

Қ. Н. НОРХЎЖАЕВ

ИНЖЕНЕРЛИК ГЕОДЕЗИЯСИ

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

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 тўлдирish ниятида геодезия олими Берунийнинг геодезия фанига оид ишларидан қисқача маълумот берди. Дарсликни ёзишда автор ўзининг «Инженерлик геодезиясидан практикum» номли қўлланмасидан ҳам фойдаланди.

Китоб ҳажминини оширмаслик учун амалий мисоллар жуда зарур ўринлардагина кўрсатилди. Дарслик олий техника ўқув юр்தарининг студентларига мўлжалланган, китобдан техникum 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 бўлакларга бўлиш учун аввал ўлчаш ишлари ўтказилади, сўнгра у керакли бўлакларга 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 қилириш, ўлчаш ва лойиҳалаш ишларини турли асбоблар ёрдамида амалга ошириш йўллариини ўрганиш ҳозирги геодезия фанининг умумий вазифасидир. Бажариладиган ишнинг мазмуни ва усулига қараб геодезия қуйидагича бўлинади ва таърифланади.

Ер юзаси бўлақларининг кўриниш ва катталигини аниқлаб, уни план, карта ва профилларда тасвирлаш йўллариини ва бунда ишлатиладиган асбобларни ўрганадиган фан *геодезия* дейилади.

Бутун Ернинг умумий шакли ва ўлчамларини аниқлаш, ер юзасида бир системада планний 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, канат, 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 қондаларини турли инженерлик иншоотлари барпо этишга доир ўлчаш ишларига татбиқ этиш йўллариини 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 жойини ҳаводан суратга олиш усули қўлланила

бошладил; 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 ҳодисаларини статикавий ҳол деб қарамай, балки мураккаб динамикавий процесс деб қараб, геофизика ва гравиметрия фанлари ютуқлари асосида геодинamik 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 кўламда жадал олиб борилаётган турли қурилиш ишлари, масалан, темир ва тош йўллар ўтказиш, канал қазиш, катта-кичик бинолар, тўғон, 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 планлаштиришга 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.

Ҳар қандай қурилиш иши геодезияга онд ўлчаш ишлари билан бошланади, давом этади ва тугайди. Масалан, канал қазиш ёки йўл ўтказиш учун аввал шу иншоот ўтишига мўлжалланган жой картада белгиланади, кейин у билан жойда танишилади (бу иш *рекогносцировка* дейилади), йўлнинг ўқ чизиги аниқ белгиланадики, иншоот қуриш учун мўлжалланган бу жой *трасса* дейилади. Трассанинг ўқ чизиги белгиланиб жой съёмка қилинганч, шивелтирланади. Ўқ чизиги профили чизилиб, лойиҳа чизиқлари ўтказилганч, иш отметкалари ҳисобланади. Сўнгра лойиҳадаги нуқталар отметкалари бўйича жойга кўчирилади. Шундан кейингига қурилиш иши бошланади.

Геодезиянинг бошқа фанларга муносабати. Геодезия фани математика, астрономия, география фанлари билан бир вақтда ва ҳаммаси муносабатда тараққий этди. Геодезик асбоблар назарий жиҳатдан физика қонунлари асосида ясалади, ўлчаш натижалари математик қондалар 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 шаронтининг талабига кўра вужудга келди, унга мосланиб тараққий этди ва этмоқда. Тарихий обидалар ва археологик қазилмаларда топилган ноёб қолдиқлар тасдиқлашча қадимий Миср, Месопотамия, Ҳиндистон, Хитой, Юнонистон (Греция), Ўрта Осиё ва бошқа мамлакат халқлари ўз эҳтиёжларини қондириш учун деҳқончилик қилиш ва суғориш каналлари қазиниш, турли бино ва иншоотлар қуриш, экин ва бино жойларини ўзаро тақсимлаш каби ҳаётини масалаларни ечишда геодезик ўлчаш ишларини татбиқ этганлар. Масалан, милоддан илгари Мисрда Нил дарёсининг тошиши натижасида ўнгитилган 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 дарёсини тагидан 0,9 км узунликда тоннел қазиниш учун дарё бошқа ердан ўтказилган.

Мисрда Нил дарёсидан суғориш канали ўтказишда харобат номли 6 м ли ёғоч нов ёрдамида нивелирлаш иши бажарилган. Харобат сув билан тўлдирилиб, икки учига 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 кўриниши дейиш мумкин.

Мисрдаги тенги йўқ маҳобатли эҳромлар (пирамидалар), сарой ва қасрлар қуриш албатта геодезик ишларсиз бўлмаган. Иншоот қуриш, суғориш каналлари ўтказиш, лойиҳани жойга кўчириш 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 бўлганки, бунга етти мўъжиза ва уларнинг қолдиқлари гувоҳдир.

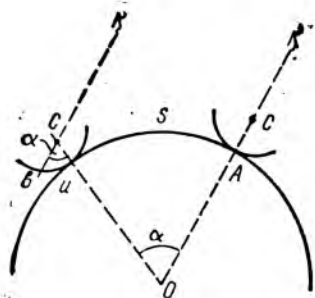
Кундалик ҳаёт тақозосига жавоб тариқасида бажарилган амалий геодезик ишлар билан бирга Ер шакли ва унинг катталиги (ўлчамини) ҳақида ҳам янги қадимий фикрлар туғилди. Табиатдаги кундалик ҳодисаларни синчиклаб кузатиш ва тафаккур қилиш Ер шар шаклида деган фикрни уйғотди. Дастлаб Ерни шар шаклида деган 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 Ироқ жанубида яшаган-халдейлар Ерни шар деб фараз қилдилар ва унинг радиуси R узунлигини ўлчаб, 6310,50 км. чиқардилар, лекин буни қандай чиқарганликлари ҳақида маълумот йўқ.

Хитой олимлари коннотни 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 Лаэртий (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 Канопус юлдузини кузатиш йўли билан Ер шарни айланасининг узунлигини $C = 400$ минг стадия чиқарди. Агар стадияни 176 м десак, $C = 70400$ км, стадияни 150 м десак, $C = 60000$ км бўлади. Лекин бу сонини 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 юлдузга 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 оралигини 20000 стадия деб олиб (стадия 176 м), Ер айланаси узунлигини 300 000 стадия (52800 км) Ер радиусини эса $R = 8400$ км чиқарганлар. Бунини 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 эканини ва унинг ўлчамларини аниқлагани ҳақида ёзганини астроном Клеомед асарида 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 -шакл) қудуқ тагигача тушишини ва вертикал турган таёқ (гномон)нинг сояси бўлмаслигини аниқлади. Бу ҳол Қуёш (Q) зенитда (тикка тепада) бўлиб, зенит оралиги 0° га тенг эканини кўрсатади. Худди шундай вақтда Искандарияда (I) Қуёш зенитдан узоқлашиши сабабли гномон сояси IA 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 ишни билан Ер ўлчамларини аниқлашда ҳозирга қадар қўлланиладиган «Градус ўлчаш усули» га асос солган деб ҳисобланади ва бу усул унинг номи билан юрнтилади.

Искандариялик машҳур олим Птоломей (87 — 165) «География» номли катта асарида 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 онд бой ва қимматли маълумотлар берди. Беруний ёзишича, Ер ўлчамларини аниқлашга 5 — 6 асрларда яшаган ҳинд олимлари ҳам ўз ҳиссаларини қўшган. Масалан, Арьяхата 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 авторини алгебра фанининг асосчиси Ал-Хоразмий ва Ал-Фарғоний, Ал-Марвоний, Ал-Марварудий каби олимлар ҳам ишлади, Халифа Хорун Ал-Рашид ўғли Ал-Маъмун фармоишига биноан 827 йили «Ҳикмат уйи» аъзоларидан иккинчи 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 Холид Марварудий раҳбарлигида меридиан бўйича шимол томонга, иккинчи группа Али Ал-Аструлабий (самарқандлик астролябия устаси) раҳбарлигида жануб томонга қараб юрдилар. Ўз йўлларида бир градус меридиан ёйи узунлигини маҳсус ўлчаш қуроли (арқон) билан тўғри ва тескари йўналишда ўлчадилар. Чизиқ 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 ўлчанган бўлади. Бир группа натижаси бўйича бир градус меридиан ёйи узунлиги 56,00 миля (110, 50 км), иккинчисида 56,66 миля (111, 82 км) чиқди. Ҳабаш Ҳосиб Мервоний (мервлик математик ва ҳисобловчи) аниқлашича 56,66 миля тўғри бўлади. Бу ўлчаш натижаси бўйича меридиан узунлиги 402 53,28 км чиқади.

