.

отметкаси ҳисобланади. Нуқта отметкаси нисбий баландлик орқали ҳисобланса, *нисбий баландлик усули* деб, асбоб горизонти орқали ҳисобланса, *асбоб горизонти усули* деб аталади (XIII.49-шакл).

Нисбий баландлик усули. Бу усулда кейинги боғловчи нуқта отметкаси олдинги боғловчи нуқта отметкасига шу нуқталар орасидаги нисбий баландликни қўшиш орқали топилади:

$$H_n = H_{n-1} + h_{n-1} \quad (\text{XIII.55})$$

Бу XIII.48- шаклда ҳам сонлар билан кўрсатилган. Масалан,

$$H_x = H_{PK2} + h_1 = 443,656 + (-1668) = 441,988 \text{ м};$$

$$H_{PKO} = H_x + h_2 = 441,988 + (-1281) = 440,707 \text{ м}$$

ва ҳоказо.

Нисбий баландлик буйича-отметкани ҳисоблашда нисбий баландлик ва унга берилган тузатма ишораси эътиборга олинади, масалан, PK1 отметкасини ҳисоблашда нисбий баландлик—13 18,5 мм, тузатма +0,5 мм, яъни улар турли ишорада булганидан нисбий баландликдан тузатма айрилади, кейин чиққан сон H_{PKO} га алгебраик қўшилади, яъни $H_{PK1} = H_{PKO} + h_3 = 440,707 + (-1318) = 439,389 \text{ м}$.

Асбоб горизонти усули. Боғловчи нуқталарнинг отметкалари ҳисоблангач, шу отметкаларга асосланиб, станциядаги орилиқ нуқталар отметкаси асбоб горизонти усули билан ҳисобланади. *Қўриш нури отметкаси асбоб горизонти* дейилади. Асбоб горизонти орилиқ нуқталар олинган станциялардагина ҳисобланади. Орилиқ саноклар бир томонли рейкаларда иккинчи горизонтида, икки томонли рейкаларда эса қора томондан олингани учун, шу асбоб горизонтининг отметкаси ҳисобланади. Асбоб горизонти (АГ) отметкаси H_1 кетинги боғловчи нуқта отметкаси ($H_{кет}$) га шу

нуқтадан олинган саноқнинг қушилганига тенг, яъни иккинчи горизонт саноғи бўйича:

$$H_i = H_{\text{кет}} + a_2, \quad (\text{XIII.56})$$

қора томон саноғи бўйича:

$$H_i = H_{\text{кет}} + a_{\text{қор}} \quad (\text{XIII.57})$$

Бу XIII.49- шаклда яққол курсатилган. XIII.6- жадвалда IV станциянинг асбоб горизонти қуйидагича:

$$H_i = H_{\text{пк1}} + a_2 = 439,389 + 1332 = 440,721 \text{ м.}$$

Шу сон асбоб горизонти (10- графа) графасига ёзилади.

Оралиқ нуқта отметкасини ҳисоблаш. Ҳисоблаб топилган асбоб горизонти бўйича шу станциядан қараб, оралиқ саноқ с олинган нуқталар отметкаси $H_{\text{ор}}$ қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$H_{\text{ор}} = H_i - c, \quad (\text{XIII.58})$$

бу ерда c — оралиқ саноқ. Юқорида келтирилган мисолдаги IV станцияда оралиқ нуқта +62,00 нинг саноғи 3261, отметкаси эса $H_{+62} = H_i - 3261 = 440,721 - 3261 = 437,460$ бўлади. Бир станциядан бир неча нуқтага қараб оралиқ саноқ олинса, бу нуқталар отметкасини ҳисоблашда оралиқ саноқлар бир асбоб горизонтдан айрилади.

Кўндаланг нуқталар отметкасини ҳисоблаш. Кўндаланг нуқталардан ҳам оралиқ нуқта каби саноқ c' асбобнинг иккинчи горизонтда ёки рейка қора томонидан олинади; шунга кўра кўндаланг нуқта отметкаси $H_{\text{кўн}}$ қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$H_{\text{кўн}} = H_i - c' \quad (\text{XIII.59})$$

Журналда ПКЗ + 30 да олинган кўндаланг чизиқдаги бир неча (5 та) нуқта отметкасини ҳисоблаш курсатилган. Саноқлар VI станциядан олинганлиги учун (XIII.56) га биноан $H_i = 439,831 + 1499 = 441,330$ м бўлади. Шунда

$$H_{+2.5} = 441,330 - 1015 = 440,315 \text{ м,}$$

$$H_{+11} = 441,330 - 2765 = 438,565 \text{ м}$$

ва ҳоказо бўлади.

Отметкаларни тенглаш. Юқорида нивелирлаш йулини нисбий баландликлар усули билан тенглашни кўрдик. Баъзан, айрим сабабларга кўра аввал бош репер отметкаси бўйича боғловчи нуқталар отметкаси тузатилмаган нисбий баландликлар орқали топилади. Бунда охири репер ёки марканинг ҳисобланган отметкаси H_x унинг берилган отметкаси $H_{\text{бер}}$ га тенг бўлмайди. Бу вақт нивелирлаш хатоси f_h қуйидагидан аниқланади:

$$f_h = H_x - H_{\text{бер}} \quad (\text{XIII.60})$$

Агар f_n йўл қўярли бўлса, ҳисоблаб тспилган отметкалар қуйидагидек тенгланади (тузатилади). Аввал 1 мм хато неча станцияга тўғри келиши $n' = \frac{n}{f_n}$ буйича аниқланади. Масалан, 1 мм хато уч нисбий баландликка тўғри келсин. Бунда охириги репернинг ҳисобланган отметкаси ва ундан илгариги икки боғловчи нуқта отметкалари f_n га тузатилади. Бу уч отметкадан илгариги уч боғловчи нуқта отметкаси ($f_n - 1$) га, булардан илгариги уч боғловчи нуқталар отметкаси ($f_n - 2$) га тузатилади ва ҳоказо. Бўлиб берилган тузатмалар f_n ишорасига тескари ишора билан берилади. Шу тартибда тузатмалар берилганда йўлнинг бошдаги икки нуқтасининг отметкаси 1 мм га тузатилади, репер отметкаси тузатилмайди. Тузатилган отметкалар журналнинг «тузатилган» деган графасига ёзилади. Тузатилган отметкалар орқали асбоб горизонти ҳисобланиб, бу орқали юқоридагидек оралиқ нуқталар отметкалари ҳисоблаб топилади.

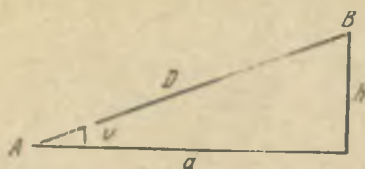
ХIII. 29. Бўйлама профиль чизиш

Ер юзасидаги бир йўналиш вертикал кесимининг кичрайтирилган тасвири профиль дейилади. Профиль *бўйлама* ва *кўндалан* бўлади. Профиллар нуқталарнинг нивелирлаш журналидаги ҳисобланган отметкалари бўйича чизилади. Темир йўл, тош йўл ва канал каби чизигий иншоотларнинг бўйлама профиллари бир-биридан кам фарқ қилади. Темир йўл профилини чизиш йўли билан танишайлик.

Ҳар қандай профиль икки хил—бири горизонтал, иккинчиси вертикал масштабда чизилади; горизонтал масштабда горизонтал масофалар, вертикал масштабда эса вертикал масофалар чизилади.

Бўйлама профиль чизиш учун, йўлнинг узунлиги ва профиль масштабига қараб, маълум улчамда миллиметрли қоғоз олинади. Темир йўл профилини чизишда горизонтал масофа масштаби 1:10000 (1 см да 100 м), вертикал масофа масштаби эса горизонтал масштабдан ўн марта йирик, яъни 1:1000 (1 см да 10 м) қилиб олинади. Қоғоз тагидан 10 см қолдириб, горизонтал чизиқ чизилади, бу чизиқ тагидан пикетлар номери ёзилганидан у *пикет чизиги* дейилади. Қоғознинг чап томонидан 5 см қолдириб, вертикал чизиқ чизилади. Горизонтал, вертикал чизиқлар бош чизиқлардир, булар асосида *профиль тўри* чизилади (ХIII. 50-шакл). Тўр яшаш учун бош горизонтал чизиқдан 10 мм юқорида чизиқ чизилади, бу икки чизиқ ораси *масофалар графаси* дейилади ва номи чап томонга ёзилади. Бош чизиқлар кесишган нуқта ПКО деб қабул қилиниб, горизонтал чизиққа пикетлар номери ёзилади. Масофалар оралиғига эса пикет нуқталардан тик чиқарилади; пикетлар орасидаги плюс нуқталар ўрни белгиланиб, уларнинг олдинги пикетдан бўлган масофалари шу оралиққа горизонтал ҳолда ёзилади.

Иккинчи горизонтал чизиқдан 15 мм қолдириб учинчи чизиқ чизилади. Бу чизиқлар орасига ер отметкалари ёки *қора отметкалар* деган сўзлар ёзилади; пикет ва плюс нуқталарнинг *ҳисоб-*



ХIII. 51- шакл.

шоот қуриладиган уринни белгиловчи чизиқ *лойиҳавий чизиқ* дейилади. Лойиҳавий чизиқда ётган нуқталар отметкаси *лойиҳавий отметка* деб аталади. Лойиҳавий чизиқ техник шартларга қараб, турли нишаб билан ўтказилади.

Нишаб ва уни ҳисоблаш. Икки нуқта орасидаги нисбий баландлик h нинг (ХIII.51- шакл) шу нуқталар орасидаги масофанинг горизонтал қўйилиши d га бўлган нисбати *нишаб* дейилади ва i билан белгиланади: $i = \frac{h}{d}$. Нисбий баландлик охириги нуқта отметкаси (H_0) дан бош нуқта отметкаси (H_6) нинг айрилганига тенг: $h = H_0 - H_6$. Шунда

$$i = \frac{H_0 - H_6}{d} \quad (\text{ХIII.61})$$

булади. h нинг ишорасига қараб нишаб манфий ёки мусбат бўлади. Тош ва темир йўлларда, жой шароитига қараб, нишаб мусбат ва манфий булади, лекин каналлар фақат сув оқиш томонига қараб манфий нишаб билан ўтказилади.

Нишаб қиймати 1000 сонига нисбат берилб ифодаланади. Масалан, $h = +5$ м, $d = 1000$ м бўлса, жой нишаби $i = \frac{h}{d} = \frac{+5}{1000} = +0,005$ булади ва шундай ёзилади. Агар $h = -3$ м, $d = 500$ м бўлса, $i = \frac{-3}{500} = \frac{-6}{1000} = -0,006$ булади.

Кўпинча нишаби «мингдан беш» ёки «мингдан саккиз» дейиш уринга нишаб беш ёки саккиз деб ҳам айтилади. Юқоридаги қоидалар кўпроқ йўл ва канал қуриш ишларида учрайди.

Мисолимизда лойиҳавий чизиқ уч хил нишаб билан ўтказилган. Биринчи лойиҳавий чизиқ лойиҳавий отметкаси 441,00 м бўлган ПК0 дан бошланиб, отметкаси 431,40 м бўлган ПК8 да тугаган, (ХIII.50) формулага кўра лойиҳавий чизиқнинг нишаби

$$i_1 = \frac{H_{\text{ПК8}} - H_{\text{ПК0}}}{800} = \frac{431,40 - 441,00}{800} = \frac{-9,60}{800} = \frac{12}{1000} = -0,012$$

булади. Иккинчи лойиҳавий чизиқ лойиҳавий отметкаси 431,40 м бўлган ПК8 дан бошланиб, ПК13 + 70,00 даги 431,40 отметкали нуқтада тугаган. Бунинг нишаби

$$i_2 = \frac{431,40 - 431,40}{570} = \frac{0,00}{570} = 0,000$$

булади, яъни бу лойиҳавий чизиқда нишаб йўқ бўлиб, йўл горизонтал ўтади; бундай жой майдонча дейилади, яъни нишабсиз горизонтал лойиҳавий чизиқ майдонча булади.

Учинчи лойиҳавий чизиқ ПК13+70,00 дан бошланиб, ПК20 да тугайди, чизиқ $i_3 = +0,006$ нишаб билан ўтказилган. ПК20нинг лойиҳавий отметкасини аниқлаш учун ПК13+70,00 билан ПК20 орасидаги нисбий баландлик h топилиши керак. (XIII.61) формуладан:

$h = di = 630,00 \cdot 0,006 = +3,78$ м. Бу сон ПК13+70,00 отметкасига қўшилса, ПК20 отметкаси чиқади, яъни $H_{ПК20} = 431,40 + 3,78 = 435,18$ м булади.

Бу нишаб қийматлари «лойиҳавий нишаб» графасига шаклдаги каби ёзилади, яъни нишабнинг боши ва охири туташтирилиб, чизиқ устига нишаб қиймати қасрсиз ёзилади, тагига шу нишабдаги чизиқ узунлиги ёзилади. Масалан, $\frac{12}{800}$, $\frac{0}{570}$ ва $\frac{6}{630}$. Лойиҳавий чизиқ охирида вертикал чизилган чизиқнинг икки ёнига шу нуқтанинг икки ёнидаги пикетдан бўлган узоклиги вертикал ҳолда ёзилади. Мисолдаги 0/0 ва 70/30 каби.

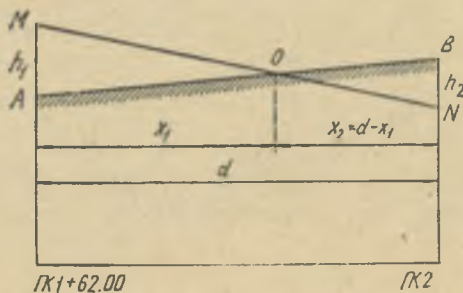
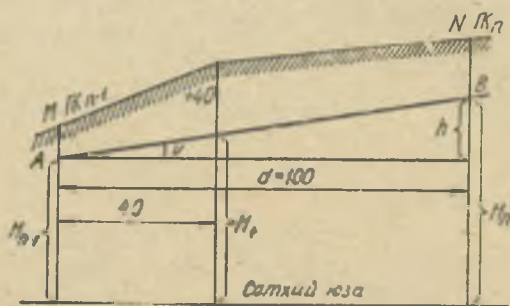
Пикетларнинг лойиҳавий отметкаларини ҳисоблаш. Лойиҳавий чизиқлар ўтказилиб, уларнинг нишаби аниқлангач, аввал пикет нуқталарнинг лойиҳавий отметкалари ҳисобланади. XIII.52-шакл, a га кўра, қуйидагиларни ёзамиз: $H_n = H_A + h$ ёки $H_{пкн} = H_{пкн-1} + h$; АВ лойиҳавий чизиқ унинг вертикал бурчаги v бўлса, $h = d \operatorname{tg} v$, $\operatorname{tg} v = \frac{h}{d} = i$ ёки $h = di$ эканини эслаб, унга қўйсак,

$$H_{пкн} = H_{пкн-1} + di \quad (\text{XIII } 52)$$

чиқади. Пикетлар оралиғи $d = 100$ м бўлганидан,

$$H_{пкн} = H_{пкн-1} + 100i \quad (\text{XIII } 63)$$

булади. Бу формула билан пикетларнинг лойиҳавий отметкалари ҳисобланади. Мисолдаги ПК0 нинг лойиҳавий отметкаси маълум бўлганидан, ПК1 нинг отметкаси қуйидагидек:



XIII. 52- шакл.

$H_{\text{пк1}} = H_{\text{пк0}} + 100i = 441,00 + 100 \cdot (-0,012) = 441,00 - 1,20 = 439,80$ м. Шунга ўхшаш $H_{\text{пк2}} = H_{\text{пк1}} + 100i = 439,80 + 100 \cdot (-0,012) = 438,60$ м ва ҳосазо. Ҳисобланган бу «лойиҳавий отетка» графасига шаклдаги каби ёзилади.

Плюс нуқталар лойиҳавий отеткасини ҳисоблаш. Пикетлар орасидаги плюс нуқталар отеткаси H_+ илгариги пикет отеткаси бўйича ҳисобланади. (XIII.62) формулага биноан қуйидагини ёзиш мумкин:

$$H_+ = H_{\text{пк}} + di, \quad (\text{XIII.64})$$

бу ерда d —илгариги пикетдан плюс нуқтагача бўлган масофа. Ми-солдаги ПК1 + 62,00 нинг лойиҳавий отеткаси қуйидагича: $H_{+62} = H_{\text{пк1}} + 62,00 \cdot i = 439,80 + 62,00 \cdot (-0,12) = 439,680 - 0,74 = 439,06$ м.

Ситуация графаси пикетлаш дафтарчаси асосида (XIII.33- шакл) тўлдирилади. Бунда шартли белгилар билан бирга урмон турлари ва экинлар тури ёзилади. Уқ чизиғининг бурилиш уринлари ҳам стрелка билан кўрсатилади.

Грунт графасига нивелирланган жойдаги тупроқ тури ва чега-ралари ёзилади.

Иш отеткаларини ҳисоблаш. Бир вертикал чизиқдаги лойиҳавий ва ер отеткаларининг фарқи *иш отеткаси* дейилади. Иш отеткалари ер қазилма чуқурлиги (қазилма) ва тупроқ тўкиш баландлиги (кутарма) қийматини кўрсатувчи сондир. Ер отеткаси H_e , лойиҳавий отетка H_d бўлса, иш отеткаси h_n қуйидагича то-пилади:

$$h_n = H_e - H_d \quad (\text{XIII.65})$$

h мусбат бўлса—қазилма, манфий бўлса—кутарма бўлади. Иш отеткалари лойиҳавий чизиқнинг икки ёнига 10 мм узоқликда кундалангига (вертикал ҳолда) ёзилади. Агар ер юзасининг отеткаси лойиҳавий отеткадан катта бўлса, айирма қазилма чуқурли-гини кўрсатади ва лойиҳавий чизиқнинг остига ёзилади. Агар лойиҳавий отетка ер сатҳи отеткасидан катта бўлса, айирма ку-тарма баландлигини кўрсатади ва лойиҳавий чизиқнинг устига ёзи-лади.

Лойиҳавий чизиқ, нишаб ва лойиҳавий отетка ёзилган графа-ларнинг ён чизиқлари ҳамда нишабни кўрсатувчи чизиқ ва ситу-ация графасидаги трасса ўқ чизиғи профилда қизил тушь билан чизилади. Нишаб графасидаги ёзувлар, лойиҳавий отеткалар ва иш отеткалари ҳам қизил тушь билан ёзилади.

Канал профилларида қазилма чуқурлиги ва кутарма баландли-гини кўрсатувчи сонлар темир йўл профилидаги каби ёзилмай, балки профиль турида алоҳида чизилган графага ёзилади. Бу гра-фаларга «кутарма баландлиги» ва «қазилма чуқурлиги» деган суз-лар ёзилади.

Нолинчи нуқта масофасини аниқлаш. Ер сатҳи чи-зиғи билан лойиҳавий чизиқнинг кесишган нуқтасида иш отетка-

си O га тенг булганидан, у нолинчи нуқта дейилади. Баъзан бу нуқтанинг икки ёнидаги пикетдан булган узоқлиги аниқланади ва профилда кўрсатилади. Бунинг учун нолинчи нуқта икки ёндаги шартли отметкалари h_1 , h_2 ва шу отметкаларга тегишли нуқталар орасидаги масофа d маълум бўлиши керак. Агар нолинчи нуқтанинг олдинги нуқтадан узоқлиги X_1 булса, XIII.52-б шаклга кўра қуйидагини ёзамиз:

$$\frac{x_1}{h_1} = \frac{d - x_1}{h_2} \text{ ёки } x_1 = \frac{h_1 - d}{h_1 + h_2} \quad (\text{XIII.66})$$

Бунинг кейинги нуқтадан булган оралигини x_2 десак, у қуйидагича аниқланади:

$$x_2 = d - x_1 \text{ ёки } x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} d; \quad x_1 + x_2 = d.$$

Профилда нолинчи нуқта ўрни тубандагича белгиланади: нолинчи нуқта устига кўк тушь билан O рақами ёзилади, шу нуқтадан шартли горизонт чизигигача кўк тушь билан пунктир чизиқ чизилади ва шу чизиқнинг икки ёнига шартли горизонт устига ҳисобланган масофалар қиймати кўк тушь билан ёзилади. Нолинчи нуқта отметкаси *кўк отметка* дейилади ва қуйидагича аниқланади:

$$H_k = H_{\text{пк}} + xi, \quad (\text{XIII.67})$$

бу ерда H_k — кўк отметка; $H_{\text{пк}}$ — олдинги пикетнинг лойиҳавий отметкаси; x — нолинчи нуқтанинг олдинги пикетдан узоқлиги, i — лойиҳавий чизиқ нишаби.

Мисолда $H_{\text{пк1}} = 439,80$ м; $x = 79,67$ м; $i = -0,012$, шунга кўра, $H_k = 439,80 + 79,67 \cdot (-0,012) = 439,80 - 0,96 = 438,84$ м бўлади.

Ситуация графасидаги ўқ чизиқнинг йўл, дарё, сой каби ўринларни кесиб ўтган нуқталарида қуриладиган иншоотлар турини профиль чизиги устида шартли белгилар билан кўрсатилади. Масалан, мисолда 6- ва 7- пикетлар орасида ўқ чизиқ тош йўлни кесиб ўтиш белгиси (байроқча) чизилган. Ўқ чизиқ ПК 13 + 70,00 да ариқни кесиб ўтган: сув ўтиши учун эни 2 м ли тўғри бурчакли темир-бетон труба қуриш лойиҳаланган ва юқорисига ТБТТ2 м (темир-бетон труба, тешиги 2 м) деб кўрсатилган. ПК 16 + 40,00 да ўқ чизиқ сойдан ўтган; сойдаги сувни ўтказиш учун диаметри 1,5 ли темир-бетон труба қўйиш лойиҳаланган. Бу ҳам шартли белги ТБТ деб кўрсатилиб, ёнига ўлчами ёзилган.

Баъзан лойиҳавий чизиқ билан ер сатҳи чизиги орасидаги юза кўтармада — қизил, қазилмада — сариқ ранг билан бўялади.

XIII. 30. Тўғри ва эгри чизиқ планини чизиш

Профилда иншоот ўқ чизигининг планий ҳолати, яъни унинг тўғри ва қисман эгри чизиқ бўйича жойланиши ва улар йўналиши профиль тагидаги махсус графада чизиб кўрсатиладики, бу

чизиқ плани дейилади. Бу тўғри ва эгри чизиқ планини чизиш учун радиус ва бурилиш бурчаклари буйича жадвалдан эгри чи-зиқ элементлари топилади, кейин қуйидаги тўғри ва эгри чизиқлар ведомости тузилади (XIII.7-жадвал).

Тўғри ва эгри чизиқлар ведомостини тўлдириш. Жадвалнинг 1,2,3,4 ва 5-графалари пикетлаш дафтарчасидаги да-ла материаллари буйича тўлдирилади. 4 ва 5-графалардаги бур-чаклар йиғиндиси аниқланиб, тегишли графа тагига, уларнинг айирмалари чиқарилиб, ўртароққа ёзилади. Мисолда:

$$\sum \theta_5 - \sum \theta_4 = 35^{\circ}40' - 40^{\circ}30' = -4^{\circ}50'.$$

6-графадаги радиус қиймати, йўл класси ва техник шартларга кўра қабул қилинади. Мисолда биринчи эгри чизиқ радиуси $R_1 = 300$ м, иккинчи радиус $R_2 = 400$ м.

7,8,9 ва 10-графалардаги T , K , B ва D қийматлари бурилиш бурчаги θ ва радиус R буйича жадвалдан топилиб, тегишли қа-торларга ёзилади. 7, 8 ва 10-графалар йиғиндиси уз графалари тагига ёзилади ва айрма $2\sum T - \sum K$ топилиб, 7,8-графалардаги йиғиндилар ўртасига ёзилади.

11,12-графалардаги эгри чизиқнинг боши (ЭБ), охири¹ (ЭО) нинг пикет ўрни (XIII.31;32) формулалар ёрдамида топилади.

Эгри чизиқнинг бош ва охири нуқталарининг пикет уринлари аниқлангандан кейин шу нуқталар орасидаги «тўғри киритма» деб аталадиган тўғри чизиқлар узунлиги «Р» ҳисобланади ва унинг қиймати метр билан ифодаланиб, бурчаклар номери ўртаси-га ёзилади. Бош тўғри киритма қиймати P , ПК0 дан биринчи эгри чизиқ бошининг пикет ўрнигача бўлган масофага тенг була-ди. Масалан, $P_1 = ЭБ_{пк} = 332,79$ м.

Икки чизиқ ўртасидаги тўғри киритма қиймати қуйидагича то-пилади:

$$P_n = ЭБ_{пк_n} - ЭО_{пк_{n-1}} \quad (\text{XIII.68})$$

Мисолда:

$$P_2 = ЭБ_2 - ЭО_1 = (\text{ПК } 10 + 21,59) - (\text{ПК } 5 + 19,54) = 1021,50 - 519,54 = 502,05 \text{ м.}$$

Охири тўғри киритма қиймати P_0 қуйидагича ифодаланади:

$$P_0 = L - ЭО_{пк_n};$$

бунда L — нивелирлаш йўлининг узунлиги, $ЭО_{пк_n}$ — энг кейинги эг-ри чизиқ охирининг пикет ўрни.

Мисолда: $P_0 = L - ЭО_{пк_n} = 2000,00 - (13 + 4,33) = 2000,00 - 1304,33 = 695,67$ м.

13-графадаги P_i лар йиғиндиси топилиб, графа тагига ёзилади:

$$\sum P_i = 1530,51 \text{ м.}$$

Шу графа тагига $\sum P_i + \sum K$ қиймати ҳам ёзилади; мисолда: $1530,51 + 469,49 = 2000$ м.

Тўғри ва эгри чизиқлар ведомости

Бурчлар номи	Бурчлар				Эгри чизиқлар						Тўғри чизиқлар							
	Коллажлар	учининг экиги ўр- ин		қиймати		олименти				инкот ўрнла- ри		узунлиги		афналиги				
		БУ	Эг Э ₉	чап У ₄	ра- диус R	тангенс T	эгри чи- зиқ K	инсеп- траса B	доғер D	эгри чизиқ боши ЭБ	эгри чизиқ охири ЭО	тўғри ки- ратма P	бурчлар уч- ларини ўрта- сидаги ма- софа S	дирекцион бурчлар α	румб			
															номи	°	'	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
0	0	0±00,00																
1	0	4+29,30	35°40'		300	96,51	186,75	15,14	6,27	3+32,79	5+19,51	332,79	429,30	342°34'	ШF	17°	26'	
2	1	11+69,16	40°30'		400	147,57	282,74	26,75	12,39	10+21,59	13+4,33	502,05	746,13	18°14'	ШШ _K	18°	14'	
												695,67	813,24	337°14'	ШF	22°	16'	
			$\Sigma \theta_9$ 35°40'	$\Sigma \theta_4$ 40°30'		$\Sigma T =$ 244,08	$\Sigma K =$ 469,49		$\Sigma D =$ 18,66			$\Sigma P =$ 1530,51	$\Sigma S =$ 2018,67	$\alpha_n - \alpha_1 =$ -4°50'	$f_1 - f_n =$ -4°30'			
			$\Sigma \theta_9 - \Sigma \theta_4 =$ =-4°50'			=488,16-						$\Sigma P - \Sigma K$ =-1530,51	$\Sigma S - \Sigma D =$ 2018,67-					
						=469,49-						+469,49	18,66=					
						=18,67						=2000,00	2000,01					

14-графага бурчак учларининг орасидаги масофа S бурчак учлари орасига ёзилган. Биринчи масофа S_1 бош пикет ПК0 дан биринчи бурчак учигача булган масофага тенг, мисолда:

$$S_1 = 429,30 \text{ м.}$$

Умуман, бурчак учларининг орасидаги масофа S қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$S_n = T_{n-1} + P_n + T_n, \quad (\text{XIII.69})$$

бунда T_{n-1} , T_n — олдинги ва кетинги эгри чизиқлар тангенси:

P_n — эгри чизиқлар орасидаги тўғри киритма. Мисолда:

$$S_2 = T_1 + P_2 + T_2 = 96,51 + 147,57 + 502,05 = 746,13 \text{ м.}$$

S нинг қийматини қуйидаги формула ёрдамида топиш ҳам мумкин:

$$S = BY_n - BY_{n-1} + D_{n-1} \quad (\text{XIII.70})$$

Бу формула текшириш формуласи дейилади ва унда бурчак учларининг ўрнидан фойдаланилади: BY_{n-1} , BY_n — олдинги ва кетинги эгри чизиқлар бурчак учларининг пикет ўрни, D_{n-1} — ўзидан олдинги эгри чизиқ номери. Мисолда:

$$S_2 = BY_2 - BY_1 + D_1 = (\text{ПК } 11 + 69,16) - (\text{ПК } 4 + 29,30) + 6,27 = 746,13 \text{ м.}$$

14-графадаги сонлар йиғиндисини $\sum S$ топилади: $\sum S = 2018,67 \text{ м.}$

8,10, 13 ва 14-графалардаги қийматларнинг йиғиндилари орасида қуйидаги шарт булиши керак:

$$\sum P + \sum K = \sum S - \sum D,$$

мисолда $\sum P + \sum K = 1530,51 + 469,49 = 2000,00 \text{ м;}$

$$\sum S - \sum D = 2018,67 - 18,66 = 2000,01 \text{ м;}$$

бу ердаги 1 см фарқ яхлитлаш хатосидан келиб чиққан.

Тўғри киритмалар йўналишини ҳисоблаш. 15-графада нивелирлаш йулидаги томонларнинг (тўғри киритмаларнинг) дирекцион бурчаклари ёзилган. Бош томоннинг дирекцион бурчаги берилганда, қолган томонларнинг дирекцион бурчаклари бурилиш бурчаги орқали қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_n &= \alpha_{n-1} + \theta_y \\ \alpha_n &= \alpha_{n-1} - \theta_q \end{aligned} \right\} \quad (\text{XIII.71})$$

бунда α_{n-1} , α_n — олдинги ва кетинги тўғри киритмаларнинг дирекцион бурчаклари, θ_y , θ_q — ўнг ва чап бурилиш бурчаклари.

Ўқ чизиқ планини чизиш. Тўғри ва эгри чизиқлар жадвали тулдирилгандан кейин профитъ турининг бош горизонтал чизиғидан 20 мм пастдаги горизонтал чизиқда эгри чизиқнинг бош ва охириги нуқталарнинг аниқланган пикет уринлари XIII 7-жадвал асосида белгиланади. Масалан, биринчи эгри чизиқнинг боши ПК3 + 32,79 да, охири эса ПК5 + 19,54 да булган. 1-ч. гор. 1-

горизонтал чизиқда шу нуқталар ўрни белгиланади. ПК0 нуқтадан ПК 3 + 32,79 нуқтагача тўғри чизиқ чизиб, шу чизиқнинг ўрта-роғига (устига) тўғри киритма қиймати 332,79, тагига эса чизиқ бурчлиги 342°34' ёзилади. Иккинчи эгри чизиқнинг бош ва охириги нуқталари жадвалга кўра белгиланади, тўғри киритмалар узунлиги ва йуналишлари жадвалдан олиб ёзилади. Эгри чизиқ ўрнини шартли равишда кўрсатиш учун эгри чизиқнинг бош ва охири белгиланган нуқталардан горизонтал чизиққа нисбатан 5 мм юқорида (бурилиш ўнгга бўлганда) ёки пастда (бурилиш чапга бўлганда) бурчаклари 5 мм ли радиус билан чизилган ёй шаклида бўлган тўғри чизиқлар чизилади. Эгри чизиқлар белгиланган чизиқлар устига бурилиш элементларидан θ , R , T , K қийматлари ёзилади.

Белгиланган ЭБ, ЭО нуқталаридан пикет чизигигача перпендикуляр чиқарилади, бу чизиқларнинг икки ёнига эгри чизиқнинг бош ва охирининг икки ёнидаги пикетдан бўлган масофаси сантиметр (баъзан метр) аниқлик билан ёзилади. Масалан, биринчи эгри чизиқ боши ПК3 дан 32,79 м, ПК4 дан 100,00 — 32,79 = 67,21 м масофада ётади. Бу сонлар вертикал чизиқнинг икки ёнига вертикал ҳолда ёзилади. Шу эгри чизиқнинг охири ПК5 дан 19,54 м, ПК6 дан эса 100 — 19,54 = 80,46 м масофада ётади. Бу сонлар ҳам вертикал чизиқнинг икки ёнига ёзилади. Бошқа эгри чизиқларда ҳам шундай қилинади.

Темир йўл профилларида доиравий эгри чизиқ билан бирга, ўтма эгри чизиқ ҳам курсатилади.

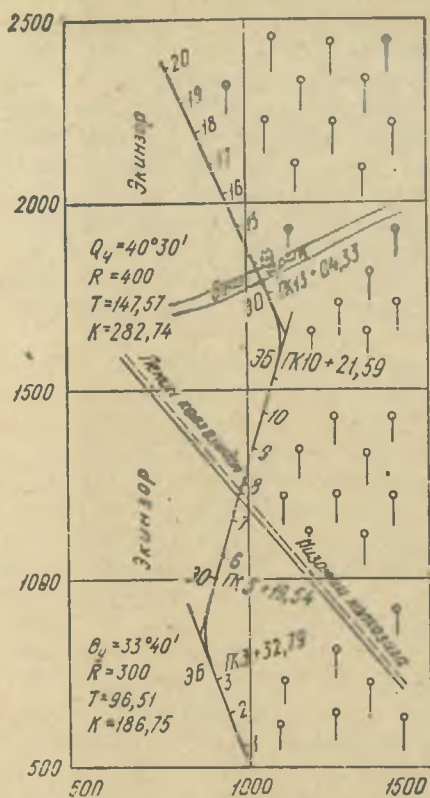
Ўқ чизиқ планида километрлар ўрнини кўрсатиш учун пикет белгиланган нуқтадан пикетлаш чизигидан пастга томон 3,5 см узунликда перпендикулярлар чиқарилади ва унинг учига диаметри 5 мм ли доирача ясалади. Доиранинг ўнг ярми қора тушь билан бўялади ва тагига километр номери ёзилади (ХIII.50-шакл).

ХIII. 31. Тўғри трасса планини чизиш

Чизиғий иншоот қуриладиган жойнинг ўқ чизиғининг профилини чизиш билан бирга, трасса ўтган жойнинг плани ҳам чизилади. Трасса плани тўғри ва эгри чизиқлар ведомости ҳамда пикетлаш дафтарчасидаги маълумотлар асосида чизилади. Талабга ва трасса ўтган жой шароитига қараб, план турли масштабда чизилиши мумкин. Масалан, текис ва бир оз баланд-паст бўлган жойларда 1:10000 ва 1:5000 масштабда, рельефи мураккаб бўлган жойларда эса 1:2000 масштабда чизилади.

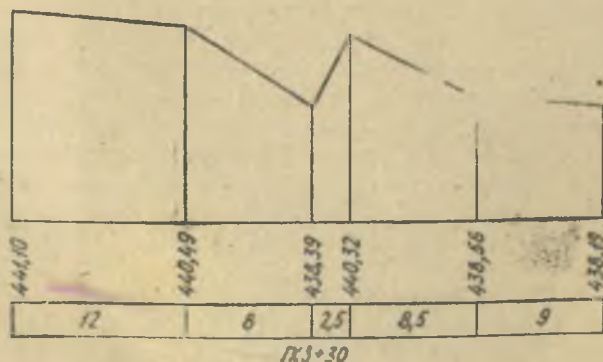
Трасса плани бурилиш бурчаги учларининг координаталари ёки трасса томонларининг румби ва узунлиги асосида чизилиши мумкин. Мисолимиздаги трасса плани бурилиш бурчаги учларининг координаталари асосида 1:10000 масштабда чизилган (ХIII.53-шакл).

Эгри чизиқнинг боши ва охиридан чиқарилган радиуслар ёнига шу нуқталарнинг пикет ўринлари ёзилади. Бу чизиқ ва ёзувлар қизил тушь билан чизилади ва ёзилади. Эгри чизиқ элемент-



XIII. 53- шакл.

софа графиги дейилади ва бунга кундаланг чизиқдаги нуқталарнинг ўқ чизиқдан узқлиги ёзилади. Мисолда жой рельефига қараб, кундаланг чизиқ ПКЗ + 30,00 да олинган (нивелирлаш журнаliga қаранг). Бу нуқтанинг пикет ўрни бош горизонтал чизиқ уртасига (тагига) ёзилади. Ўқ чизиқнинг ўнг томонида + 2,5 м,



XIII. 54- шакл.

ларитан Q, R, T, K қийматлари ҳам ҳар қайси эгри чизиқ ёнига ёзилади.

Трасса ўқ чизиғининг икки ёнига пикетлаш дафтарчасидаги жой ситуацияси чизилади.

XIII. 32. Кундаланг профиль чизиш

Кундаланг профиль ўқ чизиқнинг икки ёнидаги жой рельефини курсатиш учун чизилади ва кўпинча, кундаланг чизиқлар деб аталади.

Ёр қазииш ишлари ҳажмини аниқлаш осон бўлиши учун кундаланг профиль йирик (1:200 каби) масштабда чизилади, горизонтал ҳамда вертикал масштаби бир хил бўлади.

Профиль чизиш учун бирор горизонтал чизиқ чизилади ва у бош чизиқ деб қабул қилинади (XIII.54-шакл). Шундан юқорида 1 см ташлаб, иккинчи чизиқ утказилади. Бу 1 см ли оралиқ ма-

+ 11,00 м ва 20,00 м масофаларда, чап томанда эса + 8,0 м ва
+ 20,00 м масофаларда жойнинг характерли нуқталари нивелир-
ланган. Бу нуқталар ўрни масштабда масофа графасида белгила-
нади. Масофа графасидаги сонлар ҳар қайси нуқтанинг бир-бирига
нисбатан бўлган узоқлигини курсатади. Масофа графасидан кейин,
15 мм юқорида горизонтал чизиқ чизилади, бу графага кундаланг
чизиқдаги нуқталарнинг журналдаги отметкалари см гача яхлит-
ланиб ёзилади. Сунгра охириги чизиқ шартли горизонт сифатида
кабул қилиниб, шу чизиқдан 7—10 см юқорида профиль чизи-
лади. Кейин кундаланг чизиқ нуқталарининг ўрни отметкаларига
қараб, масштаб бўйича бўйлама профилдаги каби топилади ва
туташтирилади.

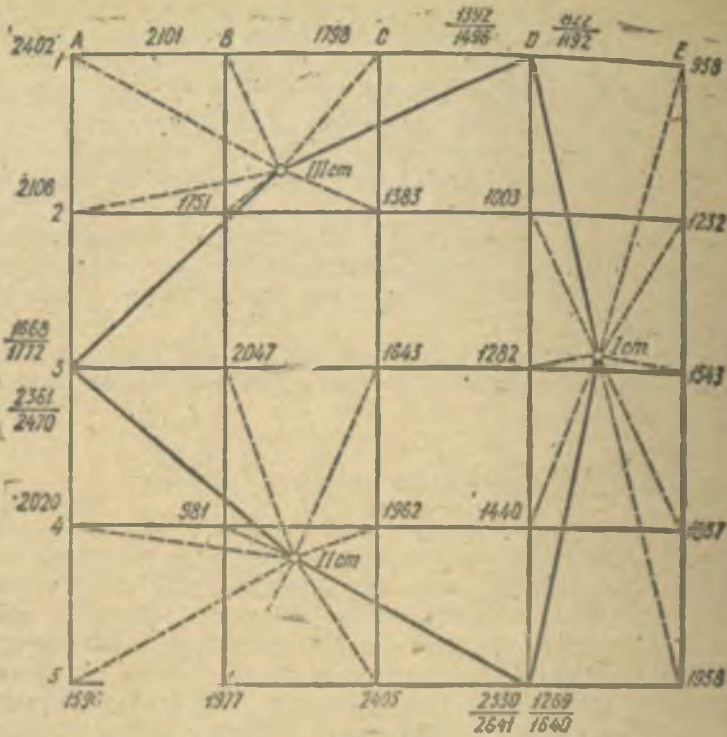
Шартли горизонт отметкаси кундаланг нуқталар отметкасига
қараб аниқланади. Мисолда шартли горизонт отметкаси 435,00 м
деб слинган.

ХIII. 33. Юзаларни нивелирлаш ва унинг усуллари

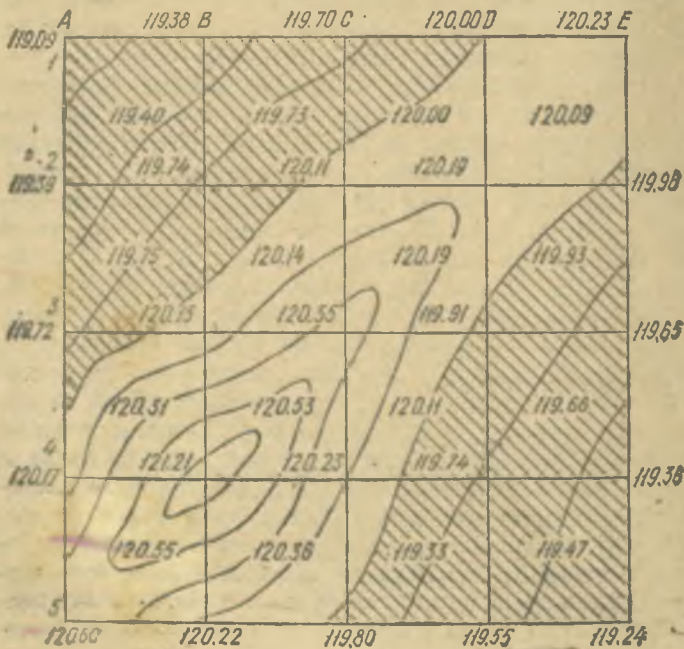
Аэродром, стадион, темир йўл станцияси каби инженерлик
ишшооти қуриш мўлжалланган майдон юзасининг рельефини аниқ-
лаб, ундан мақсадга мувофиқ фойдаланиш учун аввал шу жой-
нинг рельефи тасвирланган планни чизилади. Ихтиёрий майдон
юзасини нивелирлаб, уни қоғозда горизонталлар билан тасвирлаш
юзани нивелирлаш деб, план эса горизонталли план деб аталади.
Бундай план инженерлик ишларида кўп ишлатилади; қурилади-
ган ишшоот шу планда лойиҳаланиб, кейин амалга оширилади.

Берилган жойнинг контури (чегаралари), рельефининг кўрини-
ши, жойнинг очиқ ёки ёпиқ эканлиги каби ҳолларга қараб, юза
нивелирлашда қуйидаги усуллар қўлланилади: 1) квадрат катак-
лар усули; 2) параллел чизиқлар усули; 3) полигон усули. Бу-
лардан энг кўп қўлланиладигани квадрат катаклар усулидир.

Квадрат катаклар усули. Бу усулда теодолит ёрдами-
да, жой қиялигига қараб, томонни 20 ёки 40 м ли квадрат катаклар
қуйидагича ясалади (ХIII.55-шакл). А нуқтага теодолит ўриати-
либ, I верньер ноли лимб нолига тўғриланади-да, алидада маҳ-
камланиб, лимб бушатилади, E нуқтага қаратилиб эса, лимб
маҳкамланади. AE чизиқда ҳар 20 ёки 40 м дан B, C, ... нуқ-
талар белгилалиб, қоziқ қоziлади; кейин алидада бушатилиб,
I верньер 90° га тўғриланса, AE га перпендикуляр 1—5 чизиқ
ясалади. Бу ерда ҳам 4—5 бўйича 20—40 м дан ўлчаб, 2, 3,
... нуқталар белгиланади-да, қоziқла қоziлади. Нуқталар
A—2, A—3, ... B—2, B—3, ... каби белгиланади ва қо-
ziқланган қоziқларга ёзилади. Шунда квадрат катаклар ясалган
бўлади. Нивелирлаш олдидан квадрат катаклар схемаси алоҳида
қоғозга чизилади, бунда нивелирлашда рейкадан олинган санок-
лар ҳар қайси нуқта ёнига ёзилади. Томон узунлигига қараб,
боғловчи нуқтанинг асбобдан узоқлиги 50 м дан ошмаслиги куз-
да тутилиб, станциялар белгиланади ва шаклдаги каби нивелир-
ланади. Агар жойнинг нишаби кичик бўлса, квадрат томонлари
100 м дан олинади. Бунда ҳар квадратда станция олинади. Квад-



XIII. 55- шакл.



XIII.56- шакл.

рат томони ёки ўртасида баландлик бўйича характерли нуқта бўлса, унинг ўрни томонларга нисбатан аниқланади ва нивелирланади.

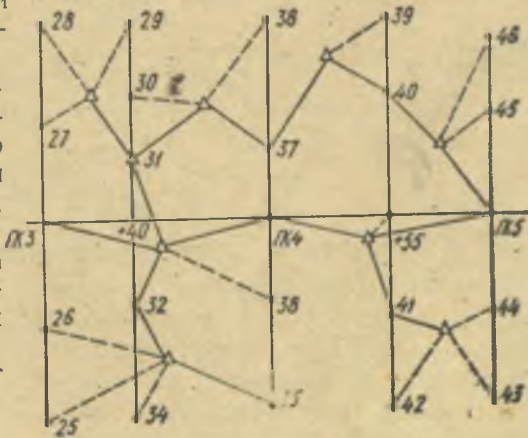
Томон узунлиги 40 м дан бўлган квадрат катакнинг 1:1000 масштабда чизилган схематик плани мисол тариқасида XIII.55-шаклда келтирилган. Чизмада бурчак учларининг номерланиши қўбул қилинган қоидага биноан ёзилган; станциялар номери рим рақами билан кўрсатилган. Нивелирлаш тартиби ҳам схема тарзида берилган; боғловчи нуқталарга қараш йўналиши узлуксиз чизик билан, оралиқ нуқталарга қараш йўналиши эса пунктир чизик билан кўрсатилган. Боғловчи нуқталарга икки горизонтда қараб, икки саноқ, оралиқ нуқталарга бир горизонтда қараб, бир саноқ олинган ва бу саноқлар бурчак учларига ёзилган. Энди шу дала материаллари бўйича бурчак учларининг отметкаларини аниқлаш ва шу отметкалар бўйича горизонталлар ўтказиш, ўртача (ноль) отметкаларни аниқлаш каби ишлар билан танишайлик.

Бурчак учлари отметкаларини аниқлаш. Схематик пландаги саноқлар бўйича нивелирлаш журнали тўлдирилади ва бўйлама нивелирлашдаги каби, бунда ҳам боғловчи ва оралиқ нуқталар отметкаси аниқланади.

Отметкалар бўйича горизонталлар ўтказиш. Квадрат учларининг отметкалари аниқлангандан кейин, нивелирланган жойнинг иккинчи схематик плани чизилади. XIII.55-шаклдаги квадрат учларининг хисобланган отметкалари сантиметргача яхлитлаб олиниб, бурчак учлари номери ёнига ёзилади (XIII.56-шакл). Шу отметкалар бўйича талаб қилинган кесим баландлигида ($h = 0,25$ м ёки $h = 0,50$ м да) горизонталлар ўтказилади. Мисолда кесим баландлиги $h = 0,25$ м деб олинган. Нуқталар отметкаси бўйича горизонталлар ўтказиш уеуллари IV.2-параграфда тушунтирилган.

Квадратларнинг барча томонлари ва бир диагонали бўйича интерполяция қилинганидан кейин горизонталлар ўтказилади. Шунда жой рельефи горизонталлар билан тасвирланади.

Параллел чизиклар ёки кўпдаланг чизиклар усули. Бу усул жой очиқ ва ёшиқ бўлиб, рельефи ўртача бўлганда кулланилади. Бунда жой ўртасидан ўтказилган магистрал чизик ёки трасса ўқ чизигидаги керакли нуқталарнинг планий ўрни ва баландликлари аниқланади. Нивелирланиши керак нуқ-



XIII. 57- шакл.

талар белгиланиб, уларнинг уринлари магистрал чизиққа нисбатан перпендикуляр ёки маълум бурчак бўйича чиқарилган чизиқ ёрдамида аниқланади. Жойнинг схематик плани абрис шаклида чизилади (XIII.57-шакл). Кейин жойнинг тузилишига қараб, бир ёки бир неча станция орқали нивелирланади. Нивелирлаш натижалари схемага ёки журналга ёзилади. Камерал ишлар квадрат усулидаги каби бажарилади.

Полигон усули. Полигон усулида магистрал чизиқ ёпиқ ёки очиқ кўпбурчаклик томонларидан иборат бўлади. Бу усулни рельефи мураккаб бўлган жойларга ҳам татбиқ этиш мумкин бўлиб, магистрал чизиқ тизма тоғ, сой каби характерли ўринлардан ўтказилади, бунга нисбатан чиқарилган перпендикуляр ёрдамида нуқталар ўрни аниқланади; кейин бир неча станцияда туриб нивелирланади. Боғловчи ва оралиқ нуқталар отметкаси квадрат усулидаги каби ҳисобланади, кейин жой рельефи горизонталлар билан тасвирланади.

XIII. 34. Ер ишлари лойиҳавий отметкаларини аниқлаш

Кўпинча, инженерлик иншооти қуриладиган майдон юзасини горизонталлар билан тасвирлаш кифоя қилмайди. Шу горизонталли планда иншоот лойиҳаланади. Инженерлик ишларининг талабига қараб лойиҳага кўра жойни турли нишаб билан текислаш керак бўлади. Бунда иншоотнинг вазифаси ва техник шароитларга қараб, нуқталарнинг лойиҳавий отметкалари бўйича ер ишлари ҳажми, яъни тупроқ қазिश ва тупроқ солиш ишларининг ҳажми топилади. Лойиҳавий отметка сифатида, кўпинча, ер юзаси нуқталарининг ўрта отметкаси қабул қилинади ва ҳисоблаш ишлари қуйидаги тартибда олиб борилади. Аввало квадрат учлари отметкаларининг арифметик ўрта қиймати топилади. Лойиҳавий отметка тенг аниқсиз ўлчашдаги умумий арифметик ўрта қийматни ҳисоблаш формуласи (IV.36) асосида топилади, яъни

$$H_0 = \frac{[PH]}{[P]}, \quad (\text{XIII.72})$$

бунда H_0 — лойиҳавий отметка; P — квадрат учларидаги бурчаклар сони; H — олинган бурчак учининг отметкаси.

Лойиҳавий отметкани аниқлашда қуйидаги формуладан фойдаланиш маъқул:

$$H_0 = \frac{4\sum H_1 + 2\sum H_2 + \sum H_3}{4n}, \quad (\text{XIII.73})$$

унда $\sum H_1$ — ички квадрат бурчак учлари (мисолда 9 та, XIII.56-шакл) отметкаларининг йиғиндиси; $\sum H_2$ — четки квадратлардаги четки бурчак учлари (мисолда 12 та) отметкаларининг йиғиндиси; $\sum H_3$ — тўртбурчаклик учларининг (мисолда 4 та) отметкаларининг йиғиндиси; n — квадратлар туридаги квадратлар сони (мисолда 16 та). Кўпинча, лойиҳавий отметкани аниқлаш учун ҳар қайси квадрат учларининг отметкалари бўйича шу

квадратнинг ўртача отметкаси топилади ва квадрат ўртасига ёзилади (XIII.56-шакл). Кейин, топилган ўртача отметкаларнинг арифметик ўрта қиймати аниқланади ва бу отметка *лойиҳавий отметка* дейилади.

Лойиҳавий отметка аниқлангандан кейин пландаги отметкалари лойиҳавий отметкага тенг нуқталар эгри ёки тўғри чизиқ билан туташтирилса, *ноль чизиқ* ҳосил булади; бу чизиқ қазилиши ва тупроқ тукилиши керак бўлган майдон чегарасини кўрсатади ва кўпинча, кўк тушь билан чизилади. Панда тупроқ тукиладиган (кўтарма) майдон юзаси оч яшил ранг билан бўялади ёки турли штрихлар билан белгиланади. Лойиҳавий чизиқ қизил тушь билан чизилади. Бундай чизма *ер ишлари картограммаси* дейилади.

Агар нивелирланган майдонда горизонтал юза лойиҳаланмай, балки маълум нишабдаги юза лойиҳаланса, бунда ҳар қайси бурчак учндаги лойиҳавий отметка эса масофа ҳамда нишаб орқали топилади. Ҳисобланган лойиҳавий отметкалар уз квадрат учларига (лойиҳавий отметка чизиқ устига, ер сатҳининг отметкаси эса чизиқ остига) ёзилади.

XIII. 35. Иш отметкаларини аниқлаш

Лойиҳавий отметкага нисбатан аниқланадиган квадрат учларидаги тупроқ қазниш чуқурлигини ва тупроқ тукиш баландлигини кўрсатувчи сон *иш отметкаси* дейилади. Иш отметкаларини аниқлаш учун нуқтанинг лойиҳавий отметкасидан ҳисобланган ер отметкаси айирилади; айирма манфий бўлса, бу қазилма чуқурлиги, мусбат бўлса кўтарма баландлиги булади. Масалан, A1 учнда $120,00 - 119,09 = +0,91$ м сони кўтарма қиймати булади; C2 учда $120,00 - 120,11 = -0,11$ м эса қазилма чуқурлиги булади. Ҳисобланган иш отметкалари махсус ер ишлари жадвалига (XIII.8-жадвал) ёзилади.

XIII.8-жадвал

Ер ишлари жадвали

Нуқталар но- мери	Иш отметкалари, м		Нуқталар но- мери	Иш отметкалари, м	
	қазилма	кўтарма		қазилма	кўтарма
A1		0,91	D3		0,09
B1		0,61	E3		0,35
C1		0,30	A4	0,17	
D1	0,23	0,00	B4	1,21	
E1			C4	0,25	
A2		0,61	D4		0,26
B2		0,26	E4		0,64
D2	0,11		A5	0,60	
C2	0,19		B5	0,22	
E2		0,04	C5		0,20
A3		0,28			
B3	0,15		D5		0,45
C3	0,55		E5		0,76

Иш отметкаларини планда бурчак учлари ёнига қизил тушь билан ўз ишоралари бўйича ёзиш ҳам мумкин. Бунда қайси нуқтада қазилма ёки кўтарма борлиги яққол кўрилади.

Лойиҳаланган текисликни жойда режалаб, уни амалга ошириш учун қилинадиган умумий иш ҳажмини аниқлашда аввал ҳар қайси квадратдаги иш ҳажми топилади. Бу ҳажм эса асоси квадрат юзига тенг бўлган призма ҳажмига тенг. Призма баландлиги учун квадрат бурчак учларидаги иш отметкаларининг арифметик ўрта қиймати h_0 қабул қилинади, яъни

$$h_0 = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \quad (\text{XIII.74})$$

бу ерда h_1, h_2, h_3 ва h_4 — квадрат учларидаги иш отметкалари. Шунда ер ишлари ҳажми W қуйидагича бўлади:

$$W = h_0 \cdot S \quad (\text{XIII.75})$$

бу ерда S — квадрат юзи (ёки юзининг бир қисми). Ҳар қайси квадратнинг ер ишлари ҳажми квадрат ўртасига ёзилади. Кейин барча қазилма ва кўтарма ҳажми, яъни умумий ишнинг баланси топилади.

XIV боб. Физик нивелирлаш

XIV.1. Физик нивелирлашнинг моҳияти ва усуллари

Ер юзида олинган икки нуқта орасидаги нисбий баландликни табиатдаги ҳаво, сув каби предметларнинг физик хоссалари ва уларнинг ер баландлигига қараб ўзгаришига асосланиб аниқлаш *физик нивелирлаш* дейилади. Бундай нивелирлашда қўлланиладиган асбоб ва усулга қараб, *барометрик, гипсотермометрик, гидростатик нивелирлаш* ҳамда *механик ва аэроривелирлаш*га бўлинади.

Барометрик нивелирлаш. Бу усулда нисбий баландлик атмосфера баландликда кам, пастликда эса ортиқ бўлишига асосланиб аниқланади. Агар жойда турли баландликда ётувчи нуқталарни M (пастда) ва N (баландда), бу нуқталардаги симобли барометр босимини B_1 ва B_2 десак, бу нуқталар орасидаги нисбий баландлик h қуйидаги эмпирик формула ёрдамида аниқланади:

$$h = 18470 \left(1 + 0,0037 \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \cdot (\lg B_1 - \lg B_2); \quad (\text{XIV.1})$$

бу ерда t_1, t_2 — M ва N нуқталардаги ҳаво температураси, 18470 — ўзгармас коэффициент, 0,0037 — температуравий коэффициент.

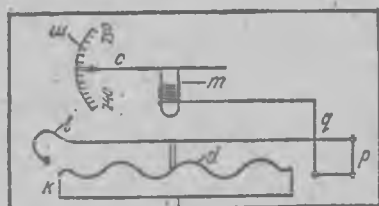
Симобли барометр нозик бўлганидан нивелирлашда анероид номли ихчам металл барометр ишлатилади (XIV.1-шакл). Анероиднинг ички тузилиш схемаси XIV.2-шаклда кўрсатилган. Анероид асосан ҳавоси тортиб олинган қути k дан иборат бўлиб, қути қопқоғи d нинг босимни сезувчанлигини ошириш учун у пружиналанадиган қилиб ишланган; унинг ўртасига устунча ўрнатилиб, унга q, p ричаглар маҳкамланган. Босимнинг ўзгариши билан d қопқоқ кўтарилади ёки пасаяди; бу ўзгариш p, q ричаг-

лар орқали катталшиб, t нинг айланиши билан c стрелканинг ҳолати ўзгаради, стрелка бўйича \mathcal{W} шкаладан босим қиймати олинади. Шкаладан олинган саноқ анероиднинг кўрсатиши дейилиб, A ҳарфи билан кўрсатилади. Анероид ўртасида термометр бўлиб, t_A билан кўрсатилади, бу анероид температурасини кўрсатади ва t_A билан белгиланади.