Арабистонда бажарилган «градус ўлчаш» иши шу давргача бажарилган ўлчаш ишларига нисбатан методик ва илмий жиҳатдан энг тўғриси деб ҳисобланади, чунки бу ўлчашда чизик узунлиги илгариси олимлар ишидагидек, тахминий олимай балки махсус қурол ва усул билан икки қайта ўлчаб топилган. Бундай градус ўлчаш ишлари Кўфа билан Бағдод орасида ва Раққа билан Пальмира (Тадмор) орасида ҳам ўтказилган. Тарихий маълумотларга қараганда бу ишларда Урта Осиё олимларидан Марварудий, Аструлабийлар бевосита раҳбар бўлиб иштирок этса-да, Фароний 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. Ҳақиқатда Ҳоразмийнинг 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 бўлиш, йўл ўтказиш каналлар қазиниш каби ҳаётини масалаларни ҳал қилишда ҳисоблаш ишларининг зарур эканлигини таъкидлади.

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

Мервоний Ҳабаш Ҳосиб ҳам Ҳоразмийнинг буюк олими бўлиб, 1500 бетли астрономик жадвал тузди. «Юлдузларнинг ўлчамлари ва уларнинг Ердан узоқлиги» номли китобида Ернинг диаметри ва айланасининг узунлиги ҳисобланган. Булардан ташқари, Шарқнинг бир қанча олимлари ҳам геодезия фанининг ривожланишига Ҳоразмийнинг ҳиссаларини қўшганлар.

1. 3. СССР да геодезия фанининг тараққий этиши

Ҳозирда 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 Эрмитажида сақланаётган тошдаги ёзувда 1068 йили князь Глебъ Керчь билан Таман орасидаги 27 км (14000 сажан) ли масофа Керчь бўғози орқали муз устида ўлчангани қайд қилинган. Тошга ўйилган чизикларини XI асрдаги Киев Русига тегишли ер картаси, бу ўлчаш эса градус ўлчашга доир бир иш деб айтувчилар ҳам бор.

Ҳақиқатда геодезия кўпроқ ер участкаларининг чегараларини белгилаш, бўлакларга бўлиш, майдон катталигини аниқлаш ишларида татбиқ этилган эди. Петр I нинг Россия картасини тузишга доир кўрсатмаларини бажаришда янги техникадан фойдаланиб, чизик ўлчашда арқон ўрнида металл занжир ишлатила бошланди, бурчаклар астролябия билан ўлчанди.

XVI асрда фанининг тараққий этиши билан геодезия соҳасида ҳам янги асбоб ва усуллар ишлатилди. 1609 — 1611 йилларда кўриш труба, 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 парақли «Сибир чизмалари» 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 ўлкаларининг 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 кирadi.

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

Асосан СССР да геодезия фани улуғ Октябрь социалистик революциясидан кейин давр талабига қараб назарий ва амалий жиҳатдан тез суръатлар билан ривожланди. Кенг Вазғанимнинг узоқ ўлкалари ҳам геодезик тармоқлар билан қопланди ва мукамал топографик карталар тузилди. 1927 йилдан аэрофотосъёмка қўлланила 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 ўзгарди.

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

Совет геодезия фанининг назарий ва амалий ривожланишига совет олимлари-дан Ф. Н. Красовский (1878 — 1948), А. А. Михайлов, М. С. Молоденский, А. И. Изотов, А. С. Чеботарев, В. В. Данилов, П. И. Шиллов, А. Ф. Люгц, В. Д. Бобылаков ва бошқалар катта ҳисса қўшдилар ва қўшмоқдалар.

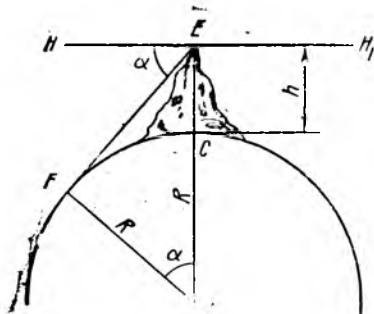
Ф. Н. Красовский ва А. А. Изотов Ер шакли ва ўлчамини аниқлашда яришган ютуқлари учун Ленин мукофотиغا сазовор бўлдилар. М. С. Молоденский Ер шакли ва ўлчамини Ер гравитацион майдонини ўрганиш орқали аниқлаш ҳақида янги назария яратди ва унинг бу иши жаҳоншумул аҳамиятга эга бўлди.

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 шарни ўлчамларини уфқ пасайиш бурчагини ўлчаш орқали аниқлаш; геодезиянинг тўғри ва тескари геодезик масалаларини ечиш йўлларини татбиқ этиб, географик координаталар ёрдамида ер юзасида икки нуқта орасидаги масофанинг узунлигини ва чизик йўналишини, шаҳарлар географик координаталарини аниқлаш; геодезик асбоблар ясаш ва янгиларини ихтиро қилиш; кундалик ҳаётда учрайдиган инженерлик геодезиясига оид масалаларни ечишнинг назарий ва амалий йўлларини белгилаш ва картографик проекциялар ва усуллар. Булар асосий масалалардир, булардан ташқари, жойда нарсаларни кузатишдаги қараш нурининг ҳавода синиши (рефракция) ва параллакс ҳодисалари (қаралган нарсанинг силжиб кўриниши) ҳақида ва ўлчам хатоларининг асосий ҳоссалари, горизонт узоқлигини аниқлаш каби масалалар ҳақида ҳам ўз фикр ва мулоҳазаларини баён этган.

Уша даврда геодезияга хуствақил 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 асариغا қараи. Тошкент, «Фан» 1973.



1. 2.- шакл

ерда 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 шакллар билан, назарий асослаган ҳолда тушунтирди.

Беруний султон Маҳмуд Ғазнавийнинг Ҳиндистонга қилган сафарида у билан бирга бўлди. У ерда 1021—1024 йилларда Мулътон ёнидаги Нандиа 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 $h = 652,055$ зирроъ, 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 бўйича ўша даврда қўлланиладиган 60 — лар системасини татбиқ этиб, Ернинг радиуси R ни ҳисоблаб, қуйидагини чиқарди:

$$R = \frac{652,055 \cdot 0,999492644033}{0,000507355967} = 12\,851\,360,815 \text{ зирроъ.}$$

1. 1.- жадвал

Ер шарининг турли олимлар аниқлаган ўлчамлари

Аниқлаш вақти	Олимлар номи	Радиус узунлиги, км	Бир градус меридиан айл узунлиги, км	Айлана узунлиги C , км	Қайси кенг-ликда
Милоддан 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	40 242,01	52
1670,,	Пикар	6 372,01	111,21	40 036,60	49

1 зирот 0,4933 м десак, $R = 6339580,745$ м = 6339,58 км чиқади. Беруний жаҳонда биринчи бўлиб чизикли триангуляция ва полигонометрияни татбиқ этиб, шаҳарларнинг географик координаталарини ҳисоблади. Астролябиянинг такомиллашган турларини яратди ва улардаги ўз геодезик ишларида фойдаланди. Қартографияда стереографик проекция усулини татбиқ этиб, юлдузлар жойлашган само ва ер юзаси картасини чизиш йўллари 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 Фернел ва Пикар, Голландия олими Снеллиус, инглиз олими Норвуд ва бошқалар ҳам градус ўлчаш усулида ер шарни ўлчамларини аниқладиларки, улар эришган натижалар I. 1-жадвалда келтирилган.

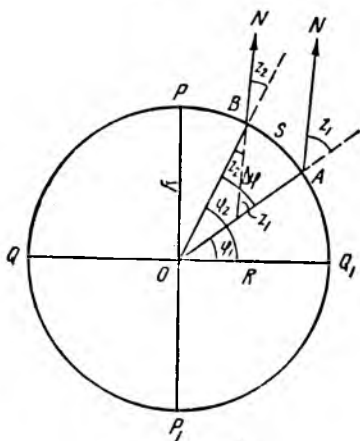
II боб. Ер юзасини план ва картада тасвирлаш

I. 1. Ернинг шакли ва ўлчамлари

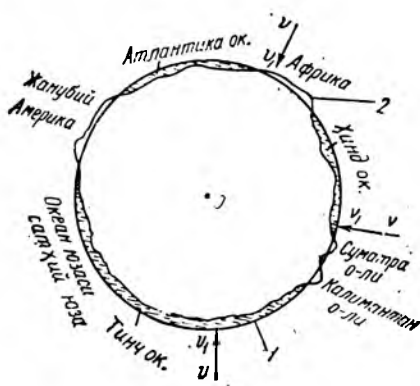
4 Ер шаклини ва катталигини (ўлчамларини) билиш ер юзасини қоғозда тасвирлаш, турли илмий ва техник ишлар олиб бориш учун зарур. 1682 йили машҳур олим И. Ньютон (1643—1727) эълон қилган назария—бутун дунё тортилиш қонунига биноан, Ер ўз ўқи атрофида катта тезлик билан айланиши туфайли у шар шаклида бўлмай,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

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

Ҳозир градус ўлчаш усули тағбиқ этилганда Эратосфен фойдаланган йўл ўрнига, 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 кенгламаси φ_1 ва φ_2 аниқланади. $AB=S$ масофа аниқ ўлча-



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



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

11022 м бўлган Мариан номи бор. Қуруқлик бутун ер юзасининг 29 процентини, денгиз ва океан сувлари эса 71 процентини ташкил этади. Қуруқликларнинг денгиз юзасидан бўлган ўртача баландлиги 875 м. У ҳолда Ернинг шакли қандай деган масала туғилади. Қуруқлик сув эгаллаган жойга нисбатан кичик ва қуруқликнинг сув юзасидан баландлиги Ернинг катталигига нисбатан сезиларли эмас (II.2-шакл), шунинг эътиборга олиб, Ер шаклини белгиланда денгиз ва океан сувларининг тинч тургандаги юзаси асос қилиб олинади. Бу юза ер сиртидаги ҳар бир нуқтада шовун чизикқа, яъни Ернинг тортиш кучи ва марказдан қочирма кучининг тенг таъсир этувчиси бўлган огирлик кучи йўналишига перпендикуляр (нормал) бўлади; бундай юза *сатҳий юза* дейилади. Сатҳий юза ҳамма нуқтада горизонтал бўлади. Ҳар бир нуқтанинг ўз сатҳий юзаси бўлади; океан сувларининг ўртача юзаси асосий сатҳий юза деб қ.бул қилинади.

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

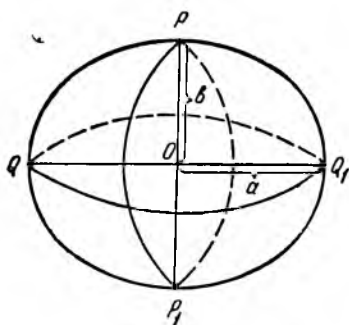
Ер қаърида узлуксиз давом этувчи геологик ўзгаришлар туфайли Ер узлуксиз керишиб туради, бу ҳол геофизикавий ўзгаришлар сабабчиси бўлганидан, Ер шаклини ўрганишда унга статикавий ҳолатда деб қарамай, балки динамикавий жараён таъсиридаги ҳаракат шакли деб қараш тўғрироқ бўлади. Шунга кўра, ўзгарув-

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

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

келиб чиқади. Ҳозир градус ўлчашда шу усулдан фойдаланилади.

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



И. 4- шакл.

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

α қиймати қуйидагича бўлади:

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

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 геондга юқоридаги шартлар асосида энг яқин келади ва Ернинг танасига яхши жойлашадиган бўлсин. Бундай ер эллипсоиди *референц-эллипсоид* дейилади. Ҳар хил мамлакатлар қабул қилган референц-эллипсоид ўлчамлари, уларнинг аниқланиши йили ва авторлари номи И.1-жадвалда келтирилган.

И. 1-жадвал

Аниқланган Йиллар	Мамлакатнинг номи	Олимнинг номи	a	b	α
			м		
1800	Франция	Деламбр	6 375 653	6 356 564	1:334,0
1811	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
1901	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 буни «Ер уч ўқли эллипсоид бўлишидан» деди. Унингча Ер ёлғиз айланиш ўқи бўйича сиқилмай, экватор ўқи бўйича ҳам сиқилган ва бу сиқилиш 1:8870 га тенг. Ўша даврда Ф. Ф. Шуберт фикрига эътироз билдирувчилар ҳам бўлди. Лекин кейин Ф. Н. Красовский бажарган ишлар натижаси Ф. Ф. Шуберт ҳақ эканини кўрсатди.

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 кўрсатди.

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, дэнгиз 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 қуйидаги ўлчамлар қабул қилинди: экватор бўйича катта ярим ўқи узунлигининг ўртача қиймати $a=6378245$ м; қутбий сиқилиши $\alpha=1:298,3$; экватор бўйича сиқилиши $\epsilon=1:30\,000$; 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.

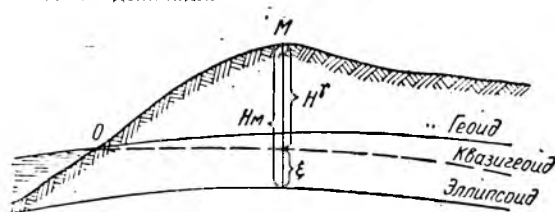
Ер эллипсоиди ва геондни бир-биридан фарқ қилиб ҳисоблаш катта территорияда бажариладиган геодезик ишларда татбиқ этилади. Инженерлик ишларида геонд ва эллипсоид юзалари бир-бирига мос (бир хил) деб ҳисоблаш мумкин. Баъзи амалий масалаларни ҳал қилишда Ерни шар деб олиш ҳам мумкин. Бунда эллипсоид ҳажмига тенг шарнинг радиуси $R=\sqrt[3]{\frac{9}{16}a^2b}$ 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, кўпинча, 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 ўзининг маълум координата системасида аниқлашда бирор юзага нисбат берилади, бу юза сифатида Красовский эллипсоидининг юзаси қабул қилинади.

Ер шаклини ер юзасида нуқталарнинг геодезик кенглиги B , узоклиги 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 чизик 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. Ў Ер юзаси шаклини геодезик ўлчаш натижалари билан геондга редукцияламай (проекцияламай) аниқлаш усулини татбиқ этди; бу Молоденский масаласи дейилади.



II. 3. 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^r билан белгиланади. Ер юзасидаги M нуқтанинг эллипсоид юзасидан баландлиги *геодезик баландлик* дейилиб, H_m билан белгиланади. Шунга кўра, ер юзасидан шовун чизик бўйича нормал баландлик қўйилса, квазигеонд юзаси ҳосил бўлади ёки сатҳий эллипсоид юзасидан нормал бўйича нуқталарнинг баландлик аномалияси қўйиб чиқилса, квазигеонд юзаси чиқади. Шаклдан:

$$H_m = H^r + \xi \quad (II. 3)$$

Квазигеонид юзаси мураккаб кўринишда бўлиб, эллипсоидга нисбатан тўлқинсимон кўринишда ўтади. Баланглик аномалияси 100 м дан ошмайди. Бу баландлик геометрик нивелирлаш йўли билан топилади, баландлик аномалияси ёки квазигеонид 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 квазигеониднинг Красовский Ф. Н. эллипсоиддан баландлиги картасини чизди, бу карта астроном геодезик ишларда қўлланилди.

Денгизларда оғирлик кучини ўлчаш, йўлдошнинг денгиз юзасидан баландлигини радиовисотомер билан аниқлаш сув юзасининг геониддан фарқини билишга имкон берди.

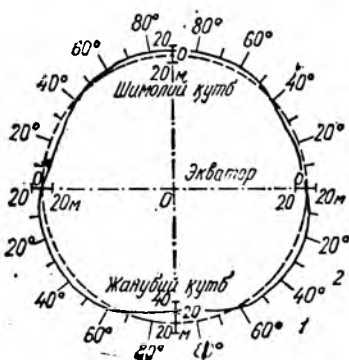
Кейинги вақтда СССР ва Америкада учирилган сунъий йўлдошларнинг олиб борган кузатишлари Ер шаклини аниқлашга катта ҳисса қўшди. Америкада учирилган «Авангард» номли йўлдош Ернинг шимолий қутби сатҳий юзадан 15 м ча кўтарилганини, жанубий қутби эса 15 м ча пасайганини аниқлади. Шу билан бирга, шимолий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

Ер шаклини ўрганиш ва ўлчамларини аниқлаш соҳасида бутун дунё олимлари тинимсиз шугулланмоқдалар ва бу ишда фанининг 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 қилинди.