XIV. 1- шакл.

Анероиддан олинган A саноқ симобли барометр саногини B га тўғри келмайди. Шунинг учун (XIV.1) формула билан h ни ҳисоблашдан аввал анероиднинг кўрсатиши A симобли барометрнинг кўрсатиши B га қуйидагича келтирилади:



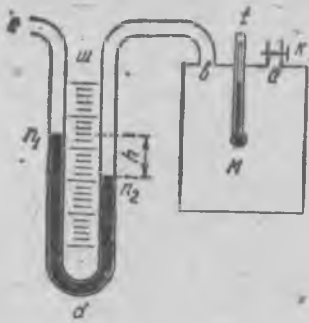
XIV. 2- шакл.

$$B_0 = A + a + \sigma t_A + c(760 - A); \quad (\text{XIII.2})$$

бунда B_0 — нормал босимда 0° даги симобли барометрнинг кўрсатишига келтирилган босим, a — анероиднинг қушимча тузатмаси; $t_A = 0^\circ$, $A = 760$ мм бўлса, $a = B_0 - A$ бўлади, σ — температура коэффициенти, σt_A — температура тузатмаси, $c(760 - A)$ — шкала тузатмаси, 760 мм — денгиз сатҳида ҳавонинг уртача босими. a , σ ва $c(760 - A)$ лар қиймати анероид аттестатида берилган бўлади, t_A — анероиддан олинади.

Нисбий баландликни аниқлаш учун M ва N нуқталарда туриб анероиддан A_1 ва A_2 саноқлар олинади, t_1 ва t_2 ўлчанади. Кейин (XIV.2) буйича B_1 , B_2 лар ҳисобланиб, (XIV.1) буйича h ҳисоблаб топилади. Ҳисоблашни кетма-кет маълум тартибда олиб бориш учун махсус «барометрик журнал» тўлдирилади. Анероиддан саноқ 0,1 мм аниқлик билан олинади. Босимнинг 1 мм ўзгаришига тахминан 12 м тўғри келади, барометрик нивелирлаш ҳағоси 2—3 м атрофида бўлади. Янги топографик висотомер (баландлик ўлчагич) ёрдамида анча аниқ нивелирлаш мумкин. Ҳозир пружинасиз БАММ анероиднинг такомиллашгани МД-49-2 ва МД-49-А шифри билан чиқариладиган анероидлар аниқ анероидлардир. Оптик ОМБ-1 шифрли микробарометр 0,10—0,30 м аниқликда нивелирлашга имкон беради.

Барометрик нивелирлаш аниқлиги унча бўлмаганидан, қурилишнинг қидириш ишларида, рекогносцировкада ишлатилади. Ба-



XIV. 3- шакл.

шиша трубка ўрнатилган. Трубкага ярим қилиб енгил суюқлик қуйилган. Агар k крани очилса, M идиш ҳаво билан тўлади, e очиқ бўлганидан ed ва de трубкаларидаги босим бир хил бўлиб, трубканинг ed ва de қисмидаги суюқлик юзаси бир горизонтда бўлади. Агар крани беркитиб барометр билан баланд жойга чиқилса, ed қисмидаги босим камайганидан, суюқлик юзаси кўтарилди, vd эса пасаяди. Икки трубкадаги суюқлик горизонтининг фарқи $ш$ шкаладан олинган n_1, n_2 саноқларнинг айирмаси $n_1 - n_2 = n$ га тенг. Бу фарқ эса икки нуқтадаги ҳаво босимининг фарқи бўлади. Шкала бўлагининг қиймати 1 мм, саноқ шкаладан 0,1 мм аниқлик билан олинади. Идиш температураси t билан ўлчанади.

Босимни 0,01 мм аниқлик билан ўлчашга имкон берадиган $БН-1$ шифрли оптик В. В. Шулейкин баронивелири ҳам қўлланади. Кейинги вақтда $ОМБ-1$, $ОМБ-3П$ каби микробарометрлар қўлланади.



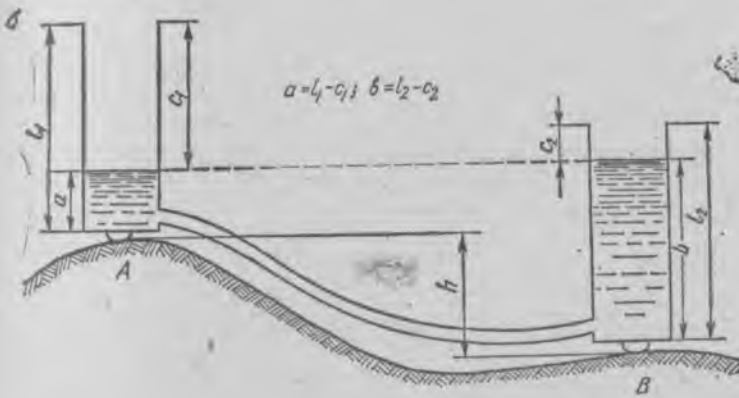
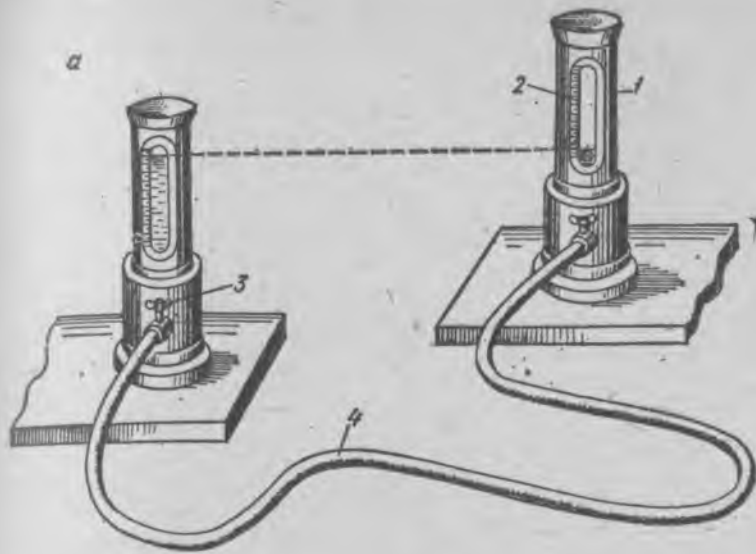
XIV. 4- шакл.
Гипсотермометр:

1 — суви идиш,
2 — тўр, 3 — сурин-
ладиган трубка,
4 — тутувчи ҳалқа,
5 — термометр, 6 —
спиртовка

Гипсотермометрик нивелирлаш. Тоғ-лик жойларда қидириш ишлари олиб борилганда, саёҳат вақтларида нуқта баландлигини гипсотермометрик нивелирлаш йўли билан ҳам аниқлаш мумкин. Бунда гипсотермометр ёрдамида сувнинг қайнаш даражаси аниқланади, кейин маълум формула ёрдамида нуқта баландлиги топилади. Гипсотермометр ёрдамида температура $0,01^\circ$ гача аниқ ўлчанади. Гипсотермометр XIV.4-шаклда кўрсатилганидек, металл банка 1 га 15—20 мм чуқурликда дистилланган сув солинади. Идиш қуйи томонига тўрли 2 металл трубка 3 ўрнатилиб, унинг ичига термометр 5 жойланган, уни ҳалқа 4 тутиб туради. Идишдаги сув спирт лампаси 6 ёрдамида қайнатилади. Сув буғи тўр орқали трубкага ўтиб термометр кўрсатишини ўзгартиради. Термометр саноғи орқали махсус жадвалдан бунга тўғри келган симбли барометрнинг кўрсатиши топилади, сўнгра барометрик нивелирлашдаги каби баландлик аниқланади.

рометрик нивелирлаш билан нуқталар баландлиги аниқланса, бу нуқталарнинг планий ҳолати *чамалаш сьёмкаси* билан аниқланади. Шунга кўра, барометрик нивелирлаш ва *чамалаш сьёмкаси* бир вақтда бирга олиб борилади.

Дифференциал барометр. Буни Д. И. Менделеев (1874) барометри деб ҳам аталади. Барометр XIV.3-шаклда кўрсатилганидек, юқорисида икки a ва b очиқлиги (тешиги) бўлган цилиндрик идиш M дан ясалиб, a га кран k , b тешигига ede



XIV. 5-шакл, а, б

Барометрик, гипсотермометрик нивелирлаш усули геологик ишларда, жойни сьёмка қилишда ҳам кенг кўламда қўлланилади.

Гидростатик нивелирлаш. Бу, баъзан, *шлангавий нивелирлаш* деб ҳам аталади. Гидростатик нивелирлашнинг аниқлиги юқори бўлганидан бу усул иншоотларни монтаж қилишда, бино ва турли иншоотларнинг чуқишини аниқлашда, дарё ёки жарлик орқали нивелирлаш ишини бажаришда ва бошқа ишларда қўлланилади. Бу усул туташ идишлардаги суюқлик юзасининг бир горизонтда туриш қонунига асосланади. Техник ишларда қўлланилганидан, *техник шлангавий нивелир* (НШТ — 1) деб номланади. Асбоб икки шиша идиш (стакан)дан (XIV.5-шакл, а) яса-либ, бу идишлар юмшоқ резина ёки пластмассадан ясалган турли

узушликдаги шланг орқали туташтирилади. Стаканлар бир хил шишадан цилиндрлик қилиб ишланиб, металл филофга жойланган. Филофнинг бир томони очиқ бўлиб, шу томондаги шишага миллиметрли шкала ясалган. Шишага ярим қилиб суюқлик солинади, кейин шишанинг усти бекитилади. Суюқлик горизонтни белгилаш учун цилиндр ичига енгил ғилдирак (доиравий) қалқович қўйилади. Суюқлик буғланмайдиган ва тоза бўлиши керак. Қор, ёмғир ва водопровод сувларини ишлатиш мумкин. Иккала стакан тагига очиқ ёпиладиган кран 3 ўрнатилган.

А ва В нуқталар орасидаги нисбий баландлик h ни топиш учун (XIV.5-шакл, б) 1 стаканни А нуқтага, 2 стаканни В нуқтага ўрнатиб, кранлар очилади. Қалқович тўхтагач, А ва В даги стаканлардан шкала бўйича a ва b саноклар олинади. Шунда $h = a - b$ бўлади. Шакл бўйича $a = l_1 - c_1$, $b = l_2 - c_2$ десак ва ўрнига қўйсак, $h = (l_1 - c_1) - (l_2 - c_2)$ (а) келиб чиқади; бу ерда $l_1 - l_2 = k$ стаканлар баландлигидаги фарқ, $(c_2 - c_1)$ — стаканнинг юқорисидан сув юзигача бўлган узушликлар фарқи.

Агар А нуқтага 2, В нуқтага 1 стаканни қўйиб c'_1 ва c'_2 саноклар олиб нивелирланса, қуйидагини ёзиш мумкин:

$$h = (c'_2 - c'_1) - (l_2 - l_1). \quad (6)$$

(а) ва (б) дан қуйидаги чиқади:

$$h = \frac{(c'_2 - c'_1) - (c_2 - c_1)}{2}. \quad (XIV.3)$$

Бу формула асосий ҳисоблаш формуласи бўлиб, бунда стаканлар баландликларининг қийматини аниқлаш шарт эмас. (XIV.3) билан (б) дан қуйидагини ёзиш мумкин:

$$K = \frac{(c_2 - c_1) + (c'_2 - c'_1)}{2}$$

Шланг узушлиги 16 м бўлганда нисбий баландлик $\pm 0,2$ мм аниқлик билан топилади.



XIV, 6-шакл.

Аэронивелирлаш. Ер юзасидаги нуқталар баландлигини ҳаводан (самолётда) кузатиш йўли билан аниқлаш *аэронивелирлаш* дейилади. Масалан, жойдаги $ABCD$ нуқталар (XIV.6-шакл) ни нивелирлашда самолёт A_1 нуқтадан бошлаб, B , C ва D нуқталар баландлигини аниқлаб учади. A_1 , B_1 , C_1 ва D_1 самолёт йўли бўлсин. MN чизиги изобарик текисликдир, бунга нисбатан барометрик нивелирлаш каби ишлайдиган статоскоп ёрдамида нуқталар баландлиги аниқланади. Агар самолётнинг ABC ва D нуқталардан бўлган баландлигини l_1 , l_2 , l_3 ва l_4 десак, булар радиовисотомер ёрдамида ўлчанса, A , B , C ва D нуқталар баландлиги H_1 , H_2 , H_3 ва H_4 қуйидаги формулалар ёрдамида аниқланади:

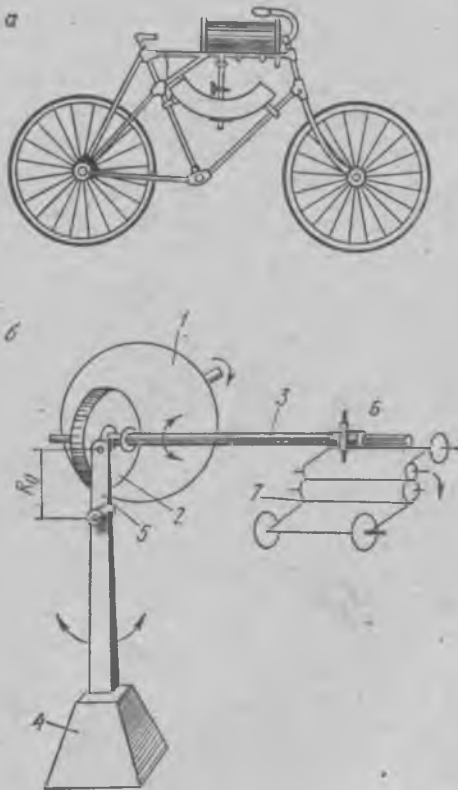
$$H_2 = H_1 + l_1 + (\Delta H_2 - \Delta H_1) - l_2;$$

$$H_3 = H_1 + l_1 + (\Delta H_3 - \Delta H_1) - l_3;$$

$$H_n = H_1 + l_1 + (\Delta H_n - \Delta H_1) - l_n.$$

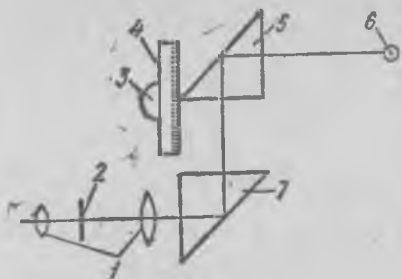
Агар бош нуқта A нинг абсолют отметкаси H_1 маълум бўлса, қолган нуқталар отметкаси юқоридаги формула ёрдамида ҳисоблаб топилади.

Механик нивелирлаш. Бўйлама нивелирлаш ишини автомат нивелир ёрдамида бажариб, нивелирлаш йўлининг чизилган профилини олиш *механик нивелирлаш* дейилади. Бунда профиль чизилганидан, асбоб *профилограф* деб ҳам юритилади. Бу усул кўпроқ қидириш ишларида қўлланилади. Нивелирланадиган жойнинг баланд-пастлиги, ноқулай бўлишига қарамай, кечаси ва кундузи нивелирлаш мумкин; бу асбоб билан жой бир вақтда нивелирланади ва профили чизилади; бу билан вақт тежалади. Автомат нивелир арава, велосипед ва автомашиналарга ўрнатилади. Артонов нивелири велосипед рамасига ўрнатилиб (XIV.7-шакл, а) аппарат кетинги филдиракка



XIV. 7- шакл. Механик нивелирлаш:

а — асбобнинг велосипедга ўрнатилиши, б — асбоб схемаси: 1 — фрикцион диск (баркаш), 2 — диск — ролик, 3 — айланувчи ўқ, 4 — маятникли юк, 5 — маятник ричаги, 6 — қалам, 7 — барабан



XIV. 8- шакл. Рейкасиэ нивелир-
лаш асбобининг схемаси:

1 — линзалар, 2 — тўр, 3 — айлантурувчи винт, 4 — шкала, 5 — қўзғалувчи линза, 6 — лампа, 7 — қўзғалмас линза.

бирлаштирилган. Ғилдирак айлануши билан ўтилган йўлнинг узунлиги, баланд-пастлиги мураккаб механик боғланиш орқали барабанда айланувчи қоғоз лентага берилади ва унда ғилдирак юрган йўлнинг профили чизилади. Профиль 1:5000 (горизонтал) ва 1:500 (вертикал) масштабларда чизилиб, профилдан нуқта отметкасини 0,1 м аниқлик билан топиш мумкин. Бу усулда нивелирлаш хатоси 1 км га 0,15—0,30 м туғри келади.

В. И. Шиллингир ва бошқалар автомашинага ўрнатиладиган

ВА — 51, ВА — 1М, АВА шифрли электрон ҳисоблашга мосланган нивелирлар ишлаб чиқдиларки, улар бир соатда 30 км йўлни нивелирлашга имкон беради. АВА асбобида фотолентага йўл профили чизилиб, жойнинг характерли нуқталари белгиланади.

Рейкасиэ геометрик нивелирлаш. Икки нуқта орасидаги кичик нисбий баландликларни қурилиш ишларида юқори аниқлик билан ўлчаш учун нивелир объективига махсус насадка (учлик) ўрнатилади. Насадка қўзғалмас линза 7 ва қўзғалувчи линза 5 дан иборат бўлиб (XIV.8-шакл), линза 5 винт 3 орқали шкала 4 бўйича ҳаракатланади. Бунда электр лампочкали ўрнатма марка 6 ишлатилади. Қуриш нурининг параллел сурилиши шкала 4 ёрдамида ўлчанади. Асбобнинг АР — 90 шифрли типиде 5 ва 7 призмалар шундай ўрнатилганки, уларнинг қайтарувчи юзаларига перпендикуляр (нормал) тушган нурулар параллел бўлиб, қуриш ўқи билан бир текисликда ётади ва у билан 45° бурчак ҳосил қилади.

Нисбий баландликни топиш учун нивелир иш ҳолига келтирилиб, марка шкала ўртасига қўйилади. Кейин ўрнатма маркага қараб, 3 ни бураб, 5 шундай суриладики, лампа 6 тўр 2 марказига келсин; сўнгра шкаладан саноқ олинади. Иккинчи нуқтадаги маркага ҳам қараб олинган саноқлар айирмаси нисбий баландлик қиймати бўлади. Бу усул билан нисбий баландлик 0,1 мм гача аниқ топилади.

ТЎРТИНЧИ БЎЛИМ. ТОПОГРАФИК СЪЁМКАЛАР

XV. Тахеометрик съёмка

VI. 1. Топографик съёмка ва унинг моҳияти

Горизонтал съёмкада жойдаги нуқталарнинг горизонтал текисликка бўлган проекциялари аниқланиб жойнинг контурли плани чизилади, съёмка, асосан теодолит билан қилинади.

Вертикал съёмкада ер юзасидаги нуқталарнинг ўринлари баландлик бўйича аниқлашиб, жой рельефи план ва профилда тасвирланади, съёмка нивелир билан қилинади.

План ва картада жойнинг тафсилоти билан бирга рельефи ҳам тасвирланса, у *топографик план ва карта* дейилади.

Қурилмиш ишларида ҳар қандай иншоот аввал топографик план ёки картада лойиҳаланади, кейин жойга кўчирилади. Топографик план чизиш учун аввал горизонтал съёмка, кейин шу жойда вертикал съёмка қилиниб, шу икки съёмка материаллари бўйича жойнинг топографик плани чизиладики, бу кўп вақт олади ва ортиқча маблағ талаб қилади. Шунинг учун жойнинг топографик планини чизиш учун шу жойда горизонтал ҳамда вертикал съёмка бир вақтда бир асбоб билан қилинади, бу *топографик съёмка* бўлади.

Топографик съёмка, ишлатиладиган асбоб ва ишлаш усулига қараб, тахеометрик ва мензула съёмкасига бўлинади. Тахеометрик съёмкада дала ва камерал ишлар икки босқичда бажарилади, мензула съёмкасида эса дала ва камерал ишлар бир вақтда бир асбоб билан далада бажарилади.

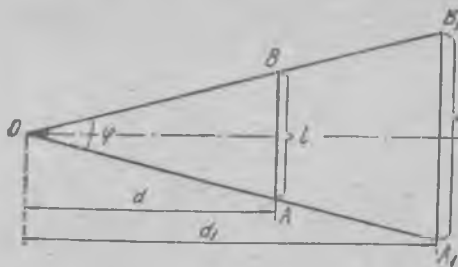
XV. 2. Тахеометрик съёмка ва унинг моҳияти

Тахеометрия сўзи тез ўлчаш деган маънони билдиради. Бу съёмкада горизонтал ҳамда вертикал съёмка бир вақтда қилингандан, ишлатиладиган асбоб ҳам шунга мосланган бўлади, бу асбоб *тахеометр* дейилади. Тахеометр ясалиши ва зарур катталикларнинг қандай аниқланишига қараб, доиравий ва автоматик тахеометрларга бўлинади. Доиравий тахеометрда топографик план чизиш учун керакли чизиқнинг узунлиги дальномер билан ўлчаб, унинг горизонтал қўйилиши ҳисоблаб топилади; тахеометр буссоль ёрдамида магнитавий меридиан бўйича ориентирланади; нуқталар орасидаги нисбий баландлик вертикал бурчак ва дальномер масофа бўйича тригонометрик йўл билан ҳисобланади. Автомат тахеометрларда эса масофанинг горизонтал қўйилиши ва нисбий баландлик иплар тўридаги махсус эгри чизиқлар ёрдамида, ҳисоблашсиз топилади, яъни эгри чизиқлар бўйича рейкадан олинган саноклар масофа ва нисбий баландлик бўлади.

Доиравий тахеометр. Буссоль, дальномер иплари ҳамда вертикал доира билан таъминланган *такрорий теодолит доиравий тахеометр* дейилади. Вертикал доиранинг тузилиши ва вертикал бурчак ўлчаш билан X. 32, параграфда танишдик. Буссоль ва ундан фойдаланишни X. 9 . . . 11-параграфларда кўриб чиқдик. Энди дальномер ва ундан фойдаланиш билан танишамиз.

XV. 3. Дальномерлар ва улар билан масофа ўлчаш асослари

Жойда турли узунликдаги масофаларни лента, инвар сим каби ўлчаш воситалари ёрдамида ўлчаш кўп вақт олади, жой рельефи



XV. 1-шакл.

2) ёруғлик ва радио дальномерлар.

Оптик дальномерларда масофа кўриш трубаларида ўрнатилган оптик системалар орқали ўтадиган кўриш нурлари ҳосил қиладиган бурчак ва оралиқ орқали аниқланади.

Ёруғлик ва радио дальномерларда эса масофа ёруғлик нури ёки радиотўлқиннинг шу масофадан ўтиш вақтини билниш йўли билан аниқланади.

Оптик дальномерлар назарияси. Жойдаги O ва W нуқталар орасидаги масофани d десак (XV. 1-шакл), тенг ёнли OAB учбурчакликдан қўйидагини ёзиш мумкин:

$$\frac{l}{2d} = \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}. \quad (\text{a})$$

Бундан:

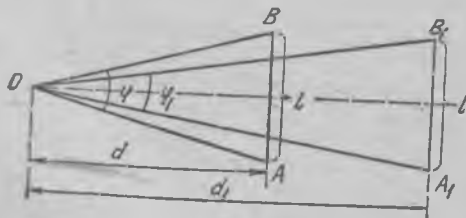
$$d = \frac{1}{2} l \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}. \quad (\text{XV. 1})$$

Қурамизки, d икки ўзгарувчи миқдор (аргумент) — l ва φ ларнинг функцияси, яъни $d = f(l, \varphi)$ бўлади. Булардан қай бири (l ёки φ) ўзгармас бўлишига қараб, дальномер *ўзгармас бурчакли* ва *ўзгармас базисли* бўлади.

1. *Ўзгармас бурчакли* дальномер. Бу дальномерларда $\varphi = \text{constant}$ бўлиб, бу бурчак *диастимометрик бурчак* дейилади. Рейкадаги оралиқ l ўзгариши билан d ҳам ўзгаради, яъни $d = f(l)$ бўлади. Агар (XV. 1) даги ўзгармас миқдор $\frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} = K$ десак,

$$d = Kl \quad (\text{XV. 2})$$

бўлади. Бу ерда K — дальномер коэффициенти, l — рейкада дальномер иплари орасидаги масофа бўлиб, иплар бўйича олинган са-



XV. 2-шакл.

мураккаб бўлганда ўлчаш оғирлашади. Бундай вақтда дальномерлар фойдаланилади.

Жойда икки нуқта орасидаги масофани бир нуқтада тураб ўлчаш *масофаси дальномер* дейилади. Геодезик ишларда қўлланиладиган дальномерлар икки гуруҳга бўлинади: 1) оптиквий дальномерлар;

ноқлар айирмаси орқали аниқланади. Агар рейка O нуқтадан d_1 масофага узоқлашса, рейкадаги оралиқ l_1 бўлади, масофа эса $d_1 = Kl_1$.

2. *Ўзгармас базисли* дальномер. Бунда $l = \text{constant}$ (ўзгармас) бўлиб (XV. 2-шакл), масо-

Фра d бурчак φ ўзгаришига қараб ўзгаради, яъни $d=f(\varphi)$ бўлади.
 φ -параллактик бурчак, l — базис дейилади. (XV.1) формуладаги
 $\frac{1}{2} l = K$ десак,

$$d = K \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} \quad (\text{XV.3})$$

чиқади ва бу ўзгармас базисли дальномер формуласи бўлади. Базис узунлиги $l = 1-2$ м бўлганидан, φ нинг қиймати кичик бўлади. Шунинг эътиборга олиб, (XV.3) ни қуйидагича ёзиш мумкин:
 $d = \frac{1}{2} l \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}}$. Кейин $\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{\varphi}{2} \sin 1' = \frac{\varphi}{2} \cdot \frac{1}{3438'}$ эканини эс-

ласак ва $\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$ қийматини ўрнига қўйсак, $d = \frac{1}{2} l \frac{20}{\varphi}$ бўлади. $l\rho$ ўзгармас, шунинг учун $l\rho = K$ десак,

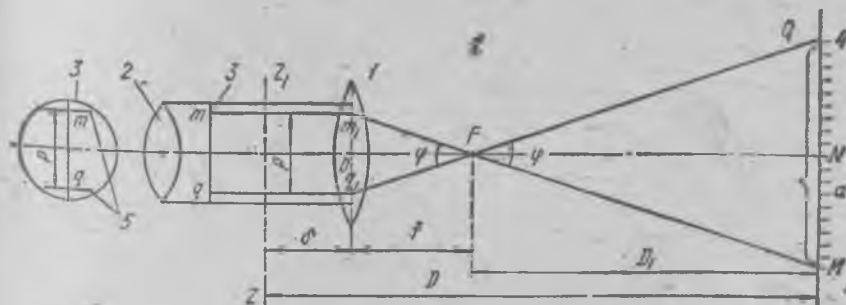
$$d = \frac{K}{\varphi} \quad (\text{XV.4})$$

бўлади, бу дальномернинг иш формуласи дейилади. K — дальномер коэффициенти. Дальномер базиси горизонтал ёки вертикал бўлади.

Инженерлик ишларида қўлланиладиган геодезик асбобларнинг кўпида ўзгармас бурчакли дальномер ўрнатилган бўлиб, ипли дальномер дейилади. Ўзгармас базисли дальномерлар кўпинча айрим мосламага жойланиб, улар асбоб объективга ўрнатилади ва *насадка* (учлик) дейилади.

XV. 4. Ўзгармас бурчакли дальномер ва унинг назарияси

Геодезик асбобларнинг кўриш трубаларидаги иплар тўрида горизонтал ҳамда вертикал иплардан ташқари, горизонтал ипнинг икки ёнида m ва q горизонтал иплар, баъзан штрихлар—дальномер



XV. 3- шакл. Ипли дальномер схемаси:

1 — объектив, 2 — окуляр, 3 — иплар тўри, 4 — рейка, 5 — дальномер иплари z_1 —асбоб вертикал ўқи

иплари бўлади. Дальномер схемаси ва нурлар нули XV. 3-шаклда кўрсатилган. Асбобнинг вертикал ўқи ZZ₁ дан рейка 4 гача бўлган масофа D ни эниқлаш керак бўлсин. Дальномер иплари m ва q дан ўтган нурлар объектида m₁ ва q₁ нуқталарда синиб, рейкадаги M ва Q нуқталарга проекцияланади. Шакл буйича

$$D = D_1 + f + \delta \quad (\text{a})$$

бўлади; бу ерда δ — объектив билан вертикал ўқ орасидаги масофа, f — объективнинг фокус масофаси, D_1 — объектив фокуси билан рейка оралиғи. δ ва f ўзгармас бўлганидан, уларнинг йиғиндиси ҳам ўзгармайди ва $\delta + f = c$ билан белгиланади, бу *дальномер константаси* дейилади. Буни (a) га қўйсак,

$$D = D_1 + c \quad (\text{б})$$

бўлади. m_1q_1F ва FQM учбурчаклар тенг ёнли ва ўхшаш бўлганидан қуйидагини ёзиш мумкин:

$\frac{FN}{MQ} = \frac{OF}{m_1q_1}$; бунда $FN = D_1$, $MQ = l$, $OF = f$ ва $m_1q_1 = p$ эканини эсласак ва ўрнига қўйсак (p — иплар тўридаги дальномер ипларининг оралиғи), қуйидаги чиқади:

$$\frac{D_1}{l} = \frac{f}{p}, \quad D_1 = \frac{f}{p}l \quad \text{бўлади.} \quad \frac{f}{p} \text{ ўзгармас бўлганидан } \frac{f}{p} = K \text{ десак,}$$

$$D_1 = K l \quad (\text{в})$$

бўлади. Буни (б) га қўйсак,

$$D = Kl + c \quad (\text{г})$$

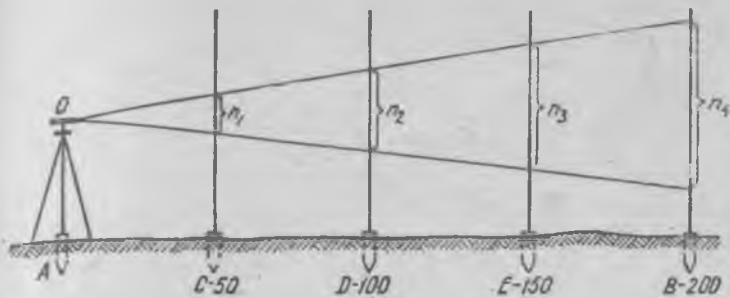
чиқади. Рейка бўлаклари қийматини a , $MQ = l$ ораликдаги бўлаklar сонини n та десак, $l = an$ бўлади; буни (г) га қўйсак,

$$D = Kna + c \quad (\text{XV. 5})$$

чиқади. Бу *дальномернинг умумий формуласидир*. Бу формуладан бўлагининг қиймати a маълум бўлган махсус рейка ишлатилганда фойдаланилади. Кўпинча дальномер билан ишланганда бўлагининг қиймати 1 см ли нивелир рейкасидан фойдаланилади. Бунда $a = 1$ см бўлганидан, (IX. 5) формула қуйидагича ёзилади:

$$D = Kn + c, \quad (\text{XV. 6})$$

бунда n — дальномер саноғи бўлиб, дальномернинг юқори ва қуйи иплари буйича рейкадан олинган n_1 ва n_2 саноқларнинг айрмасига тенг: $n = n_2 - n_1$; n сантиметр ҳисобида ифодаланади. Дальномер билан масофа ўлчашдаги ҳисоблаш ишларини осонлаштириш учун кўринган юқори ип 1000 га қаратилиб, қуйи ипдан саноқ олинади, кейин саноқлар фарқи топилади. Масалан, $n_1 = 1000$, $n_2 = 1960$ бўлса, $n = 1960 - 1000 = 960$ мм = 96,0 см бўлади.



XV. 4- шакл.

Масофани (XV.6) формула ёрдамида топиш учун K ва c маълум бўлиши керак. K ва c трубанинг тузилишига қараб, турлича аниқланади.

Ташқи фокусланадиган трубаларда $c = \delta + f$ бўлганидан, δ ва f бевосита труба бўйича ўлчанади. Бунинг учун трубани узоқ нуқтага қаратиб, объективдан асбобнинг вертикал ўқиғача бўлган δ масофа чизғич билан ўлчанади. Кейин объективдан иплар тўригача бўлган масофа ўлчанади. Булар йиғиндиси c бўлади.

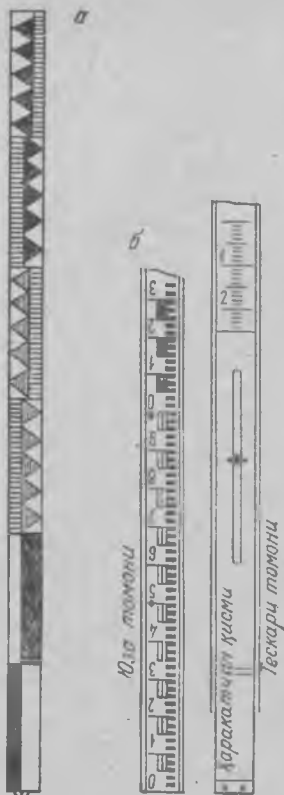
K ни аниқлаш учун текис ерда бош нуқтадан 50, 100, 150 ва 200 м ўлчаб, бу нуқталарга рейка қўйилади-да, n_1, n_2, n_3, n_4 (XV.4- шакл) саноқлар олинади. Кейин $K = \frac{D-c}{n}$ формуласи ёрдамида K_1, K_2, K_3 ва K_4 топилади: K ларнинг арифметик ўрта қиймати K_0 дальномер коэффициентини бўлади.

Ҳозирги ички фокусланадиган трубаларнинг дальномери Италия инженери Порра яратган ва Гаммер тахеометрида ишлатилган дальномер каби ишлайди. Буларда объектив ва фокусловчи линзаларнинг фокус масофалари ва улар орасидаги масофа шундай олинганки, диастиметрик бурчак φ нинг учи асбобнинг вертикал ўқи ZZ_1 устида ётади, бу нуқта *аналлатик нуқта* дейилади. Бундай труба *аналлатик труба* деб аталади, уларда c қиймати амалий жиҳатдан нолга тенг ($c = 0$) бўлади.

Агар (XV. 2) формуладаги дальномер коэффициентини $K = 100$ деб олиб, φ қийматини аниқласак, қуйидаги чиқади: $100 = \frac{1}{2} \text{ctg} \frac{\varphi}{2}$.

бундан $\text{ctg} \frac{\varphi}{2} = 200$ бўлади. Бунда аргумент қиймати тригонометрик функциялар жадвалидан $0,5 \varphi = 0^\circ 17', 19'$ ёки $\varphi = 0^\circ 34', 38' = 0^\circ 34' 22,6''$ бўлади, яъни ипли дальномерда $K = 100$ бўлиши учун диастиметрик бурчак $\varphi = 34', 38'$ бўлиши керак.

ГОСТ 10529-79 га кўра, теодолитлардаги ипли дальномер коэффициентининг қиймати $K = 100 + 0,5\%$, нивелирларда эса (ГОСТ 10528-76) $K = 100 + 1\%$ қилиб ишланган. Шунинг учун ипли дальномер коэффициентини $K = 100$, константасини



XV. 5- шакл.

лар ҳам ишлатиладики, уларнинг баъзилари XV. 5-шаклда кўрсатилган: чапдагиси доиравий тахеометр, ўнгдагилари ТА-2 ва Дальта тахеометрлари учун тайёрланган.

XV. 5. Дальномерда ўлчанган қия масофанинг горизонтал қўйилиши

Жойда турли баландликда ётувчи A ва B нуқталар орасидаги чизиқ AB (XV. 6-шакл) қия бўлганидан, унинг дальномер орқали топиладиган қиймати ON ҳам қия масофа бўлади. Дальномер формуласи (XV.6) ни чиқаришда $ON \perp MQ$ деган шарт қўйилган эди. Жой қия бўлганда кўриш нури ON рейка MQ га перпендикуляр бўлмайди: перпендикуляр бўлиши учун рейка MQ ни N нуқтада ON чизигининг қиялик бурчаги ν қадар энгаштириб $M'Q'$ ҳолатига келтириш керак; кейин MQ рейкадаги $n = n_2 - n_1$ санок ўрнига $M'Q'$ дан $n' = n_2 - n_1'$ санок олиш керакки, бумумкин эмас. Шакл бўйича дальномер оралиғи $ON = D = Kn' + c$ бўлади; лекин рейкадан n санок олинади. Энди n орқали n' нинг ифодаланишини кўрайлик.

$c = 0$ деб олсак бўлади. Шунда дальномер формуласи (XV.6) қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$D = Kn \text{ ёки } D = 100 n, \text{ (XV.7)}$$

яъни рейкадан олинган 1 см санок жойдаги 1 м га тўғри келади.

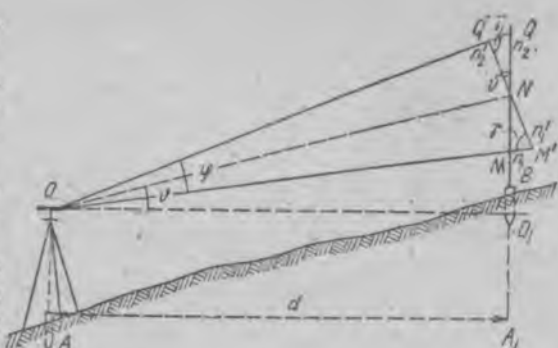
Мисол: $n_1 = 1000$, $n_2 = 1875$ бўлса, $n = n_2 - n_1 = 1875 - 1000 = 875$ мм = 87,50 см бўлади. Буни (XV.7) га қўйсак, $D = 100 \cdot 87,5$ см = 8750 см = 87,50 м чиқади.

Дальномер коэффициентни ва константасини аниқлаш. Ички фокусландиган трубалардаги K ва c қийматларини амалий йўл билан топиш ҳам мумкин. Бунинг учун текис жойда XV.4-шаклдагича ишлаб, кейин ҳар қайси масофа учун (XV.6) формула каби тенглама ёзилади: $50 = Kn + c$, $100 = Kn + c$ ва ҳоказо. Бу икки номаълумли тенгламалар системасини ечиб, K ва c нинг бир неча қиймати топилади. K ларнинг ва c ларнинг арифметик ўрта қиймати K_0 ва c_0 кейинги ҳисоблашда ишлатиладиган K ва c қийматлари бўлади.

Дальномер билан ишлашда см булакли нивелир рейкаларидан ташқари, махсус тайёрланган тахеометрик рейкалар ҳам ишлатиладики, уларнинг баъзилари XV. 5-шаклда кўрсатилган: чапдагиси доиравий тахеометр, ўнгдагилари ТА-2 ва Дальта тахеометрлари учун тайёрланган.

$NQ'Q'$ ва NMM' ун-
бурчакликларининг Q'
ва M' учларидаги α
бурчаклар 90° га
яқин, чунки $\gamma = 90^\circ -$
 $\frac{\varphi}{2} = 90^\circ - 0^\circ$. 17,

$19^\circ = 89^\circ 42' 41''$
бўлгандан бир оз
хато билан γ ни
тўғри бурчак десак
бўлади, шунда бу
тўғри бурчакли уч-



бурчакликлар бўйича қўйидагини ёзиш мумкин: $NQ' = NQ \cos \nu$;
 $NM' = NM \cos \nu$; буларни қўшсак, $NQ' + NM' = (NQ + NM) \cos \nu =$
 $= MQ \cos \nu$, яъни $M'Q' = MQ \cos \nu$ бўлади. Агар бу кесмалар-
ни sanoq орқали ифодаласак, $MQ = n_2 - n_1 = n$; $M'Q' = n'_2 - n'_1 =$
 $= n'$ чиқади. Буларни ўринларига қўйсак, $n' = n \cos \nu$ бўлади.
Бу миқдорларни дальномер формуласига қўйсак, $ON = D = Kn' +$
 $+ c$ ёки $D = Kn \cos \nu + c$ чиқади. Масофа ON нинг горизонтал
қўйилиши d шакл жиҳатидан $d = ON \cos \nu = D \cos \nu$ бўлади,
ўрнига қийматини қўйсак, $d = (Kn \cos \nu + c) \cos \nu$ чиқади,
кавс очилса,

$$d = K n \cos^2 \nu + c \cos \nu \quad (\text{XV.8})$$

бўлади. Бу қия чизиқнинг дальномер масофасининг горизонтал қў-
йилишини аниқлашда асосий формула бўлса ҳам, ишлатиш ноқулай
бўлганидан уни қўйидагича содалаштирамиз. Тенгликнинг ўнг
томониغا $c \cos^2 \nu$ ни қўшамиз ва айирамиз. $d = Kn \cos^2 \nu + c \cos \nu +$
 $+ c \cos^2 \nu - c \cos^2 \nu$; буни группаласак, $d = (Kn + c) \cos^2 \nu +$
 $+ c \cos \nu (1 - \cos \nu) = (Kn + c) \cos^2 \nu + 2c \sin^2 \frac{\nu}{2} \cos \nu$ бўлади. Бу ер-
даги охириги ҳад $2c \sin^2 \frac{\nu}{2} \cos \nu = P$ десак (бу *редукцион* ҳад
дейлади), унинг қиймати c ва ν га қараб ўзгаради. Агар $c =$
 $= 0,30$ м. $\nu = 10^\circ$ бўлса, $p = 1$ см. $\nu = 20^\circ$ бўлса, $p = 2$ см бў-
лади. Дальномер аниқлигига таққослаганда бу p қийматини эъти-
борга олмаса ҳам бўлади, бунда (XV.8) формулани қўйидагича
ёзиш мумкин:

$$d = (Kn + c) \cos^2 \nu \text{ ёки } d = D \cos^2 \nu. \quad (\text{XV.9})$$

D нинг қиймати (XV.9) асосида тузилган махсус жадвалдан
топилади. Бу формулани қўйидагича ёзиш ҳам мумкин:

$$d = D (1 - \sin^2 \nu) = D - D \sin^2 \nu; D \sin^2 \nu = \Delta D$$

десак,

$$d = D - \Delta D. \quad (\text{XV.10})$$

ΔD чизик қиялигига киритиладиган тузатма дейилиб, унинг қиймати жадвалдан топилади. Вертикал бурчак $\nu \leq 2^\circ$ бўлганда ΔD қиймати кичик бўлиб, уни эътиборга олмасак, $d = D = Kn + c$ бўлади. Агар (XV.9) даги ўрнига (XV.7) даги қийматини қўйсак,

$$d = K n \cos^2 \nu \text{ ёки } d = 100 n \cos^2 \nu \quad (\text{XV.11})$$

чиқади.

XV.6. Ипли дальномер билан вертикал рейкада масофа ўлчаш аниқлиги

Ипли дальномер билан масофа ўлчашда кўпроқ сантиметр бўлакли вертикал рейка ишлатилади. Масофа (XV.6) ёрдамида хисобланганда масофа аниқлигига K , c ва n ни топишдаги хатолар таъсир этади. Дальномер формуласидаги c ни эътиборга олмай, $D = K n$ десак ва (IV.29) формула бўйича ўрта квадратик хатосини тспсак,

$$m_D^2 = (n m_K)^2 + (K m_n)^2 \quad (\text{XV.12})$$

бўлади.

Нисбий хатоси эса

$$\left(\frac{m_D}{D}\right)^2 = \left(\frac{m_K n}{K n}\right)^2 + \left(\frac{K m_n}{K n}\right)^2 \text{ ёки } \left(\frac{m_D}{D}\right)^2 = \left(\frac{m_K}{K}\right)^2 + \left(\frac{m_n}{n}\right)^2$$

бўлади, яъни масофанинг нисбий хатоси дальномер коэффициент ва рейка санокларидаги нисбий хатога боғлиқ. K ўзгармас бўлганидан уни $K = 100$ деб олсак, $D = 100n$ бўлади, бунда масофа хатоси ёлғиз саноклар хатосига боғлиқ бўлади. Агар бир ипдан санок олиш хатосини m десак, дальномер саноғи $n = n_2 - n_1$ бўлганидан саноклар айирмасининг хатоси m_n (IV.23) формулага кўра $m_n = m \sqrt{2}$ бўлади. Масофа хатоси md эса (IV.21) формулага биноан $m_d = 100 m \sqrt{2}$ бўлади. Нисбий хатоси эса $\frac{md}{d} = \frac{100 m \sqrt{2}}{d}$ га тенг. $\frac{m}{d}$ бир ип саноғининг нисбий хатоси бўлиб, бу трубаининг катталаштириши ν билан қарашдаги кўрши бурчагининг чекли қийматига ($1' = 60''$) мос бўлиши керак, яъни: $\frac{m}{d} = \frac{\text{tg} 1'}{\nu} = \frac{1' \sin 1'}{\nu} = \frac{1'}{3438' \cdot \nu}$.

Икки ип саноғининг айирмаси бўлган n орқали топиладиган масофанинг нисбий хатоси $\frac{md}{d}$ қуйидагича:

$$\frac{md}{d} = \frac{100 \sqrt{2}}{3438' \cdot \nu} = \frac{1}{24,3 \nu}$$

Агар $\nu = 20'$ бўлса,

$$\frac{md}{d} \cong \frac{1}{450}$$

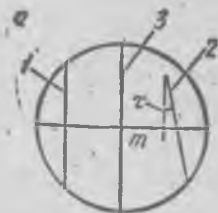
бўлади.

Тадқиқот ишларидан аниқланишича, дальномер билан масофа ўлчаш аниқлиги ўртача 1:300 ҳисобланади. Ноқулай жойларда 1:200 бўлиши ҳам мумкин.

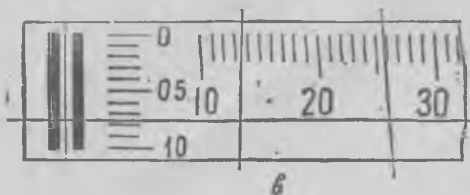
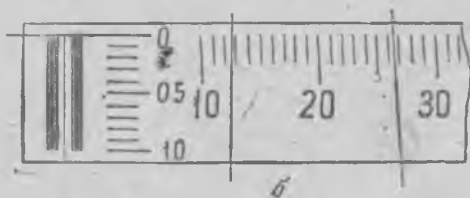
Масофа ўлчаш аниқлигига юқори ва қуйи иплардан бир вақтда саноқ олинмаслик, юқори ва қуйи иплардаги рефракциянинг турлилиги, иплар йўғонлиги, саноқни яхлитлаш, рейканинг оғиши каси ҳоллардан келадиган хатолар таъсир этади. Бу камчиликларни йўқотиш учун вертикал рейка ўрнига горизонтал рейка ишлатилади, янги такомиллашган дальномерлардан фойдаланилади. Масалан, ҳозирги иккиланма тасвирли дальномерларда юқорида эслатилган камчиликлар йўқотилган. Дальномер билан масофа ўлчашдаги хатони камайтириш учун масофа узунлиги 200 м дан ошми слиги, бундан узун чизиқларни бўлақларга бўлиб ўлчаш керак. Чизиқ тўғри ва тескари йўналишда ўлчаниб, икки натижанинг арифметик ўртаси қабул қилиниши лозим.

XV.7. Горизонтал рейкали ипли дальномер

Вертикал рефракция таъсири ер юзасига яқин жойда кўп, юқорида эса кам бўлганидан, кўриш нури қуйида кўпроқ, юқорида камроқ синади. Бундан келадиган рефракция *дифференциал рефракция* дейилади. Бу рефракция хатосини камайтириш учун ипли дальномерларда вертикал рейка ўрнига горизонтал рейка ишлатилади. Бунда 1—2 м узунликдаги рейка бир ёки икки штатив устига махсус мослама ёрдамида ўрнатилиб, адилак орқали горизонтал ҳолатга келтирилади: рейка юзаси кўриш нурига перпендикуляр бўлиши керак. Рейкадан саноқ олиш аниқлигини ошириш учун унинг бўлақлари ва штрихлар турлича ишланган. Масалан, Гекман (1930 й.) дальномерида иплар турининг ўрта вертикал ипи 3 нинг бир ёнида (XV.7 шакл, а) вертикал ип 1, иккинчи ёнида (унгда) вертикал чизиқ билан $\tau = 5^\circ 42,7'$ бурчак ҳосил қилувчи қия чизиқ 2 чизилган, бунда $\text{tg } \tau = 0,1$ бўлади. Шунга мослаб, рейканинг чапига биссектор шаклида икки вертикал чизиқ чизил-



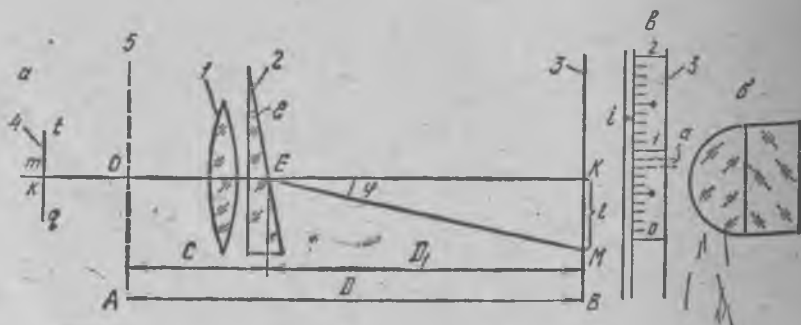
XV. 7- шакл.



ган; ундан ўнгдаги вертикал чизиқнинг ўнг томонига шкала ясалган. Бу шкаладан ўнг томонига $\text{tg } \tau = 0,1$ бўлган қия чизиқлар чизилган. Масофа ўлчаш учун тўрнинг горизонтал ипи вертикал шкаланинг ноль штрихига тўғриланади, тўрнинг вертикал ипи эса биссектор ўртасига келтирилади (XV.7-шакл, б), кейин ўнгдаги қия чизиқдан бутун бўлақлар саноғи олинади, шаклда у 26 га тенг. Кейин трубанинг микрометрик винти 2 ни бураб, чизиқни ўз яқинидаги рейканинг қия чизигига бирлаштирилади (XV.7-шакл, в), сўнгра вертикал шкаладан горизонтал ип бўйича саноқ олинади, шаклда 0,75. Шунда ҳамма саноқ 26,75 м бўлади. Гекман дальномерни ёрдамида 150 м масофани 1:1500 аниқлик билан ўлчаш мумкин.

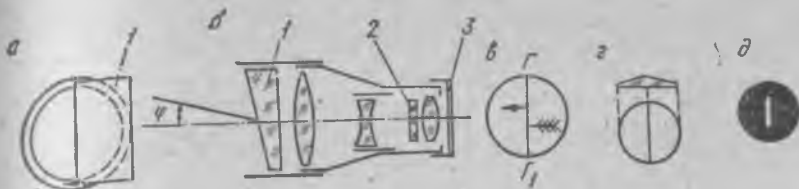
XV.8. Иккиланма тасвири дальномерлар

Ўзгармас бурчакли ва базисли дальномерлардаги камчиликларни йўқотиб, дальномер аниқлигини ошириш учун «иккиланма тасвири» дейиладиган ва мураккаб оптикавий системалардан ясаладиган дальномерлар ишлатилади, булар қуйидагича ясалади (XV.8-шакл, а). Труба объективи 1 олдида кўриш майдонининг ярмини бекитадиган қилиб ахроматик оптик пона 2 ўрнатилади (XV.8-шакл, б). Дальномерда вертикал рейка ишлатилганда пона ўнг ёки чап томонни, горизонтал рейка ишлатилганда эса юқори ёки қуйи томонни бекитади. Дальномер бундай тузилганда нарсадан келган нур объективга тушгач, икки тўпламга бўлинади, шунинг учун нарсанинг икки тасвири ҳосил бўлади; бири—объективнинг очиқ қисмидан ўтган нур орқали, иккинчиси—оптик понадан ўзгармас φ бурчак ҳосил қилиб синиб ўтган нур орқали ҳосил бўлади. Бу нурларни тўла ажратиш учун трубага иплар тўри пластинкаси ўрнига бипризма номли мослама (XV.9-шакл, з) ўрнатилади, окулярга эса тирқишли диафрагма (тусиқ) қўйилади (XV.9-шакл, д). Шунда кузатувчи окулярнинг кўриш майдонида нарсанинг бипризма қирраси орқали иккига ажралган ва бир оз жилган икки-



XV.8-шакл. Иккиланма тасвири дальномер ва ясалиши:

а — тузилиш схемаси; 1 — объектив, 2 — шиша пона, 3 — рейка, 4 — тўр, 5 — асбоб вертикал ўқи; б — ярм объектив ва пона тасвири, в — рейка бўлақлари 1 — саноқ олинч индекс



ХV. 9- шакл. Иккиланма тасвирли кўриш трубаси: а — объектив;

1 — оптикавий пона; б — труба схемаси; 1. — оптикавий пона, 2 — бипризма, 3 — тирқишли диафрагма (тўсиқ); в — иккиланма тасвир, г — бипризма, д — тирқишли диафрагма.

ланма тасвирини кўради. φ бурчак орқали ажралган икки тасвир K ва M лар бир-бирдан l қадар (ХV.8-шакл, а) силжиши дальномер рейкасидан олинган саноқ орқали белгиланади. Силжишни рейка бўлагининг қиймати ва булақлар сони бўлган саноқ n билан кўрсатсак, $l = na$ бўлади. Шаклда $l = 13,5$. Саноқ рейкадаги индекс i бўйича олинади.

А ва В нуқталар орасидаги масофа D (ХV.8-шакл, а) қиймати кўйидагича аниқланади. Шаклга кўра, $D = D_1 + c$. ЕКМ учбурчакликдан $D_1 = l \operatorname{ctg} \varphi$ бўлади. φ ўзгармас бўлганидан $\operatorname{ctg} \varphi = K$ десак,

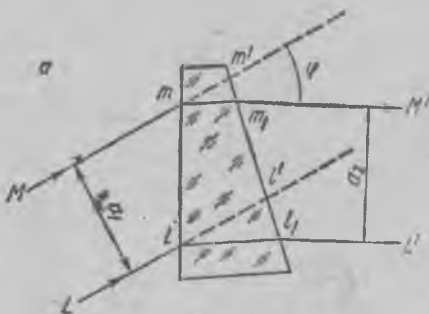
$$D = Kl + c \quad (\text{XV.13})$$

бўлади. K — дальномер коэффициенти бўлиб, у e бурчак ва шиванинг таркиби ҳамда синдириш коэффициенти n' га боғлиқ. e ва n' қийматлари шундай танлаб олиндики, $\varphi = 34', 38'$ бўлади, шунда $K = 100$ бўлади. Дальномер формуласи эса

$$D = 100l + c \text{ ёки } D = 100 na + c \quad (\text{XV.14})$$

бўлади.

Агар объектив олдида икки шиша пона ўрнатилса, ўлчанадиган чизиққа нисбатан симметрик жойлашган икки учбурчаклик ҳосил бўлади, тасвир ҳам яхшиланади, бунда аниқ саноқ олиш учун индекс ўрнида верньер ишлатилади. Бундай такомиллашган дальномерларнинг тури кўп.



ХV. 9. Дифференциал дальномерлар

Булар оптик понанинг ҳосил қилган тасвирининг чизиғий катталаштиришига асосланади. Масалан, M ва L нуқталардан ўтган Mm ва Ll



ХV. 10- шакл. Оптикавий понанинг чизиғий катталаштириши: а — бир пона бўлганда, б — иккиланма пона бўлганда.

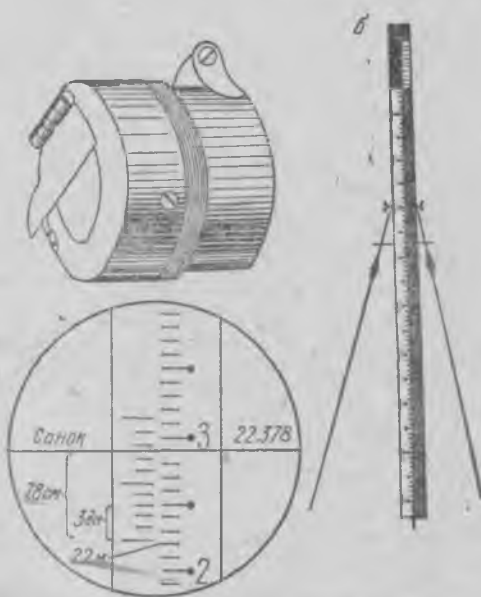
параллел нурлар оралиги (XV. 10- шакл) a_1 бўлса, бу нурлар оптикавий понада икки марта сингач m_1M_1 ва l_1L_1 йўналиш бўйича бирмунча катталашиб, a_2 оралиқ билан кетади. Юқори қиррага тушган Mm нур понадан чиқишда m_1M_1 йўналиш бўйича, қуйи қиррага тушган нур Ll эса l_1L_1 бўйича кетади ва улар параллел булади. Шакл бўйича $l_1l_1 > m_1m_1$ ёки $a_2 > a_1$ булади.

Шунга кўра оптик понанинг катталаштириши: $v = \frac{a_2}{a_1}$.

Дальномер икки оптикавий системадан (понадан) ясалганда ҳам юқоридаги каби ишлайди (XV. 10-шакл. б) иккиланма тасвирли дифференциал дальномер ДД-3 ва бошқалар юқоридаги қондага асосланиб ясалган.

XV. 10. ДН-4 (ДД-3) дальномери

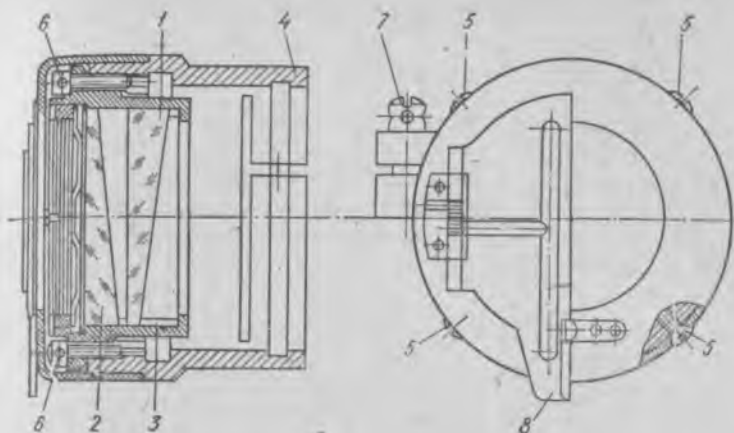
Бу дальномер объективнинг ташқи диаметри 46 мм бўлган ТТ-5 каби теодолитлар объективига ўрнатиладиган мослама насадка бўлиб (XV. 11- шакл, а), икки оптик пона 1 ва 2 дан ясалади (XV. 12 - шакл). Булар трубадан қаровчига нисбатан объективнинг ўнг томонига жойлашган, чапига эса параллел пластинка қўйилган. Бу пона ва ясси пластинкалар бир ғилоф 3 га жойланиб, насадка танаси 4 га тўртта винт 5 билан маҳкамланган. Дальномер коэффициентини K нинг қиймати 100 дан фарқ қилганда у винт 6 билан тузатилади. Насадка трубага винт 7 билан маҳкамланади. Поналар жойлашган кўриш майдонининг ярмини очиладиган металл



XV, 11- шакл. ДД-3 дальномер насадкаси.

парда 8 бекитиб туради, чизиқ ўлчаш вақтида парда очилади, бурчак ўлчашда эса бекитилади. Трубага насадка ўрнатилагач, унинг мувозанатини сақлаш учун окулярга уч винт ёрдамида махсус мослама (посонги) ўрнатилади, труба фокуслашда посонги буралади.

Насадкада поналар ўзгармас параллактик бурчак φ ҳосил қилиш билан бирга $\frac{90}{89}$ нисбатига тенг чизигий катталаштиради. Параллактик бурчак қиймати шундай олинганки, $K = 100$ булади.



XV. 12- шакл. ДД-3 насадкасининг кесими:

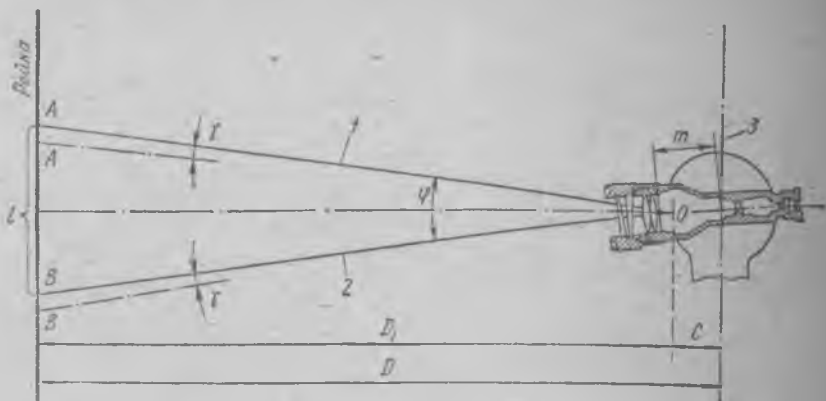
1, 2 — оптикавий поналар, 3 — оправа (филоф), 4 — насадка корпуси, 5 — винт, 6 — тузатгич винт, 7 — маҳкамлаш винти, 8 — парда.

ДД-3 билан ишлашда вертикал рейка қўлланилади. Масофа ўлчашда вертикал доира қайси ҳолатда турса (R ёки L) насадка ҳам шу ҳолатда ўрнатилади. Дальномер билан горизонтал рейка ёрдамида масофа ўлчаш учун насадкани 90° га бураб ўрнатиш керак.

Рейкалар. Дальномернинг иккита икки томонли рейкаси бўлиб, ёғочдан қўш таврли қилиб ишланган. Рейка 2 метрли ва 3 метрли бўлади. 2 метрли рейкада шкала 6 бир бўлагининг қиймати $a=2$ см (XV.11-шакл, б), 3м ли рейкада эса $a=5$ см. Иккала рейканинг ҳам бир томони оқ, иккинчи томони сариқ рангда бўлади. Рейка шашкаси ва верньер инвар пластинкага чизилиб, тахтага ёпиштирилади. Бир шкалада 2 дан 9 гача, иккинчисида 1 дан 9 гача ёзувлар бўлади. Верньер ёрдамида рейкадан аниқ саноқ олинади. Биринчи оқ томонидаги верньер шкалага нисбатан шундай ўрнатилганки, ўзгармас сон $c=0$ га тенг, иккинчи томонда эса верньер шундай силжитилганки $c=11,111$ м. Рейканинг 2 см ли томони билан 20 м дан 180 м гача, 5 см ли томонда 50 — 250 м гача масофа ўлчанади. Рейка ёнида доиравий адилак бўлиб, рейка икки тиргак ва бўйи 0,5 м ли таглик билан ерга ўрнатилади. Адилакни текшириш учун рейка ёнида илгакли сихча жойлашган. Тиргакларнинг бўйи икки дастанга бураш йўли билан ўзгартирилади. Бу орқали адилак горизонтал ҳолатга келтирилади.

XV. 11. ДД-3 да масофа ўлчаш

Насадка билан масофа ўлчаш учун рейкага қараганда труба-нинг кўриш майдонида рейканинг икки тасвири кўринади. Бир тасвир кўриш ўқи OB да бўлиб, труба-нинг кўриш ўқида ётади (XV. 13- шакл). Иккинчи тасвир эса оптик пона таъсирида OB



XV. 13- шакл. Масофа ўлчашда нурлар йўлининг схемаси:

1 — пойдан ўтган нур, 2 — труба кўриш ўқи, 3 — асбоб вертикал ўқи

билан φ бурчак ҳосил қилиб ўтадиган OA ўқда ётади. Тўрнинг горизонтал ипида бир вақтда A ва B тасвирлар кўрилади. Агар A верньернинг ноль штрихига тўғри келса, A ва B дан олган саноқлар фарқи l ни ифодалайди. Бунда $D = D_1 + c$; шаклдан $D_1 =$

$$= \frac{l}{2tg \frac{\varphi}{2}}$$

десак ва ўрнига қўйсак, $D = \frac{l}{2tg \frac{\varphi}{2}} + c$ бўлади. $2tg \frac{\varphi}{2}$

ўзгармас булганидан $\frac{1}{2tg \frac{\varphi}{2}} = K$ десак (K — дальномер коэффициент),

$$D = Kl + c \quad (\text{XV. 15})$$

бўлади. Бу икки нур орасидаги оралиқ l рейкадан верньер орқали олинadиган саноқлар билан ифодаланади. Рейкада тўғри верньер ясалган, рейкадаги n та бўлак узунлиги верньерда $n + 1$ бўлакка бўлинган. Агар рейка бўлагининг қийматини a , верньер бўлагининг қийматини b десак, $an = b(n + 1)$ (a) бўлади. Верньернинг аниқлиги $t = a - b$ (b) бўлади. (a) тенгликдан $b = \frac{an}{n + 1}$ (b); буни (b) га қўйсак, $t = a - \frac{an}{n + 1} = \frac{a}{n + 1}$ (t) бўлади. Верньер бўлаклари сони $n + 1 = 10$ бўлса, $t = 0,1 a$ бўлади. Саноқ олиш ўрта квадратик хатосини $m_c = 0,5t$ десак, у рейка бўлагининг қиймати орқали қуйидагича ифодаланади:

$m_c = 0,5 \cdot 0,1 \cdot a$. Агар $a = 2$ см десак, $m_c = 0,05 \cdot 2 = \pm 0,1 \text{ см} = \pm 1 \text{ мм}$ бўлади.

Масофа ўлчаш. Труба рейкага қаратилгач, тўрнинг горизонтал ипи верньернинг учбурчаклик шаклидаги ноль штрихига яқин қўйилади (XV-11-шакл, в). Трубанинг қаратқич винтини бураб, верньернинг бир штрихи рейканинг штрихига тўғриланади. Лекин тўрнинг горизонтал ипи верньер шкаласидан чиқиб кетмаслиги керак.

Санок қуйидагича олинади: верньер шкаласидан пастдаги рейка штрихи қиймати ёзилган рақам (шаклда 2) олинади; кейин верньер нолигача бўлган рейка бўлаклари санаб олинади (2), бу 22 м бўлади. Сўнгра верньер нолидан кейин верньернинг рейка штрихига тўғри келган оралиқ верньер бўлақларидан санаб олинади (3); бу рейка бўлагининг ўндан бири бўлиб, қиймати дм ҳисобида ифодаланади. Кейин верньер нолидан тўрнинг горизонтал ипигача бўлган верньер бўлақларининг сони аниқланадики, бу рейка бўлагининг юздан бирининг қиймати см ҳисобида ифодаланади (XV. 11- шаклда 7). Охирида верньер бўлагининг ўндан бири тўрнинг ўрта ипидан чамалаб олинади (XV. 11- шаклда 8), бу—рейка бўлагининг мингдан бири бўлади. Шунда ҳамма санок $22,378$ бўлади. Агар рейка бўлагининг қиймати $a = 2$ см бўлса, санок $n = 22,378 \cdot 2 = 44,756$ бўлади. $K = 100$, $c = 0$ бўлганда масофа $D = Kn = 44,756$ м бўлади. Одатда, икки марта (икки ярим приём да) ўлчанади. Биринчи ўлчашда тўр ипи верньер нолидан юқорига сурилган бўлса, иккинчи ўлчашда пастга сурилади. Масалан, биринчи ўлчашдаги санок $22,378$; иккинчида эса $22,374$ бўлса, масофа иккала санок йиғиндисига тенг, яъни $D = 22,378 + 22,374 = 44,752$ м бўлади.

Рейканинг сариқ томонидан ўлчанса, икки санок йиғиндисига $c = 11,111$ м қўшилади. 5 сантиметрли рейка ишлатилганда биринчи томон билан ўлчанса, масофа беш марта олинган саноклар йиғиндисига тенг. Ўлчаш сонини камайтириш учун рейканинг бир бўлаги қийматини шартли равишда 10 м деб олиб, кейин санокни 2 га бўлиш керак. Агар XV. 11- шаклдаги рейка бўлагини 5 см деб олсак, санок $223,78$ бўлади. Иккинчи ўлчашда санок $223,74$ бўлса, санокларнинг арифметик ўртаси $223,76$. Масофа эса бунинг ярмига тенг, яъни $D = 223,76 : 2 = 126,74$ м.

ГОСТ 11356-65 га кўра ДД-3, ДД 5, ДАР-100, ДНТ-2 шифрли дальномер насадкалари баъзи ўзгаришлар билан ДН-04, ДН-10, ДНР-06, ДН-08 шифрлар билан чиқарилади. Шифр охиридаги рақам, шу асбоб билан 100 м масофани ўлчашдаги ўрта квадратик хатонинг сантиметрдаги қийматини кўрсатади.

ДН-10 дальномери. ТОМ теодолитига мосланган ДД5нинг такомиллашгани бўлиб, 20 дан 200 м гача бўлган масофаларни икки томонлама вертикал рейка ўрқали 1:1000 нисбий хато билан ўлчашга имкон беради. Бу насадка объективнинг диаметри 38 мм ли ТЗО каби теодолитларга мосланган. 1,5 м ли рейканинг бир томонида 2 см ли шкала бўлиб, бу билан 40 м дан 160 м гача, орқа томонида 5 см ли бўлақлар бўлиб, улар билан 100 м дан 200 м гача бўлган масофа ўлчанади. Насадка билан қиялик бурчаги $+35^\circ$ гача бўлган қия чизиқни ўлчаш мумкин.

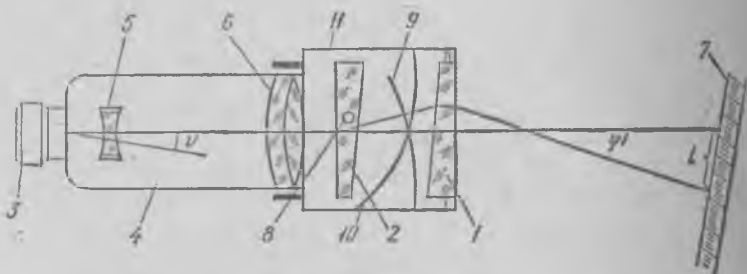
ДН-04 дальномери. Бу дальномерда икки томонли горизонтал рейка ишлатилади. Бир томонидаги 1 сантиметрли шкала билан 10 дан 50 м гача, орқа томонидаги 2 сантиметрли шкала билан 50 дан 125 м гача бўлган масофа ўлчанади. 2 см ли шкалада 2 та верньер бўлиб, бири иккинчисидан биомунча сурилган. Санок олиш ДД-3 даги каби бўлади.

Юқоридаги ДН-04 ва ДН-10 дальномерлари билан икки нуқта орасидаги масофа аниқланади, лекин чизиқ қия бўлганда унинг горизонтал қўйилиши вертикал бурчак орқали тригонометрик формулинган санок ўлчанадиган чизиқнинг горизонтал қўйилишини нифдаловчи дальномерлар яратилдики, булар *авторедукцион*, яъни чизиқнинг горизонтал қўйилишини автоматик равишда кўрсатувчи дальномерлардир.

XV. 12. Авторедукцион ДНР-06 (ДАР-100) дальномери

Илмий ходим Г. К. Бесчасный таклиф қилган ДНР-06 шифрли дальномер мураккаб оптик система ёрдамида чизиқнинг горизонтал қўйилишини ҳеч қандай ҳисобсиз рейка саноклари орқали автоматик аниқлашга имкон беради. Дальномер насадкаси Т2, Т5, Т15, ТТ5 каби теодолит трубасининг объективига ўрнатилдиган, ўзгармас бурчакли, иккинланма тасвирли бўлиб, вертикал рейка ишлатилади.

Дальномер шундай ишланганки, трубанинг оғиши билан қиялик бурчаги ν ўзгаришига қараб диастиметрик бурчак φ қиймати ҳам ўзгаради, бу орқали қия чизиқ узунлигининг автоматик равишда горизонтал қўйилиши ҳосил бўлади. Дальномер насадкаси (XV. 14- шакл) икки ахроматик понадан ясалиб, бири 1 дальномер по-



XV. 14- шакл. ДНР-0,6 (ДАР-100) дальномер насадкасининг оптиквий схемаси:

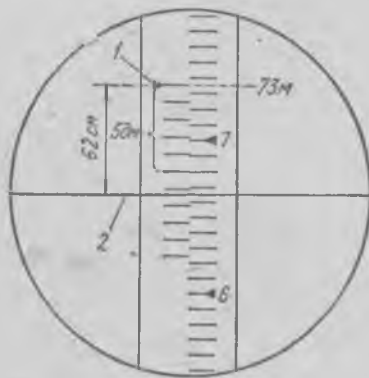
1 — дальномер понаси, 2 — редуцияловчи пона, 3 — труба окуляри, 4 — кўриш трубаси, 5 — фокусловчи линза, 6 — труба объективи, 7 — рейка, 8 — шарикли таянч, 9, 10 — компенсацияловчи линзалар, 11 — насадка корпуси

наси, иккинчиси 2 редуцияловчи. Булар кузатувчига нисбатан кетма-кет объективнинг чап томонига ўрнатилган. Иккинчи ярмига (ўнг томонига) телескопик микрометр линзаси ва ясси параллел пластинка ўрнатилган. Пона 2 ва ясси параллел пластинка оғирлик марказидан юқоридаги шарикли таянч 8 га осилганидан, трубанинг қийшайишига қарамай, ҳамisha асбоб вертикал ўқига нисбатан бир хил ҳолатни сақлайди, яъни линза 2 нинг ҳолати кўриш ўқига нисбатан ўзгариб, пона 1 билан ўзгарувчи диастиметрик бурчак φ' ҳосил қилади. Дальномерда φ' нинг қиймати $\cos^2 \nu$ га пропорционал ўзгаради, яъни $\varphi' = \varphi \cos^2 \nu$. Труба горизонтал туриб, $\nu = 0$ бўлганда $\varphi' = 34,38'$ бўлади, бу φ' нинг максимал

қийматидир, труба оғиши билан φ' нинг қиймати камаяди. Асбобнинг қиялик бурчаги 0° дан $\pm 14^\circ$ гача бўлганда чизиқнинг горизонтал қуйилиши $1:2000$ нисбий хато билан аниқлаш мумкин бўлади. Асбобнинг ишлаш чекини 14° дан ошириш учун лист пружина номли мослама 9 ва 10 ўрнатилади, бу компенсацион система ердамида асбоб $v = \pm 21^\circ$ гача бўлганда тўғри ишлайди.

Асбобнинг икки томонли, штрихли икки рейкаси бўлиб, бир томонидаги бўлак қиймати $a = 2$ см, иккинчи томонида $a = 1$ см, рейкага доиравий адилак ўрнатилиб, тиргак билан таъминланган. Рейкага тескари верньер ишланган, яъни верньер шкала бўлаklarининг қиймати рейка бўлаklари қийматидан катта қилинган. Шунга кўра верньер бўлаklарининг сони рейка бўлаklари сони n дан битта кам. Агар рейка бўлагининг қиймати a бўлиб, верньер узунлигига тўғри келган оралиқда n та бўлак бўлса, верньер бўлагининг қиймати b бўлиб, бўлаklар сони $n - 1$ десак, қуйидагини ёзамиз: $an = (n - 1)b$, бундан $b = \frac{an}{n-1}$ бўлади. Верньер аниқлиги $t = b - a$ бўлади, бунга v қийматини қўйиб, содалаштирсак, $t = \frac{a}{n-1}$ бўлади. Рейкада $n = 11$, верньер бўлаklари сони $n - 1 = 10$. Агар $a = 1$ см бўлса, $t = \frac{1}{10} = 0,1$ см = 1 мм бўлади.

Рейкадан саноқ олиш қондаси ДД-3 даги каби, лекин рейка ёзувига тескари олинади. Масалан, верньернинг ноль штрихи (учбурчакли шаклидаги штрих) бўйича рейка бўлагидан метр олинади. XV. 15-шаклда 73 м; кейин верньер нолидан бошлаб, верньер штрихининг рейка бир штрихига тўғри келган бўлаklари ҳисоблаб олинади. XV. 15-шаклда верньернинг 5 бўлаги тўғри келган, бу 5 дециметр бўлади; охирида верньер нолидан тўр ўрта ипигача бўлган бутун бўлаklар, шаклда 6 (бу см бўлади) ва бўлакнинг ундан бири чамалаб олинади, шаклда 2 (бу мм бўлади); шунинг учун рейка саноғи 73,562 мм бўлади. ДАР-100 да c қиймати автоматик ҳисобга олинади. Дальномерда $K = 100$.



XV. 15- шакл. ДНР-06 нинг кўриш майдони:

1 — тескари верньер ноли, 2 — тўр ўрта ипи, рейка саноғи: 73, 562 м.

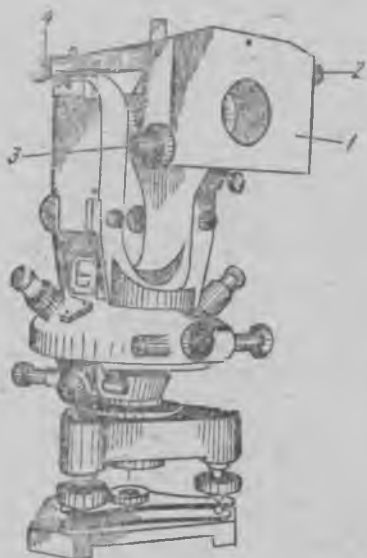
Шкаланинг қиймати 2 см бўлганда икки марта саноқ олиниб, саноклар қўшилади. Дальномер билан 20 дан 200 м гача масофани $1:1500 - 1:2000$ нисбий хато билан аниқлаш мумкин.

XV. 13. ДНТ-2 (ДН-08) дальномери

ДНТ-2 ёки ДН-08 дальномери иккиланма тасвирли узгармас ба-
зисли дальномер булиб, 50 м дан 700 м гача булган масофани
1:1500 нисбий хато билан улчашга имкон беради.

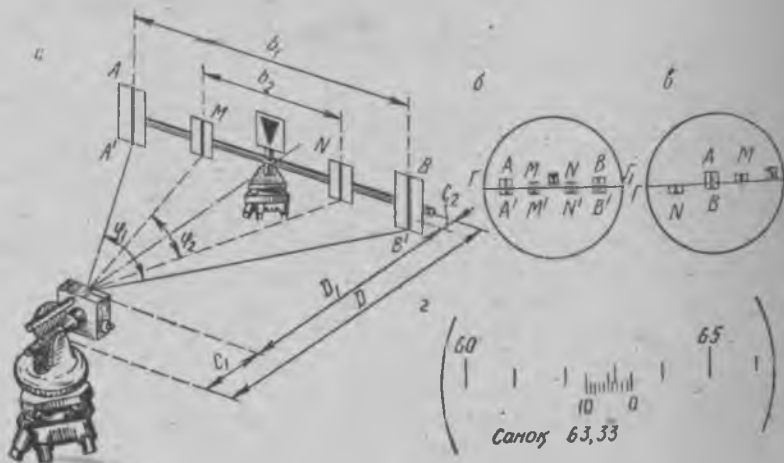
Дальномер комплекти насадка, биризма, тирқишли диафрагма
ва горизонтал урнатиладиган икки рейкадан иборат.

Дальномер насадкиси параллактик бурчак улчашга мосланган
булиб, компенсатор ва микроскопдан иборат. Насадка ТТ5 каби
теодолитлар объективига урнатила-
ди (XV. 16- шакл).



XV. 16- шакл.

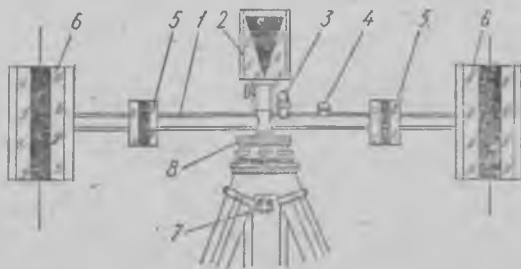
XV. 17- шаклда теодолитга ур-
натилган насадка билан рейкага
қараш, унг томонда эса микрос-
копнинг куриш майдони келтирил-
ган. Микроскоп шкаласи ва са-
ноқ олиш XV.17-шакл, а да ку-
сатилган. Дальномер шкаласида
120 булак булиб, уларнинг қийма-
ти ҳар 5 булакдан ёзилган (XV.17-
шаклда 60,65). Бу бир булакнинг
ундан ва юздан бир қисмлари
0—10 ёзилган микроскоп шкала-
часи буйича олинади. Шаклда даль-
номер шкаласи буйича саноқ 63,
микроскоп шкаласи буйича —33,
шу вақт тула саноқ 63,33 булади.
Микроскоп буйича параллактик
бурчакни 2400 гача улчаш мумкин,
микроскоп катталаштириш $v = 48^{\circ}$.



XV. 17- шакл. ДНТ-2 билан массфа улчаш, шкала саноғи: 63,33.

Бипризма. Дальномер билан ишлашда куриш трубасининг икки тўри олиниб, ўрнига махсус бипризма, окуляр резъбасига тирқишли диафрагма ўрнатилади. Бипризма рейканинг компенсатор ормалли келган тасвирини иккига бўлади, тирқишли диафрагма эса бир тасвирнинг юқорисини, иккинчи тасвирнинг қуйисини кесик ҳолда кўрсатади. Бу эса рейка маркасининг тасвирларини бирлаштириб, катта аниқлик билан кўринишига имкон беради.

Дальномер рейкаси. Базис хизматини бажарувчи рейка (XV. 18- шакл) катта ва кичик қисмларга бўлинади. Уzunлиги 1018 мм бўлган икки четки 6 марка оралиғи катта рейка, узунлиги 550 мм бўлган ўртадаги икки марка 5 оралиғи кичик рейка бўлади. Маркалар штанга 1 га маҳкамланган. Штанга уч оёқ тағлик 8 га ўрнатилиб, тургазиш винт 7 билан маҳкамланади, доиравий адилак 4 воситасида горизонтал ҳолатга, сптик визир 3 воситасида ўлчанадиган чизиққа перпендикуляр ҳолатига келтирилади. Бурчак ўлчашда махсус бурчак ўлчаш маркаси 2 ўрнатилади.



XV. 18- шакл. ДНТ-2 (ДН-08) дальномерининг: рейкаси.

1 — штанга, 2 — марка, 3 — оптиквий визир, 4 — доиравий адилак, 5 — ўрта маркалар, 6 — четки маркалар, 7 — тургазиш винт, 8 — тағлик

XV. 14. ДНТ-2 билан масофа ўлчаш асослари

Насадкани теодолит объективига кийдириб (XV. 16- шакл) ўлчанадиган чизиқнинг бир учига теодолит, иккинчи учига рейка ўрнатилади (XV. 17- шакл, а); четки маркалар оралиғини e_1 , ички маркалар оралиғини e_2 билан белгиласак, теодолит марказидан рейкагача бўлган масофа D

$$D = D_1 + c_1 + c_2 \quad (XV. 15)$$

бўлади, бу ерда D_1 — параллактик бурчак учидан марка олд юзасигача бўлган масофа; c_1 — теодолитнинг вертикал ўқидан параллактик бурчак учигача бўлган оралиқ, c_2 — марка юзасидан рейканинг вертикал ўқигача бўлган масофа. Бу формулада c_1 ва c_2 ўзгармас бўлганидан $c_1 + c_2 = c$ десак,

$$D = D_1 + c \quad (XV. 16)$$

бўлади. XV. 17- шаклдан $D_1 = \frac{1}{2} b_1 \operatorname{ctg} \frac{\varphi_1}{2}$. b_1 ва φ ни умумий

кўринишда белгисиз олсак, φ кичик бўлганидан $\operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} = \frac{2}{\varphi}$.

$\frac{1}{\sin 1''}$ бўлади. Буни D_1 га қўйсак,

$$D_1 = \frac{b\rho^*}{\varphi} \quad (\text{XV. 17})$$

булади. Буни (XV. 16) га қўйсак,

$$D = \frac{t_0''}{\varphi} + c \quad (\text{XV. 18})$$

чиқади, $\rho = 206265''$, b ўзгармас бўлганидан $b\rho = K$ десак.

$$D = \frac{K}{\varphi} + c \quad (\text{XV. 19})$$

буладки, бу ўзгармас базисли дальномер формуласи дейилади. K — дальномер коэффициентини бўлиб, қиймати турли асбобда турлича бўлиши мумкин; K нинг қиймати алоҳида аниқланади. ДНТ-2 дальномерда катта базис учун $K = 2100$, калта базис учун $K = 1100$ десб олиш мумкин. Насадка ТТ5 теодолитига ўрнатилиб ишлаганда $c = 0,10$ м булади, шунинг учун (XV. 19) формула қўлланилганда ёлғиз φ нинг қиймати аниқланади. Лекин ўлчаш турли температурада бажарилганда ва чизиқ ҳам турли қияликда бўлганда D нинг қийматини температура ва қиялик тузатмалари бериб, қуйидаги формула ёрдамида ҳисобласа булади:

$$D = \frac{K}{\varphi} + c + \delta_t + \delta_v, \quad (\text{XV. 20})$$

бу ерда δ_t — температура тузатмаси, буни қуйидаги формула ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$\delta_t = \lambda \cdot (t - t_0) \frac{K}{\varphi''}, \quad (\text{XV. 21})$$

бу ерда $\lambda = 16 \cdot 10^{-6}$; t — ўлчаш вақтидаги ҳаво температураси, t_0 — K ни аниқлаш вақтидаги температураси:

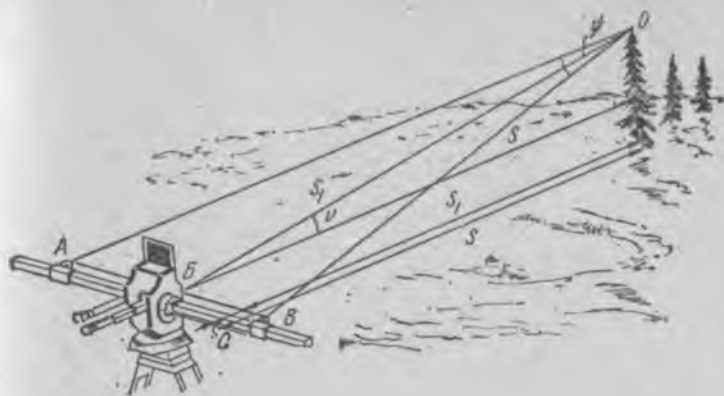
$$\delta_v = -2 \frac{K}{\varphi''} \sin^2 \frac{v}{2}, \quad (\text{XV. 22})$$

бу ерда v — ўлчанадиган чизиқнинг қиялик бурчаги. δ_t ва δ_v ларни махсус жалвалдан олиш мумкин.

Параллактик бурчак φ ни ўлчаш. Бурчак икки усул билан ўлчаниши мумкин.

1- усул. Трубани рейкага қаратиб (XV. 17- шакл, а) юқоридаги тасвир A ва B пастдаги иккинчи тасвир A' ва B' билан бирлаштирилади (XV. 17- шакл, б) ва шкаладан саноқ n_1 олинади. Кейин алидада қаратиш винти билан B' га A тўғриланади ва саноқ олинади n_2 (XV. 17- шакл, в). Шу вақт $\varphi = i = n_2 - n_1$ бўлади.

2- усул. Аввал B ни A' га тўғрилаб, n_1 саноқ олинади. Кейин A ни B' га тўғрилаб, n_2 саноқ олинади. Бунда саноқлар фарқи $n_2 - n_1 = 2\varphi$ ёки $\varphi = \frac{n_2 - n_1}{2}$ булади. Бу усул ўлчанадиган масофа 180 м дан катта бўлганда қўлланилади. n қиймати аниқлангач, (XV. 20) бўйича D ҳисобланади.



XV. 19- шакл

ОТД даль номери. Бу оптик топографик дальномер бўлиб, иккиланма тасвирли, ўзгармас базислидир; кўриниши ДН-08 (ДНТ-2) га ўхшайди. 40 дан 400 м гача масофани горизонтал ёки вертикал рейка ёрдамида 1:5000 нисбий хато билан ўлчашга имкон беради.

Ҳамма турдаги дальномер насадкаларининг кўриниши, тузилиши ва ишлатилиш йўллари паспортда тўла берилди.

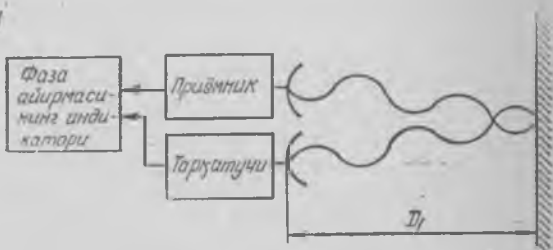
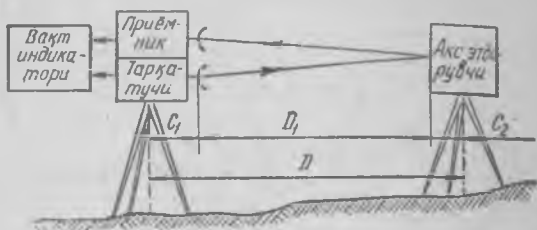
ДВГ (ДВ-20) ёки ДНГ (ДН-20) даль номери ички базисли иккиланма тасвирли бўлиб, унда масофа рейкаси ўлчанади. Бошқа оптиквий ўзгармас бурчакли дальномерлардан фарқли ўлароқ, унда базис асбобнинг ўзидан линейка (чизгич) кўринишида ясалган (XV.19-шакл). Нарсага ёки махсус веҳага (XV. 20-шакл) қараш мумкин. Параллактик бурчак базис чизгидаги каретачада жойлашган икки оптик пона ёрдамида ҳосил булади. Масофа ўлчашда каретачани чизгич бўйича силжитиб, нарса ёки марканинг икки тасвири бирлаштирилади. Кейин каретача бўйича базис узунлиги l чизгич булакларидан аниқланади. Шунда масофа $D = Kl + c$ булади; бу ерда K — дальномер коэффициентини, c — ўзгармас сон константа. Дальномер билан 300 м гача бўлган масофани 1:500 нисбий хато билан аниқлаш мумкин. ГОСТ 10812 - 74 га кўра, ТВ шифрли ички базисли дальномер чиқарилади.



XV.20- шакл.

XV. 15. Электрон дальномерлар ҳақида тушунча

Кейинги даврда ватанимиз ва чет мамлакатларда масофаларни шу масофадан электромагнитавий тўлқинларнинг ўтиш вақтини аниқлаш орқали ўлчаш усули қўлланила бошлади. Бундай дальномерлар ёруғлик дальномерлари ва радиодальномерга бўлинади. Дальномерларда қўлланиладиган электромагнитавий тўлқинлар тез-



XV. 21-шакл.

лиги ўзгармас бўлган ёруғлик ва радиотўлқинлардан иборат бўлиб, овоз тўлқинларидан фойдаланилмайди. Ёруғлик тўлқини куп шартларга жавоб беради ҳам, лекин туман, тутунли жойларда ютилади, қуёшли ёруғ кунларда тўлқинларни ушлаш қийин, узоқлиги ҳам кичик, лекин кечалари ишлаш яхши натижа беради. Радиодальномерларда узун радиотўлқинлар қулай бўлса ҳам, ер ва атмосферада қайтиш (аксланиш) кўпроқ бўлганидан, қабул мосламаси ҳамма тўлқинни ҳам қабул қилавермайди ва ҳаво намлиги тўлқинга ёмон таъсир этади. Шунинг учун ультрақисқа (3 дан 10 см ли) тўлқинлардан фойдаланилади.

Ёруғлик дальномерни ва чизик ўлчаш. Жойда A ва B нуқталар орасидаги масофа D ни ўлчаш учун (XV. 21-шакл, a) A нуқтага ёруғлик дальномерни (узатувчи ва қабул қилувчи), B нуқтага эса қайтаргич (ретранслятор) ўрнатилади. A нуқтадан дальномер юборган электромагнитавий тўлқин B нуқтага бориб, ундан қайтгач, бош нуқта A га келади. Бунда нур $AB = D$ масофани икки марта тўғри ва тескари юриб ўтади. Агар ёруғлик тезлигини v , тўғри ва тескари нур юрган вақтни τ десак, масофа D шакл бўйича

$$D = D_1 + c \quad (\text{XV. 24})$$

булади; бу ерда $c = c_1 + c_2$ — дальномер константаси; D_1 қуйидагича аниқланади:

$$D_1 = \frac{1}{2} v \tau. \quad (\text{XV. 25})$$

Нурнинг ҳаводаги тезлиги: $v = \frac{v_0}{n}$, бу ерда v_0 — электромагнитавий (ёруғлик) тўлқинининг бўшлиқдаги тезлиги бўлиб, $v_0 = 299792,50 \pm$

$\pm 0,4$ км/сек, n — нурнинг ҳавода синиш кўрсаткичи бўлиб, температура ва намликка боғлиқ. Нурнинг юриш вақти τ бевосита ёки билвосита ўлчанади. τ ни ўлчаш усулига қараб, ёруғлик ва радио дальномери *импульсий* ва *фазовий* дальномерларга бўлинади.

Агар электромагнитавий тўлқин нурланиши айрим импульс билан вақтма-вақт берилса, бунга импульсий дейилади. Геодезик ишларда фазовий дальномер кўпроқ ишлатилади.

Фазавий дальномерда вақт қуйидагича аниқланади: электромагнитавий тебраниш узлуксиз f частота билан передатчик орқали бир вақтда қайтаргичга ва фазалар фарқининг индикаторига юборилади; индикаторга приёмник қабул қилган ва қайтган электромагнитавий тебраниш ҳам келади. f частотада D_1 масофани ўтган икки тебраниш фазаларининг фарқи индикатор билан ўлчанади. Бир тебраниш ўтган вақт тебраниш даври дейлади ва T

билан белгиланади. $f = \frac{1}{T}$ тебраниш частотаси дейилади. Фазалар фарқи тебраниш даври сони N ва давр бўлаги Δ дан иборат бўлиб $\tau = \frac{1}{f} (N + \Delta)$; шунда масофа

$$D_1 = \frac{v}{2f} (N + \Delta) \quad (\text{XV. 26})$$

бўлади, бу ерда Δ — фазавий цикл даври бўлиб, фазалар фарқига тенг. Тебраниш частотаси f ўзгармас деб олинади. Чизиқ ўлчашда олдин фазалар фарқи Δ аниқланади, кейин частота f шундай ўзгартириладики, Δ қиймати ноль ёки тебраниш даврининг ярмига тенг бўлади. Тебранишнинг бутун даври N эса f ва Δ ларнинг маълум қийматлари бўйича аниқланади. $\Delta = 0$ бўлса,

$$D_1 = \frac{v}{2f} N \quad (\text{XV. 27})$$

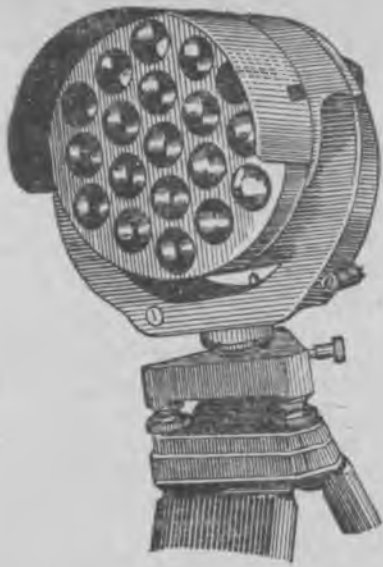
бўлади. Агар $\frac{v}{f} = \lambda$ ни f частодаги тўлқин узунлиги десак ва ўрнига қўйсак, масофа тўлқин узунлиги орқали қуйидагича ифодаланади:

$$D_1 = \lambda \frac{N}{2}. \quad (\text{XV. 28})$$

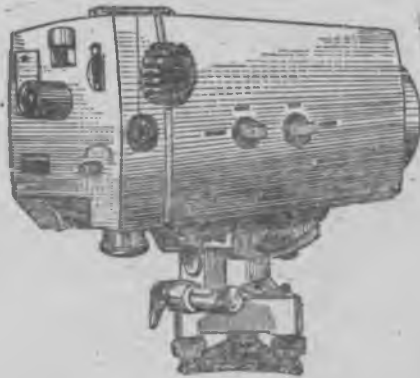
Ёруғлик дальномерлари катта, ўртача ва кичик бўлади. Катта дальномерларда лазер нуридан фойдаланилади. Ватанимизда чиқариладиган «КВАРЦ» СГ-3 шифрли дальномерлар катта ҳисобланиб 1 м дан 60 км гача бўлган масофани кундузи ва кечаси ўлчашга имкон беради. Геодиметр 8 модель (Швеция), Геодолит (АҚШ) кабилар катта ҳисобланади.

Геодиметр 6 модель (Швеция), EOS (ГДР) кабилар ўртача бўлиб, чуғланиш лампаси билан ишлайди; унда 15 м дан 25 км гача масофани ўлчаш мумкин.

2 СМ2 (СССР), ЕОК-2000 (ГДР), Эльди 2 (ФРГ), Геодиметр 12 модели (Швеция), Теллуrometer СД-6 (ЖАР) кабилар кичик дальномер бўлиб, улар билан 0 дан 5 км гача масофани ўлчаш мумкин.



XV. 22- шакл.



XV. 23- шакл.

Ўлчашга имкон беради. Ҳозир СССРда РДГ-В дан ташқари, «Луч» номли дальномер ҳам ишлатилади.

XV. 16. Тригонометрик нивелирлаш

А ва В нуқталар орасидаги нисбий баландликни вертикал бурчак ν ва масофа d асосида тригонометрик формулалар ёрдамида аниқлаш *тригонометрик нивелирлаш* дейилади. Агар А нуқтага доиравий тахеометр ўрнатиб, труба В даги рейка учига қаратилса-да, вертикал бурчак ν ўлчанса, АВ чизиқнинг горизонтал қўйи-лиши $AA_1 = d \sin \nu$ бўлса, XV. 24- шаклга кўра

СССРда чиқадиган ЗОД-1 да 30 км масофани 1:400 000 аниқлик билан, СВВ-1 асбобида 20 км масофани 1:200 000 аниқлик билан ўлчаш мумкин.

МИИГАИК лойиҳалаб СТ-62М шифри билан чиқариладиган топографик ёруғлик дальномернинг ташқи кўриниши XV. 22- шаклда келтирилган.

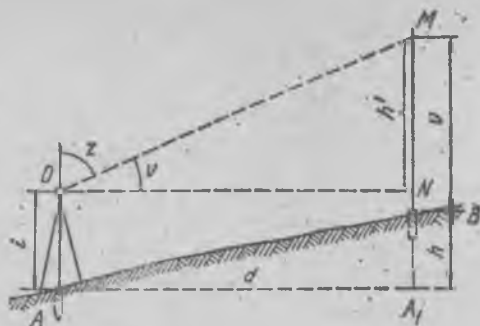
Радиодальномер фазовий геодезик дальномер дейилади, улар теллуrometer асосида ишланган. Бунда ўлчанадиган чизиқ икки учига ўрнатилган етакловчи ва етакланувчи радиотехникавий станциялар ёрдамида ўлчанади. Ўлчаш натижаси етакловчи станциядан олинади, бу станцияда электромагнитавий тебранишнинг икки генератори жойланган бўлиб, бири частота элтувчи, иккинчиси частота модульловчи генератордир.

СМ-3 шифрли фазовий ёруғлик дальномери 2 дан 1600 м гача масофани 3 см хато билан ўлчайди, геодезик ишларда кўпроқ қўлланилади. Дальнометрнинг кўриниши XV. 23- шаклда тасвирланган.

Геодезик радиодальнометр РДГ (РДГВ) фазавий бўлиб, 200 м дан 30 км гача бўлган масофаларни исталган вақтда 10 смли тўлқинда $m_D = \pm (5 \text{ см} + 3 \cdot 10^{-6} D)$ хато билан

$$A_1B + BM = MN + NA_1(a)$$

бўлади. $A_1B = h$ — нисбий баландлик; $BM = v$ — рейка баландлиги; $MN = h'$; $A_1N = AO = i$ — асбоб баландлиги. Буларни (а) га қўйсақ, $h + v = h' + i$ ёки $h = h' + i - v$ (б) бўлади. OMN учбурчакликдан $MN = ON \operatorname{tg} v$ бўлади. $ON = AA_1 = d$ эканини эсласак, $MN = h' = d \operatorname{tg} v$. Буни (б) га қўйсақ,



XV. 24- шакл

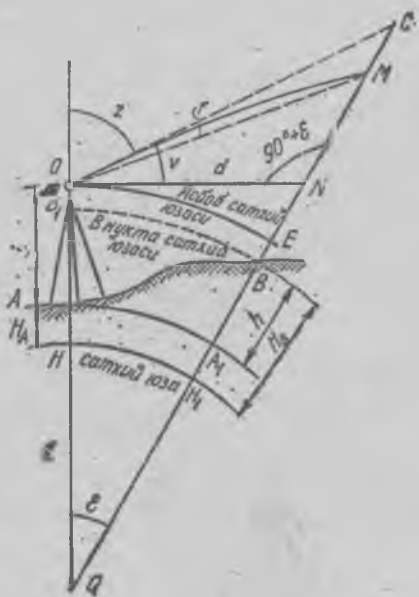
$$h = d \operatorname{tg} v + i - v \quad (XV. 29)$$

чиқади. Бу тригонометрик нивелирлаш формуласи, яъни тахеометрик нивелирлаш формуласидир. Агар вертикал бурчак v ўрнига зенит оралиғи z ни қўйсақ, $v = 90^\circ - z$ бўлганидан

$$h = d \operatorname{ctg} z + i - v \quad (XV. 30)$$

бўлади, бу геодезик нивелирлаш формуласи бўлиб; зенит оралиғи z ни ўлчашда, яъни триангуляция пунктлари отметкасини тригонометрик нивелирлаш йўли билан аниқлашда қўлланилади.

(XV. 29 ва 30) формулаларни чиқаришда ер эгрилиги ва рефракция таъсири ҳисобга олинмади. Агар улар ҳисобга олинса, нур XV. 25- шаклдагича кетиб, қуйидаги ифода топилади. О дан кўриш нури рефракция таъсирида OC бўйича кетмай, OM эгри чизиқ бўйича кетади. Бу ерда $CM = r$ — рефракция хатоси; A, B ва O нуқталардан сатҳий юза HN_1 га параллел AA_1BB_1 ва OE ўтказсак, $A_1B = h$; $EN = P$ ер эгрилигининг таъсири бўлади. Рейка баландлиги $BM = v$, $Nc = h'$, $EA_1 = i$ десак, шаклга кўра қуйидагини ёзамиз:



XV. 25- шакл

$$A_1B + BM + MC = CN + NE + EA_1, \quad (a)$$

(а) га юқоридаги қийматларни қўйсақ,

$$h + v + r = h' + P + i \quad \text{ёки} \quad h = h' + i - v + P - r \quad (б)$$

чиқади. A ва B оралиғи 2 км бўлганда $\epsilon < 1'$ бўлади, шунинг учун $ОНС$ ни тўғри бурчакли учбурчаклик десак бўлади; шунда $h' = d \operatorname{tg} v$ бўлади; $P - r = f$ ни (6) га қўйсак,

$$h = d \operatorname{tg} v + i - v + f \quad (\text{XV. 31})$$

чиқади. (XIII.13) формулага биноан: $f = 0,42 \frac{d^2}{R}$; бу ерда $R - E_p$ радиуси бўлиб, $R = 6371,1$ км.

Нивелирлашда труба рейка учига қаратилмай, рейкада белгиланган асбоб баландлигига қаратилса, $v = i$ бўлганидан формула содалашиб, қуйидагича ёзилади:

$$h = d \operatorname{tg} v + f. \quad (\text{XV. 32})$$

Одатда h қиймати $0,01$ м гача яхлитланади. $d = 210$ м бўлганда f қиймати $0,01$ м дан ошмайди, шунга кўра, $d < 210$ бўлганда f қийматини ҳисобга олмай, (XV. 32) формулани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$h = d \operatorname{tg} v. \quad (\text{XV. 33})$$

Тахеометрик съёмкада масофанинг горизонтал қўйилиши ўлчанмай, балки ипли дальномер билан D масофа ўлчанади. Шунга кўра, (XV. 33) формуладаги d ўрнига унинг (XV. 9) формуладаги қиймати $d = D \cos^2 v$ ни қўйсак, $h = D \cos^2 v \operatorname{tg} v$ ёки содалаштирсак, $h = D \cos^2 v \frac{\sin v}{\cos v}$ бўлади, буни $\frac{2}{2} D \sin v \cos v$ шаклида ёзсак,

$$h = \frac{1}{2} D \sin 2v \quad (\text{XV. 34})$$

бўлади. Бу тахеометрик формуланинг асосий ҳади бўлиб, h' деб олинади; нивелирлашда труба рейка тепасига қаратилса, тўлиқ формула

$$h = h' + i - v + f$$

ёки

$$h = \frac{1}{2} D \sin 2v + i - v + f \quad (\text{XV. 35})$$

ҳосил бўлади. (XV. 9) ва (XV. 34) формулалардан d ва h ни ҳисоблашда махсус тахеометрик жадваллар ёки номограммалар қўлланилади.

Электрон машиналар кўпайиши билан жадвал ишлатмай, вертикал бурчак v бўйича тригонометрик функциялар қийматини жадвалдан олиб, кейин (XV. 34) формула ёрдамида h , (XV.9) формула ёрдамида эса d ни ҳисоблаш мумкин.

Тригонометрик нивелирлаш хатоси. Нисбий баландликдаги хато (XV. 34) формулага кўра, D , v , i , v ва f ларни аниқлашдаги хатога боғлиқ. i , v ларни аниқлашдаги хато ва f қиймати кичик бўлганидан уларни эътиборга олмасак бўлади: шунда h ни топишга, асосан, D ва v ни ўлчашдаги хато таъсир этади.

Нисбий баландликнинг ўрта квадратик хатоси m_h , масофа хатоси m_D ва вертикал бурчак хатоси m_v орқали қуйидагича топилади:

$$m_h^2 = h^2 \left(\frac{m_D}{D} \right)^2 + D^2 \cos^2 v \left(\frac{m_v}{\rho} \right)^2,$$

буни соддаласак,

$$m_h^2 = h^2 \left(\frac{m_D}{D} \right)^2 + D^2 \left(\frac{m_v}{\rho} \right)^2$$

булади. Агар $m_v = 0,5'$, ипли дальномерларда $\frac{m_D}{D} = \frac{1}{400}$, $\rho = 3438'$ десак,

$$m_h^2 = \left(\frac{h}{400} \right)^2 + \left(\frac{D}{6810} \right)^2$$

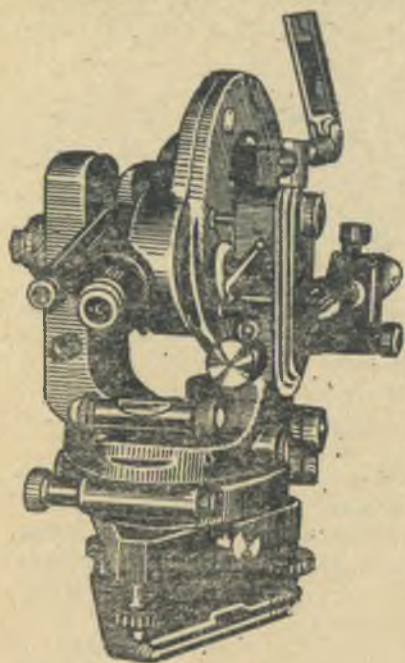
булади. Кўрамизки, нисбий баландлик хатоси масофа ва нисбий баландлик қийматига пропорционал ўсади. Шунга кўра, тригонометрик нивелирлашда узун масофани бир нечага бўлиб, кейин ҳар қайси оралиқнинг нисбий баландлигини аниқлаш маъқул кўрилади.

XV. 17. Автомат тахеометрлар

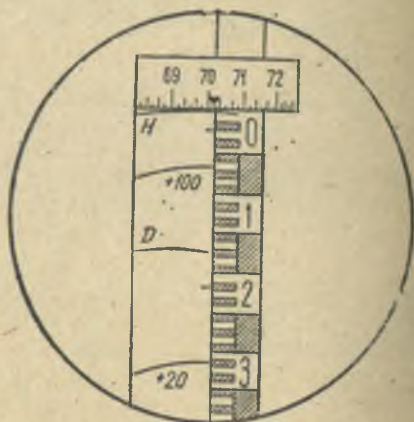
Булар доиравий тахеометрлар ТТ5, ТЗО, Т15, Т5 каби такрорий теодолит бўлиб, ўлчанган масофа D ҳамда вертикал бурчак v орқали (XV. 9) ва (XV. 34) формулалар ёрдамида d ва h ҳисоблаб топилади.

Кейинги даврда янги автомат тахеометрлар яратилганки, улар ёрдамида ҳеч қандай ҳисоблаш ишлари ўтказмай, ўлчанадиган қия масофанинг горизонтал қўйилиши d ва нисбий баландлик h ни автоматик аниқлаш мумкин. Бундай автомат тахеометрлар турли кўринишда ватанимизда ва демократик республикаларда кенг кўламда ишлатилмоқда. Бу асбоблар *комбинацияланган топографогеодезик қуроллар* деб ҳам аталади.

ТА-2 автомат тахеометри. Бу доиравий тахеометр ўрнида ҳам ишлаши мумкин бўлган тахеометр (XV. 26- шакл) ҳисобланади. Микроскопнинг кўриш майдонида 1° ли лимб булаклари ва $1'$ ли микроскоп шкаласи кўринади ва саноқ $0,1'$ аниқликда олинади. Оптик вертикал доирада вертикал бурчак ўлчаш шкаласи билан бирга рейкадан масофанинг горизонтал қўйилиши d ва нисбий баландлик h ни аниқлашга имкон берувчи эгри чизиқлар чизилган (XV. 27- шакл). Бу эгри чизиқлар «Г» кўринишдаги кумуш ранг йўл бўлиб, уннг томондаги рейкадан эгри чизиқлар бўйича d ва h қийматлари олинади. H белгили чизиқ асосий дейилиб, у рейкадаги асбоб баландлигига тўғриланади. Кейин D чизиқ бўйича олинган саноқ $K = 100$ га кўпайтирилса, d қиймати чиқади. D нинг икки ёнидаги эгри чизиқлар нисбий баландлик h чизиқлари бўлиб, коэффициентлари ўз ишоралари



XV. 26- шакл



XV. 27- шакл. ТА-2 тахеометрининг автомат диаграммаси; саноқ бўйича d ва h қийматлари:

$$d = 0,173 \times 100 = 17,30 \text{ м} \quad h = 0,311 \times 20 = + 6,22 \text{ м}$$

билан чиқиқ тагига ёзилган; юқорига қаралса, мусбат (+), қуйига қаралса, манфий (—) ишорали чиқиқ кўринади. Кумуш йўл юқорисида горизонтал равишда ёзилган шкзла рақамлари вертикал доира шкаласи бўлиб, вертикал бурчак ўлчашда қўлланилади, ундан саноқ олиш аниқлиги $1'$. Асбоб билан доиранинг чап ($DЧ$) ҳолатида ишланади, доиранинг ўнг ($DЎ$) ҳолатида эса эгри чизиклар кўринмайди. Кумуш йўлнинг ўнг томонидаги иккита калта штрих дальномер иплари бўлиб, улардан олинган саноқлар фарқи $K = 100$ га кўпайтирилса, дальномер масофаси D чиқади. Шакл бўйича саноқлар ва d , h қийматлари қуйидагига тенг: D чизиги бўйича $d_{100} = 0,176 \times 100 = 17,60$ м. Нисбий баландлик чизиги $+ 20$ бўйича: $h_{20} = 0,313 \times 20 = + 6,26$ мм; $+100$ чизиги бўйича: $h_{100} = 0,062 \times 100 = + 6,60$ м; ипли дальномер штрихи бўйича: $D = (0,215 - 0,020) \times 100 = 0,195 \times 100 = 19,50$ м.

Вертикал доира саноғи $L = 70^\circ 10'$; ТА-2 тахеометрида ноль ўрни (НЎ) 90° га тенг. Шунга кўра, вертикал бурчак $v = НЎ - L = 90^\circ - 70^\circ 10' = + 19^\circ 50'$ бўлади. ТА-2 билан қиялик бурчаги $\pm 0^\circ 30'$ дан $\pm 25^\circ$ гача бўлганда 50 дан 250 м гача бўлган масофани 1:500—1:700 нисбий хато билан аниқлаш мумкин. Нисбий баландликни аниқлаш хатоси, масофа ва вертикал бурчак қийматига қараб, $\pm 1,5$ см дан $\pm 4,0$ см гача бўлади.

ТА-2 шифрли автомат тахеометрдан ташқари, ГОСТ 10812-74 га биноан ТЭ, ТД, ТН, ТВ шифрли тахеометрлар ҳам чиқарилади, булардан ТЭ ва ТД аниқ тахеометрлар бўлиб, ТН ва ТВ эса техник тахеометрлардир.

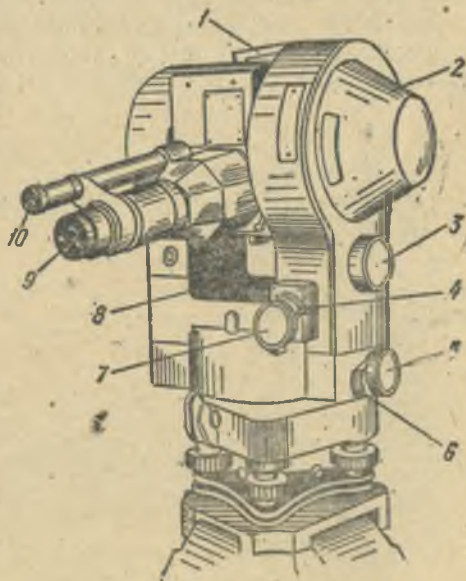
ТЭ — тахеометри. Бу электрооптик тахеометр бўлиб, бунда ўлчаш натижалари, яъни масофа, горизонтал ва вертикал бурчак қийматлари ёруғлик таблосидан сон кўринишида қайд қилинади ва перфолентада шартли кодда ифодаланади; кейин электрон ҳисоблаш машинаси (ЭХМ) да ишланиб, автоматик равишда топоплан чизилади. Асбоб IV класс полигонометрия ва шаҳар съёмкасида ишлатилади.

ТН — номограммали тахеометр. Бу ТА-2 нинг ўзгаргани, масофанинг горизонтал қўйилиши d ва нисбий баландлик h трубанинг қуриш майдонигаги номограммлар ёрдамида вертикал рейкадан олинган саноқлар бўйича аниқланади. Бу асбоб билан 5 дан 350 м гача бўлган масофани 1:500 аниқлик билан ўлчаш мумкин.

ТД тахеометри. ГОСТ 10812-74 га бинсан чиқариладиган илгариги ТП шифрли тахеометрнинг ўзгаргани бўлиб, Т5К теодолити асосида ишланган. ТД иккиланма тасвирли, қараш мўлжали сифатида штативга таглик орқали ўрнатиладиган икки метрли горизонтал рейка хизмат қилади. ТД билан бурчак, масофа ва нисбий баландлик ўлчанади. Шунга кўра, полигонометрияда, аниқ теодолит ва тахеометрик йўлларда ишлатилади. Нисбий баландликни горизонтал кўриш нури орқали аниқлашда ТД нивелири каби ишлатилади. ТД да бурчак ўлчаш қисми ва иккиланма тасвирли

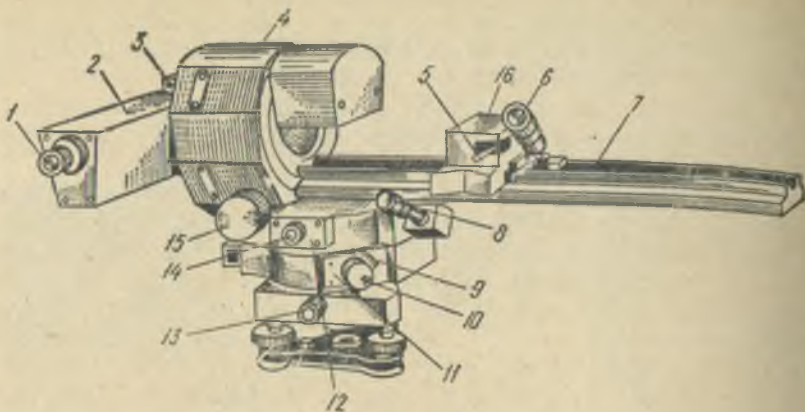
ўзгармас бурчакли дальномер — баландлик ўлчагич қисмлари ўрнатилган. Вертикал доирага адилак ўрнига $\pm 3'$ ҳаракатланувчи оптиквий компенсатор ўрнатилган. Компенсатор дальномер ёки баландлик ўлчагич бўлиб хизмат қилади. Биридан иккинчисига ўтишда колонкадаги винт 3 буралади. Унда S ва H ҳарфлари ёзилган. S — дальномерники, H — нисбий баландликники (XV. 28-шакл) ТД билан автоматик равишда d ва h топилади, масофа 1 : 5000 нисбий хато билан, нисбий баландлик 100 мм га 3—4 см хато билан, бурчак эса 5—6' хато билан ўлчанади.