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, $\alpha=1:298,257$.



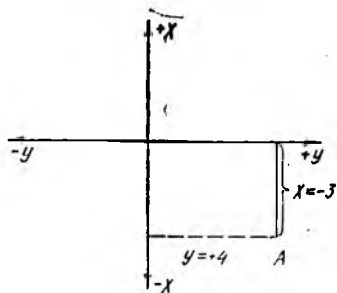
II.6.- шакл. Ер эллипсоиди билан геонидни таққослаш:

1 — эллипсоид, 2 — геонид

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

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

Тўғри 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, тўғри бурчакли ясси декарт системаси координаталари қўлланилади. Бунда меридиан йўналиши x деб қабул қилиниб, y нинг қиймати ўқдан шарққа томон мусбат, ўқдан ғарбга томон



II.7- шакл

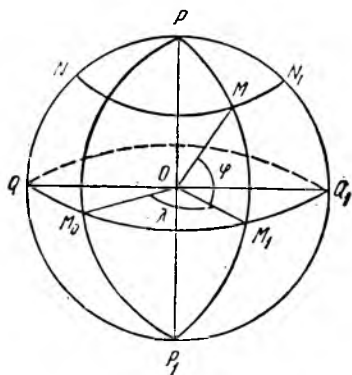
Инженерлик ишларида ўқлари ихтиёрий қабул қилинган координаталар системаси ҳам ишлатилади. У *хусусий координаталар системаси* дейилади.

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 йўналиш 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 чизик 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 чизик 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 чизик 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. А нуқтанинг ўрни координаталари $(-3, +4)$ бўйича II.7-шаклдаги каби кўрсатилади. Икки ўқнинг кесишувидан ҳосил бўлган чораклар номери шимол-шарқ чоригидан бошлаб, ўнгга томон шаклдаги каби ошиб боради.



II. 8- шакл. M нуқтанинг географик координатаси φ ва λ . PMP_1 — M нуқта меридиани, PMP_1 — бош меридиан; NMN_1 — M нуқта параллели; QM_0NQ_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 ўсиб боради, булар *шарқий ёки ғарбий узоқлик* дейилади. Кенглик φ ва узоқлик λ нуқтанинг *географик координаталари* дейилади. Бу координаталарининг қийматлари астрономик кузатиш орқали аниқланади.

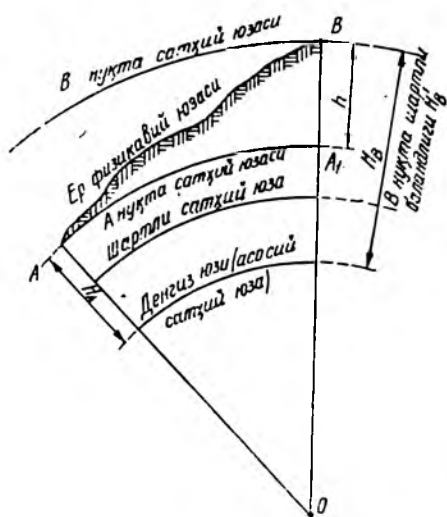
Геодезик координаталар системаси. Бу системада нуқтанинг планий ўрни референц эллипсоид юзаси ва унга нормал тушган чизик асосида аниқланади. Координата ўқлари сифатида геодезик меридиан ва параллел қабул қилинади. Берилган нуқтадан Ер эллипсоиди юзасига нормал ва Ер эллипсоиди кичик ўқига (PP_1) параллел бўлиб ўтадиган текислиkning эллипсоид юзаси билан кесишган чизиги *геодезик меридиан* дейилади. Берилган нуқтадан эллипсоиднинг кичик ўқига перпендикуляр бўлиб ўтган текислиkning 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 чизик йўналиши, геодезик координаталарда эса эллипсоид юзасига тушган нормал чизик йўналиши асос қилиб олинади. Бу нормал ва шовун чизикларининг ҳар хил бўлиши шовун чизикнинг 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 бўлгани 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 геонд юзаси бўлмиш сатҳий юза қабул қилинади. Нуқтанинг денгиз юзасидан бўлган баландлиги *абсолют баландлик* дейилиб

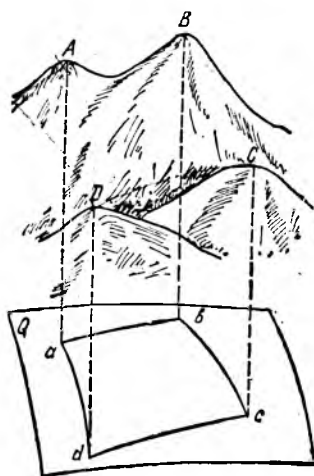


II. 9- шакл.

лик дейлади. 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 геонд юзасини сфера деб олиш мумкин. Ер юзасидаги маълум



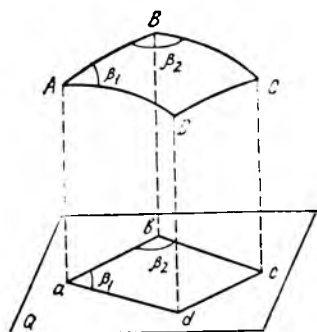
II, 10- шакл.

H ҳарфи билан белгиланади. H нинг қиймати сон билан ифодаланса, у *абсолют отметка* деб аталади. Бу сон нуқта ўрнини аниқлашда учинчи координата бўлади.

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

участкани план ёки картада тасвирлаш учун жойда участка чегараси бўйича кўп бурчаклик ясаиб, унинг бурчак учлари қоғозга туширилади. Маълумки, нуқталар жойда турли баландликда ётади. Бу нуқталарни сферада (сатҳий юзада) ёки текисликда тасвирлашда ортогонал (тўғри 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 топилади. Бурчак учларидан ўтказилган шовун чизиқларнинг сатҳий юза Q билан кесилган 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 бурчаклининг сферадаги горизонтал проекцияси бўлади. a, b, c ва d проекциялар асосида жойнинг кўриниши ва характерини белгилаш учун Aa, Bb, Cc ва Dd ларнинг қийматларини, яъни нуқталарнинг сатҳий юзадан баландлигини (отметкасини) билиш керак.



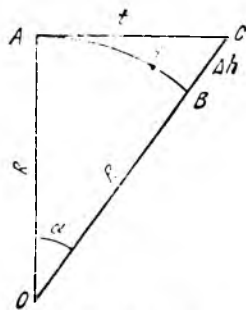
И. 11-шакл.

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

II. 5. Ер эгрилигининг горизонтал ҳамда вертикал масофага таъсири

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

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



II. 12-шакл.

кўриб 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

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

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

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

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

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

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

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

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,

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

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 бўладиган хато $\Delta d=0,82$ см чизикнинг 1:1000000 улушидан кичик. Ер юзасида икки нуқта орасидаги масофа энг аниқ асбоблар ёрдамида ўлчанганда содир бўладиган хатодан ҳам кичик. Шунга кўра, радиуси 10 км ли донра ёки томонни 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 томонни 20 км дан катта бўлганда, Ернинг эгрилигини атоатта ҳисобга олиб, жой проекциясини тушириш керак.

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

бўлиб, 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:

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

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

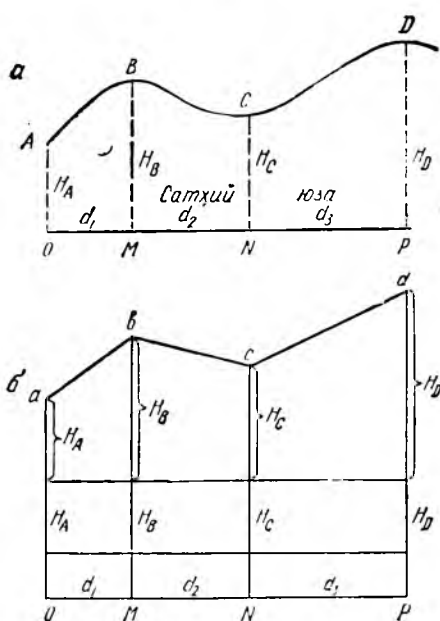
d ўрнига турли қиймат қўйиб, Δh ни ҳисобласак, II. 3-жадвал тузилади. Инженерлик ишларида нуқталар отметкаси 1 мм аниқлик билан топилади. Шунга кўра масофа 100 м дан ошганда нуқта баландлигини аниқлашда Ернинг эгрилигидан келадиган хато-ни албатта ҳисобга олиш керак.

II. 6. Жойнинг план, карта ва профили

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

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

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



И. 13- шакл.

таларнинг вертикал текисликдаги ўринлари ҳам вертикал текисликда тасвирланиши керак бўлади. Жойда бир йўналишдаги 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 бўйича профиль чизилган. Бунинг учун OP тўғри чизиқ олиниб, O дан жойдаги d_1, d_2, d_3 лар горизонтал масофа масштаби бўйича қўйилиб, M, N, P нуқталар топилади (И. 13-шакл, б). Бу масофалар қаторидан юқоридagi қаторга нуқта отметкалари ёзилади. Отметка қийматлари вертикал масштаб бўйича қўйилиб топилган a, b, c ва d нуқталар билан туташтирилса, вертикал текисликдаги *авсд* синиқ чизиқ ясаладикки, бу чизиқ жойдаги $ABCD$ нинг профили бўлади.

И. 7. Масштаблар

План, карта ва профиль жойда ўлчанган горизонтал, вертикал узунликларини бир неча марта кичрайтиб қоғозга тушириш орқали чизилади. Узунлиқни кичрайтиб ёки катталаштириб ифодалаш *масштаб* дейилади. Пандаги кесма узунлиги l нинг шу кесманинг жойдаги узунлиги L га бўлган нисбати $\frac{l}{L}$ *план масштаби* деб аталади. Кичрайтиш даражасини сон ёки чизиқ билан ифодалаш мумкин; шунга кўра, масштаб *сонли* ва *чизигий* (график) бўлади. Сурати бир бўлиб, махражи кичрайтиш даражасини кўрсатувчи оддий каср *сонли масштаб* дейилади. Масалан, пандаги

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

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

$l = 5$ см жойдаги $L = 100$ м бўлса, планининг 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.

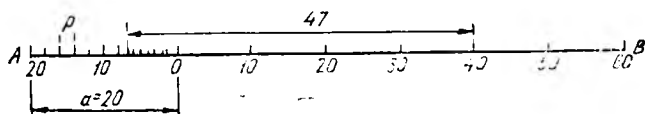
Кичрайтиш даражасини кўрсатувчи сонли масштаб махражини M десак, $\frac{l}{L} = \frac{1}{M}$ бўлади. Бундан

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

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 ифодатланади. Бир AB тўғри чи-



II. 14- шакл.

зиқ чап учидан бошлаб, 2 см дан қўйиб чиқилади. 2 сантиметр-ли ҳар бўлак *масштаб асоси* дейилади ва a билан белгиланади. Чандаги биринчи асоси 10 та тенг бўлакка бўлинади (II. 14-шакл).

Асосининг ўндан бир бўлаги, яъни $\frac{a}{10}$ энг кичик бўлак 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 бўлакка бўлинганда бир бўлакнинг 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 кўрсатиш учун ўлчагичнинг бир оёғи 40 ёзилган бўлакка, иккинчи оёғини эса О дан чапдаги 3,5 бўлакка қўйилади (0,5 м гача чамалаб оли-нади).

Оддий чизигий масштабнинг аниқлиги кичик бўлганидан, инженерлик ишларида кўпроқ кўндаланг масштаб ишлатилади.

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

да транверсал чизиги перпендикулярдан $xу$ қийматича чапга қочади; чизикнинг узунлигини масштаб бўйича аниқлашда транверсалли масштабнинг ана шу хоссасидан фойдаланилади. Берилган сонли масштабга кўра чизикний масштаб ясашни кўриб чиқайлик.

Масалан, 1:5000 сон масштабга кўра энг кичик бўлаги $xу = 1$ м бўлган кўндаланг масштаб ясаш учун аввал масштаб асосининг қийматини билиш керак. Сон масштабга кўра, пландаги 1 см га жойда 5000 см, яъни 50 м тўғри келади. Масштаб асоси сифатида 2 см олиниши кераклигидан, асос узунлиги 2 см га жойдаги 100 м тўғри келади, бу эса асос қиймати бўлади, яъни $a = 100$ м. Бу қийматларни (II. 11) га қўйсак $1 = \frac{100}{mn}$ ёки $mn = 100$ келиб чиқади.

Энди mn қийматларини топиш учун 100 ни икки кўпайтувчига ажратсак, $mn = 10 \cdot 10$ ёки $m = 10$, $n = 10$ бўлади. Асоси 2 см, $m = 10$, $n = 10$ бўлган масштаб нормал юзли масштаб дейилади. Масштаб ясаш учун AF чизикни юқоридаги каби асосларга, кейин чапдаги асосни 10 га бўлиб, баландлигини ҳам 10 га бўлсак, параллел ва транверсал чизиклари ўтказсак, масштаб ясалган бўлади. Бу масштаб шаклдаги каби расмийлаштирилади. Масштаб бўйича план ёки картадаги кесма узунлигини аниқлаш учун ўлчагич ёрдамида картадан кесма узунлиги олиниб, масштабга қўйилади. Ўлчагичнинг бир оёғини чизик узунлигига қараб, ундаги 100 ёки 200 ёзилган чизикча қўйиб, иккинчи оёғи асос бўлақларидан қайси бирига тўғри келиши аниқланади. Масалан, масштаб бўйича 235 м ни кўрсатишда ўлчагичнинг ўнг оёғи 200 ёзилган чизикча устида, чап оёғи эса 0 дан чапдаги учинчи бўлақка қўйилади. Асоснинг бир бўлаги 10 м бўлгандан ўлчагич икки оёғининг ораси 230 м бўлади. Яна 5 м олиниш учун учинчи транверсал бўйича 5 хона кўтарилиши керак. Ўлчагичнинг иккала оёғи бир горизонтал чизикда ётиши лозим.



II. 15-шакл, а

Шу вақт ўлчагичнинг оёқлари 235 м ни кўрсатади (II. 15-шакл, а). 0,5 м бўлақлардан чамалаб олинади. Шаклда 378,5 м кўрсатилган.

Масштаб чизикчи ва транспортирда нормал юзликли масштаб ясалган бўлади. Бу масштабни турли сонли масштабга татбиқан ишлатишда аввал сонли масштаб бўйича асос қиймати a ни, кейин асоснинг бир бўлаги қиймати p ни ($p = \frac{a}{10}$) ва энг кичик бўлақ қиймати

$xу = \frac{a}{100}$ ни топиш керак. Масалан, нормал масштаб $\frac{1}{2000}$ сон масштабга қўлланганда $a = 40$ м, $p = 4$ м, $xу = 0,4$ м бўлади. $xу = 0,4$ м бўлиши масштабдан фойдаланиш учун ноқулай. Бундай вақтда $xу = 0,5$ м бўлган махсус масштаб ясаш ва ундан фойдаланиш лозим. Бундай масштабни ясаш учун m ва n қийматлари аниқланади. (II. 11) бўйича $0,5 = \frac{40}{mn}$ ё $mn = 80$ ёки $m = 8 \cdot 10$; бун-

дан $m=8$, $n=10$, яъни асос 8 бўлакка, баландлик эса 10 бўлакка бўлинади. Бу масштабда $a=40$, $p=5$, $xy=0,5$ м бўлади.

Масштаб аниқлиги. Масштаб бўйича планда кўрсатиш мумкин бўлган жойдаги энг кичик чизиқ, узунлиги масштаб аниқлиги дейилади ва t билан белгиланади. Панда лупаиз, 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 маҳражининг 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 юзликни масштабда аниқлик масштаб энг кичик бўлагининг 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 бўлади. (II. 12) формула бўйича ҳисобланган турли соний масштаблар аниқлиги II. 4-жадвалда келтирилган.

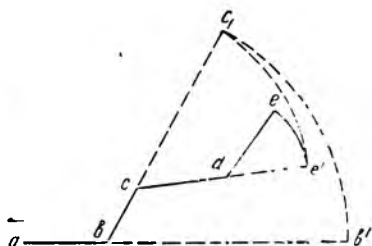
II. 4-жа д вал

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 бўйича кичрайтиш даражаси M ни ва план масштабини топиш мумкин. Масалан, $t=0,5$ м бўлганда (II. 12) бўйича $\frac{t}{0,1} = \frac{0,5\text{м}}{0,1\text{мм}} = 5000$ бўлади; шунга кўра, план масштаби 1:5000 бўлади. Булардан ташқари, масштаб аниқлиги ёрдамида карта масштаби бўйича картада тасвирлаш мумкин бўлмаган жой контурни шаклини ва нарсалар ўлчамини аниқлаш, жойдаги керакли объектларни ўзига ўхшаш қилиб планга тушириш учун қандай масштаб олиш кераклигини ҳам билиш мумкин.