ТВ — ички базисли тахеометр. ГОСТ 10812-74 га биноан, ватанимизда чиқариладиган редуccion, иккиланма тасвир берувчи дальномерли ўзгарувчан ба-



XV. 28-шакл. ТД (ТП) авторедукцион тахеометрнинг окуляр томонидан умумий кўриниши:

1 — оптиквий визир, 2 — дальномер жойлашган жой, 3 — дальномерни бошқариш винти, 4 — труба маҳкамлаш винти, 5 — алидаданинг қаратиш винти, 6 — алидада маҳкамлаш винти, 7 — труба қаратиш винти, 8 — цилиндр адилак, 9 — окуляр, 10 — микроскоп окуляри

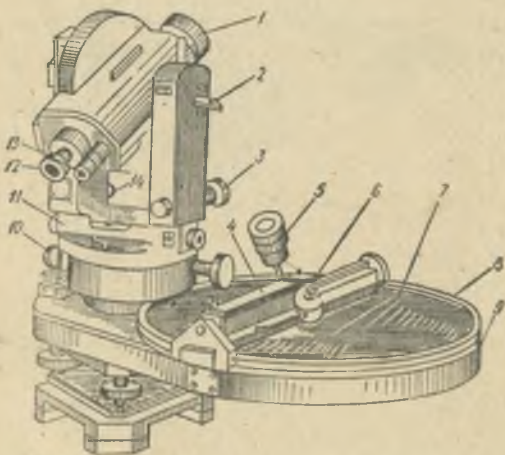


XV. 29- шакл. Ички базисли ТВ тахеометри:

1 — окуляр, 2 — кўриш трубаеси, 3 — оптикавий визир, 4 — колонка, 5 — даста, 6 — лу-па, 7 — базис шина, 8 — микроскоп, 9 — маҳкамлаш винти, 10 — қаратиш винти, 11 — горизонтал доиранинг қуйи қопқоғи, 12 — ҳоққок, 13 — таглик маҳкамлаш винти, 14 — оптикавий марказлагич окуляри, 15 — қаратиш винти, 16 — ҳаракатчан каретача

заси (базиси) асбобга ўрнатилган тахеометр бўлиб, биноли ёпиқ жойларда бажариладиган тахеометрик стёмкада d ва v ни ўлчаш орқали h ни аниқлашда қўлланилади (XV.29- шакл). База узунлиги каретача 16 ни суриб ўзгартирилади; бу база билан 60 м гача масофани ўлчаш мумкин. 60 м дан 180 м гача бўлган масо-

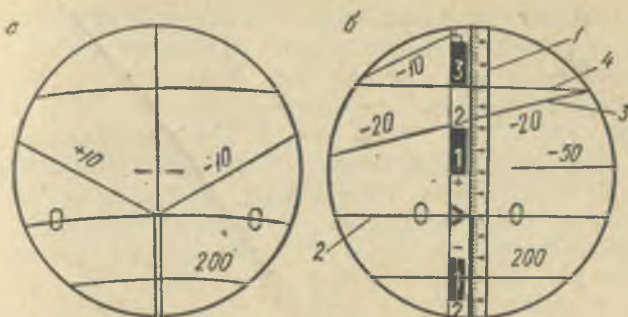
фаларни ўлчашда узунлиги 60 см ли қўшимча рейкача ишлатилади. ТВ да бурчак ўлчаш ва дальномер қисмлари бўлади. Бурчак ўлчаш қисми синиқ ички фокусладиган ер труба-сидан иборат бўлиб, унда горизонтал ҳамда вертикал доирага саноқ олиш системаси ишланган. Саноқ штрихли микроскоп орқали ТЗО даги каби 30" хато билан олинади.



XV. 30- шакл. Дальта O20 тахеометрининг умумий кўриниши:

1 — объектив, 2 — трубаи маҳкамлаш ричаги, 3 — труба қаратиш винти, 4 — масштабни чизгич, 5 — чизгич лупаси, 6 — нуқта тушириш мосламаси, 7 — астро-лон, 8 — столчанинг айланувчи қисми, 9 — столча, 10 — аллидада маҳкамлаш винти, 11 — цилиндрик адиллак, 12 — окуляр, 13 — микроскоп окуляри, 14 — вертикал доира адиллагининг микрометр винти

Тахеометрининг даль-номер қисми оптик сис-теманинг қуйи ва юқори бўлагидан, бир томонли асбоб базиси, компенса-тор системаси ва бў-лакловчи ясалмалли ку-затиш системасидан яса-

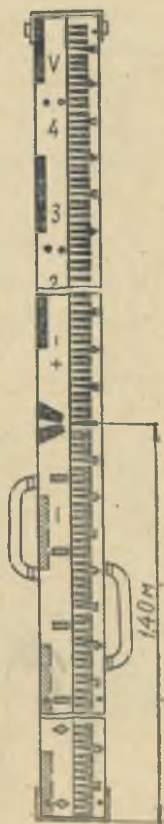


XV. 31- шакл. Дальта тахеометрининг кўриш майдони:

a — горизонтал турганда, *b* — труба пастга қаратилганда: 1 — рейка, 2 — асосий эгри чизиқ, 3 — нисбий баландлик эгри чизиғи, 4 — масофа эгри чизиғи

лади. Дальномер билан масофанинг горизонтал қўйишлиши 1:1000 аниқликда ўлчанади.

Дальта — 020 тахеометри. ГДР да «Карл Цейсс» корхонаси чиқарадиган редукцион тахеометр бўлиб (XV. 30- шакл), *d* ва *h* автоматик аниқланади; вертикал рейкадан эгри чизиқлар бўйича олинган саноклар *d* ва *h* қийматлари бўлади. Дальта — 020 ўқлар системаси такрорий бўлган оптик, ер трубади теодолит ҳисобланади. Тахеометрда икки вертикал доира бўлиб, бир доира бўлақларга бўлинган ва труба билан бирга айланади; иккинчи доира эса эгри чизиқлар чизилган номограммали бўлиб, труба таглигига маҳкамланганидан айланмайди. Санок олинадиган номограмма доиранинг чап (*L*) ҳолатида трубанинг кўриш майдонида тасвирланади (XV.31- шакл, *a, б*). Трубанинг горизонтал ҳолатида кўриниши XV.31- шакл, *a* да, объектив пасайгандаги кўриниши XV.31-шакл, *б* да келтирилган. Нисбий баландлик эгри чизиғи учта бўлиб, улар коэффициентини ўз ишораси билан чизиқ устига ёзилган. Асбобни ишлатишда асосий эгри чизиқ 2 (XV. 31-шакл, *б*) рейка 1 нинг тагидан 1,40 м баланддаги (XV. 32- шакл) ноль белгисига туғриланади. Кейин нисбий баландлик эгри чизиғидан 3 саноклар олинади (XV. 31-шакл, *б*). Шаклда $h_{10} = 0,41 \times (-10) = -4,10$ м, $K = 20$ бўлганда $h_{20} = 0,21 \times (-20) = -4,20$ м, масофанинг горизонтал қўйишлиши 4 бўйича $d = 0,30 \times 100 = 30,00$ м бўлади.



XV. 32- шакл.

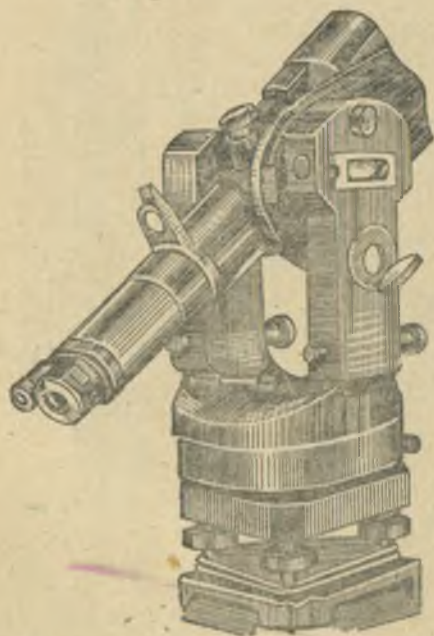
Жойни съёмка қилишда Дальта — 020 га махсус съёмка столчаси ўрнатилади, бу съёмканинг график ишларини далада бажаришга имкон беради. Съёмка натижалари столчага маҳкамланган калька, астролон каби шаффоф, юпқа қоғозга санчиш винти

6 ва масштаб чизғичи 4 ёрдамида туширилади (XV. 30- шакл). Ҳар станцияда чизилган калькадаги планларга асосан камераль ишда жойнинг тўлиқ плани чизилади. Жой планини бу йўл билан чизишга *ярим автоматик карталаш* дейилади.

Дальта-020 ни текшириш. Асбоб қуйидаги шартлар бўйича текширилади: 1) асбобдаги цилиндрик ва доиравий адилаклар теодолитдаги каби текширилади; 2) трубанинг кўриш ўқи унинг айланиш ўқиغا перпендикуляр бўлиши керак; бу коллимацион хатони аниқлаш теодолитдаги каби текширилади, лекин хато бўлса, устахонада тузатилади; 3) кўриш ўқи горизонтал турганда ва контакт адилак ноль ҳолатда бўлганда вертикал доира саноғи 90° бўлиши, асосий эгри чизиқ билан икки ёндаги нисбий баландлик чизиги $+10, -10$ лар кесишган нуқта вертикал чизиқда ётиши керак (XV. 31- шакл, а); бу шартнинг биринчи қисмини текшириш учун бир нуқтага икки доирада қараб, R ва L саноқлар олинади; булар бўйича H' ҳисобланади; H' қиймати 90° дан фарқ қилса, вертикал доира адилагининг тузиш винтлари ёрдамида устахонада тузатилади.

ГДР даги «Карл Цейсс» фирмаси Дальтанинг ўзгартирилгани Дальта-010 А шифрли тахеометр ҳам чиқарадики, Дальта-020 дан оз фарқ қилади.

Редта-002 редуцион тахеометри. Бу Басхард—Цейсс деб аталадиган теодолит—тахеометр иккиланма тасвир берувчи дальномерли бўлиб, ТД типига киради. 180 м гача масофанинг горизонтал қўйилишини горизонтал рейка ёрдамида 1:

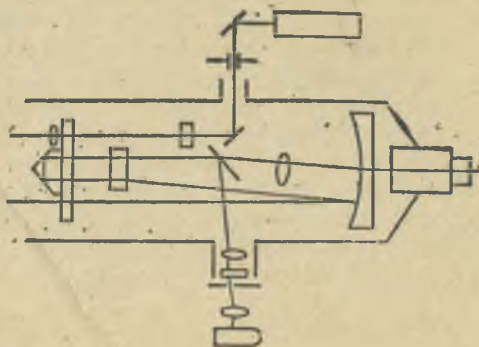


:5000 нисбий хато билан аниқлашга имкон беради (XV. 33- шакл). Шкалани микроскоп окуляри кўриш майдонида горизонтал ҳамда вертикал доира бўлаклари билан бирга, ўлчанадиган қиялик бурчаги тангенсининг қийматини аниқлайдиган тангенциал шкала ҳам кўринади. Бу шкаладан олган саноқни масофага кўпайтириб, яъни $h = d \operatorname{tg} \nu$ формула ёрдамида нисбий баландлик аниқланади. Бу йўл билан нисбий баландлик 100 м да $\pm (2 - 5)$ см като билан топилади.

Геодиметр 700 тахеометри. Бу тахеометр Швецияда АГА фирмаси чиқарадиган электрон тахеометри бўлиб, масофа ва бурчак ўлчаш натижалари автоматик ёзилади.

XV, 33- шакл

Асбобда бурчак ўлчаш ва дальномер мосламалари бўлиб, ўлчаш натижалари перфолента ва рақамли таблода ёзилади. Талабга қараб, ҳисоблаш мосламаси ўлчанган чизиқ, горизонтал ҳамда вертикал бурчак қийматини, қня чизиқ узунлигини ва унинг горизонтал қўйилишини ҳамда нисбий баландликни айрим қайд этиш мумкин. Асбобнинг оптик системаси XV. 34- шаклда берилган.



XV. 34- шакл.

Асбоб билан 5 км гача бўлган масофани ҳар км га 5 мм \pm 1 мм хато билан 10 — 15 секундда ўлчаш мумкин. Бурчак ўлчаш аниқлиги \pm (3 — 5").

Юқоридаги тахеометрлардан ташқари стереоскопик дальномерли ТДС ва ГОСТ 11898-66 га биноан маркшейдрлик съёмкасида ишлатиладиган УТ-3 ва УТ-10 шифрли ориентирловчи дальномерли угломер — тахеометр ҳам чиқарилади.

XV. 18. Янги электрон геодезик асбоблар

Кейинги йилларда геодезик ўлчаш ва ҳисоблаш ишларини механизациялаштириш ва автоматлаштириш учун механик, оптик, электрон ва лазерий геодезик асбоблар ватанимизда ва чет элларда ишлаб чиқарилмоқда.

Геодезик ишлар ўлчаш, ҳисоблаш ва график ишлардан иборат бўлганидан, янги асбоблар шу талабга мосланиб ясалмоқда. Масалан, Прагадаги геодезик илмий тадқиқот институти дала ўлчаш натижаларини ишлаб чиқиб план, карта каби график чизмаларни автоматик тайёрлашга имкон берувчи интеграллаш системаси яратиб арафасида туради. Бундай асбоблар СССРда ҳам яратилмоқда. Ҳозир ўлчаш натижаларини рақамларда рўйхатга олиб борувчи рақамий теодолитлар яратилганки, у *дигиталь* ва *рақамий теодолит* дейилади. Турли мамлакатларда янги типдаги геодезик асбобларни яратишда кибернетика ютуқларидан фойдаланиб турли сигнал ва кодлар қўлланилиб, электрон асбоблар яратилди. Масалан, СССРда ТК шифрли, Венгрияда КО-В1 шифрли, ФРГ да АРТ ва бошқа шифрда теодолит тахеометр чиқарилди.

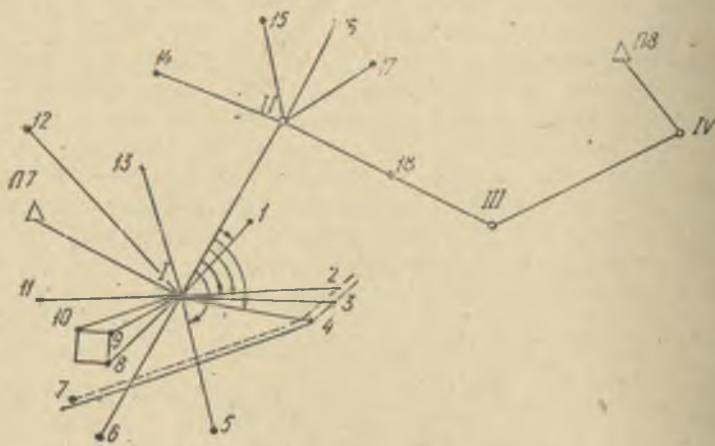
XV. 19. Тахеометрик съёмкани асослаш

Тахеометрик съёмкани бир системада олиб бориш учун тахеометрик йўл съёмка жойига яқин бўлган таянч пунктларга боши ва охирида пиланий ва баландлик буйича боғланади. Таянч пунктлар орасида олинадиган геодезик йўл *съёмка йўли* дейилади;

съемка йўли, аниқлигига қараб, теодолит — нивелир йўли билан теодолит тахеометр йўлига бўлинади.

Теодолит — нивелир йўлида масофа лента ёки аниқ дальномер билан, бурчаклар теодолит билан ўлчанади, нисбий баландликлар геометрик нивелирлаш йўли билан аниқланади.

Теодолит — тахеометр йўлида бурчак теодолит билан, томонлар узунлиги 1:400 аниқликда дальномер билан ўлчанади. Вертикал бурчак тўғри ва тескари қараб ўлчанади, бунда икки ўлчаш фарқи $2t$ дан ошмаслиги керак; бу ерда t — саноқ аниқлиги. Тўғри ва тескари нисбий баландликлар фарқи 100 м да $\pm 0,06$ м дан ошмаслиги керак. Тахеометрик йўл ва томон узунликлари



XV. 35- шакл.

съемка масштабида қараб турлича бўлади. Масалан, масштаб 1:1000 бўлганда йўл узунлиги 400 м атрофида, томон узунлиги 150 м гача бўлади.

Тахеометрик йўл жойи ситуацияси ва рельефини съемка қилишда асос бўлади. Асбоб ўрнатиладиган станциялар номерланиб, жойда маҳкамланади (XV. 35- шакл).

Тахеометрик съемка чизғий иншоот йўналиши бўйича олиб борилса, маршрут съемка, маълум майдон юзаси бўйича олиб борилса, майдон съемкаси дейилади. Маршрут съемкада тахеометрик йўл икки пунктга (бошда ва охирида) боғланади. Майдон съемкасида ёпиқ полигон ҳолида олиб борилади, лекин полигоннинг бир нуқтаси (станцияси) пунктга боғланади.

XV. 20. Тахеометрик съемка қилиш

Жойда тахеометрик съемка қуйидагича қилинади. Доиравий тахеометрларда $K = 100$, $c = 0$ бўлганидан, ноль ўрни (НЎ) аниқланади. Тахеометр I станцияга ўрнатилгач, иш ҳолига келтирилиб,

асбоб баландлиги i ўлчанади (XIII. 2- параграфга қаранг), кейин ориентирланади.

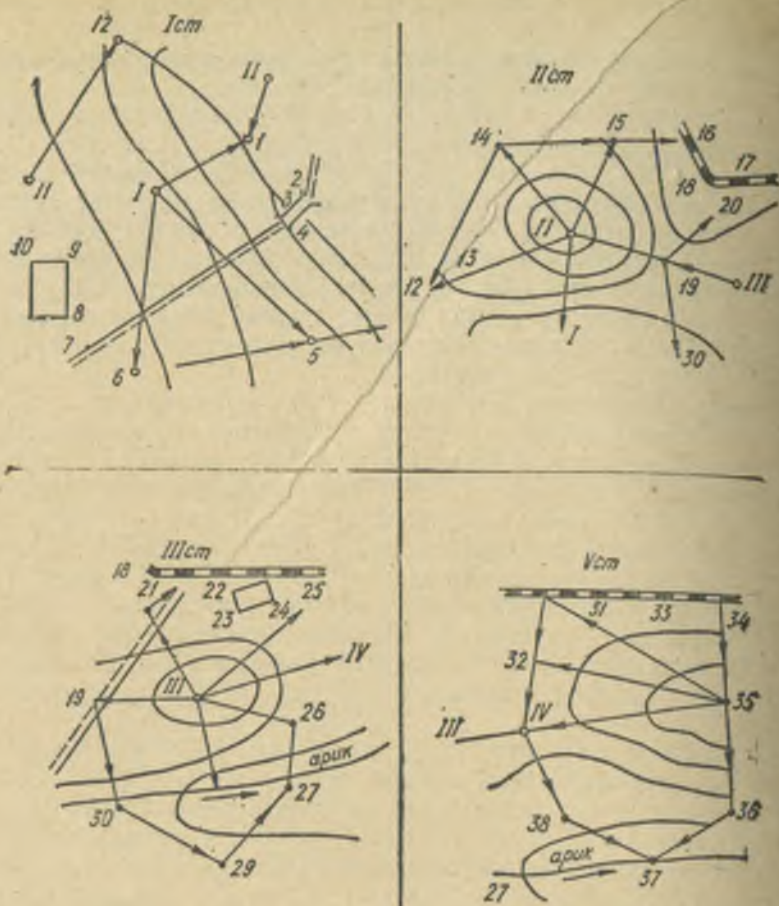
Тахеометрни ориентирлаш. Тахеометр берилган чизик ёки магнитавий меридиан бўйича ориентирланади.

Бош нуқта таянч пунктга боғланганда ёки бирор бош йўналиш берилганда чизик бўйича ориентирланади. Бунинг учун ТТ5 да ДУ ҳолатида, I верньер ноли лимб нолига туғриланади ва алидада маҳкамланади. Лимб бўшатилиб, труба берилган йўналиш бўйича қаратилади ва лимб маҳкамланади. Бунда асбоб чизик бўйича ориентирланган бўлади; лимбнинг шу туришида алидада бўшатилиб, труба бирор нуқтага қаратилади-да, I верньердан олинган саноқ бош чизик билан қаралган йўналиш орасидаги бурчак қиймати бўлади. Тахеометрик съёмкада станцияларда тахеометр шундай ориентирланади.

Баъзан тахеометрик йўл яқинида таянч пункт бўлмаса, тахеометр магнитавий меридиан бўйича қуйидагича ориентирланади. ДУ ҳолида I верньернинг ноли лимб нолига туғриланади ва алидада маҳкамланади. Теодолитга буссоль ўрнатилиб, арритири бўшатилади; лимб бўшатилиб, магнитавий стрелка 0° га келгунча лимб айлантрилади-да, лимб маҳкамланади. Шунда тахеометр магнитавий меридиан бўйича ориентирланган бўлади. Агар алидада бўшатиладиган кейин труба бирор нуқтага қаратилиб, I верньердан саноқ олинса, бу ана шу йўналишнинг магнитавий азимути бўлади. Агар бош томон магнитавий азимутга магнит стрелканинг оғиш бурчаги δ қўшилса, шу томоннинг ҳақиқий азимути чиқади.

Ситуация ва рельеф нуқталарни съёмка қилиш. Тахеометр ориентирлангач, станция атрофидаги жойнинг ситуация ва рельефининг характерли нуқталари қутбий усул билан съёмка қилинади. Бу нуқталар *рейка ёки пикет нуқталари* дейилади. Рейка нуқталарининг станциядан узоқлиги съёмка масштаби-га қараб турлича масофада олинади. Масалан, масштаб 1:1000 бўлганда рельеф нуқталарининг узоқлиги 150 м гача, ситуация нуқталари узоқлиги 100 м гача бўлиши мумкин. Рейка нуқтанинг ситуация ёки рельеф нуқтаси эканлигига қараб, съёмкада қуйидаги саноқлар: рельеф нуқтасидан: а) дальномер саноқлари; б) вертикал доира саноқлари ва в) горизонтал доира саноқлари; ситуация нуқтасидан: а) дальномер саноғи; б) горизонтал доира саноғи олинади.

Бир станциядан иккинчи станцияга вертикал доиранинг икки туришида қараб, R ва L саноқлар олинади, бу саноқлар орқали вертикал бурчак ν ва ноль ўрни ҳисобланади. Рейка нуқталарига ёлғиз бир доирада, R ёки L да қаралади. Дальномер масофани ўлчашда кўринган юқори ип 1000 га қаратилиб, қуйи ипдан саноқ олинади; вертикал бурчакни улаш учун турнинг ўрта ипи асбоб баландлигига қаратилиб, вертикал доира адилаги микрометрик винт билан горизонтал ҳолатга келтирилади, кейин вертикал ва горизонтал доирадан саноқ олиниб журналга ёзилади. Съёмка қилинадиган рейка нуқталарининг станцияга нисбатан жойлашувини кўрсатувчи крски чизилиши керак.



XV. 36- шакл.

Кроки. Ҳар станцияда жой ситуацияси ва рельефнинг характерли нуқталарининг ўрнини номерлаб кўрсатадиган *чизма* (эскиз) кроки дейилади. Бунинг абрисдан фарқи шундаки, крокида рельеф тахминий тасвирланади, ўлчаш натижалари чизмага эмас, балки журналга ёзилади. Кроки бир нуқта атрофидаги жой ситуацияси ва рельефи тасвирланган чизма. Крокида рельефнинг пасайиш ва кўтарилиш томонини кўрсатиш учун икки нуқта орасидаги чизиқнинг пасайиш томонига стрелка қўйилади. Рельеф тури яққол жойларда горизонталлар ўтказилади. XV. 36-шаклда тўрт станция крокиси келтирилган. Кўпинча кроки пергамент ёки восковка каби шаффоф қоғозга чизилади; нуқталар ўрни ва чизиқлар Ер томонларига нисбатан тўғри жойлашуви учун шаффоф қоғоз тагига, XV.37- шаклда кўрсатилгандек, тушда чизилган транспарант қўйилади. Бунинг ёрдамида рейка нуқталари ўрни д



XV. 37- шакл

рекция бұрыш бұйыча, чизик узунлиги масштаб бұйыча қўйилады. Кроки, абрис каби, план чизишда асос қилиб олинади.

Тахеометрик съёмка қилишда ўлчанган натижалар махсус тахеометрик съёмка жадвалга ёзиб борилади. Нуқталар номери крокидаги номерга мос булиши керак.

XV. 21. Тахеометрик съёмканинг камераль ишлари

Тахеометрик съёмка журнаlinesи тўлдириш. Съёмкадаги ўлчаш натижаларини тенглаб план чизишга керакли миқдорлар ҳисоблаш ва план чизиш тахеометрик съёмканинг камераль ишлари бўлади. Аввал R ва L саноқлар бўйыча станциялар орасидаги қиялик бурчаги $\nu = \frac{R-L}{2}$ ва вертикал доиранинг $H\dot{U} = \frac{R+L}{2}$ топилади (журнал ва уни тўлдириш авторнинг 1976 йили чиққан «Инженерлик геодезиясидан практикum» номли китобида тўла келтирилган), Кейин $H\dot{U}$ қиймати бўйыча станциядан

қаралган рейка нуқталарига тегишли вертикал бурчаклар $v = R - H\dot{U} = H\dot{U} - L$ формула билан ҳисобланади ва уз графаларига ёзилади. Сўнгра (XV. 9) формула билан d , (XV. 34) ёки (XV. 35) формулалар билан h ҳисобланади, бу қийматлар см гача яхлитланади. d ва h ни ҳисоблашда тахеометрик жадвалдан фойдаланиш мумкин¹. $v \leq 2^\circ$ бўлганда d ўрнига D қийматини қабул қилиш мумкин.

h лар ҳисоблангач, станциялар орасидаги нисбий баландликлар тенгланади. Агар бир станциядан иккинчи станцияга қараб топилган нисбий баландликни $h_{\text{тўғ}}$, иккинчи станциядан биринчига қараб топилган нисбий баландликни $h_{\text{тес}}$ (тўғри ва тескари сўздан) десак, бу нисбий баландликларнинг абсолют қийматлари тенг бўлиши керак, акс ҳолда нивелирлаш хатоси Δh ҳосил бўлади, яъни $\Delta h = |h_{\text{тес}}| - |h_{\text{тўғ}}|$. Вертикал бурчак v нинг ўлчаш хатоси $\Delta v = 1'$ бўлса, бу хато орқали нисбий баландлик 100 м масофада ± 3 см ўзгаради. Агар бу хатони ўрта квадратик хато $m_{100} = \pm 3$ см десак, томон узунлиги D бўлганда ўрта квадратик хато $m_h = m_{100} \frac{D}{100}$ ёки $m_h = 3 \text{ см} \cdot \frac{D}{100}$ бўлади. Тўғри ва тескари нисбий баландликларнинг арифметик ўртаси h_0 қабул қилинганда унинг ўрта квадратик хатоси m_{h_0} бир нисбий баландлик хатосидан $\sqrt{2}$ марта кичик, яъни $m_{h_0} = \pm 3 \text{ см} \cdot \frac{D}{100} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$ бўлади. Бунинг чекли хатосини $\Delta l_{\text{lim}} = 2m_{h_0}$ десак, у қуйидагича бўлади:

$$\Delta l_{\text{lim}} = \pm 2 \cdot 3 \text{ см} \cdot \frac{D}{100} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \pm 3 \sqrt{2} \text{ см} \cdot \frac{D}{100}$$

ёки яхлитлаб олинса,

$$\Delta l_{\text{lim}} \cong \pm 4 \text{ см} \cdot \frac{D}{100} \cong \pm 0,04 D \text{ см} \quad (\text{XV. 36})$$

бўлади. Δh йўл қўярли бўлса, ҳамма станциялар орасидаги нисбий баландликларнинг арифметик ўртаси h_0 ҳисоблаб топилади. Кейин мусбат ва манфий нисбий баландликлар йиғиндиси Σh_0 ҳисобланади.

Тахеометрик йўл икки пункт орасида олинганидан $\Sigma h_0 = H_0 - H_6$ бўлиши керак, лекин амалда хато сабабли қуйидагича

$$f_{\text{ha}} = \Sigma h_0 - (H_0 - H_6) \quad (\text{XV. 37})$$

бўлади; бу ерда f_{ha} — тахеометрик йўлнинг амалий боғланмаслик хатоси. Тахеометрик йўл узунлиги P м, йўлдаги нисбий баландликлар сони n бўлса, тахеометрик йўлнинг чекли боғланмаслик хатоси қуйидагича бўлади:

$$f_{\text{hc}} = \pm \frac{0,04 \cdot P}{\sqrt{n}} \text{ см} \quad (\text{XV. 38})$$

¹ Никулун А. С. Тахеометрические таблицы. М., 1979.

$f_{n_a} < f_{n_b}$ бўлиши керак. Агар бу шарт бажарилса, хато нисбий баландликларга f_{n_b} ишорасига тескари ишора билан тарқатилади-кин, бу тузатма дейилади. Тузатмани δ_{n_b} , томон узунликларини d_i десак, $\delta_{n_b} = \frac{f_{n_a}}{p} \cdot d_i$ булади.

Станциялар отметкасини ҳисоблаш. Тузатилган нисбий баландликлар орқали беш станция отметкаси бўйича қолган станциялар отметкаси қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$H_n = H_{n-1} + h_{n-1}. \quad (\text{XV. 39})$$

бунда H_{n-1} . H_n — олдинги ва кейинги станциялар отметкаси, h_{n-1} — шу станциялар орасидаги нисбий баландлик. Отметкалар см гача яхлитланади.

Рейка (рельф) нуқталари отметкасини ҳисоблаш. Станцияларнинг ҳисобланган отметкалари журналдаги ўз номерлари ёзилган қатор охиридаги H графасига ёзилади. Бу отметкалар бўйича станциядан қаралган рейка нуқталари отметкаси ҳисобланади. Рейка нуқтасининг H_p отметкаси станция отметкаси

$H_{ст}$ га рейка нуқтаси нисбий баландлиги h_p нинг алгебраик қўшилганига тенг:

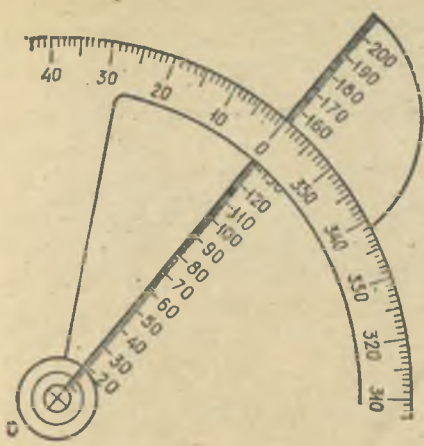
$$H_p = H_{ст} + h_p. \quad (\text{XV. 40})$$

Рейка нуқта отметкаси ўз станциясининг отметкаси бўйича ҳисобланади.

Тахеометрик йўл бурчаklarини тенглаш. Тахеометрик йўл планини чизиш учун йўл томонларининг румбларини аниқлаш керак. Тахеометр ҳар станцияда кейинги станцияга ориентирланганидан (I — II, II — III каби), горизонтал доира саногии станциядаги йўлнинг унги бурчаги булади. Тахеометрик йўлнинг бош ва охириги томон йўналишлари маълум бўлганидан ўлчанган бурчаklar теодолит съёмканинг очиқ полигоии каби тенгланади.

XV. 22. Тахеометрик съёмка планини чизиш

Аввал тахеометрик йўл чизилиб, станциялар ўрни аниқланади. Кейин унинг атрофида съёмка қилинган нуқталар ўрни топилади. Тахеометрик йўл плани, теодолит съёмкасидаги каби, бурчак учларининг координаталари бўйича чизилади. Бунда тахеометрик йўл станцияларининг координаталари ҳисобланади. Сўнгра квадрат катаklar тури ясалади, унда координаталари бўйича станциялар ўрни топилади, кейин ҳар қайси станциядан олинган рейка нуқталарининг ўрни ориентирлаш чизигига нисбатан транспортир ёрдамида горизонтал бурчакни ясаб, томонига d масофани масштаб бўйича ўлчаб қўйиш орқали топилади. Ситуация нуқтага номери, рельеф нуқтасига эса каср кўринишида суратига номери, маҳражига отметкаси (дм ҳисобида) ёзилади.

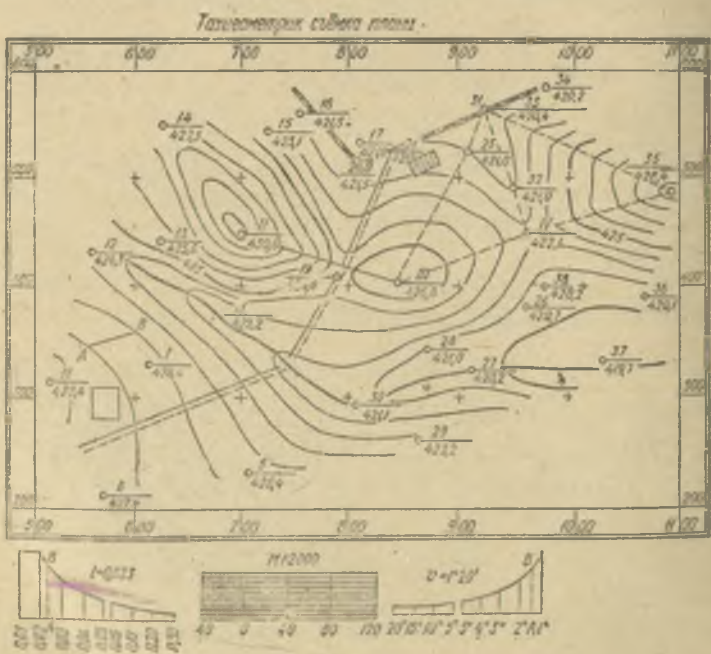


XV. 38- шакл

Рейка нуқталари ўрнини белгилашда махсус мослама — тахеографдан фойдаланиш қулай (XV. 38- шакл). Тахеограф айланаси o дан 360° гача, ҳар $30'$ да бўлинган бўлиб, ёзувлар соат стрелкаси йўналишининг тескарисига ёзилган. Айлана маркази O да миллиметр бўлак-ли чизғич OM маҳкамланган бўлиб, унинг ёрдамида чизиқ узунлиги масштаб бўйича олинади. Рейка нуқталари ўрнини топишда O марказ станция нуқтасига игна ёрдамида маҳкамланади. Кейин у томонга тахеограф шундай суриладики, I — II чизиғи рейка нуқтасига

қарагандаги саноққа тўғри келсин. Шунда OM чизғичдаги бўлақлар бўйича d масофа қўйилса, I нуқта ўрни топилади. Бошқа нуқталар ҳам шундай топилади.

Ҳар станциядаги рейка нуқталари топилгач, ситуация нуқталари крокидагидек туташтирилса, жой тафсилоти тасвирланади. Рельеф нуқталарини интерполяция қилиб, исталган кесимда горизонталлар ўтказилади. Кейин жой контурлари қора тушъ би-



XV. 39 шакл

лан, горизонталлар жигар ранг буюёқда чизилади, план расмийлаштирилади. XV. 35- шаклдаги тахеометрик йул плани XV. 39- шаклда курсатилган.

План тагига масштабнинг икки ёнига бурчак ва нишаб графиги чизилади.

Тахеометрик съёмка автомат тахеометр ёрдамида қилинганда вертикал бурчак v ва D ўлчанмай, чизиқнинг горизонтал қўйилиши d ва нисбий баландлик h автоматик аниқланганидан ҳисоблаш ишлари камаяди, ёлғиз станциялар отметкаси тенгланиб, рейка нуқталари отметкаси ҳисобланади, кейин план юқоридагидек чизилади.

Баъзан тахеометрик съёмка бурчак ўлчаш съёмкаси билан бирга қўшиб олиб борилади.

XVI боб. Мензула съёмкаси

XVI. 1. Мензула съёмкаси ва унинг моҳияти

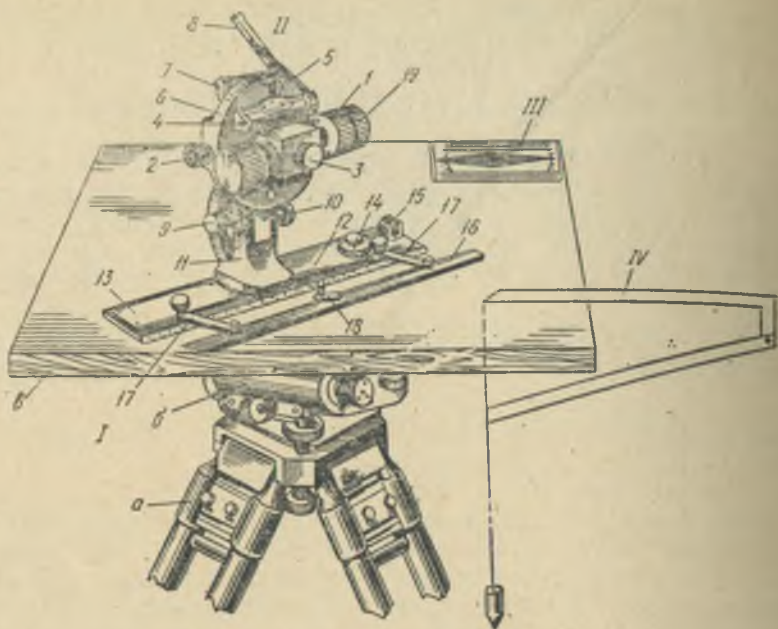
Тахеометрик съёмкада дала ва камераль ишлар турли вақтда ва турли жойда бажариладики, бу иш вақтни кўп олиб, тахеометрик съёмка аниқлигига салбий таъсир этади. Масалан, далада чизилган крокига асосланиб, жой рельефини тасвирлашда хато бўлиши мумкин. Аниқликни ошириш ҳамда вақтни тежаш мақсадида топографик съёмканинг дала ва камераль ишларини бир вақтда бир асбоб ёрдамида далада бажариш *мензула съёмкаси* дейилади. Мензула сўзи столча деган маънони билдиради. Мензула съёмкасида чизиқлар орасидаги бурчак ўлчанмайди, балки уларнинг горизонтал қўйилиши горизонтал тахтага (планшетга) проекцияланади, шунга кўра бу съёмка *бурчак чизиш съёмкаси* деб ҳам юритилади. Бу съёмкада масофа дальномер билан, нисбий баландлик тригонометрик нивелирлаш билан аниқланади, жойнинг ситуация ва рельефи далада съёмка қилиш билан бир вақтда қозғалтирилади.

XVI. 2. Мензула съёмкаси асбоблари

Мензула съёмкаси мензула I ва кипрегель II ёрдамида олиб борилади (XVI. 1- шакл). Мензула қуйидаги қисмлардан иборат: а) штатив, б) таглик, в) планшет. Кипрегель планшет устига қўйилади, унинг қуриш трубаси орқали жойдаги нарсага қаратиладиган қуриш асбоби бўлади, даста ўрнатилган чизғич орқали йўналиш чизиғи планшетга чизилади. Икки AB ва AC чизиқ орасидаги β бурчак горизонтал қўйилишининг ясалиши XVI. 2- шаклда курсатилган.

Мензула таглиги ёғочдан ёки металлдан ишланади. XVI. 3- шаклда штативга ўрнатилган пластинкали металл таглик курсатилган, унга махсус винт 4 ёрдамида планшет маҳкамланади.

Планшет — қуруқ тахтадан квадрат шаклда қилиб ишланган $60 \times 60 \times 3$ см ўлчамли тахта бўлиб, устки юзаси силлиқ ва текис. Планшет шиша ёки алюминийдан ҳам тайёрланади, лекин амалий жиҳатдан қулай бўлмаганидан ишлатилмайди. Планшет

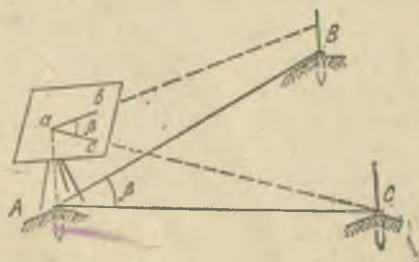
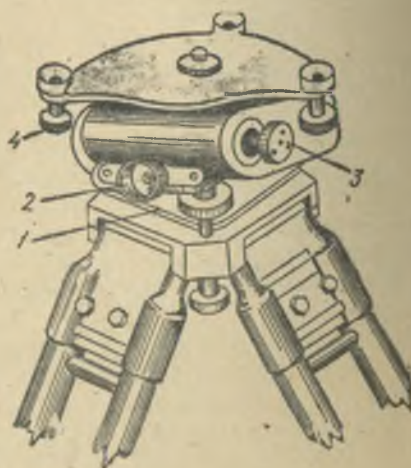


XVI. 1- шакл. Мензула. КБ-1 кипрегели, буссоль ва вилка *a* — штатив, *б* — таглик, *в* — планшет; II — КБ-1 кипрегели:

2 — синик труба, 2 — окуляр, 3 — кремальер винт, 4 — труба цилиндрик адилагя, 5 — адилак кўзгуси, 6 — доира гилофи, 7 — вертикал доира адилаги, 8 — адилак кўзгуси, 9 — труба қаратиш винти, 10 — микрометр винт, 11 — колонка, 12 — асосий чизғич, 13 — масштабчи чизғич, 14 — доиравий адилак, 15 — кипрегелни буриш ролиги, 16 — ингичка чизғич, 17 — ориентир буссоль. IV — мензула вилкаси, 17, 18 — шарнирлар, 19 — объектив.

XVI. 3- шакл. ҚА-2 нинг штатив ва таглиги:

1 — тургазгич винт маҳкамланадиган пластинка, 2 — маҳкамлаш винти, 3 — қаратиш винти, 4 — планшет маҳкамланадиган винт.



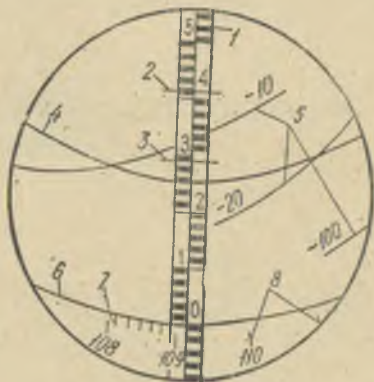
XVI. 2- шакл.

усту брезент, астари юмшоқ материалдан ишланган махсус гилофда олиб юрилади.

Кипрегель. Мензула съёмкасида асосий қурол бўлиб, бу орқали масофа, вертикал бурчак ва нисбий баландлик ўлчанади; тузилиши ва кўринишига қараб кипрегель КБ, КБ-1, КА-2, КН ва бошқа шифрлар билан чиқарилади.

КБ кипрегелининг трубази узун, ташқи фокусланадиган, металл вертикал доирани ва ипли дальномерли бўлиб, d ва h лар доиравий тахеометрдаги каби аниқланади. КБ ҳозир чиқарилмайди.

КБ-1 кипрегели авторедукцион оптикавий бўлиб, устки қисми колонка 11 орқали, бўйи 350 мм, эни 80 мм ли энли асосий чизғич 12 га маҳкамланган (XVI. 1-шакл, II). Бунинг ёнида бўйи 530 мм, эни 20 мм ли қўшимча 16 чизғич бўлиб, у асосий чизғичга шарнир 17 билан бирлаштирилган ва унга параллел ҳаракат қилади; чизғичлар мослама 18 ёрдамида маҳкамланади. Чизғичлар ораси 0 дан 37 мм гача ўзга риши мумкин. Ассий чизғичга цилиндрлик ёки доиравий адилак 14, масштабни чизғич 13 ва микрометрли механизм 15 ўрнатилган, бу кипрегелни азимут бўйича бир оз буришда ишлатилади. Кипрегель булаклари XVI. 1-шаклда тўла кўрсатилган. Филоф 6-ида оптик вертикал доира бўлиб, унда асосий ёй бўйича вертикал бурчак қиймати ўлчанади, бундан ташқари, d ва h ни автоматик аниқлаш учун бир неча эгри чизиқ ҳам чизилган (XVI. 4-шакл). Уларнинг коэффициентлари K ўз ишоралари билан устларига ёзилган. Қисқа чизиқлар 2 ва 3 ипли дальномер ипи бўлиб, бунда $K = 200$. Кипрегель билан доира чап ҳолат (ДЧ) да ишланади. Доира ўнгда ва оғиш бурчаги 44° дан ошганда эгри чизиқлар кўринмайди.



XVI. 4-шакл. АБ-1 кипрегелининг кўриш майдони:

1 — рейка, 2, 3 — ипли дальномер иплари, 4 — масофа эгри чизиғи, 5 — нисбий баландлик эгри чизиқлари, 6 — асосий эгри чизиқ, 7 — лимб булаклари, 8 — вертикал доира штрихлари

КБ-1 трубази ички фокусланадиган, тўғри тасвир ҳосил қилувчи бўлиб, объектив 19 ва окуляр 2 бир чизиқда ётмайди, окуляр синиқ қилиб ишланган бўлиб труба ёнида жойланган.

Кипрегель билан ишлаганда асосий эгри чизиқ 6 рейка нолига қаратилади; масофа эгри чизиғи 4 дан саноқ олиниб 100 га кўпайтирилади. Масалан, шакл бўйича $n_1 = 250$ мм, бунда $d = n_1 \cdot 100 = 250 \cdot 100 = 25,00$ м. Ипли дальномер бўйича $n'_1 = 290$ мм, $n_2 = 416$ мм; $n = n'_2 - n'_1 = 126$ мм ёки $n = 12,6$ см. Шунда дальномер масофаси $D = 12,6 \times 200 = 25,20$ м бўлади.

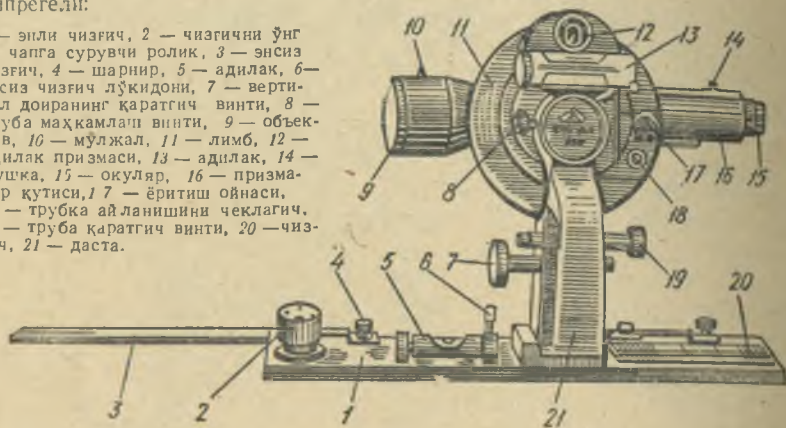
Нисбий баландлик эса $K = -10$ эгри чизиги бўйича қуйидагича топилади. $n_2 = 330$ мм, шунга кўра $h = 33, 0 \text{ см} \times |-10| = -3,30$ м.

Кўриш трубасида цилиндрик адилак 4 бўлиб, унинг ёрдамида горизонтал кўриш нури билан ҳам нивелирлаш мумкин.

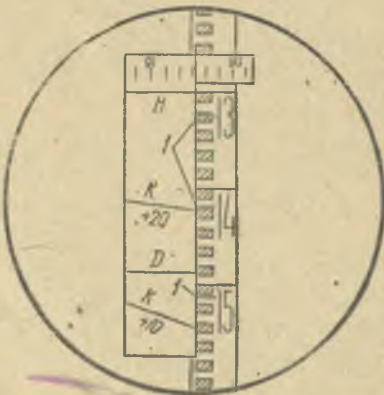
КА-2 кипрегели. Бу КБ-1 асосида қайта ишланган автомат (авторедукцион) бўлиб, трубаси узун, ички фокусланадиган ва тўғри, тескари тасвир ҳосил қилади (XVI. 5-шакл). КА-2

XVI. 5-шакл. КА-2 автомат кипрегели:

1 — энли чизғич, 2 — чизғични ўнг ва чапга сурувчи ролик, 3 — энсиз чизғич, 4 — шарнир, 5 — адилак, 6 — энсиз чизғич лўқидони, 7 — вертикал доиранинг қаратгич винти, 8 — труба маҳкамлаш винти, 9 — объектив, 10 — мўлжал, 11 — лимб, 12 — адилак призмаси, 13 — адилак, 14 — мушка, 15 — окуляр, 16 — призмалар қутиси, 17 — ёритиш ойнаси, 18 — трубка айланишини чеклагич, 19 — труба қаратгич винти, 20 — чизғич, 21 — даста.

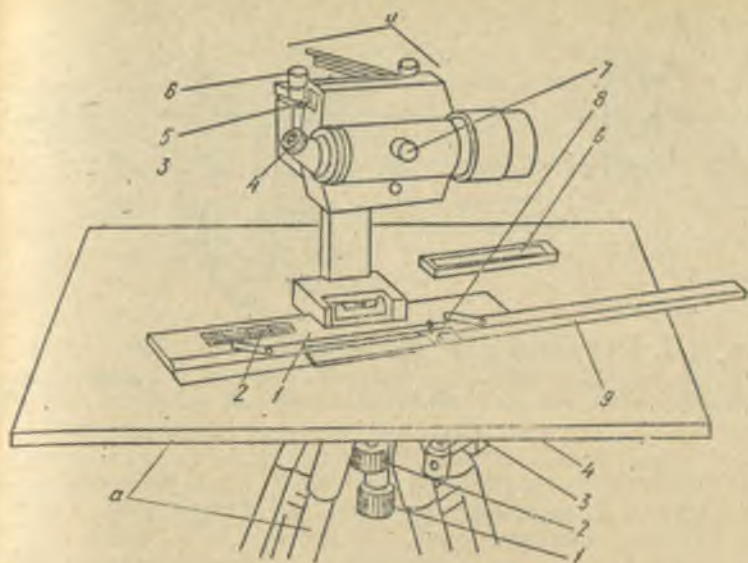


нинг қисмлари ва номлари шаклда тула кўрсатилган. Труба нарсага мўлжал 14 ва мушка 10 лар ёрдамида қаратилади. Энли чизғичга цилиндрик адилак ўрнатилганки, бу билан чизғич ва планшет горизонтал ҳолга келтирилади. Вертикал доира лимбида градус бўлақлари билан бирга d ва h қийматини аниқлаш учун эгри чизикли диаграмма ҳам чизилган (XVI. 6-шакл). Бу чизиклар кумуш ранг Γ шаклида ишланган йўлга чизилган. Бу эгри чизиклар КБ-1 даги каби, ДЧ ҳолатида кўринади, ДУ да эса ёлғиз градус бўлақлари ва ипли дальномер иплари кўринади, бунда КА-2 кипрегели КБ каби ишлайди.



КА-2 билан ишлашда вертикал қўйилган рейкадаги асбоб баландлигига Γ шаклли йўлдаги бош чизик H тўғриланади. Бунда йўлнинг ўнг чети рейканинг чап четига тўғри келиши керак. Кейин масофа чизиги D бўйича олинган саноқни n_1 , коэффициентлари устига ёки тагига ёзилган эгри чизикдан олинган саноқни n_2 десак,

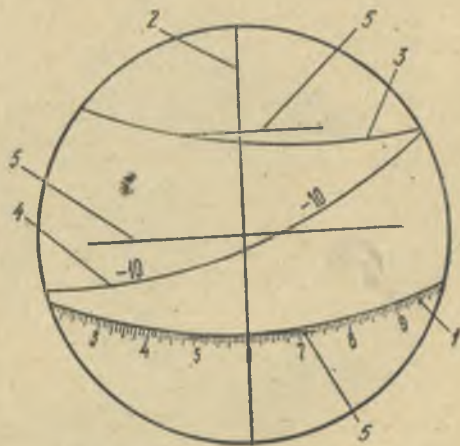
XVI. 6-шакл



XVI. 7- шакл. КН кипрегели планшет устида; а — мензүла;

1 — тургазгич винт, 2 — планшетни тагликка маҳкамлаш винти, 3 — таглик, 4 — планшет; 5 — кипрегель; 6 — асосий (элли) чизгич, 7 — масштаб-ли чизгич, 8 — чизгич адилаги, 9 — синик окуляр, 10 — труба адилаги, 11 — адидак кўзгуси, 12 — кремальер винт, 13 — нуқта туширувчи сихча, 14 — ёрдалчи чизгич, 15 — буссоль.

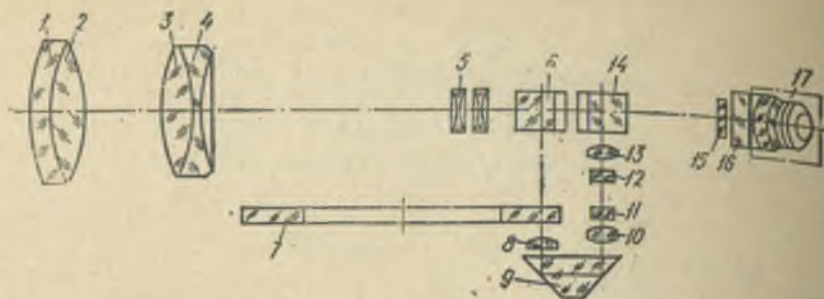
$n'_1 - i = n_1$, $n'_2 - i = n_2$ бўлса, $d = 100 \cdot n$; $h = Kn_2$ бўлади. Қиялик бурчаги $\nu = \pm 10^\circ$ гача бўлганда $K = \pm 10$, $\nu = 6^\circ - 24^\circ$ гача бўлганда $K = 20$ бўлади. Масалан, XVI. 6- шаклда бош чизиқ H асбоб баландлиги $i = 1300$ га қаратилган. $n'_1 = 1488$ бўлса, $n_1 = 1488 - 1300 = 188 \text{ мм} = 18,8 \text{ см}$ бўлади. Шунда $d = 100 \cdot n_1 = 18,8 \text{ м}$ бўлади. Нисбий баландлик h қуйидагича топилади: $K = 10$ бўйича $n_2 = n'_2 - i = 1546 - 1300 = 246 \text{ мм} = 24,6 \text{ см}$, $h = 10 \times 24,6 = 246 \text{ мм} = 2,46 \text{ м}$; $K = 20$ бўйича $n_2 = 1423 - 1300 = 123 \text{ мм} = 12,3 \text{ см}$, $h = 20 \cdot 12,3 = 246 \text{ мм} = 2,46 \text{ м}$ бўлади.



XVI. 8- шакл. КН кипрегелнинг кўриш майдони:

1 — асосий эгри чизиқ (ёй), 2 — вертикал чизиқ, 3 — масофа эгри чизиқ, 4 — нисбий баландлик эгри чизиғи, 5 — илли далъюмер ипи.

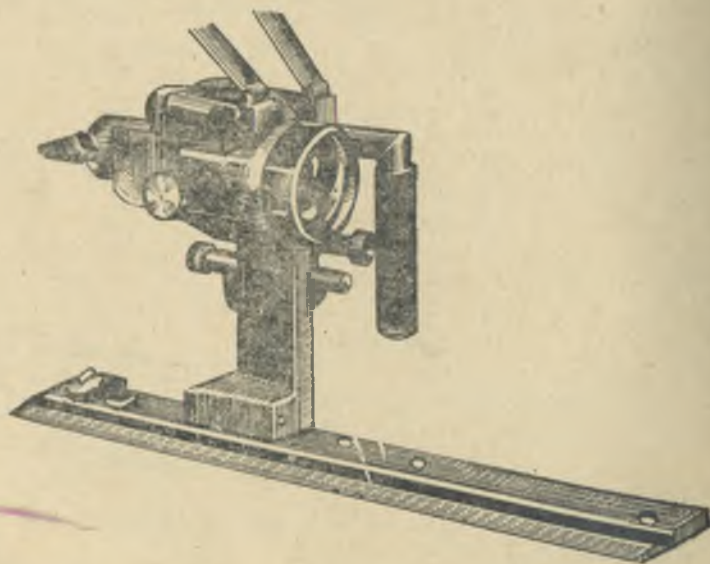
КН кипрегели. ГОСТ 10813-64 га мувофиқ чиқарилган ТА ва КА- 2 типдаги тахеометр ва кипрегелларнинг кўриш майдондаги



XVI. 9- шакл. КН кипрегелининг оптикавий схемаси:

1—4 — объектив, 5 — фокусловчи линза, 6, 9 — ва 14 — призмалар, 7 — вертикал доира, 8 — коллиматор, 10 — 13 — айлантирувчи система объективлари, 15 — тўр, 16 — призма, 17 — окуляр.

Г шакли йўлнинг торлиги иш тезлигига ва sanoq олиш аниқлигига салбий таъсир этиши билан бирга, кузатувчини тез чарчатади. Шунини эътиборга олиб, ГОСТнинг 1974 йилги курсатмасига кўра КА- 2 ўрнида КН (номограммали кипрегель) шифрли кипрегель чиқарилади (XVI. 7-шакл). Бунинг кўриш майдонида, КБ- 1 даги каби, эгри чизиқлар чизилган (XVI. 8-шакл). Оптик системасининг схемаси XVI. 9-шаклда кўрсатилган. Кўриш трубаси КБ- 1 каби калта, тўғри тасвирли, окуляри синиқ қилиб ишланган. Кўриш майдони ҳам кенг, эгри чизиқлар орқали тез, чарчамай аниқ sanoq олиш мумкин. Sanoq КБ- 1 даги каби олинади.



XVI. 10- шакл.

МА-5 кипрегели. Бу асбоб Венгриядаги МОМ заводида чиқарилган бўлиб, йирик масштабдаги топографик съёмкаларда қўлланилади (XVI. 10- ш кл). МА-5 кипрегели номограммали бўлиб, қўриш трубаси синиқ окулярли, тўғри тасвир берувчидир. Трубадаги адилаги реверсисн қилиб ишланган. МА-5 да ҳам икки чизғич бўлиб, ёрдамчи чизғичнинг 200 мм ли узайтиргичи бор. 1:2000, 1:5000, 1:10000 ва 1:25000 сонли масштабларга мосланган алмашинувчи масштабли чизғич ўрнатилган; чизғичда нуқтани қоғозга туширишга мосланган сихча қўйилган. Қўриш майдони КН кипрегелиники каби ишланган.

Қурилиш ишларида «ВИЛЬД» заводи ишлаб чиқарган К-1 шифрли кипрегель ҳам қўлланилади.

Мензуланинг қўшимча жиҳозлари. Таглик, планшет ва кипрегель мензуланинг асосий қисмларидир, улардан ташқари, ориентир буссоль III ҳамда IV вилка (XVI. 1- шакл) каби қўшимча қисмлари ҳам ишлатилади. Ориентир буссоль билан планшет магнитавий меридиан бўйича ориентирланади; вилка ёрдамида планшет жойдаги нуқтага марказлаштирилади. Съёмма масштаби 1:1000 ва 1:2000 бўлганда марказлаштирилади; масштаб 1:5000 ва ундан майда бўлганда марказлаштирилмайди.

XVI. 3. Мензулани ва кипрегелни текшириш

Мензула қўйидаги шартлар бўйича текширилади.

1. Мензула устивор (турғун) бўлиши керак. Шартни текшириш учун мензула горизонтал вазиятга келтирилиб, планшет устидаги кипрегель трубаси узоқдаги М нуқтага қаратилади. Кейин планшет бир четидан бир оз пастга ва ёнга бссилиб, яна қўйиб юборилади. Агар адилакнинг туриши ўзгармаса ва иплар тури М нуқтадан силжимаса, шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда асбоб устахонада тузатилади.