Ўтма масштаб. Эски рус ўлчовида чизилган план, карта ва аэросурат масштабларининг маҳражлари ўнлик системадаги яхлит сон бўлмай, балки ўнлар системаси қондасига ҳилоф сонлар бўлади. 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 бўлсин. Бунга ўтма масштаб ясаш учун қуйидаги

пропорция тузилади: аэросуратда сон масштаб бўйича 154 м га 1 см тўғри келса, 200 м га x тўғри келади. Бундан $x = 200 : 154 = 1,298$ см, яхлитласак, $x = 1,3$ см бўлади. Асос узунлиги 2 см дан кичик бўлмасин дейилса, у 2 га кўпайтирилади. Шунда асос узунлиги 2,6 см бўлиб, бунга 400 м тўғри келади. Масштаб яшаш

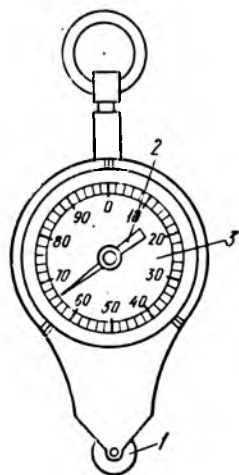


II. 16- шакл.

учун тўғри чизик бўйича 2 см ўрнига 2,6 см дан қўйилади. Юзли масштаб қондасига кўра $m=10$, $n=10$ олиб юқоридагидек юзли (ўтма) масштаб ясалади. Масштаб асосининг қиймати $a=400$ м бўлиб, $p=40$ м, энг кичик бўлаги 4 м бўлади (II. 15-шакл, а). Ўтма масштабнинг метрик масштабдан фарқи шундаки, метрик масштабда асосга 2 см олинади, ўтмада эса 2,6 см ёки соний масштабга қараб бошқа сон олинади. Бу масштаб бўйича олинган кесма узунлиги чизикнинг метр системасидаги узунлиги бўлади.

Планда синиқ чизик узунлигини аниқлаш. Пандаги тўғри чизик узунлигининг қийматини аниқлашда чизик узунлиги ўлчагичда олиниб, сўнгра масштабга қўйилади. Агар планда узунлиги аниқланиши керак бўлган чизик бир неча калта $ав$, $вс$, ... чизиклардан иборат бўлса, (II. 16-шакл) $авсде$ узунлигини аниқлашда ҳар бир калта чизик узунлигини алоҳида аниқлаб, кейин улар бир-бирига қўйилади. Бунинг ўрнига синиқ чизиклардан бир чизик ясаб, кейин унинг узунлигини топиш қулай. Масалан, циркуль учини d га қўйиб, de радиуси бўйича ёй чизилади-да, cd давомидаги e' топилади. Кейин c марказдан $се'$ радиус бўйича ёй чизиб, $вс$ давомидаги c' топилади. Охирида $в$ ни марказ қилиб, $вс'$ радиус бўйича ёй чизилиб, e' топилади. Сўнгра ҳосил бўлган $ав'$ ҳамма чизиклар йиғиндиси бўлганидан унинг узунлиги масштаб бўйича аниқланади.

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



II. 17- шакл. Курвиметр.

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

II. 8. Геодезияда ишлатиладиган ўлчов бирликлари

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

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

Бурчак қиймати $125, 586345^g$ бўлса, у $125^{\circ} 58' 63,45''$ га ёки $125^{\circ} 58' 63,45''$ шаклида ёзилади.

Градус билан град ўлчовлари орасида қуйидаги муносабат бор:

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

Радиан ўлчови. Бу — ўлчов бирлиги бўлиб, математик ҳисоблаш ишларида қўлланилади. Радиан ўлчовида бурчак қиймати ёй узунлигининг радиусга бўлган нисбати билан ifодаланади. Айлана узунлигининг радиусга нисбати 2π деб олинади; шунда $360^{\circ} = 2\pi$, $180^{\circ} = \pi$, $90^{\circ} = \frac{\pi}{2}$ 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 $\rho^g = \frac{400}{\pi} = 63,6620^g$; $\rho^c = 6366, 20^c$; $\rho'^c = 636620^{cc}$.

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

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

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

Бурчакнинг градус қиймати бўйича радиан қийматини 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 айлантирсак, $\beta = 925'$ бўлади. Бурчакнинг радиан қиймати эса

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

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

Ҳаво температурасини ўлчаш бўлиги Цельси 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°С каби.

Ҳаво босими барометрик нивелирлашда қўлланилиб, бунда бирлик бир атмосфера ҳисобланади. Бир атмосфера баландлиги 760 миллиметрли симоб устунининг 0°С 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 $= 1,033 \text{ кг/см}^2$.

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 шарни 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 ёни бўлақларининг узунлиги қуйидагича бўлади:

градус ўлчовида

град ўлчовида

1° ёи узунлиги $= 111,11 \text{ км}$,

$1 \text{ г} = 100 \text{ км}$,

$1'$ « » $= 1852 \text{ м}$,

$1' = 1'' = 1 \text{ км}$,

$1''$ « » $= 31 \text{ м}$,

$1'' = 10 \text{ м}$.

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 $= 1,06680 \text{ км}$.

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 ёи, синус

ва тангенс чизиклари 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,

$$\sin 1^{\circ} \approx \operatorname{tg} 1^{\circ} \approx \frac{1}{53,7^{\circ}}; \quad \sin 1' \approx \operatorname{tg} 1' \approx \frac{1}{3438'}; \quad \sin 1'' \approx \operatorname{tg} 1'' \approx \frac{1}{206165''}$$

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 боб. Топографик карта ва план номенклатураси ҳамда зонавий координаталар системаси

III. 1. Топографик карта ва унинг номенклатураси

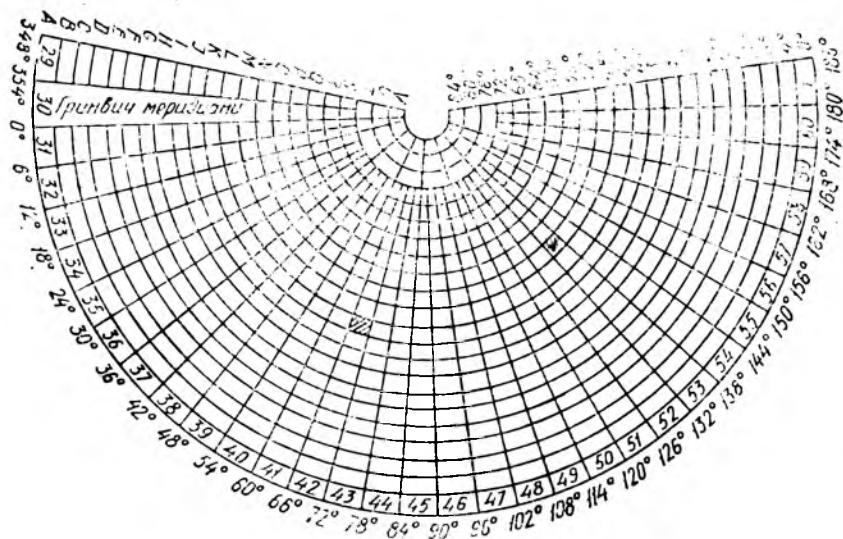
Совет Иттифоқида турли масштабдаги карталар номенклатурасига 2:1000000 масштабни давлат картаси асос қилиб олинган.

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.1. 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 1:1000 000 масштабдаги карталарнинг бир қанча трапецияси ҳосил бўлади. Ҳар қайси трапеция битта алоҳида варақда тасвирланади; меридиан ва параллел чизиклар эса шу варақ рамкаси бўлади. 1:1 000 000 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 тўла 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 (узқтиқ) маълум бўлса, 1:1 000 000 масштабли картанинг шу нуқта жойлашган вариғининг номенклатурасини аниқлаш учун қуйидаги формуладан фойдаланиш мумкин (колонна номери m , қатор номери n деб олинган):

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

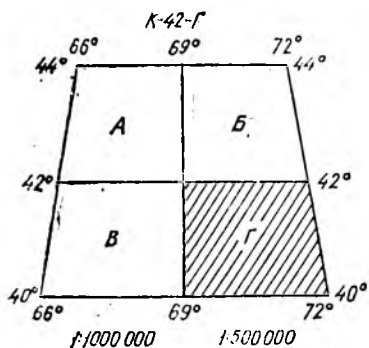
$$n = \frac{\varphi}{4} + 1 \quad (\text{III. 1})$$

Агар $\lambda > 180^{\circ}$ бўлса,

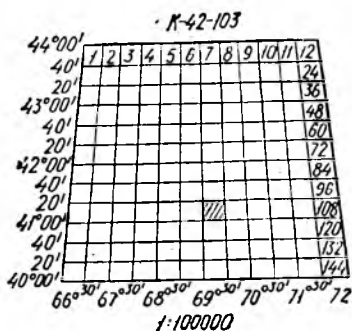
$$m = \frac{\lambda - 180^{\circ}}{6} + 1 \quad (\text{III. 2})$$

бўлади. Бу формуладан фойдаланишда φ ва λ ларнинг фақат градус қийматлари тегишлича 6 ва 4 га бўлиниб, бутун бўлинмалар 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 $n = \frac{41^{\circ}}{4} + 1 = 10 + 1 = 11$ бўлади.

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

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

1:50 000 ва ундан йирик масштабдаги карталар учун 1:100 000 масштабдаги карта варағи асос бўлади. Номенклатураларини белгилашда 1:1 000 000 масштабли карта номенклатураси кетидан 1:100 000 ли карта варағининг номери, сўнгра эса йирик масштаб варағини белгиловчи ҳарф ёки номер ёзилади.

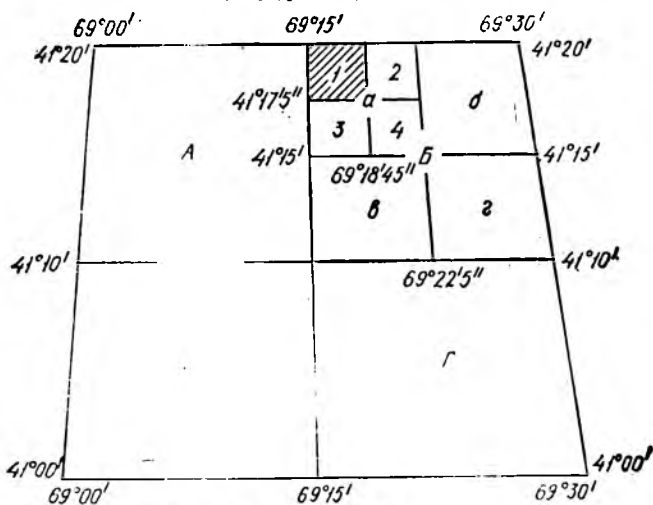
1:100 000 масштабдаги картанинг бир варағида 4 та 1:50 000 масштабдаги карта варағи жойлашади, булар рус алфавитининг бош ҳарфлари *А*, *Б*, *В*, *Г* билан белгиланади. Мисолимизга тегишли 1:50 000 масштабдаги карта варағининг номенклатураси *К—42—103—Б* деб ёзилади (III. 4- шакл).

1:50 000 масштабдаги картанинг бир варағига 4 та 1:25 000 масштабли карта варағи жойлашади, булар рус алфавитининг кичик ҳарфлари *а*, *б*, *в*, *г* билан белгиланади ва керакли варақ ҳарфи 1:50 000 масштабли карта варағи 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 варағида 4 та 1:10 000 масштабли карта варағи жойлашади, булар 1—4 гача араб рақамлари билан номерланади ва карта номенклатурасини белгилашда варақ номери йигирма беш мингли карта варағининг номенклатураси охирига ёзилади. Мисолда *К—42—103—Б—а—1* бўлади. Бу варақларнинг жойланиши ва номенклатураси III. 4- шаклда кўрсатилган.

К-42-103; К-42-103-Б; К-42-103-Б-а

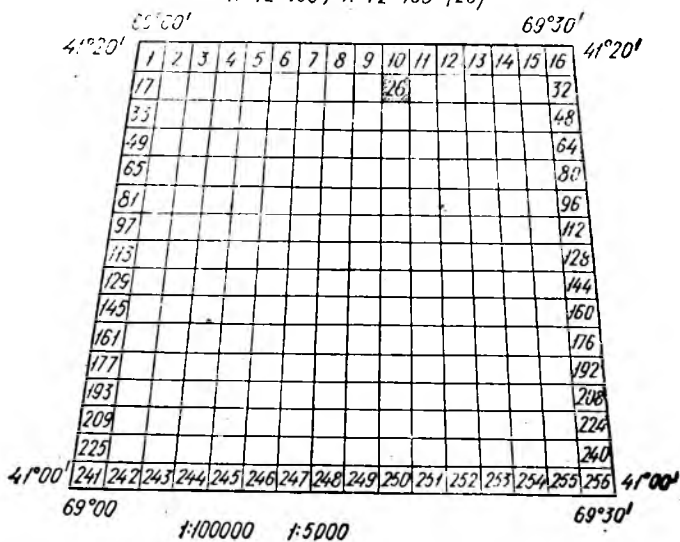
К-42-103-Б-а-1



1:100000; 1:50000; 1:25000; 1:10000

III. 4- шакл.

К-42-103; К-42-103-(26)



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).

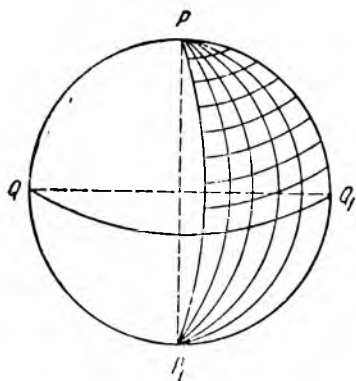
1:5 000 масштабдаги план бир варағида 9 та (3×3) 1:2000 масштабли план варағи жойлашади, булар рус алфавитининг кичик ҳарфлари, *а, б, в, г, д, е, з, и* билан белгиланади ва уларнинг ҳар бири беш мингли план варағининг номенклатураси давомига (қавс ичида) ёзилади. Шунда 1:2000 масштабли план номенклатураси ҳосил бўлади. Масалан, $K-42-103-(26-г)$ (III. 6-шакл).

1:2 000 масштабдаги планнинг бир варағига 4 та 1:1 000 масштабдаги планнинг варағини жойлаштириш мумкин: булар 1, 2, 3, 4 рақамлари билан белгиланиб, икки мингли план варағи номенклатураси давомига

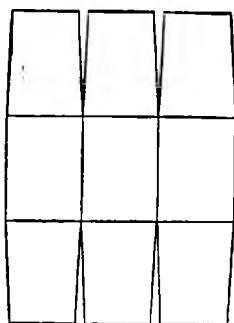
(қавс ичида) ёзилса, 1:1000 масштабли план номенклатураси ҳосил бўлади: $K-42-103(26-г-3)$.

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

Сферани (шарни) текисликка ёйиб бўлмаганидан, ҳар қандай карта маълум даражада бузилиб (хато билан) чизилади. Ҳар карта варағи тўғри чизикли трапеция бўлиб тасвирланса ҳам, жойда, ер шағи ёйидан иборат бўлган томони эгри чизикли трапеция кўринишидаги 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 узидиш (очиқлик) ҳосил бўлади (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.

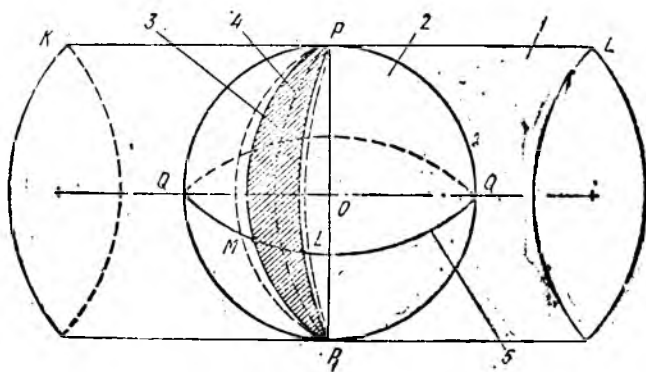


III. 8- шакл.

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 ўзгармайди, бир-бирига ўхшаш тарзда тасвирланганидан у *тенг бурчакли ёки конформ (ўхшаш) 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 бошланиб шарққа томон 60 гача ўсиб боради. Колонна номеридан 30 га фарқ қилади. Ҳар зонанинг ўрта меридиани *ўқий меридиани* дейилади. Проекциялашда ҳар зона ўз



III. 9- шакл. Зонани кўидаланг 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 $\lambda_0 = 6N - 3 = 6 \cdot 12 = 69^{\circ}$ бўлади.