2. Планшетнинг устки юзаси текислик бўлиши керак. Текшириш учун тўғри чизғич ёки кипрегель чизғичининг йўнилган қирраси планшет устига турли йўналишда қўйилади. Бунда планшет билан чизғич орасидаги тирққиш 0,5 мм дан катта бўлмаслиги керак, акс ҳолда асбоб устахонада тузатилади.

3. Планшетнинг устки юзаси асбобнинг айланиш ўқиға перпендикуляр бўлиши керак. Текшириш учун тўғри адилак ёки кипрегель чизғичидаги адилак орқали планшет горизонтал вазиятга келтирилгач, мензуланинг маҳкамлаш винти бўшатилиб, планшет вертикал ўқда секин айлантирилади. Бунда пуфакча ўртадан 2 бўлакдан ортиқ сурилмаса, шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда асбоб устахонада тузатилади.

Кипрегелларни текшириш.КБ, КБ-1 ва КА-2 кипрегелларнинг ҳаммасига умумий бўлган қисмлар бирдек текширилади. Ясалишларидаги ўзгача қисмлар алоҳида текширилади. Кипрегель қўйидаги шартларга жавоб бериши керак.

1. Кипрегель чизғичининг йўнилган қирраси тўғри чизиқ бўлиши керак. Кипрегелни планшетга қўйиб, йўнилган қирра бўйича чизилади. Кейин чизғични 180° га айлантириб

қўйиб, яна чизилади (оддий чизғични текширгандаги каби); агар иккала чизиқ мос келса, шарт бажарилади, акс ҳолда чизғич ишга ярамайди.

2. Кипрегель чизғичининг қуйи юзаси текислик бўлиши керак. Кипрегель чизғичи планшетга жипс ўрнашса, шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда чизғич механика устахонасида тузатилади.

3. Кипрегель чизғичидаги адилак ўқи чизғичқуйи текислигига параллел (цилиндрик адилакда) (ёки перпендикуляр (доиравий адилакда) бўлиши керак. Бу шарт теодолит адилаги текширилгандаги каби текширилади. Чизғични иккита кўтариш винти йўналиши бўйича қўйиб, шу икки винт билан пуфакча ўртага келтирилади; йўнилган қирра бўйича чизиқ чизилади. Кейин чизғич 180° га айлантчириб қўйилади. Агар пуфакча ўртадан қочмаса, шарт бажарилган, акс ҳолда адилак тузатиш винти б ёрдамида (XVI. 5- шакл) қочишнинг ярмига тузатилади.

4. Трубанинг кўриш ўқи унинг айланиш ўқига перпендикуляр бўлиши керак. Бу шарт теодолитнинг 3- шarti каби текширилади. Чизғичнинг йўнилган қиррасини планшетда белгиланган бирор N нуқтага қўйиб, труба узоқдаги M нуқтага қаратилади; йўнилган қирра бўйича чизиқ чизилади. Кейин чизғич 180° га айлантчирилади-да, йўнилган қирра N нуқтага қўйилиб, яна M нуқтага қараб чизиқ чизилади. Агар бир чизиқ чиқмаса, N нуқтада ҳосил бўлган бурчак асбобдаги коллимацион хатонинг иккилангани $2c$ бўлади. N дан бурчак биссектрисасини ўтказиб, унга чизғич қирраси қўйилади. Шунда трубага қаралганда тўр маркази t қаратилган нуқта M дан ўнг ёки чапга силжийди. Буни тўрнинг тузатиш винтлари ёрдамида, теодолитдаги каби, тўрни суриб тузатиш мумкин.

5. Трубанинг айланиш ўқи чизғичнинг қуйи текислигига параллел бўлиши керак. Бу теодолитнинг 4- шarti каби текширилади. Завод асбобнинг тўғрилигига кафолат берганидан, бу шарт текширилмаса ҳам бўлади.

6. Трубанинг коллимацион текислиги чизғичнинг йўнилган қиррасидан ўтиши ёки унга параллел бўлиши керак. Текшириш учун планшетни горизонтал ҳолатга келтиргач, трубани узоқдаги M нуқтага (столбага) қаратиб, йўнилган қирра бўйича AB чизиқ чизилади. Кипрегелни олиб қўйиб, A ва B нуқталарга игна вертикал қилиб қадалади; кейин шу игналар орқали қаралганда кўриш нури M нуқтадан ўтса, шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда асбобда хато бўлиб, буни тузатиб бўлмайди, лекин иш натижасига таъсир этмаслиги учун ҳамма ишни вертикал доиранинг бир туришида бажариш керак. Хато қиймати аниқланганда буни планшетни ориентирлашда эътиборга олиш лозим.

7. Иплар тўрининг бир ипи вертикал бўлиши керак. Бу теодолитдаги каби шовун ёрдамида текширилади ва тўр ҳалқасини бураб тузатилади.

8. Вертикал доиранинг ноль ўрни ($H\dot{U}$) нолга яқин ва узгармас бўлиши керак (КБ да). Бу — теодолитдаги каби текширилади ва $H\dot{U}$ аниқланади.

КБ- 1 ва КА- 2 кипрегеллари тузилишларига қараб юқоридagi шартларга қўшимча равишда қуйидаги шартлар бўйича ҳам текширилади.

КБ- 1 кипрегелини текшириш:

1. Кипрегелнинг қўшимча (энсиз) чизгичи асосий чизгичга параллел ҳаракат қилиши керак. Текшириш учун асосий чизгични қимирлатмай, ёрдамчи чизгични турли жойга суриб, чизиқлар чизилади. Кейин чизиқлар оралиғи турли жойда ўлчаб кўрилади, бунда фарқ 0,2 мм дан ошмаслиги керак.

2. Трубадаги цилиндрлик адилак ўқи трубаанинг кўриш ўқига параллел бўлиши керак. Текшириш учун 80—100 м масофа икки томондан нивелирланади ($H\dot{Z}$ нивелиридаги каби) ва x қиймати аниқланади. Агар $x > 1$ см бўлса, адилак тузатиш винти билан $H\dot{Z}$ даги каби тузатилади.

3. Вертикал доиранинг ноль ўрни 90° бўлиши керак. Текшириш учун ($D\dot{U}$) ва ($D\dot{C}$) да асосий ёйнинг (XVI. 4-шакл, б) вертикал чизиқ 1 билан кесишган нуқтасини узоқдаги M нуқтага қаратиб, R ва L саноқлар олинади, кейин $H\dot{U}$ қуйидагича топилади:

$$H\dot{U} = \frac{R + L - 180^\circ}{2}. \quad (\text{XVI. 1})$$

Агар u 90° дан 0,5' дан ортиқ фарқ қилса, теодолитдаги каби тузатилади.

4. d ва h диаграммалари тўғри бўлиши керак. Текшириш учун маълум масофа олиб, унинг горизонтал қуйилиши d топилади ва нисбий баландлик h ҳам тригонометрик ёки горизонтал нур орқали нивелирлаш йўли билан топилади. Бу қийматлар диаграмма билан топилган қийматга тўғри келиши керак, акс ҳолда асбоб устахонада тузатилади.

КА- 2 кипрегели қуйидагича текширилади:

1. Планшет горизонтал турганда Γ шаклли кумуш полосканинг ўнг қирраси вертикал туриши керак. Текшириш учун труба 50 м даги шовун чизиққа қаратилади. Агар ўнг қирра шовунга мос келса, шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда стопор винт ёрдамида трубаанинг окуляр қисми керагича буралади.

2. Трубаанинг коллимацион хатоси нолга яқин бўлиши керак. Кумуш полосканинг ўнг қирраси равшан кўринадиган нуқтага қаратилиб, йўнилган қирра бўйича чизилади, труба зенит орқали айлантирилиб, яна чизилади. Икки чизиқ уста-уст тушмай, улар орасида бурчак ҳосил бўлса, унинг биссектрисасига чизгичнинг йўнилган қирраси қўйилиб, тўр маркази қаратилган нуқтага тўғри келгунча призма блоки тузатиш винти ёрдамида сурилади.

3. Диаграмманинг асосий эгри чизиги H кумуш полоска буртмасининг қуйи қиррасидан пастроқда туриши керак. Бу асосий эгри чизиқни рейка нолига қаратиш

учун керак. Камчитик бўлганда трубаннинг окулярга яқин ён қонқоғи олиниб, ундаги тузатиш винти билан шарт бажарилшига эришилади.

4. Вертикал доиранинг ноль ўрни 90° бўлиши керак. Бу КБ-1 даги каби текширилади.

КН кипрегели ҳам КБ-1 каби текширилади. НУ ни аниқлаш, масофа ва бурчак ўлчашда нуқтага асосий чизиқ б нинг вертикал чизиқ 1 билан кесишган нуқтаси қаратилади. НУ ва вертикал бурчак теодолитдаги каби Х. 40 ва 42 формулалар ёрдамида ҳисобланади.

XVI. 4. Мензула съёмкаси

Мензула съёмкасида олдин планшет тайёрланиши керак, кейин съёмка қуйидаги кўрсатилган тартибда олиб борилади.

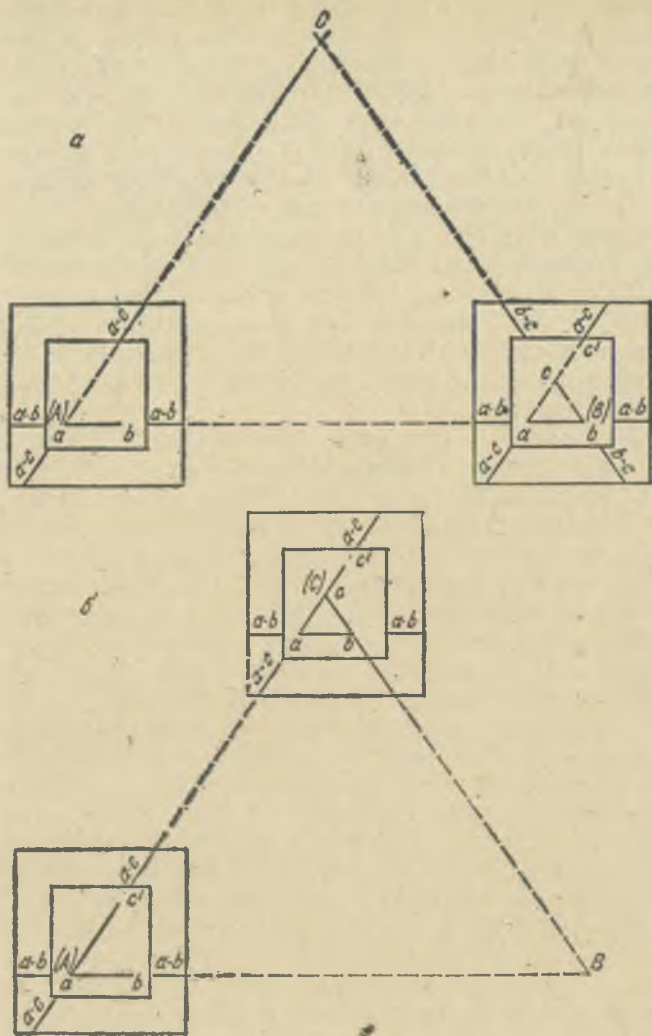
Планшетни тайёрлаш. Топографик план планшетга ёпиштирилган яхши сифатли қоғозга чизилади. Қоғоз яхши фанерга ёки алюминий тахтага ёпиштирилиб, планшет устига маҳкам ўрнатилади; қоғоз ўрнига ойна каби шаффоф акрилат ишлатса ҳам бўлади. Баъзан, планшет устига ватман қоғози кўпиртилган тухум оқи билан ҳаво қолмайдиган қилиб жипс ёпиштирилади. Кўпник суртилган қоғоз планшетга қўйилгач, тоза рўмолча билан ўртадан ҳар томонга сидирилади. Кейин четлари қайрилиб, ундан тайёрланган елим ёрдамида планшет тагига ёпиштирилади.

Ана шу қоғозга план чизилганидан, уни тоза сақлаш учун устидан оддий чизма қоғози намлаб ёпиштирилади, четлари қайрилиб, планшет тагига кнопка билан маҳкамланади, бу — *рубашка* дейилади. Планшет қуригунча соя жойда сақланади. Кейин рубашкада четидан 4—5 см қолдирилиб, рамка ясалади. Унинг ичига драбишев чизғичи ёрдамида 10 см ли квадрат катаклар ясалади. Бу квадратларнинг учи игна орқали рубашкадан пастки ватман қоғозга туширилади. Масштаб 1:2000 бўлганда квадрат катаклар эгаллаган жой 50×50 см ўлчамда бўлиши керак; жой плани рамка ичига чизилади, ҳошияга эса қаратилган йўналиш давоми чизилади ва номи ёзилади (XVI. 11- шакл). Планшетда координаталари бўйича таянч пунктлар ўрни топилади.

Мензулани ўрнатиш. Съёмка қилишда мензулани станция (нуқта) га ўрнатиб, уни иш ҳолига келтиришда қуйидаги тартибга риоя қилиниши керак: а) марказлаштириш, б) нивелирлаш, в) ориентирлаш.

Марказлаштириш. Планшет план масштаби 1:2000 ва йирик бўлганда вилка ёрдамида марказлаштирилади.

Нивелирлаш. Планшетни горизонтал ҳолатга келтириш уни нивелирлаш дейилади. Бунинг учун кипрегель чизғичи икки-та кўтариш винти ўртасига қўйилиб, шу винтлар буралади-да, адиллақ пуфакчаси ўртага келтирилади, кейин кипрегель 90° га айлантирилиб чизғич учинчи кўтариш винти усти бўйича қўйилади ва 3-винт буралиб, пуфакча ўртага келтирилади. Агар пуфакча ўртадан 2 булаккача сурилса, асбоб горизонтал вазиятга келди, дейиш мумкин.



XVI. 11- шакл.

Ориентирлаш. Бунда буссоль ёки жойдаги чизиқдан фойдаланиш мумкин.

Планшет магнитавий меридиан бўйича ориентирланганда ориентир буссолнинг ён томони (XVI. 1- шакл, III) планшет четига қўйилиб, стрелка $0^{\circ}00'$ га келгунча планшет бурилади, кейин мензула маҳкамланади.

Чизиқ бўйича ориентирланганда жойдаги чизиқнинг бир учига мензула ўрнатилгач, планшетдаги чизиқ проекциясига кипрегелнинг йўнилган қирраси қўйилади-да, мензулани буриб, чизиқнинг иккинчи учига қаралади ва мензула маҳкамланади. Шунда планшет чизиқ бўйича ориентирланади.

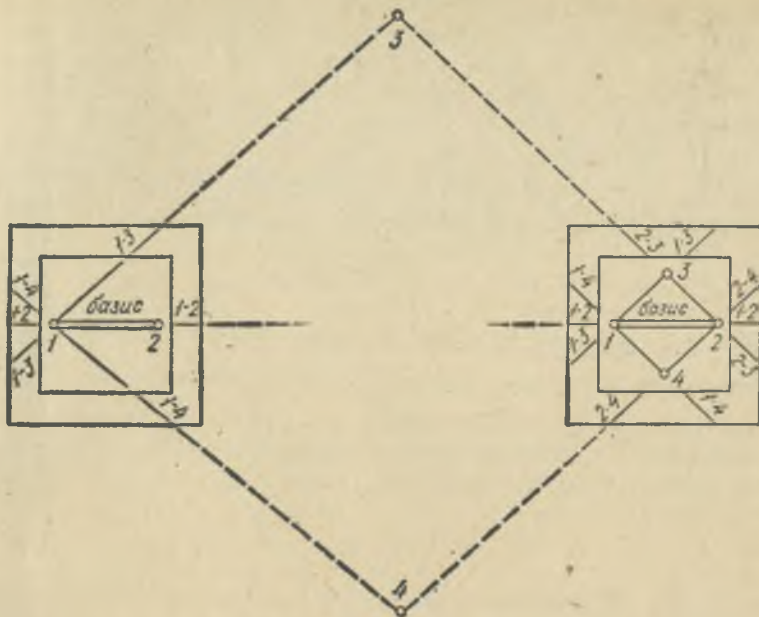
Съёмкани асослаш. Жой рельефи ва ситуациясини съёмка қилиш учун аввал шу жойга асбоб ўрнатиладиган таянч нуқталар барпо қилинади. Бу нуқталар аналитик ва график усул билан топилиши мумкин. Агар жойда тригонометрик пунктлар бўлса, шулар асосида теодолит йўли ясалади. Бу йўл съёмка қилиниши керак бўлган жойни қамраши керак. Унинг бурчак учлари таянч нуқталар бўлганлигидан, улар маҳкам ўрнатилади, координаталари пункт координатаси асосида ҳисобланади, отметкалари эса геометрик нивелирлаш йўли билан топилади. Кейин уларнинг ўринлари координаталари бўйича планшетда (рубашкада) топилиб, кейин игна билан тешилиб, ватман қоғозга туширилади.

График усулда таянч нуқталар геометрик тўр ясаш йўли билан ҳосил қилинади. Жойда ясалган бир неча қўшни *убурчакликлар геометрик тўр* дейилади, бу тўр тўғри ва тескари кестирма усули билан ясалади.

Тўғри кестирма усули. Агар жойда A ва B нуқталар берилиб, улар орасидаги масофа $AB = d$ маълум бўлса (XVI.11-шакл, а), шулар асосида C нуқта ўрнини графикавий аниқлаш *тўғри кестирма усули* дейилади. Мензула A га ўрнатилиб, планшетда A нинг проекцияси a белгиланади-да марказлаштирилади, горизонтал вазиятга келтирилиб, буссоль ёрдамида ориентирланади. Кейин кипрегель йўнилган қирраси a га қўйилади ва B га ўрнатилган вехага қараб, йўнилган қирра бўйича чизилади. Шу чизиққа $AB = d$ узунлик a дан масштаб бўйича ўлчаб қўйилса, B нинг проекцияси b топилади. Кейин йўнилган қирра a га қўйилади-да, C даги вехага қараб чизилади. Чизилган чизиқлар давоми рамка ҳошиясига чизилиб, белги қўйилади. Сўнгра мензула B нуқтага кўчирилиб, b нуқта B га марказлаштирилади. Йўнилган қирра ab чизиқ бўйича қўйилиб, планшет бурилади-да, кипрегель A даги вехага қаратилади, бунда мензула ab чизиқ бўйича ориентирланган бўлади. Кейин йўнилган қирра b га қўйилади ва C га қаралиб йўнилган қиррадан чизилади; бу чизиқнинг ac чизиқ билан кесишув нуқтаси C нинг планшетдаги проекцияси c бўлади.

Тескари кестирма усули. Агар A ёки B нуқтага асбоб ўрнатиш мумкин бўлмай, асбоб C нуқтага ўрнатилса (XVI.11-шакл, б), бу усул *тескари кестирма усули* бўлади. Бунда A нуқтада тўғри кестирмадагидек ишланади. Кейин асбобни C га ўрнатиб, чамалаб марказланади-да, ca бўйича ориентирланади. Йўнилган қиррани b га қўйиб, жойдаги B га қараб чизилган чизиқнинг ac билан кесишув нуқтаси c бўлади. Кейин шу c нуқта C га марказлаштирилади.

Геометрик тўр. Агар съёмка қилинадиган жойда тригонометрик пунктлар бўлмаса, таянч пунктлар геометрик тўр ясаш йўли билан ҳосил қилинади. Жойда икки пункт бўлса, улар геометрик тўр ясашга асос (базис) бўлади. Ҳеч қандай пункт бўлмаса, тўр мустақил ҳолда ўлчанган базис асосида ясалади. Бунинг учун съёмка қилинадиган жой ўртасидан текис жойда базис чизиги олинади; у тўғри ва тескари йўналишда аниқ (1:3000 — 1:5000 аниқликда) ўлчанади. Базис узунлиги планда 5 — 10 см атрофида



XVI. 12- шакл.

бўлади. Базис атрофида сѐмка қилиш қулай бўлишини мўлжаллаб ва бир-биридан узоқлиги базис узунлигига тенгроқ қилиб бир неча нуқта олинади; уларни номерлаб, қозиқ қоқилади ва веха ўрнатилади. XVI. 12- шаклда 1—2 базис атрофида 3, 4 таянч нуқталар белгиланган. Мензулани 1 га ўрнатиб (бу станция бўлади) 2, 3, 4 нуқталарга қаралади-да, 1—2, 1—3, 1—4 чизиқлар чизилади; асбоб баландлигига қараб, икки доирада ДЎ ва ДЧ саноқлари олинади. Агар асбоб баландлиги кўринмаса, v баландликка қаралади. Кейин асбоб 2 га кўчирилади ва бундан ҳам 1, 2, 3 нуқталарга қараб чизилади ва икки доирада саноқ олинади. 1—3, 1—4, 2—3 ва 2—4 чизиқларнинг кесишувидан 3 ва 4 нуқталар проекцияси ҳосил бўлади. Кейин 3 ва 4 да туриб ҳам доиранинг икки туришида саноқлар олинади ва махсус жадвал тўлдирилади. Қиялик бурчаги (X. 41) формула ёрдамида ҳисобланади. d нинг қиймати пландан масштаб бўйича олинади, h нинг қиймати асбоб баландлигига қаралса (XV. 32) формула ёрдамида, рейка баландлиги v га қаралганда эса (XV. 30) формула ёрдамида ҳисобланади.

Сѐмкада КБ- 1, КА- 2, КН каби автомат кипрегеллар ишлатилса, R , L саноқлари бўлмайди, ёлғиз d ва h қийматлари бўлади.

Станциялар отметкасини ҳисоблаш. Станциялардан рейка нуқталар сѐмка қилинганидан рельеф нуқталар отметкаси станция отметкаси бўйича ҳисобланади. Шунга кўра аввал:

станция нуқталарининг стметкалари ҳисобланади. Бунинг учун таянч нуқталар буйича ёпиқ полигон ясалади. Масалан, мисолда $1-3-2-1$ ва $1-2-4-1$ каби икки мустақил учбурчаклик олиши мумкин. Бу учбурчаклик учларининг тўғри ва тескари нисбий баландликлари ва уларнинг арифметик ўртаси h_0 топилиб, улар қуйидагича тенгланади. Ёпиқ полигонда $\Sigma h_0 = 0$ бўлиши керак; $\Sigma h_0 = f_{h_0}$ бўлса, f_{h_0} — амалий боғланмаслик хатоси бўлади. Йул қўярли (чекли) хато эса қуйидагича топилади:

$$f_{h_0} = \frac{0,04 P}{\sqrt{n}} \text{ см,} \quad (\text{XVI. 2})$$

бунда p — периметр, n — нисбий баландликлар сони. $f_{h_0} \leq f_{h_0}$ бўлиши керак. Шарт сажарилса, f_{h_0} томсон узунликларига пропорционал бўлиниб, тузатмалар топилади. Кейин тузатмалар орқали тузатилган нисбий баландликлар ҳисобланади. Сўнгра бош нуқтанинг берилган отметкаси буйича бошқа таянч нуқталар отметкаси қуйидагича топилади:

$$H_n = H_{n-1} + h_{n-1}. \quad (\text{XVI. 3})$$

Таянч нуқталар отметкаси ҳисоблангач, бу нуқталар ўрни рубашкадан асосий қоғозга игна билан туширилади.

Ситуация ва рельефини съёмка қилишда тахеометрик съёмкадаги каби ишланади, лекин кроки чизилмайди, горизонтал доира саноғи олинмайди. Съёмка қилиш учун мензула нуқтага, масалан, 1 нуқтага ўрнатилиб, марказлаштирилади, нивелирланади ва $1-2$ чизиқ буйича ориентирланади. Асбоб баландлиги i_1 ўлчаниб, у рейкада лента боғлаб белгиланади. Кейин 1 нуқта атрофидан $7-8$ см радиусда рубашка қирқиб олинади. Очилган ватман қоғозда 1 нуқта белгиланади, ёнига каср тарзида — суратга номери, маҳражга эса отметкаси ёзилади. Шу нуқтадан атрофидаги ситуация ва рельеф съёмка қилинади. Съёмкани бошлашдан аввал съёмкачи рейкачи билан бирга шу нуқта атрофини айланиб, жойни тула ва тўғри съёмка қилиш учун рейка қўйиладиган ситуация ва рельефнинг характерли нуқталарини аниқлайди; рейка нуқталари станциядан 150 м масофагача олинади.

Ситуация нуқталарини съёмка қилиш учун йўнилган қиррани 1 нуқтага қўйиб характерли нуқтага қаралади, йўнилган қирра буйича чизиб унга ўлчанган қиймати масштаб буйича қўйилади. Рельеф нуқтасини туширишда эса юқоридагидан бошқа вертикал доира саноғи олинади. Бу ерда ҳам съёмкачининг ёрдамчиси маҳсус журналда рейка нуқталарини номерлаб, рельеф нуқталарининг нисбий баландликлари ва отметкаларини ҳисоблаб боради. Рельефни тасвирлайдиган рейка нуқталари отметкаси H_p станция отметкаси $H_{ст}$ га рейка нуқтаси нисбий баландлиги h_p нинг алгебраик қўшилганига тенг, яъни

$$H_p = H_{ст} + h_p, \quad (\text{XVI. 4})$$

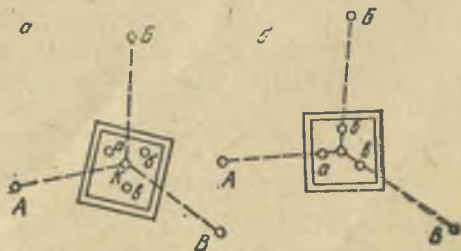
Рейка нуқталари нисмати ва отметкалари нуқта ёнига ёзиб қўйилади. Ситуация нуқталари жойнинг тузилишига қараб туташтирилса, жойнинг тафсилоти тасвирланади. Рельеф нуқталари отметкасини интерполяция қилиш йўли билан жойнинг рельефи тасвирланади.

Биринчи станцияда съёмка тугагач, кейинги (масалан, 3) нуқтага кўчади. Биринчи станциядаги жой тасвири тоза туриши учун бир варақ оқ қоғоз рубашка тагига киритиб қўйилади. 3 нуқта устидаги рубашкадан маълум қисми йиртиб олиниб, съёмка юқоридегидек давом эттирилади. Шу тартибда ҳамма таянч ва ўтиш нуқталарида туриб съёмка қилинган, жой плани ассосий қоғозда тўла тасвирланади. Шу билан съёмка иши тугайди. Уйда контур чизиқлари қора тушда, горизонталлар жигар ранг бўёққа, сув ўриилари ҳаво ранг бўёққа бўлади. Ситуациялар шартли белгилар бўйича кўрсатилади.

Ўтиш нуқталари. Жой рельефи ва ситуациясини съёмка қилишда баъзан белгиланган таянч нуқталар етарли бўлмайди, жойни тўла съёмка қилиш учун яна қўшимча таянч нуқталар олиш керак бўладикки, бу нуқталар *ўтиш нуқталари* дейилади. Ўтиш нуқтаси ассосий таянч нуқталар оралиғида таянч нуқталардан съёмка қилиш мумкин бўлмаган жойларни съёмка қилишга қулай бўлган жойда белгиланади. Унинг планшетдаги ўрни (проекцияси) кестирма усули ёки Потенот масаласини ечиш йўли билан аниқланади, отметкаси ҳам таянч нуқталар отметкаси сўйича топилади.

Потенот масаласи. Жойдаги уч нуқта ва уларнинг планшетдаги проекцияси орқали тўрттинчи нуқтада туриб, шу нуқтанинг проекциясини аниқлаш *Потенот масаласи* дейилади. Уч нуқта координаталари бўйича тўрттинчи нуқта координатасини топиш *масалани аналитик ечиш* дейилади. Уч нуқта проекцияси бўйича тўрттинчи нуқта проекциясини планшетда аниқлаш *график ечиш* дейилади. График ечиш усули бир неча хил бўлиб, булардан энг қулай ва осони А. Н. Болотов усулидир.

Болотов усули. Жойдаги *A, B* ва *B* нуқталар (XVI. 13-шакл) ва уларнинг проекциялари *a, b, в* орқали тўрттинчи нуқта *D* нинг проекцияси *k* ни аниқлаш учун мензула *D* га ўриятилиб, фақат горизонтал ҳолатга келтирилади. Планшет устига восковка қоғози кнопкалар ёрдамида маҳкамланади. Восковкада ихтиёрий *k* нуқта белгилаб, кейин кипрегелнинг йўшилган қирраси *k* га қўйилади-да, жойдаги *A, B* ва *B* нуқталарга қараб чизиклар чизилади. Сўнгра кнопкаларни олиб, восковкада *k* дан чизилган учта чизик, *a, b* ва *в* дан ўтгунча восковка планшет устида сурилади. Учта чизик уч нуқтадан ўтганда *k* нуқта жойдаги *D* нуқтанинг проекцияси бўлади, бу нуқта игна билан ассосий қоғозга туширилади.



XVI. 13- шакл.

Ўтиш нуқтаси жойига қараб бир неча бўлиши мумкин. Шу ўтиш нуқталаридан туриб, нуқта атрофи съёмка қилинади. План тахеометрик съёмка плани каби расмийлаштирилади. Бундан ташқари, баъзан калькага жойдаги ситуация контури кўчирилади ва у *контурлар калькаси* дейилади.

Айрим калькага таянч нуқталар ва рельефнинг характерли нуқталарнинг отметкалари кўчирилади ва у *баландлик калькаси* дейилади. Таянч нуқталарнинг номер ва отметкалари қолдирилиб, рейка нуқталарининг номери, отметкаси ўчирилади. Кейин тайёр план планшетдан кўчириб олинади. План нусха кўчириш йўли билан кўпайтирилади.

Мензула съёмкасининг афзаллиги. План далада съёмка вақтида чизилади, ситуация ва рельефни тасвирлашда хато бўлмайди, иш кам вақт талаб қилади, лекин мензула булакларни кўп ва қўпол бўлганидан далада олиб юриш қийинчилик туғдиради. Бошқа съёмкада турли масштабда бир неча оригинал план чизиш мумкин бўлгани ҳолда, мензула съёмкасида бир масштабда ёлғиз битта оригинал план чизилади. Агар керак бўлса, план нусхаси турли усуллар билан кўчириладики, бу хатосиз бўлмайди. Булар мензула съёмкасининг камчилиги ҳисобланади.

XVI. 5. Чамалаб ўлчаш съёмкаси ҳақида тушунча

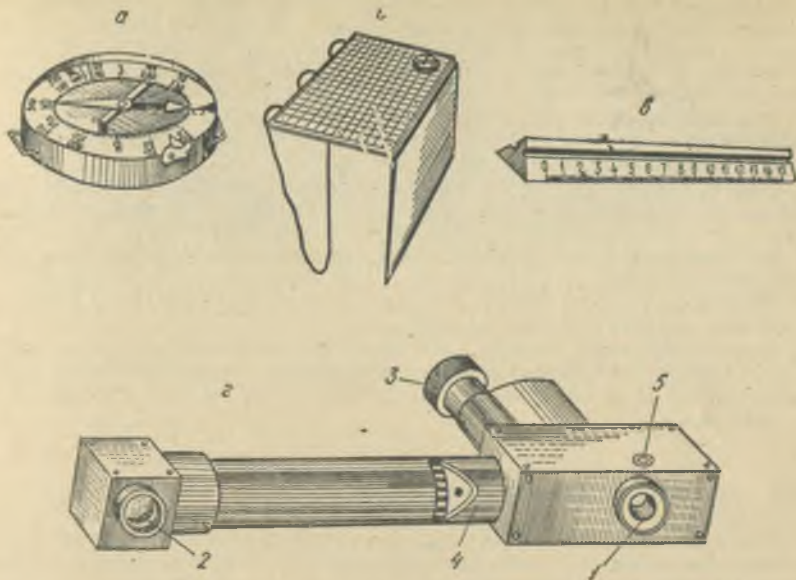
Жой планини кам аниқликда бўлса ҳам тез чизиш керак бўлганда чамалаш съёмкасида фойдаланилади. Бунда ситуация ва рельеф ўринлари тахминий бўлса ҳам, шартли белгилар ёрдамида тўла ва равшан тасвирланиши керак. Бу съёмка қурилиш, қидириш ва ҳарбий ишларда кенг қўлланилади. Съёмка маълум майдонда бажарилса — *майдон съёмкаси*, йўл, канал каби чизигий иншоот трассаси бўйича олиб борилса, *маршрут съёмка* дейилади.

Съёмка бўйи 50 см (XVI. 14- шакл), эни 40 см ли картон, фанердан ишланган, чап томонига компас *a* ўрнатилган папка-планшет *b* ҳамда визирли чизғич *b* билан олиб борилади. Бу съёмкада ҳам жойда ёпиқ ёки очиқ полигон олиб, унинг томон узунлиги қўл дальномерини билан ёки қадамлаб ўлчанади. Томонлар икки ёнидаги тафсилот ва рельеф нуқталарининг ўрни томонга нисбатан кўзда чамалаб аниқланади. Томонлар орасидаги бурчаклар қиймати ўлчанмай, томонлар йўналиши компас бўйича ориентирланган планшетга график туширилади.

Съёмкачи ўз қадамининг узунлигини ўлчанган 100 м масофани қадамлаб юриб аниқлаши мумкин. Съёмкачи бўйига қараб қадам узунлигини (*ҚУ*) қуйидаги эмпирик формула ёрдамида топиш мумкин:

$$ҚУ = \frac{P}{4} + 37 \text{ см,} \quad (\text{XVI. 5})$$

бу ерда *P* — съёмкачи бўйи, см. Қадам сони педометр (шагомер) ёрдамида ёки санаб аниқланади. План съёмка вақтида чизилгани-



XVI. 14- шакл. Чамалаб ўлчаш сѣмкасининг жиҳозлари:

a — компас, *b* — планшет, *в* — визир чизгич; *г* — қўл дальномери; 1, 2 — дарча, 3 — окуляр, 4 — валик, 5 — дарча.

дан қадам узунлиги аниқлангач, қоғоз тагига қадам масштаби ясалади, бунда иш серунум бўлади. Чамалаш сѣмкада қўл дальномери ҳам ишлатилади. Қўл дальномери (XVI. 14- шакл, *г*) рейкасиз ишлайди, шаклда ДСП дальномери кўрсатилган. Жойдаги нарсага 1 ва 2 дарчадан қаралганда окуляр 3 да нарсанинг иккиланма тасвири кўринади. Валик 4 буралиб, икки тасвир бирлаштирилади; шунда дарча 5 даги масофа шкаласидан кўрсаткич ёрдамида масофа аниқланади.

Майдон ва маршрут сѣмкалари бир хил олиб борилади. Рельеф нуқталарининг баландлиги ҳам чамалаб аниқланади. Баъзан аниқликни ошириш учун нисбий баландлик нишаб ўлчагич ёки эклиметр ишлатиб аниқланади.

Чамалаш сѣмкиси кўпроқ майда (1:10 000) масштабда олиб борилади. План қора қалам билан қўлда чизилади. Қидирув ишларида чамалаш сѣмкиси барометрик нивелирлаш билан қўшиб олиб борилади.

XVII БОБ. ФОТОТОПОГРАФИК СЪМКА ҲАҚИДА ТУШУНЧА ✓

XVII. 1. Умумий маълумот *1 р...*

Катта жойларнинг план ва картасини тузишда (чизишда) мензулавий сѣмка ўрнига аэрофотосѣмка ишлатила бошланди. Бунда сѣмка иши бир неча марта тезлашади. Лекин топографик план, карта чизиш ишлари янги асбоблар билан жиҳозланган махсус лабораторияларда олиб борилади. Топографик карта

ва плани жой расмини олиш йўли билан тузиш процесси *фототопография* дейилади. Агар жой сурати ерда туриб олинса, ер *фототопографик (фототеодолит) съёмка* деб, самолётдан туриб олинса, *аэрофототопографик съёмка* деб аталади. Бу съёмка контурий съёмка, комбинациялаштирилган аэросъёмка стереофотограмметрик съёмкага бўлинади.

Контурий съёмкада ситуациянинг контурлари съёмка қилинади. Комбинациялаштирилган съёмкада жой ситуацияси аэросъёмка материаллари бўйича, рельефи эса мензулавий съёмка асосида чизилади.

Стереофотограмметрик аэросъёмкада аэросурат стереофотограмметрик асбоб ёрдамида жойнинг ситуацияси ва рельефи тасвирланган топографик план чизилади.

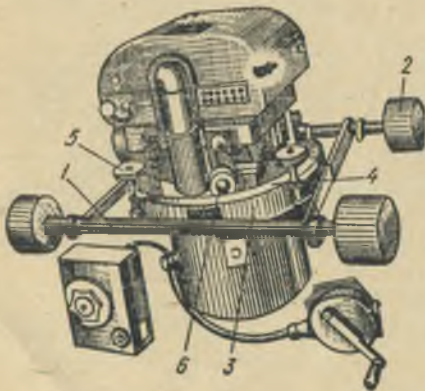
Комбинациялаштирилган съёмка, асосан, рельефи кескин бўлмаган текис жойларда олиб борилади.

Фототеодолит съёмка рельефи мураккаб бўлган жойларда, йўл, канал қурилишидаги қидирув ишларида қўлланилади.

Аэрофототопографик усулда план ёки карта тузишда фотографик, топографик, геодезик ва фотограмметрик ишлар қилинади. Фотосуратдаги нарсанинг шакли, ўлчами ва фазовий ҳолатини аниқлашни ўрганувчи фан *фотограмметрия* дейилади.

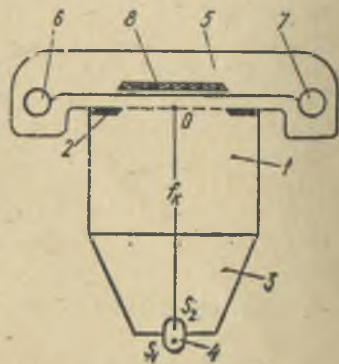
XVII. 2. Аэрофототопографик съёмка

Бунда самолётга ўрнатилган махсус аэрофотсаппарат ёрдамида ер юзини ҳаводан (самолётдан) суратга олиш орқали аэросурат ҳосил қилинади. Аэроаппаратнинг умумий кўриниши XVII.1-шаклда, унинг схемаси эса XVII.2-шаклда кўрсатилган. Аэрофотокамера ҳалқа 4 ичидаги ролик 6 га осилган ҳолатда туради. Аппарат (АФА) электромотор ёрдамида ишловчи агрегат бўлиб, металл корбскали корпус 1 дан (XVI. 2-шакл) тузилган, унинг устида координаталари белгиланган рама 2 ўрнатилган, у сурат олишни аэронегативга автоматик қайд қилиб боради. Корпуснинг қуйи томонига объектив 4 ўрнатилган конус 3 бирлаштирилган. Кассета 5 га иккита галтак 6, 7 ўрнатилган, буларга махсус механизм ёрдамида аэроплёнка уралган. Плёнканинг узунлиги 30 дан 60 м гача, эни 19 дан 32 см гача бўлади. Бу билан 18×18, 23×23 ёки 30×30 см катталиқда 150—300 тагача аэросурат олиш мумкин. Плёнка 6 дан 7 га томон сурилади, бу сурилишда 0 нуқтага келганда кадр бир оз тўхтаб, 2—3 секунддан кейин яна сурилади. Бу тўхташда сиқувчи мослама 8 орқали плёнка текисланади.



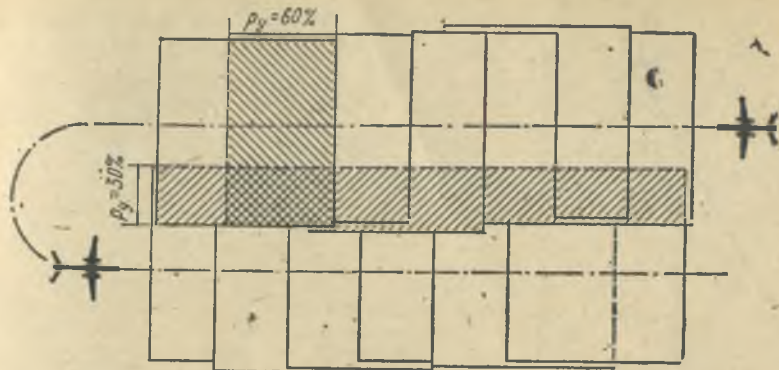
XVII. 1-шакл. Аэрофотоаппаратнинг умумий кўриниши:

1 — рама, 2 — амортизатор, 3 — 4 — кордан ҳалқа, 5 — кўтаргич винт, 6 — ролик.



XVII. 2-шакл. Аэрофотоаппаратнинг схемаси:

1 — корпус, 2 — қўйма рама, 3 — конус, 4 — объектив, 5 — кассета, 6, 7 — галтак, 8 — сиқувчи мослама.



XVII. 3- шакл.

Аэрофотоаппаратнинг фокус масофаси $f = OS_2$ ўзгармас; бу ерда S_2 — мураккаб объективнинг тугун нуқтаси. Суратга олиш вақтида оптик ўқнинг туришига қараб, аэросъёмка планий ва перспектив турларга бўлинади. Агар ўқ OS_2 вертикал турса ёки ундан 3° гача оғса, сурат планий, оғиш 3° дан ошса, перспектив бўлади. Кейинги вақтда аппаратга автомат стабилизатор ўрнатилган бўлиб, бундаги гироскоп ёрдамида оғиш $20'$ гача камайтирилади.

Аэросъёмка масштаби 1:10 000 гача бўлса, йирик, 1:10 000 дан 1:40 000 гача — урта ва 1:40 000 дан кичик бўлса, майда масштаби бўлади. Аэросъёмка масштаби майда, у орқали чизиладиган карта масштаби йирик, яъни $\frac{m}{M} = K > 1$

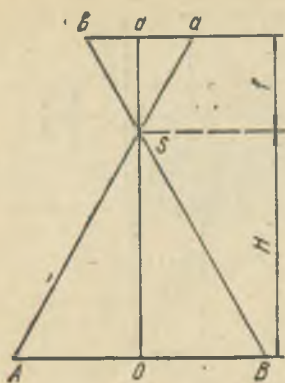
бўлади; бу ерда m — аэросъёмка масштабининг махражи, M — карта масштабининг махражи, K — трансформлаш коэффициенти ёки фототасвирни катталаштириш коэффициенти.

Планий аэросъёмкада самолёт картада белгиланган бир йўналиш бўйича бир хил H баландликда учиб боришида съёмкачи интервалометрни маълум белгига қўйиб қўяди ва ўзи бир хил муддатда ер юзасини суратга олиб боради. Учиш вақтида радиовисотометр, статоскоп ва горизонт чизигини суратга олувчи асбоблар ёрдамида суратга олиш баландлиги H ни, қўшни расмлар баландликларининг фарқи ΔH ни ва ўқий чизиқнинг оғиш бурчагини аниқлаш мумкин; булар *ташқи ориентирлаш элементлари* дейилади. Аэросуратнинг бош (марказий) нуқтаси O ва аэроаппаратнинг фокус масофаси (f) аэросуратнинг *ички ориентирлаш элементлари* дейилади.

Аэросъёмкада аэросуратлар бўйига ва энига бир-бирини қоплаши керак. Учиш маршрути бўйича қўшни суратлар ~~бир-бирини~~ 55 — 60% қоплаши керакки, бу *бўйлама қоплаш* дейилади (XVII.3-шакл). Самолёт маршрути охиригача съёмка қилиб бориб, кейин орқага қайтиб, илгариги йўлга параллел учиб съёмка қилади. Бунда аэросурат бўйлама қоплаш билан бирга ёнига (кўндалангига) ҳам 20 — 40% қўшни суратни қоплаши керакки, бу *кўндаланг қоплаш* дейилади.

Съёмка тугагач, сурат олинган кассеталар дала лабораториясида махсус жиҳозлар ёрдамида ишланиб, очилтирилади ва мустақамланади. Ҳар қайси аэронегативга номер, шифр, жойнинг номи ва съёмка вақти ёзилади. Кейин аэронегативлардан кўчирма асбобларда аэросурат кўчирилади, бу *контакт талға (нусха)* дейилади. Контакт тамгаларни текис жойга бир-бирини қоплайдиган қилиб, тартиб билан қўйиш орқали уларнинг тўғрилигига ишонгач, шу туришда тахтага кнопкалар билан маҳкамланади, бу процесс *накидной монтаж* дейилади. Сўнгра у шу туришда суратга олинади. Олинган суратнинг қорозга туширилгани *накидной монтаж репродукцияси* дейилади ва лойиҳалашда ишлатилади.

Аэросурат масштаби. Аэросуратдаги бир кесма l нинг шунга мос жойдаги чизиқ (L) га бўлган нисбати аэросурат масштаби бўлади. Агар текис



XVII. 4- шакл.

ердаги AB чизиқ унга параллел бўлган текисликда ab билан тасвирланса (XVII. 4- шакл), $\frac{ab}{AB} = \frac{f}{L}$ аэросурат масштаби бўлади. Sa ва SAB

учбурчакликлар ўхшаш бўлгани учун $\frac{ab}{AB} = \frac{f}{H}$ бўлади. Агар $H:f = m$ десак,

$$\frac{f}{H} = \frac{1}{m} \quad (\text{XVII. 1})$$

бўладики, бу *планий аэросуратнинг соний масштаби* дейилади; бу ерда m — масштаб маҳражи; f — аппаратнинг фокус масофаси, H — самолётнинг учиш баландлиги. Планий аэросуратнинг ҳамма ерида масштаб бир хил бўлади. H ва f маълум бўлганда аэросурат масштабини топиш мумкин. Масалан, $f = 20$ см, $H = 3120$ м бўлганда $m = \frac{H}{f} = \frac{3120}{20} = 15600$, яъни аэросурат масштаби

1:15600 га тенг. Жойдаги чизиқнинг аэросуратдаги кесма узунлиги d га туғри келган узунлиги D масштаб маҳражи орқали қуйидагича бўлади: $D = md$; масштаб 1:15000, $f = 25$ мм бўлса, $D = 1500 \cdot 25 = 375,00$ м бўлади.

Агар фотокамеранинг оптик ўқи аэросурат текислигига перпендикуляр бўлмаса, оғма (қия) аэросурат ҳосил бўладики, бунда аэросурат масштаби турли жойида турлича бўлади. Бундай вақтда кўпинча, ўртача масштаб қабул қилинади.

Самолётнинг ердан бир хил баландликда учиб, сьёмка қилиши аэросурат масштабини ўзгартирмайди. Шунга кўра, учиш баландлигини бир хилда сақлаш учун самолётга радиовисотомер, статоскоп каби жиҳозлар ўрнатилади.

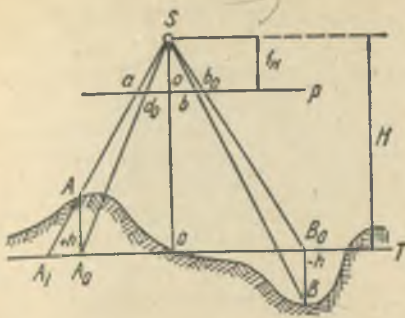
Радиовисотомер. Бу — самолётнинг учиш баландлигини радиотўлқиннинг самолётдан ерга ва ердан самолётга бориш вақтини ўлчашга асосланган бўлиб баландликни аниқлайди, яъни асбоб махсус фоторегистраторли камера ёрдамида баландликни 5 м аниқлик билан, автоматик қайд қилиб боради. ЦНИИГАиК ишлаган РВТД шифрли радиовисотомер баландликни 2 — 3 м гача аниқлик билан ўлчайди.

Статоскоп. Бу Д. И. Менделеевнинг дифференциал барометри асосида ишланган суюқликли асбоб бўлиб, аэрофотосьёмкада қўлланилади. Босим ўзгариши билан баландликнинг ўзгариши ΔH ни стаатограмма дейиладиган диаграммада 1,5 м аниқлик билан қайд қилиб боради.

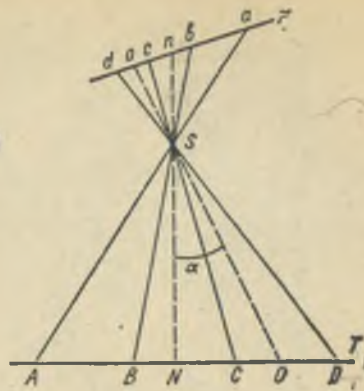
Аэро радионивелирлаш. Ер юзидаги нуқталар баландлигини радиовисотомер ва статоскоп орқали аниқлаш *аэронивелирлаш* дейилади.

Аэросуратнинг бузилиши. Сьёмка қилинадиган жойнинг баландпастиги, аэросуратнинг оғиши ва самолётнинг турли баландликда учиши орқали аэросуратдаги нуқта проекциялари ўз ўрнидан силжиб, проекция ўзгарган ҳолда тасвирланади. Бунда рельеф таъсири кўпроқ бўлади. Масалан, XVII.5-шаклда турли баландликда A ва B нуқталар берилган. O дан ўтган T текисликка нисбатан A юқорида, B пастда. Буларнинг P текисликдаги проекциялари a вертикал чизиқдаги O дан ташқи томонга, b эса O га нисбатан ички томонга силжиган. Силжиш $\delta_{rh} = a_0$ бўлади. Бу a нинг OS дан узоқлигини r ($r = a_0$), A нуқтанинг T текисликдан баландлигини h ва учиш баландлигини H билан белгиласак, қуйидагини ёзамиз: $\delta_{rh} = \frac{rh}{H} \cdot A$ да $+h$ мусбат, B да эса $-h$ манфий бўлади.

Аэросуратнинг аппарат оптик ўқиға нисбатан қия туриши ҳам силжиш туғдиради. XVII.6-шаклда T текисликда баравар масофада A, B, C га D нуқталар олиб, уларни S орқали ўтган нурлар билан қия текислик P га проекцияласак, a, b, c ва d нуқталар топилдики, булар оралиғи тенг бўлмайди. Аппарат оптиквий ўқи OS_0 вертикал чизиқ NS_0 билан α бурчак ҳосил қилади. Кесма $ab \neq bc \neq cd$ бўлганидан, бу проекцияларда силжиш ҳосил бўлади.



XVII. 5- шакл.



XVII. 6- шакл.

XVII. 3. Фотосхемалар

Трансформацияланган аэросуратларни кетма-кетлигига ва ер юзасининг тасвирланишига қараб бирлаштирсак, *фотосхема* ҳосил бўлади. Фотосхемалар *контактли*, яъни контакт тамгалардан йиғилган, *келтирилган* (бир масштабга келтирилган) аэросуратларга, йўлига қараб эса бир *маршрутли* ва *қўп маршрутли* фотосхемага бўл нади. Фотосхеманинг аниқлиги фотопландан кичик бўлиб, дешифрланган ва комбинацияланган аэросъёмкада рельефни тасвирлашда, инженерлик ишларини рекогноцировка қилишда ишлатилади.

Фотосхема тайёрлашда (монтаж қилишда) аэросуратни индивидуал ёки қўшма кесиб усули қўлланилади. Бир маршрутли фотосхемада бўйлама қоплашдаги қўшни аэросуратлар (1, 2, 3, ...) ўртасидан бир хил жуфт a, b ва a', b' ,

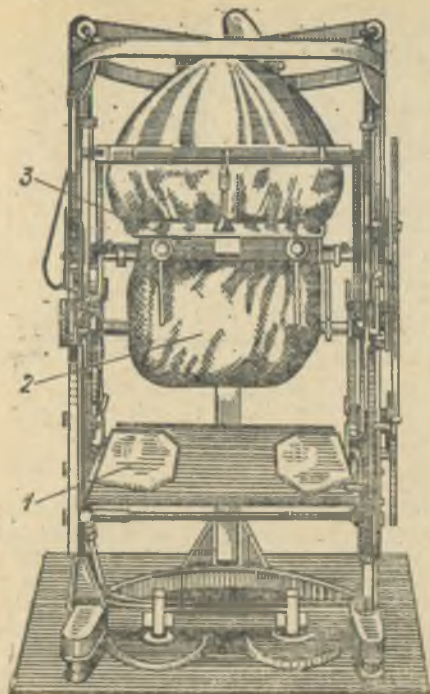


XVII. 7- шакл.

c, d ва c', d' нуқталар олиниб, улар диаметри 5 мм ли доирачалар билан белгиланади (XVII.7-шакл). Бир хил нуқталарнинг устма-уст тушши игна қадаб текширилади. Кейин белгиланган нуқталарга (a ва b, c' ва d') металл чизғич қўйилиб, аэросурат скальпель (уткир пичоқ) билан қирқилади. a, b га a', b', d, c га d', c' устма-уст қўйилади. Бунда фотосуратлардаги ситуациялар (йўл, дарё ва бошқалар) бир-бирининг лавоми бўлиши керак. Улар шу туришда суратга олиндики, у *фотосхема* бўлади.

XVII. 4. Фотопланлар

✓ Жойнинг трансформацияланган аэросуратларидан тайёрланган бир масштабли *фотографик тасвири фотоплан* дейлади. Марказий проекциялашда жойнинг қиялиги перспектив ҳолда бузилиб,



XVII. 8- шакл.

тасвирланган фотосуратларни бир масштабдаги горизонтал аэросурат ҳолига келтириш *трансформациялаш* дейилади. Трансформациялаш иши махсус фототрансформатор /ФТБ/ номли асбоб /XVII.8-шакл/ ёрдамида бажарилади. Фототрансформатор фотокатталагич каби ишланган бўлиб, махсус масштаби ва перспективали универсаллар билан таъминланадики, бу механизмлар тасвирни ҳар томонлама яхшилаб беради. Баъзан оптик-график трансформациялаш ҳам қўлланадики, бунда фототасвирсиз план олинади. ✓

Кейинги йилларда жой рельефини тўлиқ тасвирлайдиган трансформациялашни дифференциаллаш усули, баъзан, фотосуратнинг бир неча нуқталарининг координатларинигина аниқлайдиган ана-

литик усул қўлланилади. Бу усулларда аэросуратнинг тўртбурчагида тўрт жуфт ориентирлаш таянч нуқта бўлиши керакки, булар аэросуратни жойдаги нуқталар бўйича ориентирлаш, ситуация контурларини аниқлашга ёрдам беради. Бу нуқталар ўрни жойда ўлчаш ёки фототриангуляция ясаш йўли билан топилади. Ориентирлаш нуқталарини зичлаш /кўпайтириш/ ва уларнинг планий ўрнини аниқлашда фототриангуляция усули қўлланилади. Бунда нуқтанинг икки координатаси аниқланса—*планий*, уч координатаси аниқланса—*фазовий* дейилади. ✓

Фото план монтажи. Трансформацияланган фотосуратлар фотопланини тайёрлаш учун планшетга аэросуратлардаги таянч, ориентир нуқталар белгиланади ва уларга асосланиб, аэросуратлар ўз ўрнига қўйилади. Бунда аввал аэросуратлардаги ориентир нуқталар ўрни махсус пуансон—тешкичи билан диаметри 1 мм ли тешиклар очилади. Тешиклар таянч нуқталарга тўғри келгач, аэросуратлар оғир юк билан бостирилиб, диагоналлари бўйича кесиб планшетга ёпиштирилади, бунда ситуация чизиқларининг тўғри келишига эътибор берилади.

Аэрофотосуратда белгиланган жойдаги нуқталарнинг геодезик координаталарини таянч нуқтага нисбатан аниқлаш *фотосуратни боғлаш* дейилади. X , Y координаталар аниқланса—*планий*, уч координата X , Y ва Z аниқланса, *планий* — *баландлик бўйича боғлаш* дейилади. Боғлашда тўғри, тескари кестирма усуллари, теодолит йўли, триангуляция каби усуллар қўлланилиши мумкин. Таянч

нуқтага аэросуратда ўрни яхши аниқланадиган ситуация нуқталари олиниши керак.

XVII. 5. Аэросуратни дешифрлаш

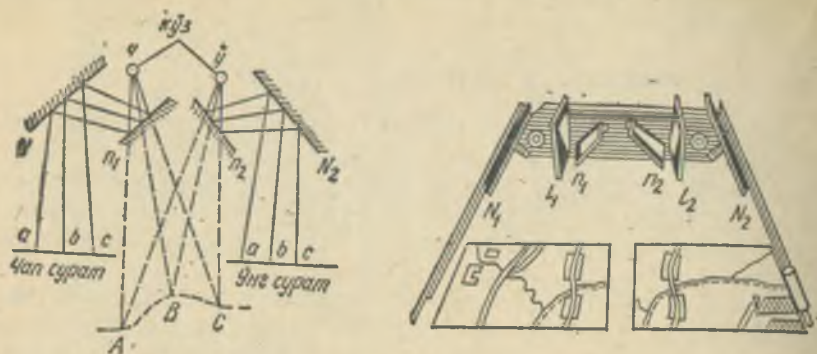
Аэросуратга туширилган жойдаги ситуация элементларини фотографик тасвирига биноан *аниқлаб чиқиш дешифрлаш* дейилади. Дешифрлаш камерал ва дала ишига бўлинади. Камерал дешифрлашда фотосуратдаги объектнинг ўрни ва сони аниқланади; бунда илгари чизилган топографик карта ва бошқа маълумотлардан фойдаланилади.

Далада дешифрлашда фотосурат жойдаги нарсалар билан таққосланади, шакл ва ўринлари аниқланади. Далада дешифрлашнинг аниқлиги юқори бўлса ҳам иқлимга қараб олиб борилади. Кўпинча камерал ва дала дешифрлаши бирга бажариладики, бу *комбинацияланган дешифрлаш* дейилади. Катта жойларни аэрофотосуратини самолётда туриб дешифрланади, бу — *аэровизуал дешифрлаш* бўлади. Дешифрлашда нарса нинг геометрик шакли ва ўлчами, оптик ҳолати ва хоссалари, ёруғ ва сояларнинг жойлашуви каби ҳолларга эътибор берилади. Масалан, аэросуратда қуёшга қараган қиялик ёруғ ва текис, қуёшга тескари жой эса хирароқ бўлади. Дарахтзор дарахт турига қараб ҳар хил кўринади. Арчазорлар ола-була, тепалари ёруғ, стереоскопда эса конуссимон бўлиб кўринади. Баргли дарахтзорда ёруғлик — дарахт оралиқлари кичик бўлади. Ўтлоқ ер кул ранг, қуруқ жой равшан, ёруғ кўринади. Бог ва парклар чегараси тўғри, дарахтлари қаторлаб экилган бўлади. Тош йўл жуда ёруғ, темир йўл ялтираб, эгри чизиқлар яққол кўринади. Сувли жойлар қуруқ жойга қараганда қорамтирроқ бўлади. Суратга хира тушган объект чегаралари аниқланади, тушмай қолган объектлар бошқа объектларга асосан туширилиши ва шартли белгилар билан кўрсатилиши керак. Қудуқ, геодезик белгилар каби ўлчами кичик объектлар суратга тушмай қолади, булар шартли белгилар билан кўрсатилиши керак. Йўл тури, хандак ўрни ва чуқурлиги, сувнинг оқиш тезлиги, турар жой номи, уйлар сони каби ҳоллар кўрсатилиши лозим.

XVII. 6. Стереоскоп ва у билан ишлаш

✓ Аэросуратдаги жой объекти ва рельефини икки аэросуратга нисбатан аниқлашда ишлатиладиган асбоб *стереоскоп* дейилади (XVII. 9-шакл). Агар аэросуратдаги нарсага икки кўз билан қараб, унинг фазовий ҳолати аниқланса, аниқланган бу вазият *стереоскопик вазият* дейилади.

Аэросуратлар бўйича жойнинг стереоскопик тасвири (фазовий кўриниши)ни ҳосил қилишда стереоскоп ишлатилади. Бир жойнинг аэросурати икки нуқтадан олинганда ҳосил бўлган икки аэросурат (стереожуфт) орқали жой рельефи яққол тасвирланиши учун унга стереоскоп орқали қараш керак. Бунда стереожуфт аэросуратлар шундай ёнма-ён қўйиладики, уннг кўз уннг томондаги, чап кўз чап томондаги суратни кўради. Масалан, суратлар XVII. 9-



XVII. 9- шакл.

шаклдаги каби қўйилса, суратдаги a, b, c нуқталардан ўтган нурлар ташқи кўзгу N_1 ва N_2 ларда синиб, ички кўзгу n_1 ва n_2 ларга тушади, кейин ундан қайтиб чап /ч/ ва ўнг /ў/ кўзга жойдаги рельеф нуқталари A, B ва C нинг фазовий ҳолатини кўрсатади. Шу принципга биноан кўзгули стереоскоп (XVII.9-шакл, б) яратилган. Бир хил икки аэросурат стереоскоп тагига қўйилгандан кейин бош бармоқлар иккала суратнинг бир хил нуқтасига қўйилиб суратлар сурилади-да, бармоқлар тасвири бирлаштирилади. Кейин бармоқлар олинади-да, суратлар бир оз жилдирилиб, улардаги объектлар аниқ бирлаштирилади. Шунда жой рельефи яққол тасвирланадики, бу тасвир стереоэффект дейилади. Бунда суратларда кўринган рельефни тасвирлаб, яъни горизонталлар ўтказиб, йўл трассаси ўтадиган ўринларни белгилаш мумкин. Шу йўл билан тайёрланган фототопографик план инженерлик ишларида қўлланилади.

Аэросуратда нисбий баландликни аниқлаш ва горизонталлар ўтказиш каби ишлар стереофограмметрик асбобларда махсус лабораторияда бажарилади.

XVII. 7. Суратлар бўйича нисбий баландликни аниқлаш

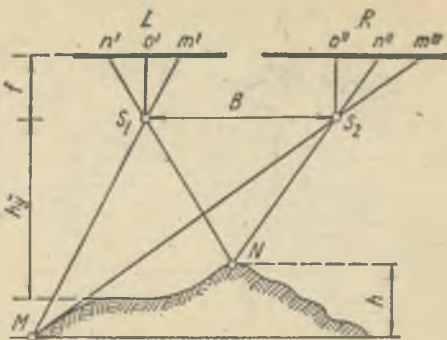
Фотоаппаратнинг ўқи вертикал, объективининг маркази горизонтал вазиятда ҳаракатланганда олинган икки қўшни аэросурат L ва R орқали N нуқтанинг M га нисбатан баландлиги h ни қўйидагича аниқлаш мумкин /XVII. 10-шакл/. N нуқтанинг икки аэросуратдаги тасвирини n' ва n'' , M нуқтаникини эса m' ва m'' десак, M ва N нуқталарнинг чап L ва ўнг R суратлардаги абсциссаларининг айирмаси M ва N нуқталарнинг бўйлама-горизонтал параллакси дейилиб, P билан белгиланади, яъни

$$P_M = o'm' - o''m'', P_N = o'n' - o''n''$$

бўлади. Шунда M ва N нуқталар нисбий баландлиги h нинг тахминий қиммати $\Delta P = P_M - P_N$ орқали қўйидагича аниқланади:

$$h = \frac{H}{e} \Delta p, \quad (\text{XVII. 2})$$

бу ерда H — самолётнинг учиш баландлиги, e — сурат олишдаги базис узунлигининг масштабда олинган қиймати ($e = \frac{l}{H}$). Δp нинг қиймати махсус стереоскопик асбоблар (параллактик чизғич, стереометр, стереокомпаратор ва бошқалар) ёрдамида аниқланади. Δp нинг қиймати 0,02—0,05 мм аниқлик билан ўлча-нади. Масалан, $H = 1700$ м, $\Delta p = +0,56$ мм, $e = 72$ мм бўлганда, $h = +13,20$ м бўлади.



XVII. 10- шакл.

Горизонтал параллакс қиймати Φ . В. Дробишев стереометри ёрдамида ўлчанади. Аэросуратдаги нуқталар координатаси ва параллаксини аниқ ўлчашда стереокомпаратор дейилган махсус асбоб ишлатилади. Аэрофотосъёмка ишларида қўлланиладиган асбоблар ва улар билан ишлаш анча мураккаб бўлиб, асбоблар билан жиҳозланган лабораторияларда олиб борилади. Тошкент аэрогеодезия ташкилоти шундай ишлар билан шуғулланади, қурилиш ишларига керакли фотоплан ва карталар ана шу ерда тайёрланади.

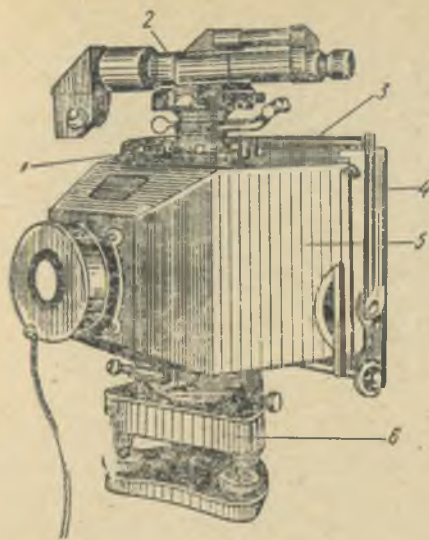
XVII. 8. Карта тайёрлаш усуллари ҳақида тушунча

Аэрофотосъёмка натижалари бўйича жойнинг топографик план ёки картасини чизишда фотограмметрия усулларидан фойдаланилади. Ер юзасидаги объектнинг шакли, ўлчами ва ўрнини аэросуратдаги тасвири орқали аниқлаш *фотограмметрия* деб аталади. Агар объект шакли, ўлчами ва ўрни икки аэросурат тасвири орқали стереоскопик ҳолда аниқланса, стереофотограмметрия қондалари асосида аниқланади. Аэросуратлар бўйича топографик карта чизишда дифференциаллаш усули билан универсал усул қўлланилади. Дифференциациялаш усулида карта икки босқичда: бири Φ . В. Дробишевнинг *СТД-2* шифрли топографик стереометрида ва фототрансформаторда чизилади, бу ишлар фотопланга асосан бажарилади.

Универсал усул такомиллашган усул бўлиб, бунда иш стереограмметрик асбобда, масалан, Φ . В. Дробишевнинг стереограф СД асбобида бажарилади, бунда топографик картанинг ситуация ва рельефи тула тасвирланади. Бу асбоблардаги прэекцияловчи камера жойнинг геометрик моделини ҳосил қилади. Кейин бу орқали элементлар ўлчаниб, карта чизиш учун зарур координаталар топилади.

XVII. 9. Фототеодолит ҳақида тушунча

Ер юзасининг фототеодолит съёмкаси ёки ер стереофотограмметрик съёмкаси ерда туриб, фототеодолит номли асбоб ёрдамида



ХVII. 11- шакл. Фототеодолит кўриниши:

1 — ва 3 — адчаклар, 2 — ориентирлаш мосла-
маси, 4 — Кўйма кассета, 5 — камера корпуси,
6 — трегер (таглик)

булиши керак. Ватанимизда «Геодезия», С-Зв, Pho Theo 19/1318 ва бошқа маркадаги фототеодолитлар ишлатилади. Фотосуратлар лабораторияларда стереоавтограф дейиладиган махсус универсал асбобда ишланиб, жойнинг топографик плани тайёрланади.

БЕШИНЧИ БЎЛИМ. ИНЖЕНЕРЛИК-ГЕОДЕЗИК ИШЛАР

ХVIII Б Ө Б. ҚУРИЛИШДА ИНЖЕНЕРЛИК-ГЕОДЕЗИК ИШЛАР ТУРИ ВА УНИ БАЖАРИШ

ХVIII. 1. Умумий маълумот

Ҳар қандай иншоотни қуришдан олдин иншоот қуриш мўлжалланган жойда қидирув, кейин топографик съёмка ишлари олиб борилади. Съёмка натижалари буйича чизилган топографик планда керакли иншоот лойиҳаланади. Лойиҳадаги иншоот геодезик ўлчаш орқали жойга кўчирилади (жойда белгиланади), бу лойиҳани жойга кўчириш дейилади, кейин қурилиш ишлари бошланади. Қурилиш даврида ва иншоотни эксплуатация қилиш даврида ҳам геодезик кузатиш ишлари олиб борилади. Шунга кура қурилишда олиб бориладиган геодезик ишларни мундарижасига қараб беш даврга бўлиш мумкин: а) инженерлик — қидирув ва съёмка ишлари, б) иншоотни лойиҳалаш, в) лойиҳани жойга кўчириш (режалаш), г) қурилиш ишлари, д) фойдаланиш давридаги деформация (ўзгариш) ни текшириш.

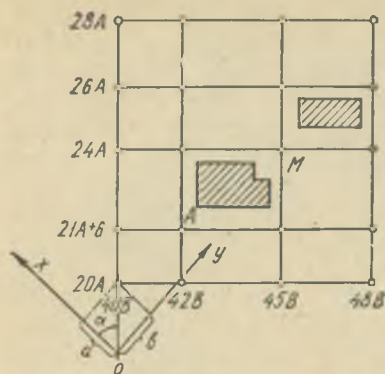
Қидириш ишлари иқтисодий ва техникавий ишларга бўлинади. Иқтисодий қидириш ишларида иншоот учун керакли материаллар шу райондан топилиши аниқланади, иншоот кам харажат билан пухта ва тез битишига эътибор берилади. Техникавий қидиришда иншоот қуришга мулжалланган жойнинг тупроғи, рельефи, геологик, гидрогеологик ҳолати ва геодезик ишларни ташкил қилишдаги имкониятлар ва бошқа техникавий томсиларга қаралади.

Лойиҳада кўрсатилган инженерлик иншоотни қуриладиган жойда шакл ва ўлчами бўйича ўрнини белгилашда бажариладиган геодезик ўлчаш ишлари мажмуи иншоотни режалаш дейилади. Режалаш планий ва баландлик бўйича бўлади. Планий режалашда иншоотнинг ўрни горизонтал текисликда белгиланади; баландлик бўйича режалашда эса лойиҳадаги нуқта ва чизиқларининг вертикал текисликдаги ўринлари белгиланади. Лойиҳани жойга кўчиришда қуйидаги ҳужжатлардан фойдаланиланади: 1) жойнинг топографик плани ва иншоотнинг 1 : 5000 — 1 : 500 масштабдаги генерал плани, 2) иншоотнинг бўйлама ва кўндаланг профиллари, 3) иншоот лойиҳаланган жойнинг вертикал ҳолатини тасвирловчи вертикал — планировка (вертикал лойиҳалаш) плани, 4) қурилишдаги геодезик таянч пунктлар ведомости ва уларнинг ўрнашиш схемаси, 5) 1 : 500 — 1 : 1000 масштабдаги иш чизмалари. Булардан ташқари, ишга чиқиш олдидан ҳар қайси иш моҳияти ва ишлаш усулини ақс эттирувчи режалаш чизмаси ҳам бўлиши керак.

XVIII. 2. Иншоотни режалашда асос пунктлар, қурилиш тўри

Иншоотни режалашдан олдин унинг шакли, ўлчамига қараб жойда планий таянч тўр (тармоқ) белгиланадигани, улар иншоотни режалашда, унинг асосий нуқталарининг ўрнини осон ва аниқ белгилашга имкон беради. Планий таянч тармоқ пунктига давлат геодезик тармоқ пунктлари, қидириш ишларида ўрнатилган таянч нуқталар, пунктлар сифатида асосан, ясалган махсус қурилиш тўрларининг учлари ва томонлари қабул қилинади. Бу тўрлар учбурчаклик, тўртбурчаклик, квадрат шаклидаги катаклар тизмасидан ясалиши мумкин. Жой ёпиқ бўлганда таянч нуқта сифатида шароитга қараб олинган счиқ ёки ёпиқ полигон учлари ҳам қабул қилинади. Баландлик таянч пунктлари қилиб, давлат геодезик тармоқларига асосан ўрнатилган репер ва маркалар олинади. Режалаш ишлари таянч пунктларга асосланиб олинган бўйлама ва кўндаланг ўқ чизиқларга нисбатан олиб борилади.

Қурилиш тўри. Бу квадрат ёки тўғри тўртбурчакликлар (катаклар) системасидан иборат бўлиб, мустаҳкам ўрнатилган бурчак учларининг планий ва баландлик бўйича ўринлари таянч пунктларига нисбатан аниқланади (XVIII. 1- шакл). Қурилиш тўрига асосан турли иншоот ўз лойиҳасига кўра жойга кўчирилади, яъни режалаш ишлари олиб борилади. Қурилиш тўрининг бошқа таянч пунктларидан афзаллиги шундаки, бунда иншоот ва унинг айрим қисмлари бутун қурилиш майдонида бир хил аниқликда режалаша-



XVIII. 1- шакл.

риллиш түри планий ва баландлик бўйича генерал планга боғланган бўлиши лозим. Бунинг учун тўр лойиҳасини генерал планга чизилади, бунда дсимий сақланиши таъминланган нуқталарга эътибор берилади; 5) тўр нуқталарининг планий бир-бирига нисбатан ўрнинишидаги хато 2 см дан, баландлигидаги хато 3 мм дан ошмаслиги лозим.

Қурилиш түри қуйидаги тартибда ясалади: а) қурилиш түрининг лойиҳаси тузилади; б) қурилиш түри жойда тахминий режаланади, нуқталар маҳкамланади; майдон катта бўлганда томон узунлиги 400×400 м, бсшқа ҳолларда 200×200 бўлади; в) бурчак ва томонлар талаб қилинган аниқлик билан ўлчанади; г) бурчак учларининг координаталари ҳисобланади; д) тўр нуқталари редукцияланади, кейин доимий қилиб мустаҳкамланади; е) тўр пунктларининг марказий координаталари аниқланади; ж) ҳамма нуқтада бурчаклар қайтадан ўлчанади.

Генерал план лойиҳасига кўра нуқта координаталари абсциссалар ўқи бўйича A ҳарфи билан, ординаталар ўқи бўйича B ҳарфи билан белгиланади ва шаклдагича ёзилади. Масалан, шаклда (XVIII.1 - шакл) тўр ўқи $X (A)$ бўйича 2000, 2160, 2400, кейин 200 м дан ошган, $Y (B)$ ўқи бўйича 4000, 4200, 4500 ва 4800 м дан ўтказилган. Шунда M нуқтанинг координатаси $A = +2400$ м, $B = +4500$ м бўлади.

Генерал планда қурилиш түрининг ўқлари бино, иншоот йўли каби қурилиш ўқларига параллел қилиб ўтказилганда бу шартли ўқлар давлат геодезик таянч пунктлари координата ўқларининг йўналиши билан (OX ва OY) бир чизиқда ётмай, α бурчак ҳосил қилиши мумкин (XVIII. 1 - шакл). Бундай вақтда бир координаталар системасидан иккинчи координаталар системасига ўтиш керак бўлади. Масалан, бирор нуқтанинг қурилиш түри системасидаги шартли координаталари x, y , геодезик асос системасидаги координатлари x', y' бўлса, бу координаталар орасидаги боғланиш қуйидагича ифодланади:

$$x = a + x' \cos \alpha - y' \sin \alpha; \quad y = b + x' \sin \alpha + y' \cos \alpha \quad (\text{XVIII. 1})$$

ёки

$$x' = (x - a) \cos \alpha + (y - b) \sin \alpha ; y' = -(x - a) \sin \alpha + (y - b) \cos \alpha, \quad (\text{XVIII. 2})$$

бунда a, b — геодезик асос координаталар системасига нисбатан қурилиш тури бош нуқтасининг координаталари, α — қурилиш тури абсциссасининг дирекцион бурчаги. Масалан, қурилиш турининг ўқ чизиги (x) жой шароитига қараб, бэшқа йуналишда жойлашиб, геодезик координата ўқи x билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилади, дейлик. Қурилиш тури бош нуқтасининг геодезик системасидаги координаталари $a = 50,00$ м, $b = 60,00$ м; А нуқтанинг қурилиш тури системасидаги координаталари эса $x = 2240,00$ м, $y = 4230,00$ м бўлса, бу нуқтанинг геодезик таянч системасидаги координатаси (XVIII. 1) формулага биноан қуйидагича бўлади:

$$x = 50,00 + 2240,00 \times 0,87 - 4230,00 \times 0,50 = 2143,80 \text{ м}, \\ y = 60,00 + 2240,00 \times 0,50 + 4230,00 \times 0,87 = 4380,10 \text{ м}.$$

Агар таянч системадаги координата берилиб, қурилиш тури системасидаги координатани аниқлаш керак бўлса, юқоридагидек (XVIII.2) формула бўйича ишланади.

XVIII. 3. Режалаш аниқлиги

Иншоотни режалашда қуйидаги ишлар қилинади:

а) жойда нуқтанинг планий ўрни белгиланади, б) берилган масофа ўлчанади, в) берилган бурчак ясалади, г) баландлик бўйича нуқта отметкаси кўчирилади. Топографик съёмкаларда ўлчаш аниқлиги план масштабига боғлиқ бўлиб, жойда ўлчаш хатоси қогоздаги график хатодан ошмаслиги лозим. Масалан, нуқтани қогозда кўрсатишдаги хатонинг Δl десак, у қуйидагича бўлади: $\Delta l = kM$; бу ерда k — график аниқлик бўлиб, M — нуқта билан баҳолашдаги хато, қиймати $k = 0,2$ мм; M — соний масштаб махражи. Масштаб $1 : 1000$ бўлганда $M = 1000$, шунга кўра $\Delta l = 200$ мм = 20 см. Графикавий аниқликка бошқа хатолар билан бирга қогознинг деформацияси ҳам таъсир этади. Режалашда чизик, бурчак ўлчашда талаб қилинадиган аниқликни эътиборга олиб, керакли асбоб ва усул танланади. Режалаш аниқлиги пландан миқдор қийматини ўлчаб олиш аниқлигидан юқори бўлиши керак. Иншоотни режалашда икки хил аниқлик бўлади:

1) иншоотни жойдаги нарсаларга нисбатан режалаш аниқлиги; бунда топографик план масштабига қараб график аниқликда ишланади;

2) иншоотни асосий ўқларга нисбатан режалаш аниқлиги; бунда иншоот катта аниқлик билан режаланади; бу иншоот ўлчамини, қурилиш материаллари ва у билан таъминлаш каби ишларга боғ-

лик бўлади. Бино қуришда колонналар ўрнини режалашдаги нисбий хато $\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{2000} - \frac{1}{2500}$ дан ошмаслиги керак: бу ерда Δl — узунликдаги абсолют хато, l —колонналар оралиғи, м.

XVIII. 4. Лойиҳани жойга кўчиришга тайёргарлик

Лойиҳаланган ҳар қандай инженерлик иншоотини жойга кўчириш учун иш (режалаш) чизмаси чизилади; унда керакли нуқталар ўрнини аниқлашга ёрдам берувчи миқдорлар қиймати ёзилади. Бу чизмаларни чизиш учун зарур маълумотлар график, аналитик ва комбинациялашган (қўшма) усуллар билан топилиши мумкин.

График усулда керакли нуқта, бурчак (иншоот бурчаги) ўринлари пландак циркуль, транспортир ва масштаб линейкаси ёрдамида олинади ёки чизик учлари координаталари бўйича ҳисоблаб топилади. Чизик дирекцион бурчаги транспортир билан ўлчанади ёки координаталар бўйича тескари гео-език масала қилиб ечиб топилади. Нуқта координаталарини тўр томонларига нисбатан ўлчаб аниқлаш ҳам мумкин.

Аналитик усул аниқ бўлиб, нуқта икки координата ўқига нисбатан ҳисоблаб топилади. Бунда координата, қутб ва кестирма усуллари қўлланилиши мумкин. Бу усулда иш кўпроқ қурилиш турига асосланиб олиб борилади.

Комбинацияланган усул билан иншоотни режалашда аналитик ва график усуллардан фойдаланилади. Бу графо-аналитик усул дейилиб, ишнинг қулай бўлишига қараб жойда иккала усулдан фойдаланилади. Умуман режалаш чизмаси генерал планни аналитик ифодалашдан иборат бўлиб, бунда иншоот муҳим нуқталарининг координаталари, отметкалари, чизик ва бурчакларини яшаш учун керакли маълумотлар тўла кўрсатилади.

Инженерлик иншоотларини таянч пунктларга боғлаш схемаси ҳам иш чизмаларидир. Ўқлар чизмасида иншоотнинг ҳамма ўқлари кўрсатилади, ўқлар аҳамиятига қараб, *бош*, *асосий* ва *оралиқ* (ёрдамчи) ўқларга бўлинади.

Катта иншоотлар ўртасидан унинг қисмларига симметрик равишда ўтган чизик *бош ўқ* деб аталади ва бу ўқ координата ўқлари деб қабул қилинади.

Асосий ўқ иншоот чегараси бўйлаб ўтган чизик бўлади.

Иншоотнинг маълум нуқталаридан асосий ўқларга параллел қилиб ўтказилган чизиклар *оралиқ ўқлар* бўлади. Режалаш планида асосий ва *оралиқ ўқлар* ўрни кўрсатилиб, уларнинг *оралиқлари* сантиметр ҳисобида ёзиб қўйилади.

XVIII. 5. Лойиҳани жойда режалаш усуллари

Планний режалашда ечиладиган масалалар, асосан, қуйидагича бўлиши мумкин: 1) берилган чизикни жойда яшаш; 2) қиймати берилган горизонтал бурчакни жойда яшаш; 3) турли системадаги координаталар бўйича нуқта ўрнини топish.

Вертикал режалашда ечиладиган масалалар қуйидагича бўлиши мумкин: 1) берилган отметка бўйича нуқта ўрнини белгилаш;

2) жойда маълум пиш.бдаги чизиқ ва текислиқни ўтказиш; 3) тусиқ масофадан отметка узатиш; 4) объект баландлигини аниқлаш.

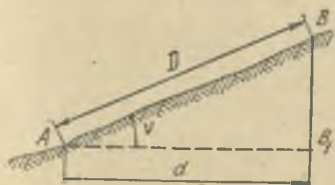
Планий режалаш. Берилган чизиқни жойда ўтказиш. Горизонтал қўйилиши маълум d бўлган чизиқни A нуқтадан AB йўналиш бўйича ўтказиш керак дейлик. Агар жой юзаси текис ва тахминан горизонтал бўлса, A нуқтадан AB йўналиш бўйича чизиқ узунлиги d бевосита лента билан ўлчаб қўйилади.

Агар жой қиялик бўлса, аввал чизиқнинг горизонтал қўйилиши d бўйича қия чизиқ узунлиги D топилади. Бунинг учун чизиқ ўтказиладиган жойнинг қиялик бурчаги ν эклометр ёки вертикал доира билан ўлчанади. Кейин «қияликка тузатма» жадвалидан d ва ν бўйича чизиқ қиялигига бериладиган тузатма Δd топилади; кейин қия чизиқ узунлиги D қуйидаги формула ёрдамида топилади:

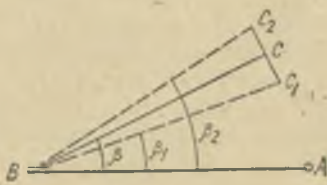
$$D = d + \Delta d \text{ ёки } D = \frac{d}{\cos \nu} \quad (\text{XVIII. 1})$$

Кейин A нуқтадан топилган D қиймати берилган йўналиш бўйича ўлчаб қўйилади (XVIII. 2-шакл).

Жойда берилганича горизонтал бурчак ясаш. B нуқтада BA чизиққа нисбатан β бурчак ясаш учун B нуқтага теодолит ўрнатилади, у иш ҳолатига келтирилгач, DV ҳолида I верньернинг ноль штрихи лимбнинг ноль штрихиغا тў-



XVIII. 2-шакл.



XVIII. 3-шакл.

риланади: алидадани маҳкамланади-да, лимб бўшатилиб, труба A нуқтага қаратилади ва лимб маҳкамланади. Кейин алидадани бўшатиб, бурчак BA га нисбатан чап томонда ясалса (XVIII.3-шакл), I верньер лимбдаги $360^\circ - \beta$ саногига тўғриланади; эгар бурчак BA га нисбатан ўнг томонда ясалса, I верньер лимбнинг β саногига тўғриланади. Масалан, бурчак чап томонда ясашиб, BC_1 йўналиш, $DЧ$ да ҳам юқоридагидек ишланиб BC_2 йўналиш топилади, дейлик. β_1 ва β_2 бурчакларни ясашда коллимацион хато таъсир этганидан, хатосиз тўғри бурчак $\beta = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$ бўлиб,

бу лойиҳадаги бурчак қийматидир. Шу бурчакни тўғри топиш учун C_1C_2 ораллигининг ярми C нуқта топилади ва C нуқтага қозىқ қоқиб маҳкамланади. Шунда BC чизиқнинг BA билан ҳосил қилган бурчаги β бўлади.

Агар бурчакни юқори аниқлик билан ясаш талаб қилинса, юқоридагича ясалган бурчак бир неча марта аниқ ўлчанади, на-

тижаларнинг арифметик ўртаси β_0 топилади. Кейин лойиҳадаги қиймати β_n билан β_0 орасидаги фарқ $\Delta\beta = \beta_0 - \beta_n$ аниқланади. $\Delta\beta$ қиймати кичик бўлганидан у тузатма теодолит билан эмас, балки перпендикуляр чизиқ ёрдамида тузатилади, яъни перпендикуляр узунлиги CC_1 қуйидаги формуладан топилиб, кейин ўлчаб қўйилади:

$$CC_1 = \frac{\Delta\beta \cdot d}{206265''} \quad (\text{XVIII.4})$$

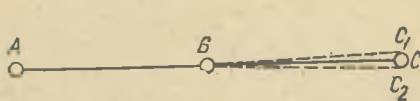
CC_1 қиймати C_1 дан перпендикуляр бўйича ўлчаб қўйилса, топилган нуқта C нинг ўрни бўлади.

Бино қуришда бурчак $30 - 60''$ аниқлик билан, инженерлик иншоотлари қуришда эса $5 - 10''$ аниқлик билан ўлчанади. Чизиклар шкалали лента ёки металл рулетка билан $0,01 - 0,001$ м аниқликда ўлчанади.

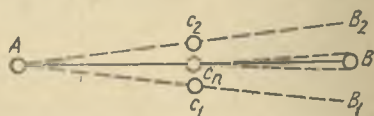
β бурчак ясашда верньер ва лимб нолларини тўғриламай, лимбнинг ихтиёрий туширишда саноқ олиб, β бурчак ясалиши ҳам мумкин.

Чизиқ йўналишини теодолит ёрдамида давом эттириш. Бунинг учун теодолит AB чизиқнинг охириги нуқтаси B га ўрнатилиб, $D\check{U}$ ҳолатида труба A га қаратилади ва лимб, алидада маҳкамланади. Трубани зенит орқали айлантириб, C_1 вежа ўрнатилади. Кейин $DЧ$ да ҳам аввал A га, кейин трубани зенит орқали айлантириб қараб C_2 вежа ўрнатилади. Бунда икки C_1 ва C_2 нуқта ҳосил бўлиши асбоб ва қаратиш хатоларининг таъсиридан келиб чиқади. Тўғри чизиқ C_1 ва C_2 нуқталар ўртаси C бўлганидан BC чизиқ AB нинг давоми бўлади (XVIII.4-шакл).

Теодолитни берилган чизиқ створига ўрнатиш. Бу иш тепаликдан чизиқ ўтказишдаги каби аста ёндашиш усули билан бажарилади. Масалан, берилган A ва B нуқталарни туташ-



XVIII. 4- шакл.



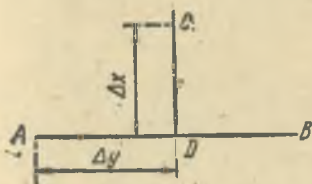
XVIII. 5- шакл.

тирувчи AB чизиқ створида теодолит ўрнатиш керак бўлса, теодолит AB створда ётади деб фараз қилинган C_1 нуқтага ўрнатилади. Трубани A га қаратиб, лимб ва алидада маҳкамланади. Кейин труба зенит орқали айлантирилиб қаралганда кўриш нури B нуқтадан ўтиши керак, лекин хато сабабли B_1 ёки B_2 дан ўтади. Бунда теодолит ўртага сурилади-да, юқоридаги каби ишланади. Бу иш трубани A га қаратиб, кейин зенит орқали айлантириб қаралганда кўриш нури B дан ўтадиган бўлгунча такрорланади. Масалан, C_n нуқта охириги топилган нуқта бўлсин. Кейин C_n нуқтада туриб $DУ$ ва $DЧ$ ҳолатида қараб, теодолитнинг туришининг тўғрилиги аниқланади (XVIII.5-шакл), агар икки қарашда фарқ бўлса, теодолитни бир оз суриб, ўртача туриши қабул қилинади.

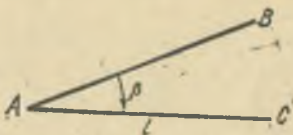
Нуқта ўрнини турли координата усуллари билан белгилаш.

Иншоотни режалашда унинг асосий нуқталарининг ўринлари қуйидаги съёмка усуллари тўғри бурчакли координата, қутбий координата, чизигий ва бурчагий кестирма усуллари билан аниқланади.

Тўғри бурчакли координата усули. Лойиҳадаги қуриладиган нуқта жойда геодезик асос нуқталарини туташтирувчи чизиқда ётганда ёки қурилиш турининг томонларига яқин жойлашганда бу усул қўлланилади. Масалан, геодезик асос нуқталари A ва B ларни туташтирувчи чизиққа нисбатан лойиҳадаги координаталари x_c , y_c бўлган C нуқта ўрнини аниқлаш учун AB чизиқ бўйича (XVIII.6-шакл) A нуқтадан $\Delta y = y_c - y_a$ қиймати ўлчаб қўйилади, бунда D нуқта топилади. Теодолит билан D



XVIII. 6- шакл.



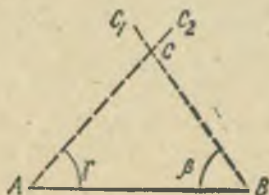
XVIII. 7- шакл.

нуқтадан AB чизиққа чиқарилган перпендикуляр бўйича $\Delta x = x_c - x_a$ қиймати ўлчаб қўйилса, C нуқта топилади. Қурилиш турида ҳам шундай ишланади.

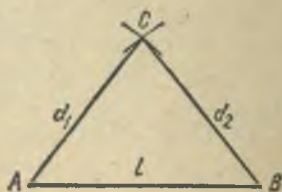
Қутбий усул. Бу энг кўп қўлланиладиган усул бўлиб, айниқса қурилиш майдонида қурилиш тури бўлмаганда бу усулдан фойдаланиш қулай. Иншоот контури мураккаб ва эгри чизиқли бўлганда режалаш иши осон бажарилади. Бу усулнинг моҳияти қуйидагидан иборат. Масалан, AB чизиққа нисбатан қутбий координаталари β ва $AC = l$ бўлган C нуқта ўрнини топиш керак бўлсин (XVIII.7-шакл). Бунинг учун теодолитни A нуқтага ўрнатиб, AB чизиққа нисбатан β бурчак ясалади; кейин топилган AC йўналиш бўйича $AC = l$ қиймати ўлчаб қўйилса, C нуқта топилади. Агар AC чизиқнинг узунлиги берилмай, A ва C нуқта координаталари берилса, бу координаталар бўйича тескари геодезик масалани ечиш йўли билан AC узунлиги l ва AB ҳамда AC томонлар дирекцион бурчакларни α_{ab} ва α_{ac} ҳисобланиб, булар орқали β бурчак топилади; кейин юқоридаги каби ишланади.

Қўшқутбий координата усули. Бунда изланган нуқта ўрни бир асос чизиқнинг икки учидан ясалган бурчаклар томонларини ёки асос чизиқнинг икки учидан изланган нуқтагача бўлган масофаларни кесинтириш орқали топилади. Бунда бурчаклар ва томонлар қўшқутбий (бикуляр) координаталар бўлади. Бу усул, кўпинча, кестирма усули дейилади. Кестирма усули бурчагий ва чизигий усулларга бўлинади.

Бурчагий кестирма усули. Аниқланадиган нуқта узқ-да ва жой рельефи мураккаб бўлиб, масофани бевосита ўлчаш оғир бўлганда бу усул қўлланилади. Масалан, таянч пунктлар A ва B нинг (XVIII.8-шакл) координаталари x_a, y_a ва x_b, y_b лар бўйича AB чизиқ узунлиги $d_{ав}$, дирекцион бурчаги $\alpha_{ав}$ топилади. C нуқта координатаси маълум бўлганидан, A, B, C координаталари бўйича тескари геодезик масалани қўллаб AC ва BC



XVIII. 8- шакл.



XVIII. 9- шакл.

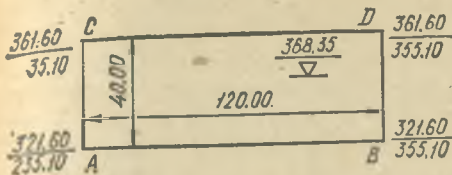
чизиқлар дирекцион бурчаклари α_{ac}, α_{bc} ҳисобланади. Кейин γ ва β бурчаклар қиймати қуйидагидан топилади: $\gamma = \alpha_{ав} - \alpha_{ac}$, $\beta = \alpha_{bc} - \alpha_{ba}$. Сўнгра A ва B нуқталарга теодолит ўрнатиб, A да γ бурчак, B да β бурчак ясалса, AC_2 ва BC_1 йуналишлар ҳосил бўладикки, буларнинг кесишув нуқтаси C нуқта ўрни бўлади.

Чизигий кестирма усули. Ўрни аниқланадиган нуқта C икки таянч нуқта A ва B дан узоқ бўлмай, ўлчаш қуроли узунлигидан кичик бўлганда қўлланилади. Масалан, A ва B таянч нуқталар бўлсин, C нуқтанинг A ва B дан узюклиги 20 м дан кичик бўлганда A ва B нуқталарни марказ, $AC = d_1$ ва $BC = d_2$ ларни радиус қилиб олиб, шаклдаги каби (XVIII.9-шакл) ёйлар чизилади. Бу ёйларнинг кесишган нуқтаси C нуқта бўлади.

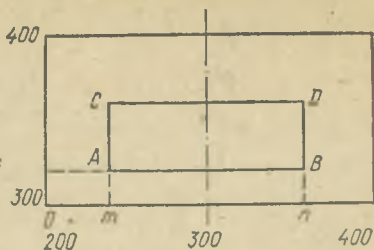
Энди юқоридаги усуллардан фойдаланиб, лойиҳадаги бино ва иншоотни режалаш билан танишамиз.

XVIII.6. Лойиҳани жойга кўчириш

Бино ёки иншоотнинг лойиҳасига кўра унинг шакли, ўлчами ва ўрнини жойда белгилаш *лойиҳани жойга кўчириш* дейилади. Бу иш генерал планга асосан тузилган иш чизмасига биноан бажарилади. Бунда керакли нуқта ва чизиқ ўринлари юқоридаги усулларнинг бирини ёки, жойга қараб, бир нечасини татбиқ этиш йўли билан топилди. Баъзан бош чизиқ сифатида бинонинг ташқи девори ва йўл, канал, қувур каби иншоотларда эса шу қурилишнинг ўқ чизиги қабул қилинади. Иш чизмаларида бино асосий нуқталарининг шартли координаталари XVIII.10-шаклдаги каби нуқта ёнига ёзиб қўйилади ва ўлчамлари ҳам см гача аниқликда кўрсатилади; бино полининг лойиҳавий отметкаси ҳам кўрсатилади. XVIII.10-шаклдаги лойиҳани қурилиш тури асосида режалаш XVIII.11-шаклда келтирилган. Бунда қурилиш турининг учи



XVIII. 10- шакл.

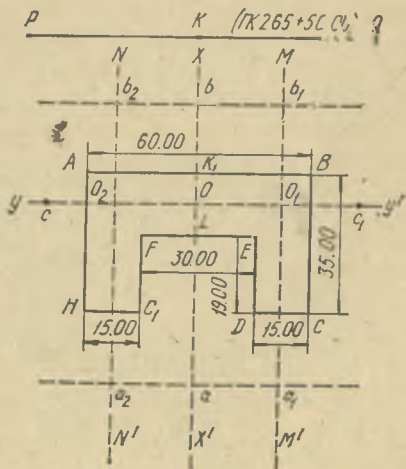


XVIII. 11- шакл.

О нуқтага теодолитни ўрнатиб, труба турнинг ордннаталар ўқи бўйича йуналтирилади. Кейин O дан O ва A нуқталар координаталарининг айирмаси $\Delta y_A = y_A - y_O = 235,10 - 200,00 = 35,10$ м ўлчаб қўйилади, бунда m нуқта топилади. m нуқтага теодолит ўрнатиб mO га перпендикуляр чиқарилади ва у бўйича m дан $\Delta x_A = x_A - x_0$ қийматлари ўлчаб қўйилса, A нуқта топилади. B нуқта ўрнини топиш учун O нуқтадан $\Delta y_B = y_B - y_0$ қиймати ўлчаб қўйилса, n топилади; теодолитни n га ўрнатиб, On га перпендикуляр чиқарилади ва унда n нуқтадан $\Delta x_B = x_B - x_0$ ва $\Delta x_D = x_D - x_0$ қийматлари ўлчаб қўйилса, B ва D нуқталар ўрни топилади. Текшириш учун AB ва CD томонлари ёки AD ва CB диагоналлари ўлчаб кўрилади. Контури мураккаб биноларни режалашда ҳам ҳар қайси нуқта ўз координатаси бўйича юқоридаги каби топилади.

Фасади куча томонга қаратиб қуриладиган биноларни режалашда бинонинг қизил чизиғи куча ўқига ва мавжуд биноларга нисбатан белгиланади. Қизил чизиқ иш чизмада кўрсатилган бўлиши керак. Қизил чизиқ жойда белгилангач, бино шу чизиққа биноан режаланади.

Йул ва канал каби иншоотлар ёнига станция, бекат ва бошқа бинолар қуришда, купинча, бинонинг керакли нуқталарининг координаталари берилмай, балки уларнинг лойиҳалари (плани) берилди. Бундай вақтда бино йулнинг ўқ чизиғи ёки берилган бошқа чизиққа нисбатан режаланади. Масалан, XVIII.12-шаклда кўрсатилган станция биноси темир йул чизиғи PQ нинг ПК 265 + 50,00 даги K нуқтадан 40,00 м ўнгда режаланиши керак, дейлик. Бунинг учун аввал жой тозаланади, кейин теодолитни K



XVIII. 12- шакл.

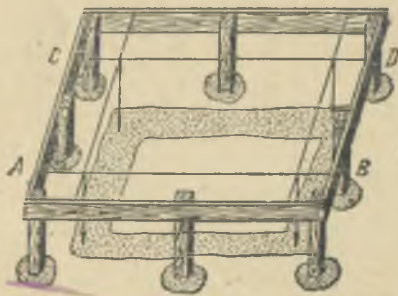
нуқтага ўрнатиб, темир йулнинг ўқ чизиғи PQ га перпендикуляр чиқарилади. Бу чизиқни XX' деб олайлик. XX' бўйича K дан 40,00 м ўлчаб қўйсақ, K_1 топиладики, бу нуқта бинонинг фасад чизиғидаги нуқта бўлади. K_1 дан XX' га чиқарилган перпендикулярнинг икки томонига 30,00 м дан ўлчаб қўйилса, A ва B (фасад чизиғи) топилади. K_1 дан xx' бўйича 8,00 м ўлчаб, O нуқта топилади. O дан чиқарилган перпендикуляр YY' ўқ (оралиқ ўқ) бўлади. O дан икки томонга YY' бўйича 22,5 м дан ўлчаб қўйиб, XX' ўққа параллел MM' ва NN' ёрдамчи ўқлар топилади. Бу ўқлар v, v_1 ва v_2, a, a_1 ва a_2 ҳамда c, c_1 қозиқлар билан маҳкамланади. Бинонинг керакли нуқталари шу ўқларга нисбатан топилади ва иш даврида текширилиб борилади.

Бино қуриш учун бино чегаралари белгиланган чизиқлар бўйича пойдевор қавланиши керак. Бунда режаланган бино нуқталарини доимий сақлаб бўлмайди. Лекин нуқталар ўрни бошқа ёрдамчи нуқталар ёрдамида ҳамisha аниқланиши мумкин бўладиган белгилар *иҳота деворларига* чизилган бўлади.

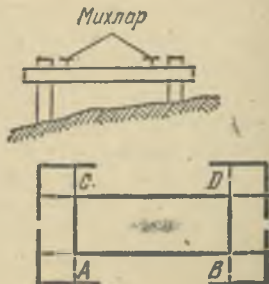
Иҳота девор ўқини белгилаш. Пойдевор котлованининг устки четидан 1—3 м масофада бино деворига параллел қилиб ўрнатилган тахта девор *иҳота* дейилади. Иҳота тахталари 40—50 мм қалинликда, тахта маҳкамланадиган қозиқлар эса 15—20 см йўғонликда бўлади. Қозиқлар оралиғи 1,5—3 м дан, баландлиги эса 0,5—3,0 м гача бўлади. Қозиқлар ерга 0,75—1,00 м гача чуқурликда кўмилади. Тахталар қозиқларнинг ташқи томонига қирраси қозиқ тепасига тенг қилиб қоқилади. Иҳотанинг бино деворидан узоқлиги котлованининг чуқурлиги ва қиялигига боғлиқ. Кўп қаватли бинолар қуришда турли механизмлардан фойдаланилади. Шу сабабли иҳота узоқлиги ва баландлиги қурилиш ишларига халал бермайдиган қилиб олинади.

Қуриладиган иншоот атрофини яхлит ўраб олган иҳота девори *узлуксиз иҳота* дейилади (XVIII. 13-шакл). Агар иҳота ёлғиз бино бурчакларига ва чегара чизиқнинг айрим жойларига ўрнатилса, (XVIII. 14-шакл) *якка иҳота ёки скамейка* дейилади.

Иншоот бош чизиқларининг ўтиш ўринлари теодолит билан аниқланиб, иҳота тахтасининг устига мих қоқиб белгиланади. Ўқлар ўрни иҳота тахтасининг ички томонига вертикал чизиқ



XVIII. 13- шакл.



XVIII. 14- шакл.

билан ҳам белгиланадики, булар жўйдаги бино бурчакларини аниқловчи нуқталар йўқолган тақдирда уларни қайта тиклашга ёрдам беради. Бунда иҳота тахталаридаги миҳлар орасига ип ёки сим тортилади; симлар кесишган нуқталарнинг проекциялари шовун ёрдамида жойга туширилади.

Иҳота тахтасида бош ўқлар белгилангандан кейин, шовун ва рулетка ёрдамида оралиқ ўқлар ва бошқа керакли нуқталар ўрни бош ўқларга нисбатан аниқланади. Узлуксиз иҳотада режалаш скамейкага қараганда аниқроқ бўлади.

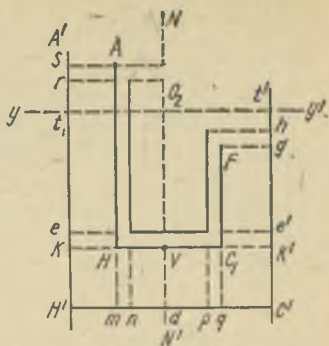
Иҳотани асосий ўқлар билан яхшироқ боғлаш учун ўқий чизиқ ва иҳота бир вақтда режаланиши маъқул. XVIII. 15-шаклда мисол тариқасида XVIII.12-шаклда келтирилган бинонинг чап қаноти атрофида иҳота ўрнатиш ва унга нисбатан бинсни режалаш йўллари кўрсатилган.

Иҳота ўрнатиш учун теодолит O_2 нуқтага ўрнатилиб, у O_2N' бўйича йўналтирилади; сўнгра лойиҳадаги O_2v давомига иҳотанинг девордан бўлган узоқлиги vd ни қўшиб, O_2d қиймати O_2 дан ўлчаб қўйилади. Шунда $N'N'$ ўқ чизигининг $H'S'$ иҳота билан кесишган нуқтаси d топилади; бу нуқтанинг ўрни иҳота тахтасига миҳ қоқиб белгиланади. Сўнгра теодолитчи O_2y ўқи бўйича йўналтириб, юқоридагидек O_2t масофа ўлчаб қўйилади ва yy' ўқнинг иҳота билан кесишув нуқтаси t топилади. Унинг ўрни ҳам иҳота тахтасига миҳ қоқиб белгиланади. Сўнгра d ва t бўйича деворларнинг ташқи ва ички томонларини белгиловчи чизиқлар ўтадиган нуқталар иҳотага кўчирилади ва ўрни миҳ қоқиб белгиланади. Масалан, d дан икки томонга пландаги миқдорлар иҳота қирраси бўйича ўлчаб қўйилса, m, n, p ва q нуқталар топилади: бу нуқталар ҳам миҳ қоқиб белгиланади. Бунда бино деворларининг ташқи HA ва ички GF томонини белгиловчи чизиқ нуқталари топилади. Худди шунда қилиб, t дан пландаги қийматларни ўлчаб қўйсак, k, e, r ва s топилади. Ёрдамчи t' нуқта $O_2t' = dg$ қийматини ўлчаб қўйиб топилади. t' дан $t'k = t'k'$ қийматини ўлчаб қўйиб, k' топилади, кейин k' орқали e', g, h лар ўрни аниқланади. Баъзан, иҳота девор ўртасидан ўтган чизиқлар ўрни белгиланади ва шу чизиққа нисбатан деворлар ички ва ташқи томонларининг йўналиши аниқланади.

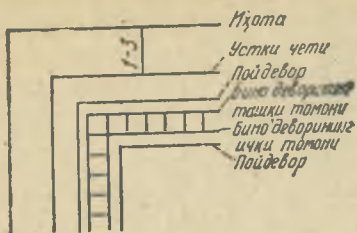
Иҳота тахталарида режалаш учун зарур бўлган нуқталар ўрни белгиланиб ва унга керакли маълумотлар ёзилгач, пойдевор ётқизилади. Пойдевор билан котлован чети орасидаги масофа, кўпинча, 0 — 1 м гача қилиб олинади.

XVIII.16-шаклда иҳота пойдевор ва бино деворларининг котлованга нисбатан жойлашуви кўрсатилган.

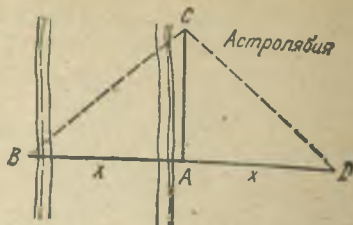
Бевосита ўлчаб бўлмас м софани аниқлаш. Чизмий иншоот қуришда тош ёки темир йўл, жарлик, дарё орқали



XVIII. 15-шакл.



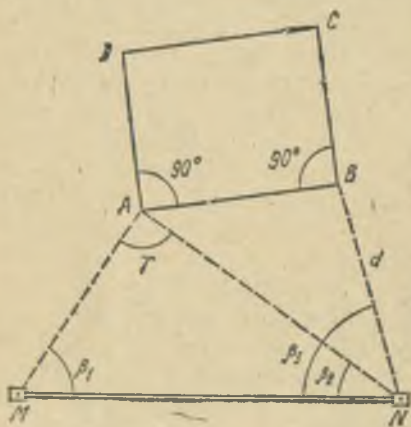
XVIII. 16- шакл.



XVIII. 17- шакл.

Ўтиши ёки канал акведук орқали жарликдан ўтиши мумкин, бундай вақтда масофа бевосита ўлчаб бўлмас қилиб математика ёрдамида билвосита ўлчанишини юқорида кўрдик. Бу масалани ечишнинг Беруний усули билан танишайлик. Беруний бу масалани ечишда қадимги геодезик асбоб бўлган астролябияни ишлатган. Дарё кенглиги BA ни аниқлаш учун четдан C нуқта белгиланади (XVIII.17-шакл), кейин шу нуқтада туриб астролябиянинг алидадасини аввал B га, кейин A га қаратиб, астролябияда белгилар қўйилади; сўнгра шу белгилар бўйича астролябияни буриб, A ва D га қаралади. CD ва BA йўналишларнинг кесишган D нуқтанинг A дан бўлган узоқлиги дарё кенглиги x бўлади ва бу AD масофа ўлчанади.

Лойиҳадаги нуқта ва чизиқни координаталари бўйича жойга кўчириш. Юқорида нуқта ўрнини қурилиш турига нисбатан координаталари бўйича ва кестирма усули билан аниқлаш йўллари кўрдик. Жойда қурилиш тури бўлмаган тақдирда тўртбурчаклик учларининг координаталари бўйича шу нуқталарни топишга доир қуйидаги мисолни кўрайлик.



XVIII. 18- шакл.

Масалан, фундаментга қотлован қазиш учун A ва B нуқталар ўрнини жойда белгилаш керак бўлсин. Бунда жойдаги таянч пункт M ва N ҳамда A , B ларнинг координаталари берилган дейлик (XVIII.18-шакл). A ўрнини MN базис асосида бурчагий кестирма усулида, B нуқта M дан кўринмаганлиги учун у қутбий усул билан аниқланади.

A нуқта ўрнини аниқлаш. Бунинг учун тескари геодезик масала бўйича қуйидаги дирекцион бурчаклар топилади:

$$\operatorname{tg}\alpha_{MN} = \frac{y_N - y_M}{x_N - x_M}; \operatorname{tg}\alpha_{MA} = \frac{y_A - y_M}{x_A - x_M}; \operatorname{tg}\alpha_{NA} = \frac{y_A - y_N}{x_A - x_N}.$$

Ҳисобланган дирекцион бурчаклар бўйича ички бурчак β лар топилади, яъни $\beta_1 = \alpha_{MN} - \alpha_{NA}$; $\beta_2 = \alpha_{NA} - \alpha_{NM}$; $\gamma = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$. Кейин M нуқтага теодолит ўрнатиб, β_1 бурчак ясалади. бунда MA йўналиш топилади. Кейин теодолит N га ўрнатилиб, β_2 ясалади-да, NA йўналиш топилади. MA ва NA йўналишларнинг кесишув нуқтаси A нуқта ўрни бўлади.

В нуқта ўрнини аниқлаш. В нуқта ўрнини қутбий усулда белгилаш учун β_3 ва $NB = d$ аниқланиши керакки, булар қуйидагича топилади: $\text{tg} \alpha_{NB} = \frac{y_B - y_N}{x_B - x_N}$; тескари дирекцион бурчаги $\alpha_{NM} = \alpha_{MN} + 180^\circ$; шунда $\beta_3 = \alpha_{NB} - \alpha_{MN}$ бўлади. $NB = d$ масофа қуйидагича топилади:

$$d = \sqrt{(x_B - x_N)^2 + (y_B - y_N)^2}.$$

Теодолитни N нуқтага ўрнатиб, β_3 бурчак ясалади-да топилган NB йўналиш бўйича d қиймати ўлчаб қўйилса, B ўрни топилади. Кейин A ва B нуқталарга теодолит ўрнатиб, A нуқтадан AB га, B нуқтадан BA га чиқарилган перпендикулярларга AD ва BC ларнинг лойиҳадаги қийматлари ўлчаб қўйилса, D ва C нуқталар ўрни топилади.

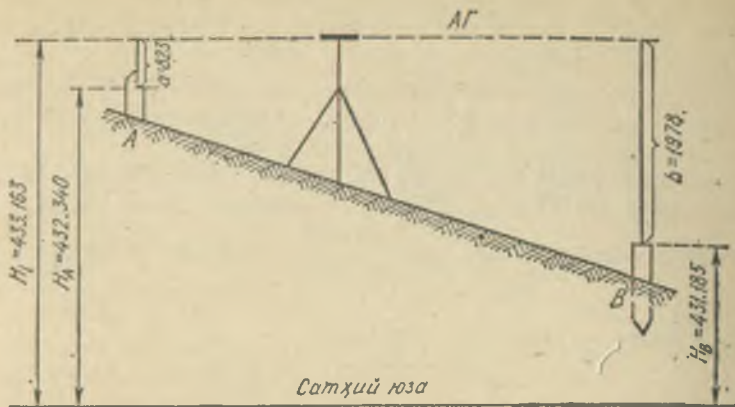
Қурилиш пунктларини реперга боғлаш. Қурилиш майдонларидаги бино ва иншоот асосий нуқталарининг абсолют баландликлари (отметкалари)ни бир системада ифодалаш учун қурилиш майдонида ёрдамчи пункт ва реперлар ўрнатилади ва булар иш реперлари ҳисобланиб, уларнинг отметкалари юқори класс нивелирлаш реперларига боғланади. Бирор репер ёки пункт отметкасини бир ёки бир неча станция ёрдамида асосий репер отметкаси бўйича аниқлаш боғлаш деб аталади.

Баъзан қурилиш майдонида алоҳида репер ўрнатилмай, қурилиш турининг учудаги қозиқ ёки алоҳида кўмилган рельсларнинг абсолют отметкаси аниқланади, бу нуқталар иш реперлари ўрнида ишлатилади. Кўпинча, боғлаш иши мураккаб нивелирлаш йўли билан бажарилади ва бунда нивелирлаш икки горизонтда ёки икки томонли рейка бўйича олиб бориледи. Боғлашда нивелирлаш йўли никетланмайди, нивелирлашда рейкалар бошимсоқ ёки кость устига қўйилади. Иш бўйлама нивелирлашдаги каби бажарилади ва ҳисобланади. Нивелирлаш асосий репердан бошланиб, ўрнатилган иш реперигачи давом этади. Агар боғлаш йўлидаги рейка санокларини a_i , b_i , нисбий баландликларни h_i , иш реперлари отметкасини H_u , репер отметкасини H_R десак,

$$H_u = H_R + \sum h_i \text{ бўлади; бу ерда } h_i = a_i - b_i.$$

XVIII. 7. Лойиҳавий отметкани жойга кўчириш ҳоллари

Бу масала таянч нуқта ва аниқланадиган нуқтанинг туриш жойига қараб турлича ечилиши мумкин. Масалан, отметкаси $H = 431,185$ м бўлган B нуқтани белгилаш керак бўлсин. Бунинг учун иш реперлари A ёки квадрат бурчак учи билан B нуқта ора-



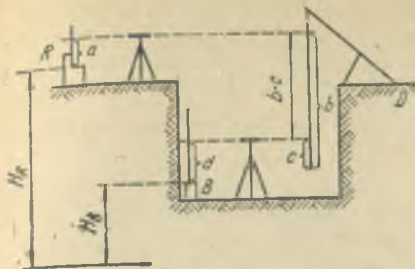
XVIII. 19- шакл.

сига нивелир ўрнатиб, A га қўйилган рейкадан $a = 823$ мм саноғи олинади, кейин асбоб горизонти H_i ҳисобланади. $H_i = H_A + a = 432,340 + 823 = 433,163$ м. B нуқтадаги қозиқ устига қўйилган рейкадан олинган саноқ b қўйидагича бўлиши керак: $b = H_i - H_B = 433,163 - 431,185 = 1978$ мм. Кейин трубани B нуқтадаги рейкага қаратиб, рейкадан олинadиган саноқ 1978 мм бўлгунча қозиқ баландлиги ўзгартирилади, яъни қозиқ қоқилади ёки кўтарилади (XVIII.19-шакл); баъзан кўтариш ўрнига қозиқ ёнига тахтача қоқилади.

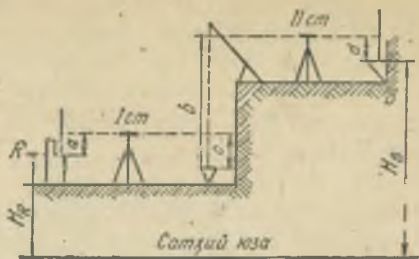
Бетон қуйиш каби аниқ ишларда қоқилган ёғоч усти ўртасига маяк дейиладиган винт ўрнатилади ва уни кўтариш ёки тушириш йўли билан рейка саноғи b га тўғрилади. Бу ишда хато $\pm 2 - 4$ мм дан ошмаслиги керак.

Агар отметкалари бир хил бўлган бир неча нуқта ўрнатиш керак бўлса, майдондаги нуқталарга кетма-кет рейка қўйиб саноқлар олинади, нуқтадаги рейка саноқлари бир хил бўлгунча қозиқ қоқилади, кейин жой шу қозиқлар устига тенг қилиб текисланади. Агар жой текис бўлса, горизонтал ҳолга келтиришни ватерпастда бажариш ҳам мумкин.

Лойи ҳавий отметкани котлован тагига кўчириш. Бино ва турли иншоотлар қуришда котлован тагидаги нуқта отметкасини аниқлаш керак бўлади. Котлован тагининг отметкаси ер юзасидаги иш репери отметкаси орқали топилади. Агар котлован чуқурлиги 3 м дан ошмаса, 4 м ли рейка ёрдамида бир нивелир билан аниқланиши мумкин. Агар чуқурлик 3 м дан ошса, бунда икки нивелир билан қўйидагича нивелирланади. Нивелирнинг бири қурилиш майдонидаги иш репери билан котлованнинг нариги чеккаси орасига қўйилади (XVIII. 20-шакл); иккинчи нивелир B нуқта билан D даги кронштейн учига осилган металл рулетка оралиғида ўрнатилади. Биринчи нивелир билан реперга ўрнатилган рейкадан a саноғи ва D даги металл рулеткадан b саноғи олинади. Иккинчи



XVIII. 20- шакл.



XVIII. 21- шакл.

нивелир билан рулеткадан c саноғи ва B дағи рейкадан d саноғи олинади. Шунда B нуқта отметкаси H_B репер отметкаси H_R ва рейка, рулетка саноқлари бўйича қуйидагича топилади:

$$H_B = H_R + a - (b - c) - d.$$

Агар котлован тағидағи нуқта отметкаси H_B берилиб, шу отметкали нуқтанинг баландлигини аниқлаш керак бўлганда d саноқ қийматини топиш керакки, у қуйидагича қилинади:

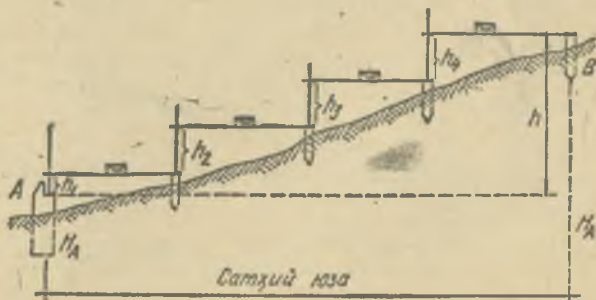
$$d = H_R - H_B + a - (b - c).$$

Кейин иккинчи нивелир билан ишловчи B нуқтадағи қозиқни кўтариш-тушириш йўли билан кўриш ўқини d саноққа тўғрилайди.

Иншоот (бино) тепасидағи нуқта отметкасини аниқлаш. Бунда ҳам икки нивелир ишлатилади. Биринчи нивелир ердағи репер билан тепадағи кронштейн учига осилган рулетка орасига ўрнатилиб, репердағи рейкадан (XVIII.21-шакл) a саноқ, рулеткадан c саноқ олинади. Иккинчи нивелир иншоот (бино) тепасига ўрнатилиб, рулеткадан a саноқ, B нуқтадағи рейкадан d саноқ олинади. Шунда B нуқта отметкаси қуйидагича бўлади:

$$H_B = H_R + a + (b - c).$$

Ватерпас ёрдамида отметка узатиш. Агар отметкаси топиладиган нуқта репердан бир хил тик нишаб билан кўтарилса



XVIII. 22-шакл.

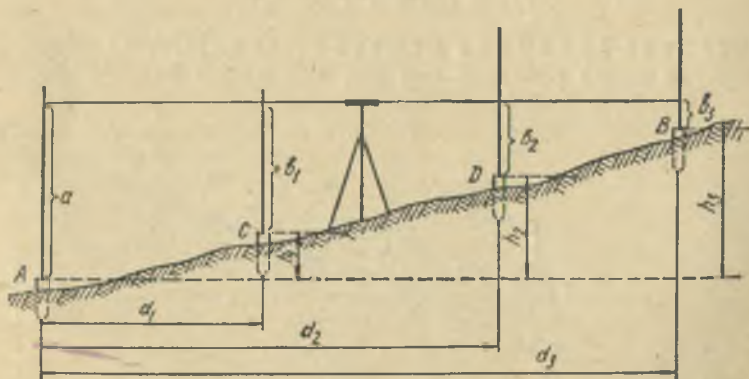
ёки пасайса, бундай вақтда отметкани ватерпас йўли билан узи-тиш мумкин. Масалан, репер A га нисбатан B нуқта отметкасини топниш учун (XVIII.22- шакл) A дан бошлаб, шаклдаги каби, ватерпас ёрдамида нивелирланади. Шунда $H_B = H_A + \sum h$ бўлади; бу ерда $\sum h$ — ватерпас билан топилган нисбий баландликлар йиғиндиси.

Берилган нишабдаги чизиқни жойга кўчириш. Канал, йўл каби иншоотлар ва турли бинолар қуришда маълум нишабдаги лойиҳа чизигини, текисликни қуриладиган жойга кўчириш керак бўлади. Чизиқни кўчиришда аввал чизиқ йўналиши аниқланади. Берилган чизиқ ўртасига нивелир ўрнатилиб, бош нуқта A га қўйилган рейкадан a саноқ олинади. Кейинги нуқталарга қўйилган рейкалардан олинадиган саноқ, v нишабнинг мусбат ёки манфий бўлишига қараб, қуйидагича топилади:

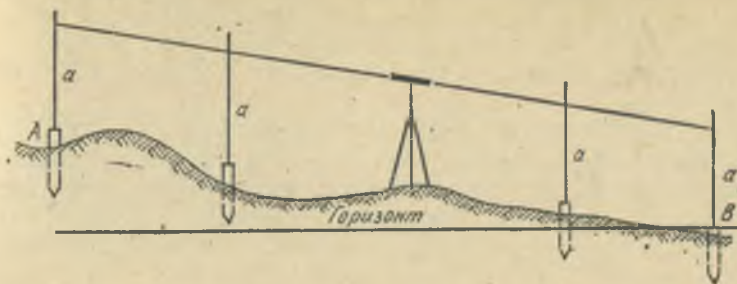
$$v = a - h; \quad h = di,$$

бунда нишаб мусбат бўлса, h қиймати a дан айрилади, манфий бўлса, a га қўшилади. d — рейка қўйилган нуқтанинг бош нуқтадан узоқлиги, i — чизиқнинг лойиҳавий нишаби. Масалан, нишаб мусбат бўлганда C , D ва B нуқталардаги рейка саноқлари v_1 , v_2 , v_3 , бу нуқталарнинг A дан узоқлиги d_1 , d_2 ва d_3 десак (XVIII. 23- шакл), нишаб мусбат бўлганда саноқлар қуйидагича бўлади: $v_1 = a - d_1i$, $v_2 = a - d_2i$, $v_3 = a - d_3i$, . . . CD ва B нуқта ўринларини жойда белгилаш учун A даги рейкадан a саноқ, C нуқтадаги рейкадан эса v_1 саноқ олинади. Бунинг учун қозиқ турган жой паст бўлса, қозиқ кўтарилади, жой баланд бўлса, қозиқ қоқилиб пасайтирилади. Кейин D ва B нуқталарга рейка қўйиб, уларда ҳам, юқоридаги каби, рейка саноқларини v_2 ва v_3 ларга келтирилади.

Агар умумий (бир хил) нишаб билан ўтказиладиган чизиқ узун бўлса, нивелир кейинги станцияга кўчирилиб, унда ҳам юқоридаги каби ишланади.



XVIII. 23- шакл.



XVII. 24- шакл.

Бир хил нишабдаги чизиқни қия кўриш нури билан ҳам ўтказиш мумкин. Бунинг учун берилган нишабни ҳисобга олиб, *A* ва *B* нуқталарнинг отметкалари топилади (XVII. 24- шакл). Кейин нивелирни икки нуқта ўртасига қўйиб, горизонтал кўриш нури ёрдамида *A* ва *B* нуқталарга ҳисобланган отметкали қозиқлар қоқилади. Сўнгра нивелирнинг иккита кўтариш винти *AB* йўналиши бўйича қўйилади-да, иккита кўтариш винтини турли томонга бураб, *A* ва *B* даги рейка саноқлари бир хил бўлишига эришилади. Шунда кўриш нури берилган нишабда йўналган бўлади. Нивелирнинг шу туришида 20, 40, . . . м лардаги рейкаларга қараб олиннадиган саноқлар бир хил, яъни чизиқнинг ҳамма нуқтасидаги рейка саноқлари бирдек *a* бўлиши керак.

Агар чизиқ узунлиги 100 м атрофида бўлса, бош ва охири нуқталар ўрни нивелир ёрдамида топилгач, қолган нуқталар ўрни визирка (XVIII.25- шакл) ёрдамида аниқланиши мумкин. Шаклда 1 ва 4 нуқтага кўра 2, 3 нуқталар ўрни визирка орқали белгилашни курсатилган.

Визирка қурилишларда бир хил нишабдаги ёки горизонтал чизиқларни ўтказишда ишлатиладиган *T* шаклида қилиб тахтадан ясалган мослама бўлиб, қаратиладиган (4 нуқтадаги) ва қараладиган (1, 2 ва 3 нуқталардаги) турларга бўлинади.

Лойи ҳавий текисликни жойга кўчириш. Агар жойга лойиҳадаги горизонтал текисликни кўчириш керак бўлса, майдон ўртасига нивелир ўрнатиб, у горизонтал ҳолатга келтирилади. Кейин томони 10 ёки 20 м дан қилиб ясалган катакларнинг учларига қўйилган рейкалардан олинган саноқлар бир хил қилиб қозиқлар қоқилади, шунда қозиқ устлари горизонтал текислик бўлади. Ста-



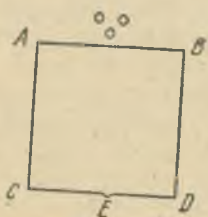
XVIII, 25- шакл.

дон, аэродром каби иншоотлар юзаси юқоридаги каби режаланади.

Агар текилик маълум нишаб билан бир томонга қия қилиб лойиҳаланган бўлса, бунда қуйидаги усуллар қўлланилиши мумкин.

1. Параллел чизиқлар ёрдами билан. Жойда берилган нишаб бўйича ҳар 20, 40, ... м дан параллел чизиқлар ўтказилади. Кейин бир нишабда чизиқ ўтказгандаги каби ҳар чизиқд 10, 20, ... м да нуқталар топилади. Шу вақт қозиқлар усти бир хил нишабда ётувчи текисликда жойлашган бўлади.

2. Квадрат катаклар ёрдами билан. Маълум нишаб билан текислик ўтказиш майдонда йиғиладиган сувларни бир томонга оқизиб юборишда қўлланилади. Бунда жой нишабига қараб қуйидагича ишлаш мумкин: а) берилган жойда квадратлар тури (катаклар) ясалади. Бу тур ўқи лойиҳавий нишабда бўлиши керак. Квадрат учларига лойиҳавий отметкалар бўйича қозиқлар қоқилади ёки нивелирланиб, қозиқлар отметкаси аниқланади; кейин бу отметка орасидаги фарқ топилиб, нуқталардаги қозиқларга ўз ишораси билан ёзилади. Булар иш отметкалари бўлиб, нуқталардаги қазиш (қазилма) чуқурлигини ёки тупроқ тукиш (кўтарма) баландлигини кўрсатади. Кейин шу иш отметкаларига биноан жой текисланади. Агар жой нишаби кичик бўлса, лойиҳавий текисликни қия кўриш нури орқали ҳам жойга кўчириш мумкин. Бунинг



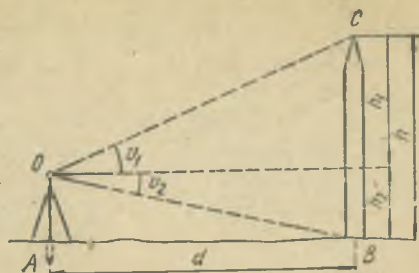
XVIII. 26- шакл.

учун юқоридаги усул билан жойда A, B, C ва D нуқталар ўрни топилиб, отметкалари бўйича қозиқлар қоқилади (XVIII.26- шакл). Кейин нивелир AB чизиқнинг ўртасига ёки бир чеккасига иккита кўтарилиш винти AB йўналишига параллел қилиб ўрнатилади. A ва B нуқталардаги рейкалар саноғи тенг бўлгунча иккита кўтариш винти буралади; кейин учинчи кўтариш винтини бураб, C нуқтага қўйилган рейка саноғи A ва B даги саноққа келтирилади. A ва B нуқтадаги саноқлар текшириб кўрилгач, улар тенг бўлса, кўриш нури лойиҳаланган текисликка параллел ва D даги рейка саноғи A, B ва C лардаги рейка саноқларига тенг бўлади. Асбобнинг шу вазиятда ихтиёрий қозиққа, масалан, E га қўйилган рейкадан юқоридаги саноқ олинса, қозиқ лойиҳавий текисликда ётган бўлади.

Иншоот баландлигини аниқлаш. Қурилишда бино, минора, мўри, столба каби иншоот ва нарсаларнинг баландлиги қуйидагича аниқланади. Берилган столба BC нинг баландлигини аниқлаш учун столбадан d масофадаги A нуқтага теодолит—тахеометр ўрнатилади. Масофа $AB=d$ камида икки марта аниқ ўлчанади. Кейин столбанинг тепаси C ва таги B га икки доирада қараб (XVIII. 27- шакл) вертикал доирадан $DУ$ ва $ДЧ$ да R ва L саноқлар олинади. Бу саноқлар бўйича вертикал бурчак v_1 ва v_2 лар ҳисобланади. Кейин v_1, v_2 ва d қийматлари бўйича столба баландлиги қуйидагича топилади:

$$\begin{aligned}
 h &= h_1 + h_2 = d \operatorname{tg} v_1 + \\
 + d \operatorname{tg} v_2 &= d (\operatorname{tg} v_1 + \operatorname{tg} v_2) = \\
 &= d \frac{\sin (v_1 + v_2)}{\cos v_1 - \cos v_2} \quad (\text{XVIII.6})
 \end{aligned}$$

Бунда B нуқтанинг A га нисбатан қандай жойлашганлигига қараб, h_1 , h_2 қиймати қўшилади ёки айрилади. AB чиқиқни текис жойдан олиш керак.



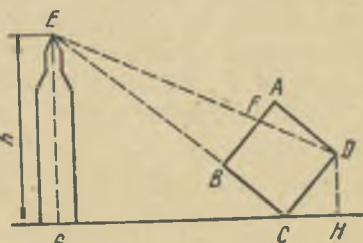
XVIII. 27- шакл

XVIII. 8. Беруний баландлик ўлчагичи

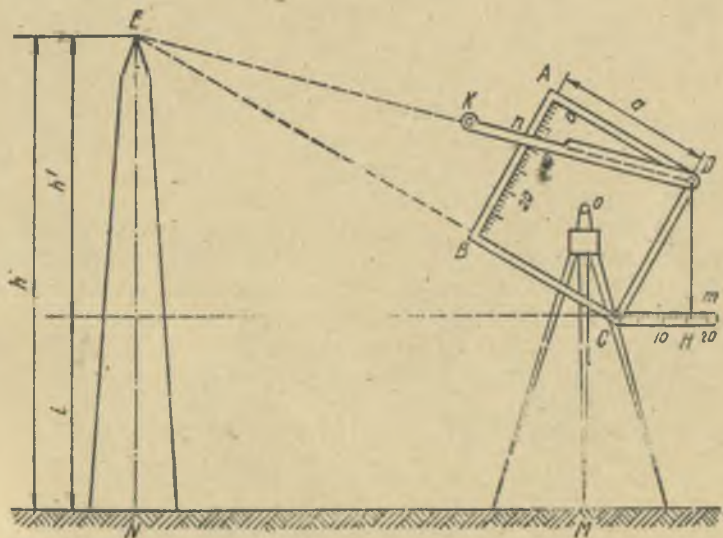
Турли иншоот баландлигини аниқлаш масалалари билан Беруний ҳам шуғулланган ва ўзига хос бир неча усул, асбоблар ишлатган эди. XVIII. 28-шаклда шулардан бири булган баландлик ўлчаш асбобининг схемаси келтирилган. Шу схемага биноан Тошкент темир йўл транспорти институтининг инженерлик геодезияси кафедраси ясаган «Беруний баландлик ўлчагичи» номли асбоб

XVIII. 29-шаклда кўрсатилган. Беруний схемаси бўйича минора баландлиги $GE = h$ квадрат $ABCD$ томони $AD = a$ ва AF , CH кесмалари орқали қуйидагича аниқланади: $h = AD \cdot CH : AF$.

Томони $a = 30$ ёки 40 см ли фанер тахта ёхуд плексигласдан ясалган квадратнинг C ва B учларига кўз ва нарса диспетрлари



XVIII 28- шакл.



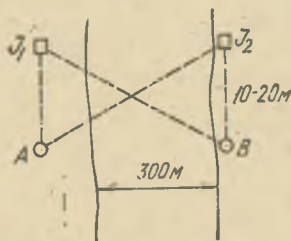
XVIII. 29- шакл.

(ингичка михлар) ўрнатилган. D учига ўрнатилган махсус алидада (чизгич) нинг K ва D учига чизгичга тик қилиб михлар қоқилади. Булар нарса ва кўз диоптрлари бўлади. I учига шовун осилган. AB томонга мм булаккли қоғоз ёпиштирилган; асбоб махсус ясалма ёрдамида штативга ўрнатилгач, CB томон минора тепаси E га қаратилади; шу туришда панел тахтани кўзғатмай, DK алидадаси ҳам E га тўғриланади. Кейин C даги 20 см ли чизгич горизонтал ҳолатга келтирилиб, шовун бўйича m саноқ олинади, AB томонидан DK чизиқ бўйича n саноқ олинади; ердан C нуқтанинг баландлиги i рейка ёки рулетка билан ўлчади. Шунда минора баландлиги h қуйидагича бўлади:

$$h = \frac{a \cdot m}{n} + i \quad (\text{XVIII.7})$$

XVIII. 9. Кенг дарёлар орқали отметка узатиш

Тош ёки темир йўл кенг дарё ёки сой, жарлик орқали ўтганда дарёнинг бир соҳилидан иккинчи соҳилига нуқта отметкаларини нивелирлаб узатиш қийинлашади, чунки асбобдан рейкагача бўлган масофа ошган сари рейкадан саноқ олиш аниқлиги камаяди; шунга кўра нисбий баландлик етарли аниқлик билан топилмайди. Бундай ҳолларда қуйидаги усуллар билан нивелирланади:



XVIII. 30-шакл.

I ҳол. Нивелирланадиган A ва B нуқталар оралиғи 300 м дан кичик бўлса, дарёнинг икки соҳилида асбоб ўрнатиш учун I_1 ва I_2 (XVIII. 30-шакл) нуқталар $I_1A = I_2B$ ва $I_1B = I_2A$ бўладиган қилиб олинади. I_1A масофа тахминан 20 м бўлади. Кейин нивелирни I_1 нуқтага ўрнатиб (I станция), A ва B га қўйилган рейкаларнинг қора ва қизил томонларидан уч горизонтал ип бўйича саноқлар олинади. Бунда аввал A га, кейин B га қараб саноқ олинади.

Сўнгра трубанинг фокуслинишни бузмай, асбобни B_K томонга олиб ўтиб, I_2 га ўрнатилади (II станция); кейин аввал A га, сўнгра B га қараб, юқоридагидек саноқлар олинади. Иккала станциядан олинган саноқлар фарқи текширилади. Агар I станциядаги ўрта иплардан олинган саноқларни a_1 ва s_1 , II станциядан олинган саноқларни a_2 ва s_2 десак, A ва B ларнинг нисбий баландликлари I станция бўйича $h_1 = a_1 - s_1$, II станция бўйича $h_2 = a_2 - s_2$ бўлади.

h_1 ва h_2 лар фарқи Δh ҳар 100 м га 10 мм дан ошмаслиги, яъни

$$\Delta h \leq \frac{d}{10} \text{ мм} = 0,1 d \text{ мм}$$

бўлиши керак.

Нисбий баландликни аниқроқ топиш учун икки марта нивелирланиб, топилган нисбий баландликларнинг арифметик ўртаси қабул қилинган.

II ҳол. Дарё кенглиги 300 м дан катта бўлганда ҳам юқоридаги каби нивелирланади, лекин масофа олис бўлиб, рейкадан аниқ саноқ олиш мумкин бўлмаганидан рейкага икки қора лента—марка (XVIII. 31-шакл) боғланади; урта ип шу қора маркалар ўртасида бўлиши керак. Марка эни масофага қараб қаралганда яққол кўринадиган қилиб олинади. Масалан, кенглиги 600 м бўлганда марка эни 2—5 см бўлиши керак. Нивелирлашда аввал юқоридаги марка ўртасига қаратилади, бунда адилак пуфакчаси ўртадан n бўлак силжийди, дейлик. Кейин қаратиш винтини бураб, урта ип пастки марка ўртасига қаратилади, бунда пуфакча m бўлак сурилсин. Юқори ва пастки маркалар оралиғи l маркаларни урнатишда маълум бўлади. Кўриш нурининг горизонтал вазиятида олинadиган тўғри саноқ $v + x$ га тенг бўлади. x қиймати қуйидагича топилади:



XVIII. 31-шакл.

$$x = \frac{l m}{m+n} \quad (\text{XVIII.8})$$

Масалан, $m = 1$, $n = 2$, $l = 60$ мм бўлса, $x = 20$ мм бўлади. Қиш мавсумида нивелирлашиши дарё суви музлаганда муз устида бажарилади.

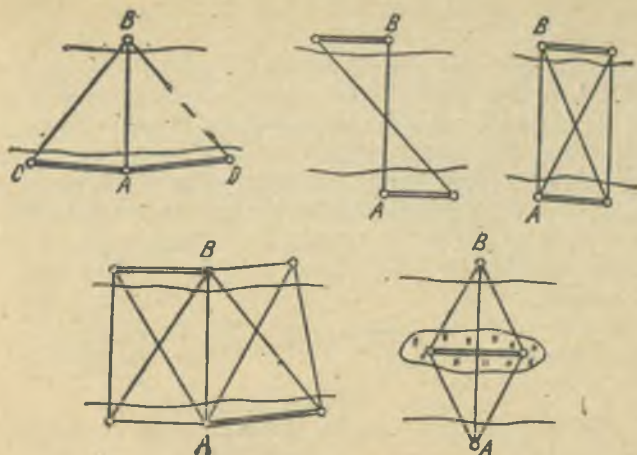
Отметка узатишда тригонометрик нивелирлаш ҳам қўлланилиши мумкин; бунда аниқ теодолитлар ёрдамида икки соҳилдан зенит оралиғи z_1 ва z_2 ўлчанади, бунда икки теодолит ишлатиш маъқул. Шунда икки нуқта орасидаги нисбий баландлик қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$h = d \operatorname{tg} \frac{z_2 - z_1}{2} + \frac{l_1 + i_1}{2} - \frac{l_2 + i_2}{2} \quad (\text{XVIII. 9})$$

бу ерда d — дарё кенглиги, l_1 , l_2 — қаратилган нуқта баландлиги, i_1 , i_2 — асбоб баландлиги.

XVIII. 10. Кўприк қуриш жойини режалаш

Дарё орқали отметка узатиш йўли билан дарё устида қуриладиган иншоот (кўприк) баландлик бўйича асосланади. Унинг планий ҳолати эса шу жойда съёмка вақтида триангуляция, трилатерация йўли билан барпо этиладиган таянч пунктлар тармоғига асосланади. Триангуляция бўлмаганда ясалadиган таянч тармоқлар томони ёруғлик дальномери, оптик дальномер ёки шкалалар билан ўлчанади. Дарё кенглиги ва иншоот катталиғига қараб, кўприк узунлиги ва таянч пунктлар ўрнини белги-

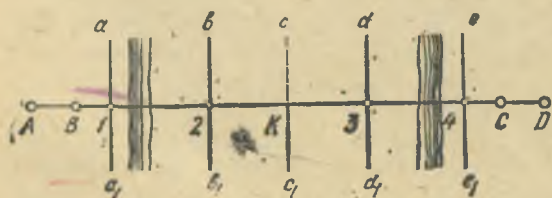


XVIII. 32- шакл

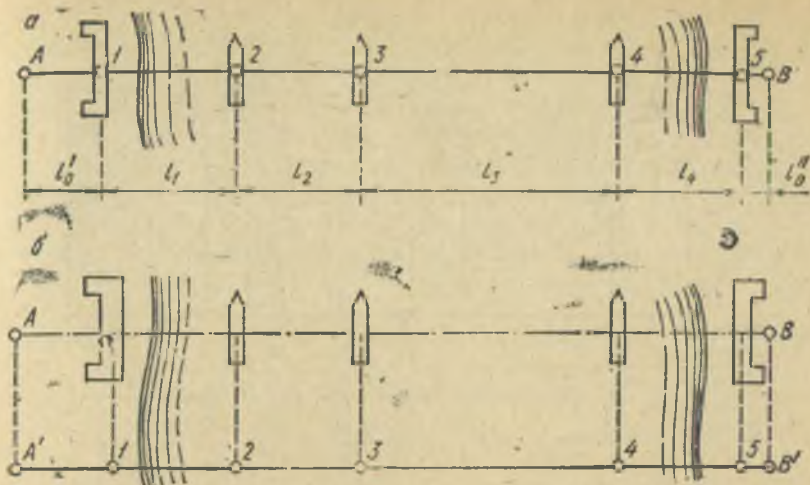
лашда қуйидаги тармоқлар шакли қўлланилиши мумкин (XVIII. 32-шакл). Таянч тармоқ пунктларининг планий ўрнашувидаги хато $\pm 1-2$ см дан ошмаслиги керак. Кўприк узунлиги 200 дан 1000 м гача бўлганда уни ўлчашдаги нисбий хато 1:5 000 дан 1:40 000 гача бўлиши, базис эса 1:10 000 дан 1:80 000 гача аниқликда ўлчаниши керак.

Кўприк узунлиги триангуляциядан аниқланмаса, ёруғлик дальномерни ёки инвар сим, шкалали лента билан ўлчанади.

Ҳар қандай кўприк ерга мустақкам жойлаштирилган таянчларга ўрнатилади; таянчлар бетон ёки ғиштдан маълум кенглик ва узунликда қилиб ишланган устундан ва унинг устига ўрнатиладиган турли узунликдаги оралнқ кўприк равоғи — пролётдан тузилади. Таянч устунлар ўқи орасидаги масофа *пролёт* дейилади ва *l* билан белгиланади. Агар кўприк бир неча пролётдан ясалса, икки четки таянчлар — *устой* (*четки устунлар*), орадаги таянчлар эса, *бичоклар* дейилади. Кўприкнинг буйлама ўқи кўприк ўртасидан ўтиб, трасса ўқининг давоми, яъни йўл ўқи бўлади. Дарёнинг икки соҳилида кўприк ўқи бир ёки икки ёғоч столба қоқиб белгиланади ва улар устига бир ўқ чизиқда ётадиган қилиб михлар қоқилади. Масалан, XVIII. 33-шаклда ўқ чизиқнинг икки учига *A, B* ва *C, D* қоziқлар қоқилган. Катта кўприкларда столба бетондан ишланиб, устига крест шаклида металл белги ўрнатилади. Баъзан, столба ер ишларига ҳалал бермайдиган қилиб четга ўрнатилади, лекин ўқдан оралиқлари перпендикуляр бўйича ўлчанади.



XVIII. 33- шакл,



XVIII. 34- шакл. Кўприк ўтиш жойини режалаш:

AB — кўприк ўқи, 1 — ва 5 — устой (четки таянчлар) 2, 3 ва 4 — устунлар (оралиқ таянчлар)

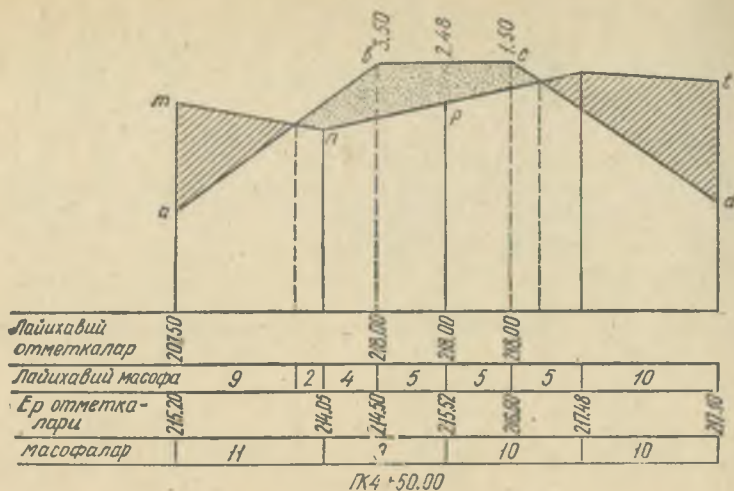
Жойда кўприкни режалашда унинг боши, охири ва таянч устунларининг ўқ чизиқлари ҳамда маркази аниқланади. Таянч устунларининг ўқи кўприк ўқига перпендикуляр бўлиб, бу икки ўқнинг кесишув нуқтаси *таянч маркази* дейилади.

Трасса пикетланган йўлдан келишда кўприкнинг ўрта бўйлама ўқидаги K нуқта белгиланади. Бу нуқтадан икки томонга кўприк узунлигининг ярми ўлчаб қўйилса, кўприк боши ва охири топилади. Кейин четки 1 ва 4 ҳамда оралиқ 2 ва 3 таянч устунлар ўрни аниқланади ва номлари ёзилади. Устунлар маркази теодолит ёрдамида аниқланади ва у устунга миҳ қоқиб белгиланади. Кейин марказга ўрнатилган теодолит ёрдамида таянч устунлар ўқи aa_1 , bb_1 cc_1 ва ҳоказо белгиланади, қоziқлар устига миҳ қоқилади.

Режалашда таянч устунлар марказини белгилаш асосий иш бўлиб, уларни икки усулда режалаш мумкин. Иншоот бўйлама ўқ чизиги AB бўйича (XVIII. 34-шакл, а) ёки унга параллел ён томонда ўтказилган створ $A'B'$ бўйича (XVIII. 34-шакл, б) олиб борилади. Бунда нуқталар ўрнини топишда кестирма, қутбий усулларни қўлланиш мумкин. AB — кўприк ўқи; 1 ва 5 — икки соҳилдаги устойлар (кўприк истеҳкоми), 2 ва 3 — 4-лар оралиқ таянч устунлари, l_1 — устунлар оралиғи (пролет), бу турлича бўлиши мумкин.

XVIII. 11. Ер ишларини режалаш

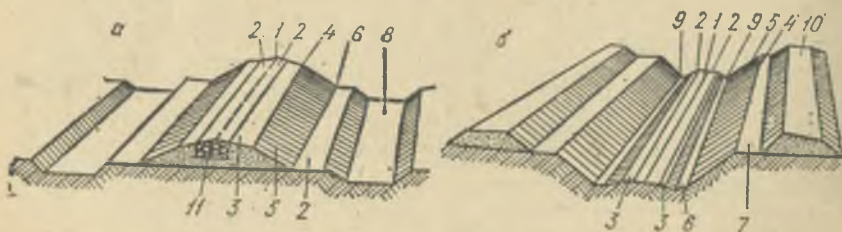
Тош ва темир йўл, канал каби чизиғий иншоотларни қуришда бўйлама ва кўндаланг нивелирлаш бажарилиб, бўйлама ва кўндаланг профиллар чизилишини кўрдик. Кўндаланг профилда ин-



XVIII. 35- шакл.

шоот турига қараб, турли ўлчамда қуриладиган йўл, канал кўндаланг кесими лойиҳаланади. Бунда трасса ўқ чизиғи икки ёнидаги жойнинг баландлик ёки пастлик бўлишига қараб, қурилиш иши бажарилганда баландликда тупроқ уйилиши (қазилма), пастликда тупроқ тўкилиши (кўтарма) керак бўлади, бу ишларни *режалаш* ер ишлари дейилади. Лойиҳада ҳар нуқтадаги кўтарма баландлиги ва қазилма чуқурлиги кўрсатилади. Тош ва темир йўллар кўндаланг профилида йўлни лойиҳалаш ва иш отметкалари ҳисоблашга мисл қилиб қуйидаги XVIII. 35-шаклни олайлик. Шаклда йўл трассасининг ПК4 + 50 нуқтасидаги кўндаланг нивелирлаш натижаси бўйича кўндаланг профиль *mnopq* чизилган; унда эни 10 м ли йўл *abcd* лойиҳаланган. Масофалар профиль турида, иш отметкалари йўл устида ёзилган. Жой рельефи ва иншоотнинг турлилигига қараб, йўл ва канал турлича лойиҳаланиши мумкин.

Тош ва темир йўлларнинг кўндаланг кесимлари бир-биридан оз фарқ қилади. XVIII. 36-шаклла тош йўлдаги кўтарма (а) ва



XVIII. 36- шакл. Тош йўлдаги кўтарма ва қазилма схемаси:

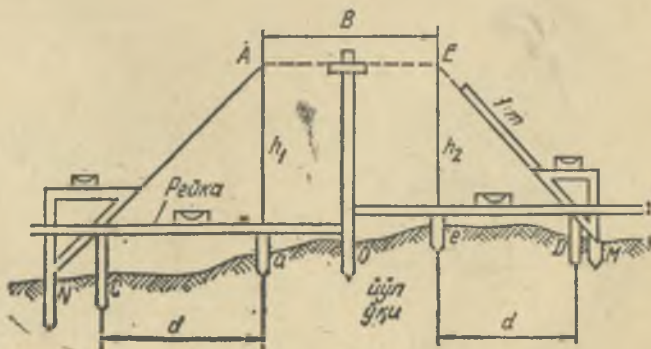
а — кўтарма, 1 — йўл ўқ чизиғи, 2 — юриш қисми, 3 — обочина (чети), 4 — қияликнинг қориги чеккаси (бровка), 5 — откос (қиялик), 6 — этак (подошва), 7 — берма, 8 — резерв тупроқ олинadиган жой, 11 — мустақкам асос, б — қазилма; 9 — кювета (бўлама ариқча), 10 — кавальера (юриш қисми)

қазима (б) нинг кўндаланг кесимлари, уларда йўл, унинг ёнидаги қўшимча қурилишлар ва улар номи кўрсатилган.

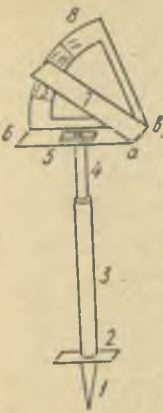
Жой пастлик бўлиб, йўл қуриш лойиҳа бўйича юқоридан ўтса, бунда йўл ўтадиган жойга тупроқ тўкилиб кўтарилади, яъни кўтарма ҳосил қилинади. Агар йўл баландлик (тепалик) орқали ўтса, лойиҳа бўйича йўл қуриш учун тепадан тупроқ ўйиб олинади, яъни қазима ҳосил қилинади. Кўтарма ва қазима орқали қурилган иншоот *ер иншооти* дейилади; йўл қуришда жойинга қараб, қуриладиган кўприк, виадук, эстакада, тоннель каби қурилишлар *сунъий иншоот* дейилади.

Йўллар ҳаракатнинг катта-кичиклигига қараб, бир неча категорияга (табақага) бўлинади. Йўл ва унга тегшли иншоотларни жойлаш учун трасса ўқ чизигининг икки ёнидан маълум кенгликда ўқининг бор бўйича жой ажратиладики, бу *ажратма ер* дейилади; шу қисмда то йўл ёки темир йўл ўтадиган йўлак (полотно) ва йўлнинг икки ёнидаги қурилмалар жойланадиган йўлак бўлади. Бу ораллиққа *ер полотноси* ҳам дейилади. Масалан, XVIII. 36-шаклда трасса ўқи 1 нинг ёнида йўл қисми 2 ва йўл чеккаси 3 бўлади, йўл чеккаси *обочина* дейилади. Тош йўлда ер полотносининг кенглиги, йўл категориясига қараб, 8—27,5 м, темир йўлларда эса 5,8—10 м бўлади. Йўлнинг икки томонидаги чекка қисмининг кенглиги 1,75 дан 3,75 м гача бўлади. Йўл ажратмасининг (полотносининг) икки ёнидаги йўлакда ёрдамчи бино, резерв (эҳтиёт) жойлар, кавальер (тупроқ ўйиладиган жой) жойлашади. Ер полотносининг устки қисми — *йўл полотноси*, унинг қия томони 5 *қиялик* (откос) дейилади. Қияликнинг йўл билан кесишган чегара чизиги 4 *қияликлаби* (бровка), қияликнинг қуйи чизиги 6 *этак* дейилади. Қиялик этагидан кейин текис жой қолдириладики, бу *берма* 7, ундан кейин тик қияликли кўтармага тупроқ олинган жой резерв 8 жойлашади.

Қазилма XVIII. 36-шакл, б да кўрсатилган, унда ҳам кўтармадаги йўл элементлари тасвирланган. Қиялик лаби 4 дан кейин берма 7, ундан кейин қазима тупроғи тўкилган кавальер 10 жойлашади. Йўл полосасига унинг икки томонига тушган ёғин сувларини оқизиш учун йўл бўйича бўйлама ариқча 9 қазиладики, бу *кювета* дейилади, агар у кичик бўлса, *нов* дейилади.



XVIII, 37-шакл.



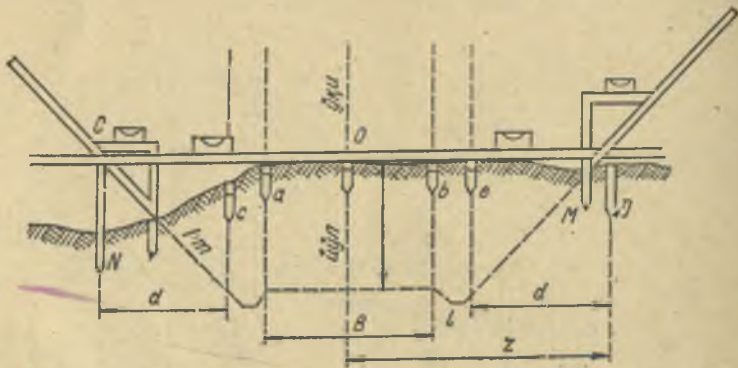
XVIII. 38- шакл.

Ер полссаси план ва прсфиллар асосида чизилган иш чизмаларига биноан режаланади. Иншоотнинг кўндаланг кесимидаги асосий нуқталар ўрни ўқ чизиққа нисбатан белгиланади ва қозиқлар қоқилади. Буида йўл полотносининг кенглиги B (XVIII, 37- шакл) асосга олинади. Бундан ташқари, иш отметкаси дейиладиган кўтарма баландлиги, қазима чуқурлиги h ва қиялик нисбати $1 : m$ ҳамда кюветанинг устки кенглиги l ҳам эътиборга олинади; m қиялик коэффициентини дейилади, y қияликнинг қўйилиши d нинг иш отметкаси бўлган баландлик h га бўлган нисбатига тенг, яъни $m = \frac{d}{h}$ ёки $d = mh$ бўлади. m қиймати турлича бўлади. Қиялик 1 бўлса, $m = \frac{d}{h} = 1$

бўлиб, $d = h$. Қиялик $m = 1,5$ бўлганда $m = \frac{d}{h} = 1,5$ бўлиб, қўйилиш d баландлик h дан $1,5$ марта катта. Қиялик кўтармада $1,5$ ва ундан катта, қазимада эса 1 ва $1,5$ қилиб олинади. Қиялик лойиҳаларда $1 : m$ шаклида ёзилади, яъни баландлик 1 га қўйилиш m деб ўқилади.

Режалаш учун ўқ чизиқнинг керакли нуқталарига вехалар маҳкам ўрнатилиб, уларга кўтарма баландлигига тенг қилиб горизонтал тахтача маҳкамланади. Веха O дан икки томонга кўндалангига йўл кенглиги бўлган B нинг ярми ўлчаб қўйилиб, кўтарманинг чети A ва E нинг проекцияси a ва e топилади ва қозиқ қоқилади, бу нуқталардан қияликнинг қўйилиши d қийматини ўлчаб қўйиб, қиялик охири C ва D топилади. Режалашда горизонтал чизиқ ўлчаниши учун рейка ва адлакдан фойдаланилади. C ва D нуқталарда қиялик йўналишини белгилашда ёғочдан ишланган махсус қурол қўлланиладики, бу қурол откосник дейилади (XVIII. 38- шакл). Қияликнинг ер билан кесинган нуқталари M ва N откосник ёрдамида топилади, унга ҳам қозиқ қоқилади.

Қазимани режалаш ҳам ўқ чизиғидаги O қозиқдан бошланади; нуқталарни белгилловчи қозиқлар ер юзига қоқилади (XVIII. 39-



XVIII. 39- шакл.

шакл). O даги қозикқа шу нуқтадаги қазिश чуқурлиги манфий ишора билан ёзиб қўйилади. O нуқтадан кўндаланига икки томонга $\frac{B}{2}$ қийматини ўлчаб қўйиб, a ва b нуқталар топилади, кейин a ва b дан хандак эни l ўлчаб қўйилса, c ва e нуқталар, c ва e дан d қийматини рейка ёрдамида горизонтал чизик бўйича ўлчаб қўйиб, C ва D нуқталар топилади.

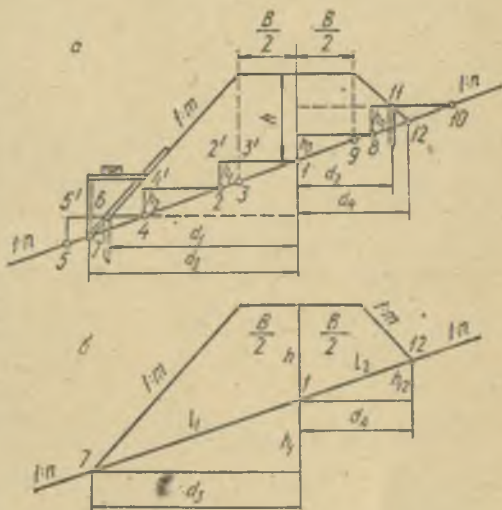
Текшириш учун $L = \frac{B}{2} + l + d$ қиймати O дан ўлчаб қўйилади. Қиялик йўналиши C ва D нуқталарда қўйилган қиялик орқали белгиланади. Бу йўналишларнинг ер юзи билан кесишув нуқталари M ва N га қозик қоқиладики, булар қазिश чегараси бўлади. Ер лойиҳадаги отметкага қазилиб бўлгач, маълум ўлчамда хандак (ариқча) қазилади.

Агар қазима чуқур бўлмаса, ўқ чизикдаги O нуқтада ер ўйилиб, унга лойиҳадаги отметкага тенг қилиб қозик қоқилади.

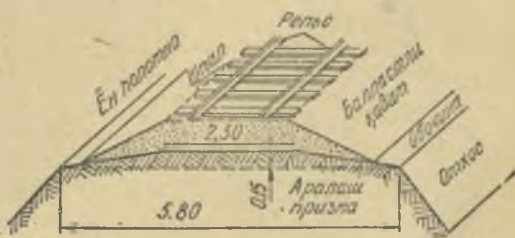
Йўлни тепалик орқали режалашда рейка, адилак ва шаблондан фойдаланиш мумкин. Тепалик бир томонга пасайган жойда кўтармани режалаш иши рейка, адилак ёрдамида ватерпаслаб нивелирлагандаги каби бажарилади (XVIII. 40-шакл).

Темир йўлда ер полотносини режалаш. Йўлнинг асосий қисми йўлнинг балласт қаватига ётқизилган шпал ва рельсдан иборат устки қисми (қурилмаси) дир (XVIII.41-шакл). Ёғин сувлари яхши оқиб кетиши учун балласт қават қўйилдиган асос (ер)нинг кўндаланг кесими призма кўринишида бўлади. Бир изли йўлларда ер қисми полотносининг эни 5,8 м бўлади, призма қисми трапеция шаклида бўлиб, юқори асоси (рельс ўрнатиладиган қисми)нинг эни 2,30 м, баландлиги 0,15 м бўлади. Эни 10 м ли икки изли йўлларда призма учбурчаклик асосга ишланиб баландлиги 0,20 м бўлади.

Канални кўндаланг профиль бўйича лойиҳалаш.



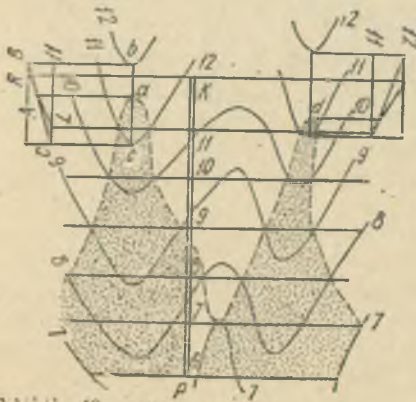
XVIII. 40- шакл.



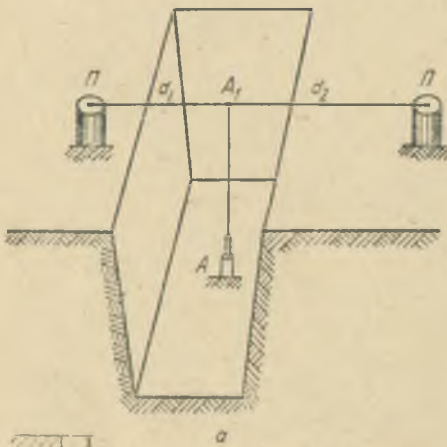
XVIII. 41- шакл.



XVIII. 42- шакл.



XVIII. 43- шакл.



XVIII. 44- шакл.

Қаналнинг кўндаланг профили ўзгачароқ бўлади. Каналлар магистрал, тарқатувчи ва суғорувчи бўлади, лекин уларнинг кўндаланг кесимлари бир-бирига ўхшайди. Канал суви орқали ер суғорилганидан, сув горизонтининг отметкаси ер отметкасидан бир оз ортиқ бўлиши керак. Канал кўпроқ ярим қазима ва ярим кўтарма қилиб лойиҳаланади. Мисол тариқасида XVIII. 42-шаклда каналнинг кўндаланг кесими келтирилган. Унда O канал трассасининг ўқидаги нуқта бўлиб, режалаш шу нуқтадан бошланади. O дан $\frac{B}{2}$ -қийматини икки томонга ўлчаб қўйиб, a ва a_1 нуқталар топилади; бу нуқталардан d_1 қийматини ўлчаб қўйиб, канал чеккаси c ва c_1 , булардан эса дамба кенглиги l қийматини қўйиб, дамба четки нуқтаси e ва e_1 топилади. Кейин e ва e_1 дан $d_2 = mh$ ни қўйиб, k ва k_1 дамба ташқи қиялигининг охири топилади.

XVIII. 12. Қия текисликни лойиҳалаш

Буни қуйидаги мисолда кўрайлик. Масалан, XVIII. 43-шаклда кесим баландлиги $h = 1$ м бўлган топографик план берилган ва унда энг катта i нишабдаги PK чизиқ кўрсатилган. $d = h : i$ аниқланади, бу — i нишаб билан

лойиҳаланадиган текисликни тасвирловчи горизонталлар оралиғи бўлади. Рдан PK бўйича план масштабида d қиймати кетма-кет қўйиб чиқилади, топилган нуқталардан PK га перпендикуляр чиқарилса, улар лойиҳаланадиган текисликни тасвирловчи горизонталлар бўлади.

Агар бу перпендикуляр чизиқларнинг бир отметкадаги план горизонталлари билан кесишган ёки уринган нуқталари кетма-кет бирлаштирилса, иш отметкаси нолга тенг бўлган чизиқ чиқадики, бу чизиқ *ноль чизиқ* дейилади. Ноль чизиқ бўйича лойиҳаланган текислик ер юзаси билан кесишади, кўтарма ва қазиманинг чегараси бўлади; у шаклда штрихлар билан кўрсатилган.

Ноль чизиқ a ва d нуқталарда қайрилган, лекин бу нуқталар ўрни ва отметкаси белгисиз, бу қуйидагича аниқланади. Масалан, a нуқта отметкаси 11 ва 12 бўлган план горизонталлари орасидаги қўйилиш es да ётади; v ва s учларидан es га перпендикуляр чиқарилган чизиқлар бўйича v ва s нуқталар отметкаси ихтиёрий масштабда қўйилса, B ва C нуқталар топилади; булар туташтирилса, es нинг жойдаги профили BC чиқади. Кейин B ва C дан параллел ўтказилса, буларнинг лойиҳаланган 11 ва 12 м отметкали горизонталлар билан кесишган нуқталари L , R бирлаштирилса, лойиҳаланган текисликдаги LR чизиқ ҳосил бўлади. Кейин BC ва LR чизиқлар кесишган A нуқтани Bv га параллел чизиқ бўйича es га проекцияласак, a нуқта, яъни ноль чизиқнинг қайрилиши топилади. Унг томондаги қайрилиш нуқта d ҳам шу йўл билан топилади.

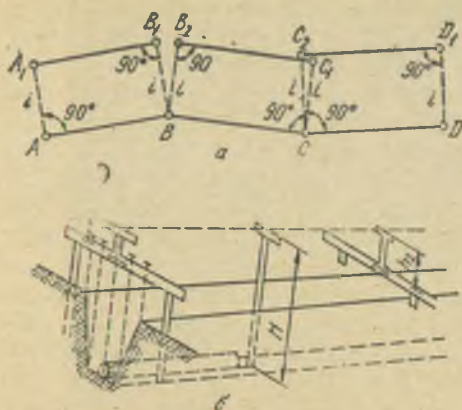
Ноль чизиқ бир томонда лойиҳаланган текислик отметкаси ер отметкасидан кичик бўлган жой, унда қазима иши бажарилади (шаклда нуқталар қўйилган); иккинчи томонда эса тупроқ тукилиб кўтарма иши бажарилади. Ноль нуқталар ўрни PK чизиққа перпендикуляр чиқариб горизонталларни кесиштириш йўли билан аниқланади.

a ва d нуқталар отметкалари ён горизонталлар отметкаси 11 ва 12 м орқали аниқланади.

XVIII. 13. Ер ссти иншоотларини режалаш

Ер устида бўладиган ер ссти иншоотларинга тегишли режалаш ишлари юқорида танишиб ўтилган усуллар билан олиб борилади. Масалан, режалашда белгиланган, лекин қазिश вақтида йўқолган A нуқта ўрнини белгилаш учун режалаш вақтида ўрнатилган ва A дан масофалари d_1 ва d_2 бўлган Π ва L нуқталардан фойдаланилади (XVIII. 44-шакл). Π ва L лар орасига сим тортиб, ΠL створида Π дан d_1 , L дан d_2 қийматлари ўлчаниб, A_1 топилади. Кейин A_1 дан осилган шовун ёрдамида A_1 чуқурга (траншеяга) проекцияланади, шунда траншеяда A ўрни топилади.

Жойда $ABGV$ шаклидаги иншоот режалангач, унинг ўрнини створ усулида икки ён томондаги қурилишларда белгиланган a , b , g ва v нуқталарга боғлаб, кейин шу нуқталарга нисбатан $ABGV$ ни аниқлаш мумкин. Бунда l_1 , l_2 , l_3 ва l_4 ҳамда $aA = d_1$; $bB = d_2$; $vB = d_3$ ва $gG = d_4$ лар ўлчаниши ва боғлаш схемасига ҳам қайд қилиниши керак. Бу нуқталар деворга ёки ер ссти деворларинга



XVIII. 45- шакл.

мустаҳкам ўрнатилади, булар кейин ер ости қурилмаларини режалашта асос бўлади.

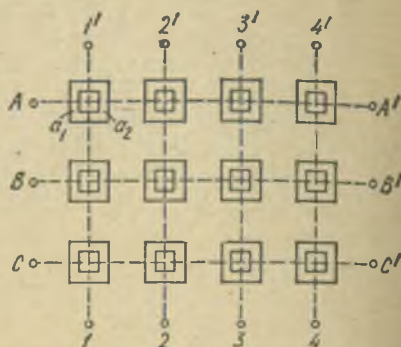
Лойиҳавий чизиқ AB, BC, CD, \dots ларни шу чизиқларга l массада параллел қилиб ўтказилган ва хавфсизлиги (бузилмаслиги) таъминланган A_1B_1, B_2C_1, C_2D_1 чизиқларга перпендикуляр чизиқлар ёрдамида боғлаш мумкин. Агар A, B, C, \dots лар ўрни йўқолса, улар A_1B_1, B_2C_1, \dots ларга чиқарилган перпендикулярларга i қийматини ўлчаб қўйиб топилди (XVIII. 45-шакл, а).

Чизиқни мустаҳкамлаб, режалаш ишларида ихоталардан ҳам фойдаланилади (XVIII. 45-шакл, б). Бунда ихота чизиғи иншоот (трубопровод) ўқи нишабининг синган (ўзгарган) нуқтасига ва қудуқ ўрнатилган жойларга ўрнатилади. Ихота тахтасида шовун ёки теодолит ёрдамида труба ўқининг ўрни белгиланиб, миҳ қоқилади, кейин бу чизиқдан икки томонга лойиҳадаги ўлчамлар ўлчаб қўйилиб, траншея четлари ва тағи белгиланади. Бу ер ости иншоотлари қуришда унинг планий жойлашуви билан бирга баланслик бўйича лойиҳадагидек жойлашишига ҳам қараш керак. Айниқса, канализация тармоқлари қуришда лойиҳадаги нишабни сақлаш лозим.

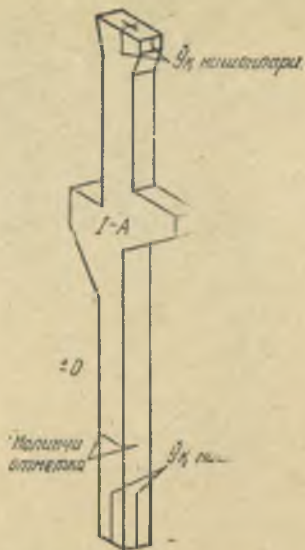
XVIII. 14. Колонналарни ўрнатиш

Пойдевор ётқизишда унинг бино ўқига нисбатан қанчалик тўғри жойлашганлиги текшириб борилади. Бунинг учун илгари ўрнатилган геодезик асос нуқталардан репер ва отметкаси маълум темир қозиклардан фойдаланилади; шуларга кўра, бино ўқлари режаланади, сўнгра колонналар ўрнатилади.

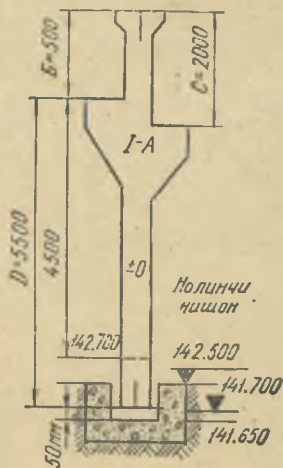
Бино бўлақларининг тўғри жойлашуви колонналарнинг тўғри ўрнагилишига боғлиқ. Колоннани ўрнатишдан олдин пойдеворнинг ўқий чизиққа нисбатан вазияти текширилади. Бунинг учун аввало ўқлар ўрни аниқ белгиланиши керак. Ўқни белгилаш учун теодолит ўқ чизиғининг боши A нуқтага ўрнатилади (XVIII. 46-шакл), кейин труба илгари белгиланган ва мустаҳкамланган ўқ чизиқнинг иккинчи учи A' га қаратилади, сўнгра AA' йуналишдаги барча пойдеворларга $A - A'$ ўқий чизиқнинг проекцияси туширилади. Бунинг учун ҳар қайси пойдеворнинг икки чеккасида $A - A'$ чи-



XVIII. 46- шакл.



XVIII. 47- шакл.



XVIII. 48- шакл.

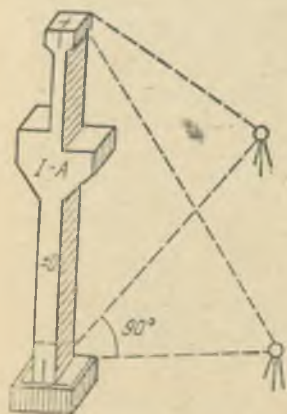
зиқда ётувчи a_1 , a_2 нуқталарга ингичка вехачалар ёки сихчалар қадалади. Кейин $a_1 - a_2$ чизиққа рейка қўйиб пойдеворнинг замин чизиғи $a_1 - a_2$ чизилади. Шундан кейин теодолит B ва C нуқталарга кўчирилиб, бу нуқталар ҳам A даги каби ишланади. Шунда ўқлар параллел йўналиш бўйича белгиланади.

Ўқ чизиқ AA' , BB' , CC' ва $11'$, $22'$, . . . ларни доимий (иш даврида) сақлаш учун пойдевордан 3—4 м узоқда, яъни A , B , . . . лар атрофида ихота тахталари ўрнатилиб, уларда ўқ чизиқлар йўналиши миҳ қоқиб белгиланади.

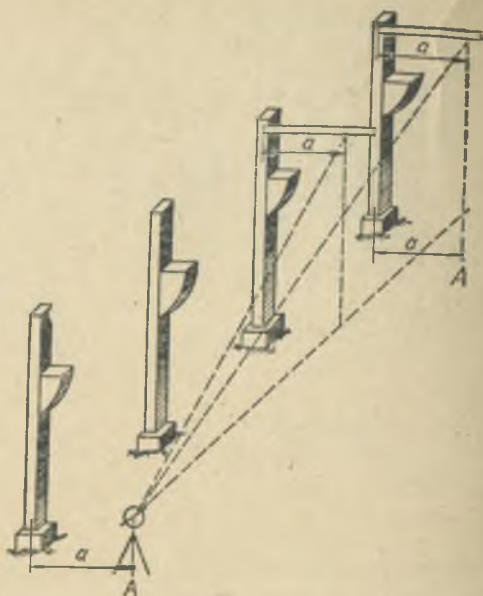
Колонналар ГОСТ бўйича XVIII. 47-шаклдаги каби ясалади. Колоннанинг пастки ва устки қисмида ўқлар нишонланган бўлади. Колоннани монтаж қилишда баландликларини аниқлаш учун колонна қисмларининг узунлиги, полининг молинчи отметкаси ва колонна тепасидан нолгача бўлган масофалар белгиланган бўлиши керак (XVIII. 48-шакл).

Колоннани монтаж қилиш ва ўрнатиш ҳар қайси қаторда алоҳида энг чеккадаги колоннани қўйишдан бошланади; орадаги колонналар қуйидаги икки усулнинг бири билан ўрнатилади. Биринчи усулда ўқ чизиқнинг бир ёнида 80—100 см ли a масофада колонна ўқига (XVIII. 50-шакл) параллел қилиб AA' чизиқ олинади. A нуқтага теодолит ўрнатиб, кўриш ўқи AA' бўйича қаратилади. Трубанинг объективини кўтариб қараганда колонна тепасига кўндаланг ва горизонтал қўйилган рейкачадаги саюқ a га тенг бўлиши керак, шунда колонна вертикал бўлади.

Иккинчи усулда икки четки колонна теодолитлар ёрдамида вертикал ўрнатилади; кейин теодолитни четки бир колонна консולי марказига ўрнатиб, иккинчи четдаги колонна консולי марказига қаралади. Орадаги колонналар шу йўналишда бўлиши керак.



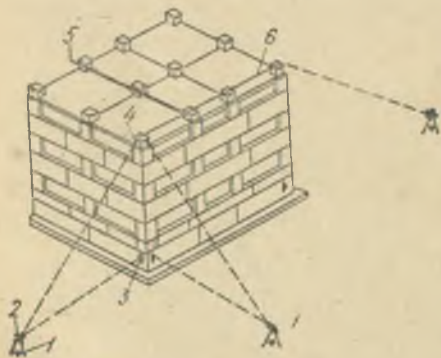
XVIII. 49- шакл. Қолонна ўрнатиш



XVIII. 50- шакл.

XVIII. 15. Вертикал текисликдаги проекциялаш ишлари

Бино ўқини монтаж горизонтга кўчириш. Бино ёки бирор иншоот қуришда теодолит ёрдамида қия проекциялаш усули билан бино ўқини бино епасига (монтаж горизонтга) кўчиришда (XVIII. 51-шакл) теодолит 2 ни бино створига маҳкамланган нуқталар 1 га ўрнатиб, лимб маҳкамланади; ДЎ ҳолида труба ни ўқ йўналиши бўйича 3 га йўналтиради ва алидада маҳкамланади. Кейин труба монтаж горизонти 4 га қаратилади ва вертикал ип ўрни ингичка қалам билан белгиланади. Сунгра ДЧ да ҳам юқоридагидек ишланади. Чизилган иккала чизиқнинг ўртаси ўқ ўрни бўлади.



XVIII. 51- шакл. Ўқни монтаж горизонтга кўчириш.

1—ўқ створини маҳкамлаш, 2—теодолит, 3—цоколдаги ўқ белгиси, 4—нишон, 5, 6—ўқни текшириш

Вертикал бурчак ясаш. Берилган нуқтада бирор йўналиш бўйича лойиҳадаги вертикал бурчак v_d ни ясаш учун аввал тахеометр НЎ аниқланади. Кейин тахеометр нуқтага ўрнатилиб иш вазиятига келтирилгач, ДЎ ҳолида 1 верньер $D\vartheta = H\vartheta + v_d$

сапоққа тұғриланади ва қаралган жойда тұр маркази M белгиланади, бунда v_n ясалган бўлади. Буни текшириш учун $D\mathcal{U}$ ва $D\mathcal{C}$ да M нуқтага қараб бурчак қиймати $\frac{D\mathcal{U} - D\mathcal{C}}{2} = v_x$ формула ёрдамида ҳисобланади. v_n билан ҳисобланган v_x ўртасидаги фарқ $\Delta v = v_x - v_n$ бурчак хатоси бўлади. Тузатиш учун чизигий сурилма Δd топилади:

$$\Delta d = \frac{d}{\cos v_n} \cdot \frac{\Delta v''}{\rho''},$$

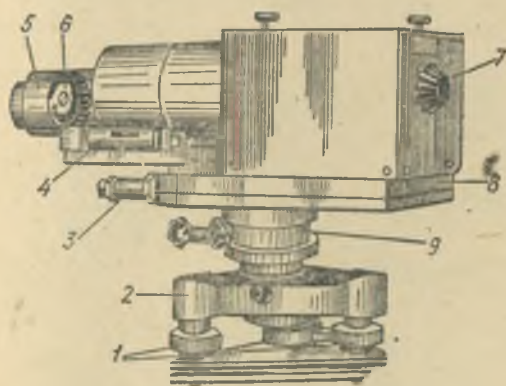
бунда d — асбоб билан қаралган нуқта орасидаги масофа; $\rho'' = 206265''$. Кейин белгиланган M нуқта Δv ишорасига қараб юқорига ёки пастга Δd қадар силжитилади.

Нуқтани вертикал йўналиш бўйича проекциялаш. Қурилишлардаги монтаж ишларида ўқлар кесишган нуқта ёки ўққа параллел чизиқ проекциясини юқори қаватларда белгилаш зарур бўлади. Бу — *монтаж горизонтига нуқта кўчириши* дейилади. Геодезик тармоқ ясалган текислик, бош горизонт деб бош горизонтга кўра юқори ёки пастки қаватларда ясалган тармоқ текислиги *монтаж текислиги* деб аталади.

Бунда проекцияловчи оптикавий асбоблар ишлатилади, бу асбоблар *зенит приборлар* дейилади; ҳозир *ПОВП* ва *PZL* шифрли зенит — приборлар ишлатилади.

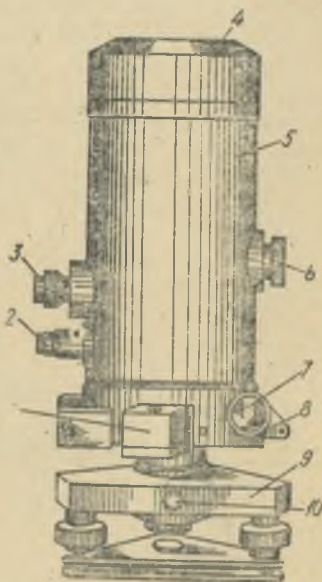
ПОВП прибори XVIII. 52-шаклда келтирилган ва унинг асосий қисмлари кўрсатилган.

PZL зенит прибори — ГДР даги Карл Цейсс фирмаси чиқарадиган энг



XVIII. 52- шакл.

ПОВП шифрли вертикал проекцияловчи оптикавий прибор (асбоб), 1 — кўтарғич винт, 2 — адилак, 3 — кўриш труба, 4 — кремальер винт, 5 — пентопризма гилофи, 6 — столча, 7 — вертикал ўқ,



XVIII. 53- шакл. PZL шифрли вертикал проекцияловчи асбоб:

1 — доиравий адилак, 2 — санок олиш микроскопининг окуляри, 3 — труба окуляри, 4 — труба объективи, 5 — кўриш труба, 6 — фокусловчи мослама, 7 — қаратиш винти, 9 — таглик

аниқ автомат (XVIII. 53-шакл) бўлиб, ўзича горизонтал ҳолатга келади, унинг қисмлари шаклда кўрсатилган.

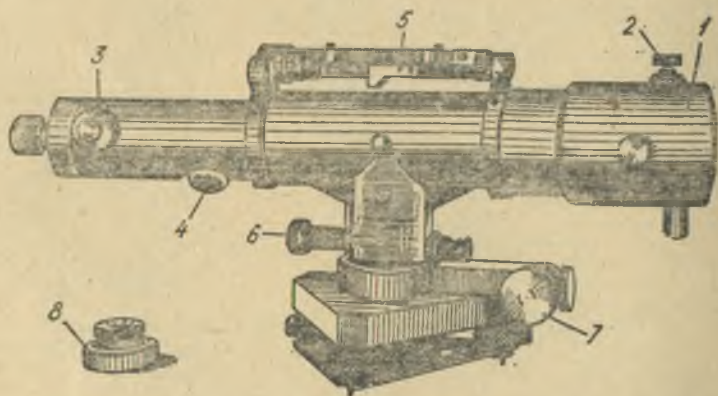
XVIII. 16. Инженерлик иншоотларидаги деформацияни аниқлаш.

Лойиҳа бўйича қурилган иншоотлар вақт ўтиши билан турли сабабларга кўра ўз ўрнидан вертикал ёки горизонтал текислик бўйича чўкиш ёки оғиш туфайли бирмунча ўзгарадики, бу деформация дейилади. Деформация қурилиш даврида ёки иншоот битгандан кейин фойдаланиш даврида бўлиши мумкин. Деформацияни кузатиш иншоот турига ва ўзгариш характерига қараб вақт-вақти билан олиб борилади. Бунинг учун иншоот яқинида махсус майдон ажратилиб, унда репер ва мустаҳкам белгилар ўрнатилади, иншоотнинг силжишини фототеодолит орқали съёмка қилиш йўли билан аниқланади, фотосурат стереокомпараторда ишланиб, унинг ўзгариш фотоплани топилади. Кўндаланг силжишни махсус равишда горизонтал ҳамда вертикал ўрнатилган миллиметрли рейкага ва чизғичга теодолит орқали қараб ҳам аниқлаш мумкин.

Иншоотда чўкиш орқали бўладиган вертикал ўзгаришни аниқлаш учун иш бошида ўрнатилган реперга бошда боғланган нуқта қайтадан яна шу реперга боғланади. Иншоот нуқтасининг илгари ва кейин топилган отметкалари тенг бўлса, иншоот баландлигида ўзгариш бўлмаган бўлади.

Иншоотнинг горизонтал силжишини аниқлашда (В. А. Белицин инженерлик нивелири ишлатилади (XVIII. 54-шакл). Бу асбобнинг кўриш трубасида иллар тўри қўйилмаган. Труба нарсага шу труба объективи олдига қўйилган инерт призма берадиган тўғри ва тескари тасвирни бирлаштириш (контактлари) орқали қаратилади. Труба оптикавий ўқ атрофида 90° га айланади.

Цейсс алинометри (XVIII. 55-шакл) ҳам бинонинг горизонтал силжишини аниқлашда ишлатилади. Трубанинг катталаштириши

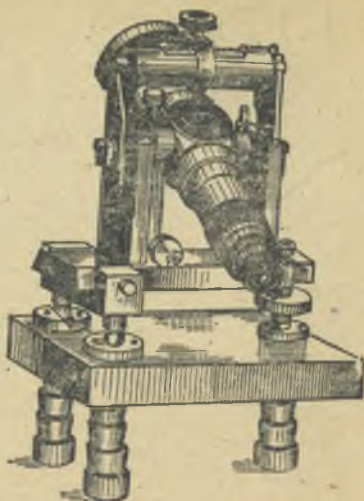


XVIII. 54. Белицин В. А. нинг инженерлик нивелири:

1 — инверт призма ғилофи, 2 — инверт призманинг тугатгич винти, 3 — оптикавий микрометр винт, 4 — фокусловчи винт, 5 — адилак призмаларининг блоки, 6 — элевацион винт, 7 — қаратиш винти, 8 — алмашувчи окуляр.

ортиқ (45°) бўлиши ва яшаш параллел пластинкали насадка билан таъминланиши орқали кўриш ўқининг створдан оғишидаги хато масофа 600 м бўлганда 1 мм бўлади.

Иншоотнинг кренини кузатиш. Иншоот булакларининг ҳамма ерда чуқиши тенг бўлмаганидан иншоотнинг вертикал ҳолати лойиҳадагидан ёнига оғади, бу оғиш *крен* дейилади. Крен бор-йўқлигини билиш учун иншоотнинг юқори ва қўйи қисмида белгиланган сихча марка ёки крест шаклида бўялган белги системали равишда кузатилади.



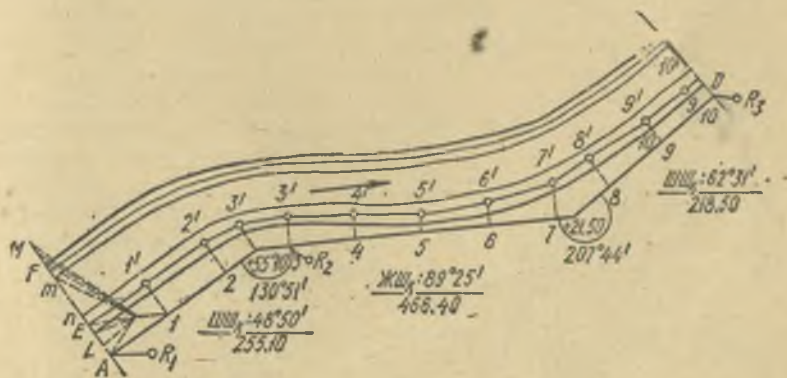
XVIII. 17. Гидротехник қурилишларда бажариладиган геодезик ишлар

Йул ва канал қуришда катта ёки кичик дарёларни кесиб ўтиш ва бу дарёлар ўзанида турли иншоотлар барпо қилиш керак бўлади. Бунда дарёнинг иншоот қуриладиган жойида қуйидаги ишлар бажарилади:

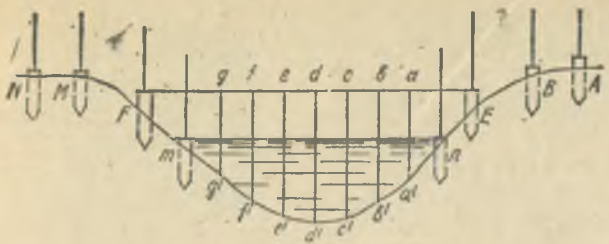
- 1) маълум узунликда дарё соҳиллари сьёмка қилиниб, дарё ўзининг плани чизилади;
- 2) дарёнинг кўндаланг кесими (жонли кесими) аниқланади;
- 3) дарё ўзининг нишаби аниқланади ва
- 4) дарё сувининг оқиш тезлиги аниқланиб, сув сарфи ҳисоблаб топилади.

Дарё соҳилларини сьёмка қилиш учун иншоот қуриладиган жойидан икки томонга 500 м дан ўлчаб, *A* ва *D* нуқталар топилади. *A* нуқтадан дарё соҳили бўйлаб *ABCD* очиқ полигони (магистрал йўл) ясалади (XVIII. 56-шакл). *A* нуқтадан бошлаб, охир-

XVIII. 55 шакл.



XVIII. 56-шакл.

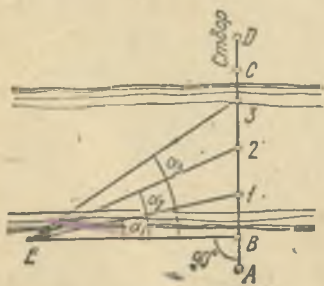


XVIII. 57- шакл.

ги D нуктагача пикетланиб, соҳил ёнидаги тафсилот перпендикуляр усули билан съёмка қилинади. Дарёнинг кенглигини аниқлаш ва иккинчи томон соҳилини планга тушириш учун дарё кенглигининг характерли (кенгайган ва торайган) жойларида унинг кўндаланг кесими съёмка қилинади. Кўндаланг кесим ками уч ерда (бошда, ўртада ва охирада) олинади. Пикетлаш вақтида оқимга перпендикуляр қилиб MA чизиғи белгиланади ва шу чизиқдаги баландлик ва пастлик бўйича характерли нукталарга ва иккала қирғоқдаги сув сатҳига тенг қилиб m ва n нукталарига қозиқлар қоқилади. Агар сув оқими AM чизиқ бўйича вертикал текислик билан кесилса, ҳосил бўлган сув ҳаракатидаги кўндаланг кесим *дарёнинг жонли кесими* бўлади.

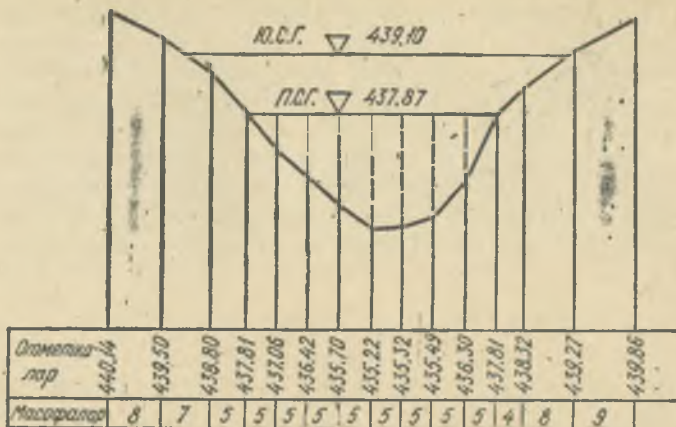
Жонли кесимни съёмка қилиш учун қирғоқлардаги сув лабидан юқорига (E ва F нукталарга) маҳкамлаб икки қозиқ қоқилади (XVIII. 57- шакл). Буларга 5 ёки 10 м дан белги қилинган тросс тараф тортлади. Бунга параллел қилиб иккинчи ёрдамчи тросс тортлади. Шу троссни ушлаб, қайиқ билан E дан F га томон сузиб борилади-да, a, b, c, d, e, f ва d нукталарда сув чуқурлиги ўлчанади. Дарё чуқурлиги наметка (дециметрларга бўлинган таёк) ёки ЛОТ (бир учига оғир юк боғланган сим) ёрдами билан ўлчади. A, B, E, F, M ва N нукталарнинг сув сатҳидан баландлиги дарё нишабини аниқлаш учун олиб бориладиган бўйлама ва кўндаланг нивелирлаш вақтида аниқланади.

Нивелирлашдан олдин (пикетлаш вақтида) кўндаланг кесим олинладиган жойларда маълум вақт ёки келишилган соатда сув сатҳига тенг қилиб қозиқлар (m ва n) қоқилади, бу қозиқлар ёрдамида сув сатҳининг баландлиги аниқланади. Пикетлаш вақтида керакли ўрниларга бир неча иш репери ҳам ўрнатилади. Нивелирлашда сувнинг ҳар қайси пикет туғрисидаги сатҳига қоқилган қозиқларга қўйилган рейкалардан ҳам саноклар олинади.



XVIII. 58- ш.к.л.

Агар дарёнинг икки соҳили орасига тросс тортиб бўлмаса, дарёнинг икки соҳилига бир створда (XVIII. 58- шакл) A, B ва C, D вехалар қадалади. Кейин B нуктадан тик BE чизиқ чиқариб, унга дарё кенглигига яқин узунлик (базис) ўлчаб қўйилади-да, E нукта топилади. E нуктага



XVIII. 59- шакл.

теодолит ўрнатилади, AD створи бўйича қайиқда юрилади-да, чуқурлиги ўлчанадиган $1, 2, 3$ нуқталарга қараб $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ бурчаклар ўлчанади. Бу нуқталар ўрни AD ва $E1, E2$ ва $E3$ йўналишлар бурчаги кестирма усулида топилади.

Даладаги ўлчаш ишлари тугаб, нуқта ва сув сатҳининг отметкалари, ҳисобланган A, B, E, G, M, N нуқталар отметкаси бўйича дарёнинг кўндаланг кесими (жонли кесими) профили чизилади (XVIII. 59-шакл). Профилда сув сатҳи чизиқлари чизилади. Одатда, дарё суви энг кўп вақтдаги горизонти (юқори сув горизонти—Ю. С. Г тарзида) ва сув энг кам вақтдаги горизонти (қуйи сув горизонти—Қ. С. Г. тарзида) кўрсатилади.

Сув нишабини аниқлаш. Дарёни нивелирлашда узунлиги 1 км бўлиб, бош (ПК 0) нуқта кўндаланг кесимидаги сув сатҳи отметкаси H_0 билан охириги (ПК 10) кўндаланг кесимдаги сув сатҳи отметкаси H_{10} га кўра дарё сувининг оқишдаги нишаби қуйидагича аниқланади:

$$i = \frac{h}{d} = \frac{H_0 - H_{10}}{d}$$

Маълумки, ўзани (дарё таги) нинг нишаби дарё бўйламасига ҳамма ерда ҳам бир хил бўлавермайди, бунга қараб сув сатҳининг нишаби ҳам ўзгаради. Шунга кўра, баъзан ҳар пикет орасидаги нишаб аниқланадиги, бу хусусий нишаб дейилади. Буни ҳисоблаш учун пикетлардаги сув сатҳи отметкалари $H_{ПК}$ дан фойдаланилади. Агар хусусий нишабни $i_{ПК}$ билан белгиласак, у қуйидагича бўлади:

$$i_{ПК} = \frac{h'}{100} = \frac{H_{ПКл} - H_{ПКл-1}}{100}$$

бу ерда h' — қўшни пикетлардаги сув сатҳи отметкаларининг фарқи, n — пикет номери, $H_{ПК}$ — пикетдаги сув сатҳи отметкаси.

Дарё сувининг тезлиги оқизоқ (қалқавуч) ёки вертушка ёрдамида аниқланади. Агар сув дарёнинг кўндаланг кесимининг ҳамма ерида бир хил тезлик билан оқса, унинг тезлигини оқизоқ (ёғоч, ғўла, қалин пайраха ёки чўкмайдиган оғир бирор нарса) билан аниқлаш мумкин. Бунинг учун оқизоқ белгиланган створдан сув келар томонга тахминан 50 м ча масофада сувга ташланади; оқизоқ билан оқиш томонга юриб, створга келганда секундомер босилади; оқизоқ масофани (масалан, 100 м ни) оқиб ўтганда секундомер тўхтатилади. Оқизоқ масофани оқиб ўтган вақт t ни секундомердан аниқлаб, сувнинг оқиш тезлиги қуйидагича топилади:

$$v = \frac{d}{t} \text{ м/с.}$$

Оқизоқ ёрдамида сувнинг дарё юзасидаги тезлиги топилади, шунга кўра, ўртача тезликни топишда чуқурлик оқизоқлари ҳам ишлатилади.

Аниқ ишларда сув тезлигини аниқлашда вертушка дейиладиган асбоб ишлатилади. САНИИРИ таклиф этган Бахерев вертушкаси энг қулай бўлиб, унда сув тезлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$v = an + v, \quad (\text{XVIII. 10})$$

бунда a — тезлик коэффиценти, n — вертушка паррагининг 1 секунддаги айланиш сони (иш жараёнида вертушка берган сигнал бўйича аниқланади), v — вертушка константаси (ўзгармас сони).

a , v қийматлар махсус лабораторияда вертушкани текшириш (тарировка қилиш) орқали топилади.

Вертушка ёрдамида сув тезлигини ўлчаш учун вертушка штангага боғланиб, турли чуқурликда тутилади. Дарё чуқурлигининг 0,2*h* ва 0,8*h* улушидаги тезлиги ўлчанади, кейин сувнинг ўртача тезлиги $v_{\text{ур}}$ қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$v_{\text{ур}} = \frac{v_{0,2h} + v_{0,8h}}{2} \text{ м/с,} \quad (\text{XVIII. 11})$$

бу ерда h — дарё сувининг чуқурлиги, $v_{0,2h}$ ва $v_{0,8h}$ лар 0,2 ва 0,8 чуқурликдаги (XVIII. 10) формула ёрдамида ҳисобланган тезлик.

Дарёнинг аниқланган кўндаланг кесимидан бир секундда оқиб ўтадиган сув ҳажми *сув сарфи* дейилади ва Q билан белгиланади. Буни аниқлаш учун кўндаланг кесим юзи ω аниқланиши керак. XVIII. 59-шаклдаги трапециялар юзи кўндаланг кесим юзи ω бўлади, шунда:

$$Q = v_{\text{ур}} \cdot \omega. \quad (\text{XVIII. 12})$$

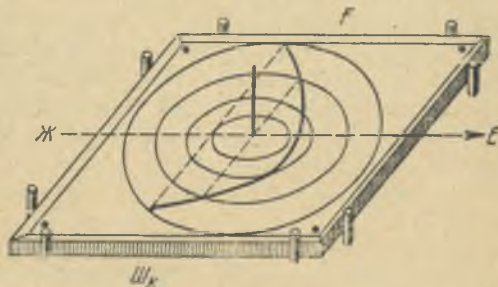
Q қиймати м³/сек ҳисобида кўрсатилади.

Сувнинг аниқланган сатҳи отметкалари бўйича дарё профили чизилади. Бунда юқорида кўрган имиздек бош ва охири нуқтадаги сув сатҳи отметкаси бўйича умумий нишаб, ҳар қайси пикетдаги сув сатҳи отметкаси бўйича эса хусусий нишаб чизилади.

XVIII. 18. Ҳақиқий азимут йўналишини аниқлаш

Чизиқнинг ҳақиқий азимути A_x астрономик кузатишлар орқали топилади, шулардан энг қулай ва осони билан танишамиз.

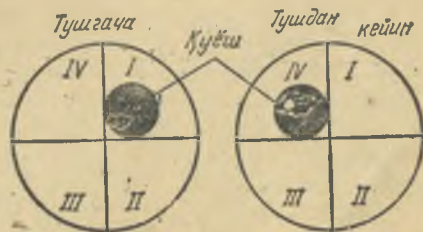
Гномон билан ишлаш. IX бобда Беруний таклиф этган усулда гномон ёрдамида кун ярим чизигининг (меридианнинг) йўналишини аниқлашни кўриб чиқдик. Гномонни қуйидагича ясаш ва ишлатиш ҳам мумкин. Чизмачилик тахтаси ёки планшетга оқ қоғозни маҳкамлаб, унинг марказида (XVIII. 60-шакл) K нуқта белгиланади, шу нуқта марказ қилиниб, ундан турли радиус билан бир неча концентрик айлана чизилади. Радиус узунликлари 10 — 20 см оралиғида бўлиб, бир-биридан фарқи 2 см бўлсин. Кейин тахтани очиқ, яланг жойга горизонтал ҳолатда ўрнатиб, тахта қимирламайдиган қилиб қозиқ билан маҳкамланади. Кейин K



XVIII. 60- шакл.

нуқтага узунлиги 10 см ли ингичка таёқча (сим) вертикал қилиб ўрнатилади. Эрта ва тушдан кейин таёқ соясининг айланалар билан кесишган нуқталари белгиланади. Агар бир хил айланадаги нуқталарни ўзаро туташтирсак, бир неча ватар ҳосил бўлади, бу ватарлар ўртасидан ўтган чизиқ ҳақиқий меридиан йўналиши бўлади.

Қуёшни кузатиб ҳақиқий меридианни аниқлаш. Теодолит азимути аниқландиган томоннинг учига ўрнатилади. Эрта соат 9 ларда ҳаво очиқ кун қуёш қуйидагича кузатилади. Аввал труба окулярига призмали махсус насадка ўрнатиладики, бу юқорига қарашга имкон беради. Насадкада қорамтир ойна бўлиб, бу орқали қуёшга қаралади. Агар қузатиш ёз мавсумида эрта 7 — 8 да олиб борилса, дудланган ойнани объектив олдига қўйиб, шу орқали қуёшга қараш ҳам мумкин. Трубани ДЎ ёки ДЧ да Қуёшга қаратиб, алидада ва трубанинг қаратиш винтлари буралади-да, Қуёш диски иплар тўрининг 1 чорагига (XVIII. 61-шакл) келтирилиб, диск четлари вертикал ва горизонтал ипларга уринадиган қилиб қўйилади ва шу он горизонтал ҳамда вертикал доиралардан саноқлар олинади. Ишнинг аниқлигини ошириш учун шундай кузатиш ҳар ярим соатда икки-уч марта такрорланади, кузатиш вақтлари қайд қилинади.



XVIII. 61- шакл.

Асбоб жойидан қўзғатилмай ва туриши ҳам ўзгартирилмай, тушдан кейин яна шу жойда Қуёш кузатилади. Вертикал доира саноғини эрталаб олинган кейинги саноққа қўйиб, алидада бўшатилади-да, труба ғарб томон алидада орқали бурилади ва қуёшнинг IV чоракка шаклда кўрсатилгандек келиши кузатилади ва шу он вақтни қайд қилиб, горизонтал доирадан саноқ олинади. Кейин эрталабки охириги кузатишдан илгариги саноққа қўйиб, юқоридагича ишланади. Охирида эрталабки биринчи саноққа қўйиб, Қуёшни кузатгач, горизонтал доира саноғи олинади. Агар Қуёшнинг бир хил баландликда туришини эрталабки ва кечки кузатишда горизонтал доирадан олган саноқларнинг арифметик ўртасини ҳисоблаб, унга 180° қўшилса ҳақиқий меридиан йўналишини кўрсатувчи саноқ топилади, шу саноққа $D\delta$ да I верньер тўғриланса, кўриш ўқи меридиан бўйича йўналтирилган бўлади. Лекин қуёшнинг осмон сферасида эрта, кеч бир хил ҳаракат қилмаслигини эътиборга олиб, топилган саноққа «к» тузатмаси берилади. «к» қиймати қуйидагича топилади:

$$k = \frac{t_0 \Delta \delta''}{\cos \varphi \sin 15t} \quad (\text{XVIII. 13})$$

бу ерда t_0 — иккита бир хил баландликда кузатиш вақтининг ўртаси, минут ҳисобида; $\Delta \delta$ — Қуёш энкайишининг бир минутдаги ўзгариши бўлиб, астрономик жадвалдан олинади; φ — кузатилган нуқта кенлиги бўлиб, картадан олинади; $15t$ — бир кузатиш вақти ярмисининг бурчак ўлчовида ифодалангани (Ер бир минутда $15'$ га айланади). k — қиймати ҳаммиша лимб саноқлари йиғиндисининг ярмидан алгебраик айрилади.

Ҳақиқий меридиан йўналишини аниқроқ белгилашда юлдузларни кузатиш усули, Ф. Н. Красовский ва бошқа олимлар татбиқ этган усуллар ҳам қўлланади.

Кейинги даврда ҳақиқий меридиан йўналишини аниқлашда гироскоп хоссаларига асосланган махсус асбоблар ишлатилади.

XVIII. 19. Гироскопик ориентирлаш ва гироскоп

Ҳақиқий меридиан йўналишини аниқлашда гироскоп билан таъминланган махсус асбоб (гиротеодолит) ишлатилади.

Гиротеодолит ҳақиқий меридиан йўналишини кўрсатувчи датчик вазифасини бажарадиган маятникли гироскоп билан гироскоп ўқи ҳолатини кузатувчи автоколимацион окулярдан ясалган бурчак улчаш воситасидир; у радиотехника, электроника асосида ясалган бўлиб, унинг оптика-механикавий схемаси анча мураккаб. Гироскопик ориентирлашнинг тез, ер усти ва ер ости қурилишларида, исталган нуқтада йил фасли, кун ҳолати (об-ҳаво) га қарамай, ҳар қандай географик шароитда $0-75^\circ$ кенгламада мустақил равишда бажариш мумкин.

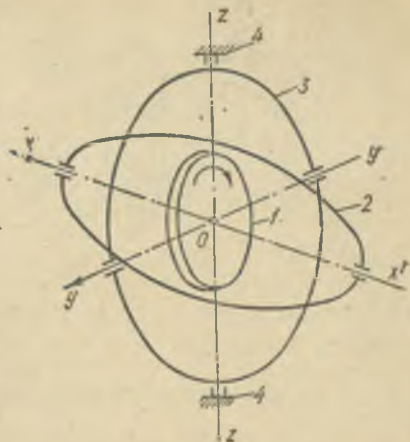
Гироскоп эркин бир ўқда катта тезлик билан айланадиган доиравий кузатиш деган маънони билдирадиган қурол; турли ҳолатида тўхтаб тура олади, чизиқ азимутини ҳар қандай жойда

$\pm 10 - 15''$ аниқликда белгилайди. Геодезик ишларда қуйидаги гироскоплар ишлатилади:

а) эркин гироскоп, бунда айланиш ўқи ўз йўналишини ўзгартирмайди;

б) маятникли гироскоп, бунда берилган нуқта меридиан текислигига мос бўлган (туғри келган) мувозанат ҳолатида даврий тебранишда бўлади.

Эркин гироскоп. Агар гироскоп ўқларида ишқаланиш бўлмай, фазовий координата ўқлари X, Y ва Z бўйича, сезувчан қисмининг оғирлик маркази дейилган осилган нуқта атрофида эркин айланса, бу эркин гироскоп бўлади. Масалан, XVIII. 62-



XVIII, 62- шакл.

шаклда кўрсатилганидек оғир ротор 1 икки ҳалқа 2 ва 3 га осилган. Бунда ротор ҳалқа 2 подшипникида XX' ўқ атрофида айланади; ҳалқа 2 билан ҳалқа 3 лар YY' ўқ атрофида айланади; кейин ротор 2 ва 3 ҳалқалар билан асос 4 подшипникида ZZ' ўқ атрофида айланади. Ҳамма ўқлар кесишган нуқта O гироскоп маркази ёки осилиш нуқтаси дейиладики, сезувчан элементнинг оғирлик маркази ана шу нуқтада бўлади.

Агар ротор 1 XX' ўқ атрофида катта тезлик билан айлантирилса, XX' ўқ фазода ўз ҳолатини ўзгартирмайди, яъни турғун ҳолга келади. Агар асос 4 турли йўналиш бўйича айлантирилса ҳам XX' ўқ ўз туришини (йўналишини) ўзгартирмайди. Гироскоп ўқи XX' ни бирор юлдузга туғрилаб (ориентирлаб), у ер юзасидаги бир нуқтага қўйилса, Ернинг кунлик ҳаракатига қарамай, ўқ ҳамма вақт xx' бўйича юлдузга қараб турадики, гироскопнинг бу хоссасидан кузатиш нуқтаси меридианнинг йўналишини аниқлашда фойдаланилади.

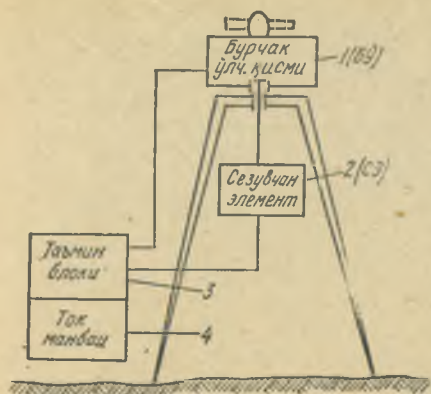
Эркин гироскопда ишқаланиш ва бошқа манбадан келган хатолар таъсирида тебраниш ҳосил бўлади ва бу ҳодиса прецессия дейилади.

Эркин гироскоп ишлатишда узоқ муддат кузатиш талаб қилганидан гиroteодолитларда маятникли гироскоп ишлатилади.

Маятникли гироскоп — бу ҳам уч босқичли бўлиб, унинг y ўқи-



XVIII. 63- шакл.

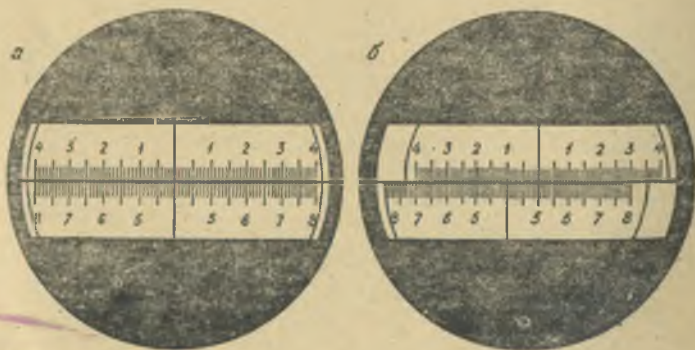


XVIII. 64-шакл. Гиротеодолитнинг блок-схемаси:

1 — бурчак ўлчаш қурилмаси, 2 — сезувчан элемент, 3 — таъмин бломи, 4 — ток манбаи.

индекс ўрнатилган, бу орқали ўқнинг шарқий ва ғарбий туришидан n_1 , n_2 sanoқлар олинади; sanoқларнинг арифметик ўртаси мувозанат ўрни бўлиб, кузатилган нуқтадаги меридиан йўналишини кўрсатади, яъни горизонтал доирадаги шимолӣ йўналишни, шимол ўрнини (ШЎ) кўрсатади.

Гироскопик теодолит (гиротеодолит) схемаси. Чет мамлакатларда гирокомпас деб ҳам юритиладиган гиротеодолит асосан маятникли гироскопик датчик бўлиб, сезувчи элемент — СЭ 2 ва бурчак ўлчаш қуроли мосламаси — БЎ 1 дан ясалади (XVIII. 64-шакл). Бурчак ўлчаш мосламаси гироскопик доирадан sanoқ олиш мосламаси бўлган шкала (XVIII. 65-шакл) ва кўриш трубадан ясалган. Булардан ташқари, гиротеодолит қисмларини ҳаракатга келтириш учун электр манбаи билан таъминланади, бу эса ток манбаи 4 ва таъминлаш бломи 3 дан иборат бўлади.



XVIII. 65-шакл.

даги ҳаракати маятникли юк Q ёрдамида бўлади (XVIII. 63-шакл). Q юк гироскоп ичидаги рамкага XX' ўқ ҳамма вақт маятник орқали горизонтал ҳолатда турадиган қилиб маҳкамланган. Шунга кўра бундай гироскопга маятникли гироскоп дейилади. Бунда гироскоп ўқи маятник тебраниши туфайли мувозанатдаги ҳолига нисбатан меридиан текислигига мос бўлган текисликда даврий тебранишда бўлади. Меридиан йўналишини аниқлаш учун гироскоп тагига горизонтал доира (ГК) ўрнатилади, гироскоп ўқининг бир учига доира бўлаклардан sanoқ олиш учун

Гиротеодолит билан ишлашда ҳамма ўлчаш иши кузатиш олиб бориладиган нуқтадаги шовун чизиққа ва горизонт текислигига келтирилади. Шу жиҳатдан гироскопик азимут астрономик азимутга ўхшаш бўлади.

Ватанимизда гиротеодолит номида МВТ2, МВТ1, МВБ4 шифр билан чиқариладиган асбоблар кенг кўламда ишлатилади. Чет мамлакатларда гирокомпас номида чиқадиغان ГДР да МКК2; ВХР да ГИ — Б1; ГИ — Б2, ГИ — С1; ГФР да КТ1, КТ2 шифрли асбоблар ҳам кенг қўлланилади.

Гиротеодолит ёрдамида йўналиш азимутини аниқлаш. Гиротеодолит ёрдамида берилган йўналиш ҳақиқий азимутни аниқлашда кузатиш нуқтасидаги меридиан текислигига нисбатан маятникли гироскоп ўқининг Ер айланиши таъсирида даврий тебранишининг ўзгармаслигига асос қилиб олинади.

Ҳақиқий меридиан йўналишини аниқлаш учун мувозанат нуқтасида гироскоп ўқини нг оғиши кузатилади, бунда доирадан энг катта шарқий ва ғарбий оғиш саноқлари n_1 ва n_2 яна n_3, \dots саноқлар олинади. Бу саноқларнинг ўртача қиймати маятникли гироскоп ўқининг мувозанатдаги ҳолатига тўғри келадигани, бу ҳақиқий меридиан йўналиши бўлади. Сезувчи элементнинг бу т уришини саноқ билан ифодалаб, N_0 десак, у қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$N_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{n_1 + n_2}{2} \right) + \left(\frac{n_2 + n_3}{2} \right). \quad (\text{XVIII. 14})$$

Одатда, горизонтал доиранинг саноқ олиш мослашмаси гироскоп роторининг айланиш ўқига нисбатан Δ бурчак остида ўрнатилган. Шунга кўра, горизонтал доирадаги шимол ўрни (Шў) XVIII. 66-шаклда кўрсатилганидек қуйидагича бўлади:

$$\text{Шў} = N_0 - \Delta, \quad (\text{XVIII. 15})$$

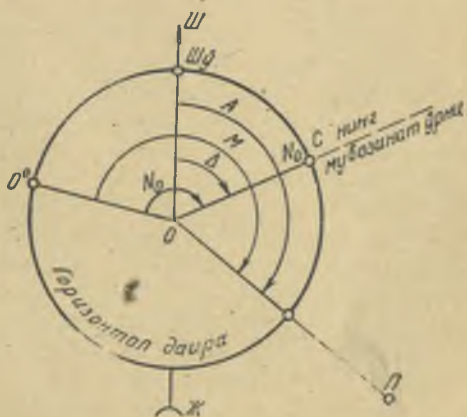
бу ерда Δ — гиротеодолитнинг ўзгармас тузатмаси.

Асбоб ўрнатилган нуқтадан кузатиладиган қаралган) нуқта (пункт) П га бўлган йўналиш ОП нинг астрономик азимутини А горизонтал доира саноғи бўйича қуйидаги формуладан топилади:

$$A_a = M - \text{Шў} = M + \Delta - N_0, \quad (\text{XVIII. 16})$$

бу ерда M — трубани П га қаратиб, доирадан олинган саноқ.

Агар астрономик азимут А орқали шу йўналишнинг геодезик азимутини A_r ни аниқлаш керак бўлса, шовун чизигининг оғишига



XVIII. 66-шакл.

оўлган тузатма δ_A нинг ишорасига қараб, қуйидаги формуладан топилади:

$$A_T = A_a + \delta_A, \quad (\text{XVIII. 17})$$

бу ерда $\delta_A = (L - \lambda) \sin \varphi$ бўлиб, L — нуқтанинг геодезик узоқламаси, λ — астрономик узоқламаси, φ — нуқта кенгламаси.

XVIII. 20. Геодезик ишларда хавфсизлик техникаси

Халқ хўжалигининг турли соҳасидаги қурилиш ишларида бажариладиган геодезик ишлар илгаридан тузилган ва юқори идоралар тасдиқлаган маълум тартиб ва қондалар асосида олиб борилади; бу қондаларда геодезик асбоблардан фойдаланиш йўллари ва уларни сақлаш чоралари ҳамда геодезик ишларни бажарувчиларнинг соғлиғини сақлашга доир тадбирлар кўрсатиладики, булар *хавфсизлик техникаси* дейилади. Бу қондалар геодезик инструкцияларда ва қисман ҳар қайси асбобнинг тузилиши, ундан фойдаланиш ва сақлаш йўллари кўрсатилган паспортда ҳам берилган бўлади. Хавфсизлик техникасига доир қондаларнинг бузилиши қўтилмаган хунук ҳодисаларга олиб келади; масалан, ишловчиларнинг яра-чақага чалиниши, касалланиши, асбобнинг шикастланиши мумкин. Шунга кўра, иш бошлашдан аввал геодезик ишчи бошқарувчи ташкилот раҳбари шу объектдаги ишнинг моҳияти, жой шариоти, ишлаш тартиби ва қондаси ҳақида тушунтириш ўтказиши, иш даврида кузатиб бориши керак.

Йўл қуриш ишларида асбоб ва иш бажарувчиларни транспорт хавфидан сақланган бўлишини таъминлаш керак. Иш жойида тасодифий ҳодисанинг олдини олиш учун жойига қараб турли масофада назоратчилар қўйиш зарур. Бино қуриш жойларида асбоб ва ишловчиларни кўтариш крани, ҳавоза хавфидан холи жойларда ишлаш имкониятини яратиш лозим. Ёз пайтларида асбоб билан ишловчилар махсус зонт билан таъминланган бўлсинки, бу ҳам асбоб, ҳам ишловчини Қуёш нисигидан сақлайди. Асбоб кимсасиз далада очиқ қолдирилмайди. Геодезик ишларда қатнашувчиларнинг қулоқ ва кўзлари соғлом бўлиши керак.

Темир йўл қурилишларида ишловчилар сигнал беришнинг қабул қилинган қондаларини ва ундан фойдаланишини, огоҳлантириш сигналлар аҳамиятини, яъни уларнинг ҳаракатдаги состав-келишини 500 м масофада билишга имкон беришини билиб, тегишли хавфсизлик чораларини кўришга омил бўлиши керак. Асбоб рельсдан камида 2 м узоқда ўрнатилиши керак. Иш даврида рельс бўйича юриш, сигнал рангида бўлган материалдан кийим кийиш тақиқланади. Асбобни ҳеч қачон канал, ўйилма откосларига ўрнатмаслик керак.

Асбобни склад ёки лабораториядан шу асбобни биладиган одам олиши, олишда асбобнинг яшикка қандай жойлашувини, керакли қисмларнинг тулалигини текшириб кўриш зарур.

АДАБИЁТ

1. Афанасьев В. Г. и др. Геодезия и маркшейдрское дело в транспортном строительстве М., Недра, 1978.
2. Баканова В. В. Геодезия. М., Недра, 1980.
3. Баршай С. Е. и др. Инженерная геодезия. Минск. Высшая школа, 1976.
4. Большаков В. Д. и др. Теория математической обработки геодезических измерений. М., Недра, 1977.
5. Величко В. А. и др. Новая геодезическая техника и ее применение в строительстве. М., Высшая школа, 1973.
6. Ганьшин В. Н. и др. Справочное руководство по крупномасштабным съемкам. М., 1977.
7. Гауф М. Электронные теодолиты и тахеометры. М., Недра, 1978.
8. Гиршберг М. А. Геодезия. М., Недра, 1967.
9. Григоренко А. Г. и др. Геодезическое обслуживание строительного-монтажных работ. Киев, 1973.
10. Закатов П. С. и др. Инженерная геодезия. М., Недра, 1975.
11. Закатов П. С. Курс высшей геодезии. М., Недра, 1976.
12. Каршак Ф. А. Геодезия. М., Недра, 1976.
13. Кемнец Ю. В. Теория ошибок измерений. М., Недра, 1967.
14. Кр т И. В. Введение в общую теорию земли, М., Мысль, 1978.
15. Левчук Г. П. Курс инженерной геодезии. М., Недра, 1970.
16. Левчук Г. П. и др. Прикладная геодезия. М., Недра, 1981.
17. Маслов А. В. и др. Геодезия. М., Недра, 1980.
18. Нарходжаев К. Н. Геодезические работы Беруни. Таш. «Ўзбекистон», 1977.
19. Рытов А. В., Спиридонов А. И. Геодезические приборы для крупномасштабных топографических съемок. М., Недра, 1977.
20. Селиханович В. Г. Геодезия. М., Недра, 1981.
21. Хейфец Б. С. и др. Практикум по инженерной геодезии. М., Недра, 1979.
22. Цилль В. Инженерная геодезия. М., Недра, 1974.
23. Шилов П. И., Федоров В. И. Инженерная геодезия и аэрофотогеодезия, М., Недра, 1971.

МУНДАРИЖА

Суз боши	3
Биринчи бўлим. Умумий маълумот	4
I боб. Муқаддима	4
I. 1. Геодезия фани ва унинг халқ хўжалигидаги аҳамияти	4
I. 2. Геодезия фани тарихидан қисқача маълумот	6
I. 3. СССРда геодезия фанининг тараққий этиши	8
I. 4. Абу Райхон Беруний ва геодезия фани	9
II боб. Ер юзасини план ва картада тасвирлаш	11
II. 1. Ернинг шакли ва ўлчамлари	11
II. 2. Ер шакли ҳақида кейинги фикрлар	16
II. 3. Ер юзасидаги нуқталар ўрнини аниқлашда координаталар система- си. Жойдаги нуқта баландликлари	17
II. 4. Ер юзасини сфера ва текисликда тасвирлаш	20
II. 5. Ер эгрилигининг горизонтал ҳамда вертикал масофага таъсири	21
II. 6. Жойнинг план, карта ва профили	23
II. 7. Масштаблар	24
II. 8. Геодезияда ишлатиладиган ўлчов бирликлари	30
II. 9. Кичик бурчак тригонометрик функцияларининг қиймати	31
III боб. Топографик карта ва план номенклатураси ҳамда ҳозирги замон координаталар системаси	32
III. 1. Топографик карта ва унинг номенклатураси	32
III. 2. Ясси тўғри бурчакли Гаусс — Крюгер координаталари ҳақида ту- шунча	36
III. 3. Зонавий тўғри бурчакли координаталар системаси	39
III. 4. Километрлар тўри	40
IV боб. Жойнинг рельефи ва уни планда тасвирлаш	43
IV. 1. Рельеф турлари ва уни тасвирлаш	43
IV. 2. Нуқталарнинг отметкалари бўйича горизонталлар ўтказиш	47
IV. 3. Топографик планда масалалар ечиш	50
IV. 4. Топографик карталарда шартли белгилар	54
V боб. Ўлчаш хатолари назарияси ҳақида қисқача маълумот	55
V. 1. Ўлчаш ва унинг турлари	55
V. 2. Ўлчаш хатолари ва турлари	56
V. 3. Хатолар қонунияти	58
Тенг аниқли ўлчаш	58
V. 4. Арифметик ўрта миқдор принципи	58
V. 5. Ўлчаш аниқлигини баҳолаш	59
V. 6. Ўлчанган катталиклар функциясининг хатоси	63
V. 7. Арифметик ўрта миқдорнинг ўрта квадратик хатоси	67
V. 8. Ўрта квадратик хатони энг эҳтимолий хато орқали ифода- лаш. Бессель формуласи	68
Тенг аниқсиз ўлчаш	68
V. 9. Ўлчаш натижаларининг вазни	70
V. 10. Умумий арифметик ўрта миқдор	71
V. 11. Вазни бирга тенг бўлган ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси	71
V. 12. Умумий арифметик ўртанинг ўрта квадратик хатоси	72
V. 13. Ўлчаш натижаларини ишлаб чиқиш	72
V. 14. Эҳтимолликлар назариясидан қисқача маълумот	74

VI боб. Геодезик ишлар, уларни ташкил қилиш усуллари	75
VI. 1. Съемка ва унинг турлари	75
VI. 2. Съемка асослари	77
VI. 3. Давлат геодезик тармоқлари ҳақида тушунча	78
VI. 4. Баландлик ёки нивелирлаш тармоқлари	83
VI. 5. Геодезик тармоқларни зичлаш	84
VI. 6. Геодезик тармоқларни маҳкамлаш	86
VI. 7. Берунийнинг таянч пунктлар тармоғи	89
Иккинчи бўлим. Горизонтал съёмка	90
VII боб. Горизонтал съёмкадаги геодезик ишлар	90
VII. 1. Горизонтал съёмканинг моҳияти	90
VII. 2. Горизонтал съёмка қилиш	90
VIII боб. Жойда чизиқ олиш ва ўлчаш	92
VIII. 1. Чизиқ олиш	92
VIII. 2. Чизиқ ўлчаш ва қуроллари	94
VIII. 3. Қия чизиқнинг горизонтал қўйилишини аниқлаш	97
VIII. 4. Эклиметрлар	99
VIII. 5. Экерлар ва уларни ишлатиш	100
VIII. 6. Инварь сим билан чизиқ ўлчаш	102
VIII. 7. Бевоита ўлчаб бўлмас масофани аниқлаш	103
IX боб. Ориентирлаш	105
IX. 1. Жойда чизиқлар йўналишини аниқлаш	105
IX. 2. Меридианларнинг яқинлашиш бурчаги	108
IX. 3. Дирекцион бурчаклар	110
IX. 4. Дирекцион бурчак билан румб бурчагини орасидаги муносабат	111
IX. 5. Бурчак томонларининг дирекцион бурчакларн орқали ички бурчакни ҳисоблаш	112
IX. 6. Полигон бурчаклари орқали томонларнинг дирекцион бурчакларини ҳисоблаш	112
IX. 7. Ҳақиқий ва магнитавий азимутлар	113
IX. 8. Ҳақиқий меридиан йўналишини аниқлаш	115
IX. 9. Буссол ва гониометрлар	116
IX. 10. Топографик картани ориентирлаш	118
IX. 11. Картада чизиқнинг ҳақиқий азимут ва дирекцион бурчагини аниқлаш	120
X боб. Горизонтал бурчакларни ўлчаш	120
X. 1. Горизонтал бурчак ўлчаш моҳияти	120
X. 2. Теодолит ва унинг қисмлари	121
X. 3. Адилаклар	125
X. 4. Кўриш воситалари	128
X. 5. Лупа	128
X. 6. Микроскоплар катталаштириши ;	129
X. 7. Кўриш трубалари	131
X. 8. Кўриш трубагининг каттадаштириши	133
X. 9. Трубагинг кўриш майдони	135
X. 10. Кўриш трубагининг каттадаштиришини аниқлаш	136
X. 11. Иплар тўри	137
X. 12. Тасвирнинг равшандлиги	138
X. 13. Кўриш трубагини кўзга ва нарсага тўғрилаш	139
X. 14. Мураккаб линзалар	140
X. 15. Эквивалент линзаларнинг фокус масофаси	141
X. 16. Мураккаб объективлар	142
X. 17. Мураккаб окулярлар	143
X. 18. Ички фокусланадиган труба	144
X. 19. Кўриш трубагини нарсага қаратиш аниқлиги	144
X. 20. Теодолит турлари	145
X. 21. ТТ-5 теодолити	146
X. 22. ТТ-5 теодолитини синаш	147
X. 23. ТТ-5 теодолитини текшириш	149
X. 24. Оптикавий теодолитлар	153
X. 25. Т-30 теодолити	153

X. 26.	T-15 теодолити	159
X. 27.	T-15 теодолитини синаш ва текшириш	160
X. 28.	T-5 теодолити	161
X. 29.	Янги типдаги теодолитлар	162
X. 30.	Бурчак ўлчаш усуллари	167
X. 31.	Бурчак ўлчаш аниқлиги	171
X. 32.	Вертикал доира, вертикал бурчакни ўлчаш	174
X. 33.	Теодолитнинг оптикавий компенсатори	180
X. 34.	Теодолит сўмкаси ва усуллари	181
X. 35.	Теодолит йўллари ва уларнинг аҳамияти	185
XI боб.	Горизонтал сўмканинг камерал ишлари	187
XI. 1.	Камерал ишлар ва уларнинг моҳияти	187
XI. 2.	Полигон бурчакларини тенглаш	187
XI. 3.	План чизиш усуллари	189
XI. 4.	Ёпиқ полигонларда координата орттирмаларини тенглаш	195
XI. 5.	Орттирмалардаги йўл қўярли хатони аниқлаш	197
XI. 6.	Очиқ полигон координата орттирмаларини тенглаш	198
XI. 7.	Tўғри ва тескари геодезик масалалар	198
XI. 8.	Нуқталарнинг координаталари бўйича полигон чизиш	201
XI. 9.	Тафсилотни планга тушириш	202
XI. 10.	Полигон юзини ҳисоблаш	204
XI. 11.	Планиметрнинг тузилиши	207
XI. 12.	Қутбли планиметр назарияси	209
XI. 13.	Қутбли планиметрни синаш ва текшириш	212
XI. 14.	Планиметр ёрдамида участка юзини аниқлаш	213
XI. 15.	Юз ҳисоблаш аниқлиги	214
	Юзни ҳисоблаш натижаларини тенглаш	215
XI. 16.	ИПП-2Қ планиметри	215
XI. 17.	ПП-М планиметри	216
XII боб.	Полигонни таянч пунктларга планий боғлаш	216
XII. 1.	Боғлашдаги ҳоллар. Ҳисоблаш тартиби	216
XII. 2.	Геодезик кестирмалар	222
XII. 3.	Диагоналсиз тўртбурчаклик	223
Учинчи бўлим.	Вертикал сўмка	224
XIII боб.	Вертикал сўмкадаги геодезик ишлар	224
XIII. 1.	Вертикал сўмка ва унинг моҳияти	224
XIII. 2.	Геометрик нивелирлаш	224
XIII. 3.	Асбоб баландлиги ва асбоб горизонти	227
XIII. 4.	Нивелирлаш натижаларига ер эгрилиги ва рефракциянинг таъсири	228
XIII. 5.	Нивелирлар ва уларнинг турлари	229
XIII. 6.	Нивелир ғейкалари ва саноқ олиш	231
XIII. 7.	Адилакли нивелирлар	234
XIII. 8.	НЗ нивелири ва уни текшириш	234
XIII. 9.	НТ нивелири	239
XIII. 10.	Н2 ва Н1 нивелирлари	240
XIII. 11.	Компенсаторли нивелирлар	242
XIII. 12.	Қия кўриш нурли нивелирлар	247
XIII. 13.	Геометрик нивелирлашдаги хатолар	250
XIII. 14.	Нивелирдан рейкагача бўлган маъқул масофа	251
XIII. 15.	Геометрик нивелирлаш	251
XIII. 16.	Эгри чизиқлар ва уларни режалаш	254
XIII. 17.	Доиравий эгри чизиқни мукаммал режалаш	258
XIII. 18.	Вертикал эгри чизиқни режалаш	264
XIII. 19.	Ўтиш эгри чизиги ҳақида тушунча	265
XIII. 20.	Нивелирлаш йўлини реперга боғлаш	266
XIII. 21.	Рейка саноғини текшириш усуллари	266
XIII. 22.	Боғловчи ва оралиқ нуқталар	267
XIII. 23.	Нивелирлаш йўли натижаларини текшириш	268
XIII. 24.	Нивелирлаш йўлидаги йўл қўярли хато	269
XIII. 25.	IV класс нивелирлаш	270
XIII. 26.	Техникавий нивелирлаш	271

XIII. 27. Геометрик нивелирлашнинг камерал ишлари	272
XIII. 28. Бўйлама профиль чизиш	278
XIII. 29. Тўғри ва эгри чизиқ планини чизиш	283
XIII. 30. Трасса планини чизиш	287
XIII. 31. Кундаланг профиль чизиш	288
XIII. 32. Юзаларни нивелирлаш ва унинг усуллари	289
XIII. 33. Ер ишлари лойиҳавий отметкаларини аниқлаш	292
XIII. 34. Иш отметкаларини аниқлаш	293
XIV боб. Физикавий нивелирлаш	294
XIV. 1. Физикавий нивелирлашнинг моҳияти ва усуллари	294
Тўртинчи бўлим. Топографик сьёмкалар	300
XV боб. Тахеометрик сьёмка	300
XV. 1. Топографик сьёмка ва унинг моҳияти	300
XV. 2. Тахеометрик сьёмка ва унинг моҳияти	301
XV. 3. Дальномерлар ва улар билан масофа ўлчаш асослари	301
XV. 4. Ўзгармас бурчакли дальномер ва унинг назарияси	303
XV. 5. Дальномерда ўлчанган қия масофанинг горизонтал қўйилиши	306
XV. 6. Ипли дальномер билан вертикал рейкада масофа ўлчаш аниқлиги	308
XV. 7. Горизонтал рейкали ипли дальномер	309
XV. 8. Иккнланма тасвирили дальномерлар	310
XV. 9. Дифференциал дальномерлар	311
XV. 10. ДН-4/ ДД-3/ дальномери	312
XV. 11. ДДЗ да масофа ўлчаш	313
XV. 12. Авторедукцион ДНР-0,6/ ДАР-100/ дальномери	316
XV. 13. ДНТ-2/ ДН-0,8/ дальномери	318
XV. 14. ДНТ-2 билан масофа ўлчаш асослари	319
XV. 15. Электрон дальномерлар ҳақида тушунча	321
XV. 16. Тригонометрик нивелирлаш	324
XV. 17. Автомат тахеометрлар	327
XV. 18. Янги электрон геодезик асбоблар	233
XV. 19. Тахеометрик сьёмкани асослаш	233
XV. 20. Тахеометрик сьёмка қилиш	234
XV. 21. Тахеометрик сьёмканинг камераль ишлари	337
XV. 22. Тахеометрик сьёмка планини чизиш	339
XVI боб. Мензулавий сьёмка	341
XVI. 1. Мензулавий сьёмка ва унинг моҳияти	341
XVI. 2. Мензулавий сьёмка асбоблари	341
XVI. 3. Мензулани ва кипрегелни текшириш	347
XVI. 4. Мензулавий сьёмка қилиш	350
XVI. 5. Чамалаб ўлчаш сьёмкаси ҳақида тушунча	356
XVII боб. Фототопографик сьёмка ҳақида тушунча	357
XVII. 1. Умумий маълумот	357
XVII. 2. Аэрофототопографик сьёмка	358
XVII. 3. Фотосхемалар	361
XVII. 4. Фотопланлар	361
XVII. 5. Аэросуратни дешифрлаш	363
XVII. 6. Стереоскоп ва у билан ишлаш	363
XVII. 7. Суратлар бўйича нисбий баландликни аниқлаш	364
XVII. 8. Карта тайёрлаш усуллари ҳақида тушунча	365
XVII. 9. Фототеодолит ҳақида тушунча	365
Бешинчи бўлим. Инженерлик-геодезик ишлар	366
XVIII боб. Қурилишда инженерлик-геодезик ишлар тури ва уни бажариш	366
XVIII. 1. Умумий маълумот	366
XVIII. 2. Ишотни режалашда асос пунктлар, қурилиш тури	367
XVIII. 3. Режалаш аниқлиги	369
XVIII. 4. Лойиҳани жойга кўчиришга тайёргарлик	370
XVIII. 5. Лойиҳани жойда режалаш усуллари	370
XVIII. 6. Лойиҳани жойга кўчириш	374
XVIII. 7. Лойиҳавий отметкани жойга кўчириш ҳоллари	379
XVIII. 8. Беруний баландлик ўлчагичи	385