Зонани проекциялашда қуйидагича иш кўрилади. Ер шарни цилиндр ичига шундай киритиладики, зонанинг ўқий меридиани цилиндрининг ички юзасига уринади бўлади. Кейин зона чегара чизиқлари ва зонадаги характерли нуқталар шар радиуси йўналиши бўйича цилиндр ички юзасига проекцияланади. Кейин цилиндр KL ясовчиси 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 нинг цилиндри юзасидаги проекцияси кўрсатилган. III. 10-шаклда қўшни зоналарнинг текисликдаги проекцияларининг тасвири келтирилган. Проекция чизигининг қанчалик ўзгариши Δd , яъни $\Delta d = D - d$ қуйидаги формула ёрдамида топилади

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

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 катталашуш 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,

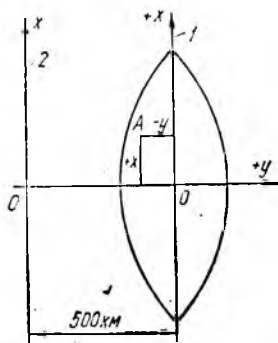
$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{y^2}{2R^2}$$

(III.6)

бўлади. 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 бўлади. Бундаги нисбий хато $\frac{\Delta d}{d} = \frac{1}{800}$, умуман бу ўзгаришдан келадиган нисбий хато $1:1500$ дан $1:6000$ гача бўлади. Бу хато карта чизишда қилинадиган хатодан катта бўлмаганлиги учун, уни ҳисобга олмай, 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 зонатир проекциясини номерига қараб, III. 10-шаклдаги каби, кетма-кет қўйиш билан бутун Ер шарни юзасининг проекциясини ҳосил қилиш мумкин. Бундай зоналар орасида узиллини 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 олиниши мумкин 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 кесилишган нуқтаси координаталар боши бўлади. Абсциссалар (x) шимолӣ ярим шарда мусбат, жанубӣ ярим шарда эса манфӣ бўлади. СССР нинг ҳамма ери шимолӣ ярим шарда бўлганидан, ҳамма вақт абсциссалар мусбат ишора билан олинади. Ординаталар (y) ўқий меридиандан шарққа томон мусбат, ғарбга томон эса манфӣ бўлади. III. 11-шаклда $A(+5; -3)$ нуқта ўз координаталари билан белгиланган. Ординаталарнинг ҳам ҳақиқия мусбат ишорада бўлиши учун координаталар бош ўқий меридиандан 500 км ғарбга сурилган. Бу шартли координаталар боши дейилади. Нуқтанинг ординатаси ҳақиқия шу шартли координаталар бошидан ҳисобланади. Агар ордината қиймати 500 км дан катта бўлса, нуқта зона ўқий меридиандан шарқда, 500 км дан кичик бўлса, ўқий меридиандан ғарбда бўлади. Ордината қиймати



III. 11-шакл. Зона системасидаги координата ўқлари;

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

чапига зона номери ҳам ёзилади. Масалан, географик координатлари $\varphi = 41^{\circ} 35'$, $\lambda = 69^{\circ} 40'$ 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 $555\,558,95 - 500\,000 = 55\,558,05 \text{ м}$ масофада ётганини кўрсатади.

III. 4. Километрлар тўри

Топографик карталар варагидаги географик ва тўғри бурчакли координаталардан осон фойдаланиш ва картада турли масалалар ечиш учун ҳар қайси картада зона координата ўқларига параллел қилиб ҳар километрдан чизиқлар ўтказилади, бу билан квадрат тўр (катаклар) ясаладики, у километрлар тўри дейилади. Бу тўр ёрдамда исталган нуқтанинг тўғри бурчакли ва географик координатасини аниқлаш мумкин. Картада, масштабига қараб, километр чизиқлари турли масофадан ўтказилади. Масалан, масштаб 1:10000, 1:25 000 ва 1:50 000 бўлган карталарда ҳар бир километрдан, масштаб 1:100 000 бўлган картада ҳар икки километрдан, майда масштабли карталарда 10 километрдан ўтказилади.

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

Трапеция учларининг координаталари бўйича (III. 12-шакл) трапецияга километрлар тўри ясаи учун томонлари 10 см бўлган квадрат катаклар қилинади; абсцисса ва ординаталари белгиланиб, квадрат томонларига километр билан фойдаланган қийматлари ёзилади (III. 13-шакл). Сўнгра координаталари бўйича трапеция учларининг ўринлари топилади ва трапеция ясалади. Ясалган трапециянинг тўғрилигини текшириш учун томонлари узунлиги $a_{ж}$, $a_{ш}$, c ва d

нинг қийматларини чизма бўйича ўлчаб, жадвалда 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. 1947.

Трапеция учлари аниқлангач, улар асосида рамка ясалади. Трапеция томонларидан 10 — 12 мм қолдирилиб, ўрта чизик, ундан 1,5 мм қолдирилиб, четки чизик чизилади. Трапеция томонлари ўрта чизикқача давом эттирилиб, рамка учларидаги бу чизиклар ёнига трапеция учларининг географик координаталари ёзилади. Тўғри бурчакли координаталар тўрнининг чизиклари ҳар 1 км да ўтганлиги учун, километр чизиклар ҳам ўрта чизикқача давом эттирилади. Бу тўр чизиклари фақат трапеция ичига чизилади. Тўрнинг пастки ва юқориги чизигининг икки учига шу чизиклар абсциссаси километр ҳисобида ёзилади. Масалан, бизнинг мисолимизда пастига 4 574, юқорисига 4 577 ёзилган, қолган оралиқ чизикларининг юқорисига абсциссанинг фақат кейинги рақами (75 ва 76) ёзилган.

Уқий меридианга параллел бўлган чизикларининг икки четки чизиклари ёнига шу чизикларнинг шартли оординатаси 12 521, 12 526 ёзилади; сонлардаги биринчи икки рақами (12) зона номерини кўрсатади. Бунда ҳам оралиқ чизикларнинг ўнг томонига оординаталарининг охириги икки рақами (22, 23, 24 ва 25) ёзилади.

Ўрта ва четки чизиклар орасидаги 1,5 мм ли оралиқда минут қийматлари кўрсатилади. Масалан, кенгама бўйича трапециядаги фарқ $41^{\circ} 20' - 41^{\circ} 17' 30' = 2' 30'$. Трапециянинг ён томони юқоридан пастга қараб, 2,5 бўлакка бўлинади, биринчи бўлак икки томонининг ярми (бўйича) бир бўлак оралашиб қорага бўялади. Бу минутий рамка трапециянинг тўрт томонида ҳам ясалади. Булар географик координаталар бўйича масала ечилишида ишлатилади.

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

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

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

x — берилган *A* нуқта тагидagi километр чизик абсцисси қиймати бўлиб, шаклда $x = 4575$ км; y — эса *A* нуқта чагидagi километр чизик оординатаси бўлиб, $y = 12\,524$ км. x' , y' лар эслатишган километр чизикларидан нуқтагача бўлган масофа бўлиб, уларни координатомер ёрдамида ёки ўлчагич орқали олиб масштаб бўйича аниқлаш мумкин. III. 13-шаклда бурчакли координатомер ёрдамида аниқлаш кўрсатилган. (Шаклда 2 см га 1000 м, 1 мм га 50 м тўғри келган).

Координатомер бўйича $x = 360$ м; $y = 550$ м, шунга қўра (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 чизиклар ўтказилади. $Bp = l$, $Bq = K$, $Bm = d$ ва $Bn = e$. Кесмалар узунлиги карта

ва меридианлар яқинлашиш бурчагининг қиймати ёзилади. Шу билан бирга юқоридаги қийматларнинг, яъни меридианлар яқинлашиш бурчаги γ ва магнитавий стрелканинг оғиши δ ни кўрсатувчи 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

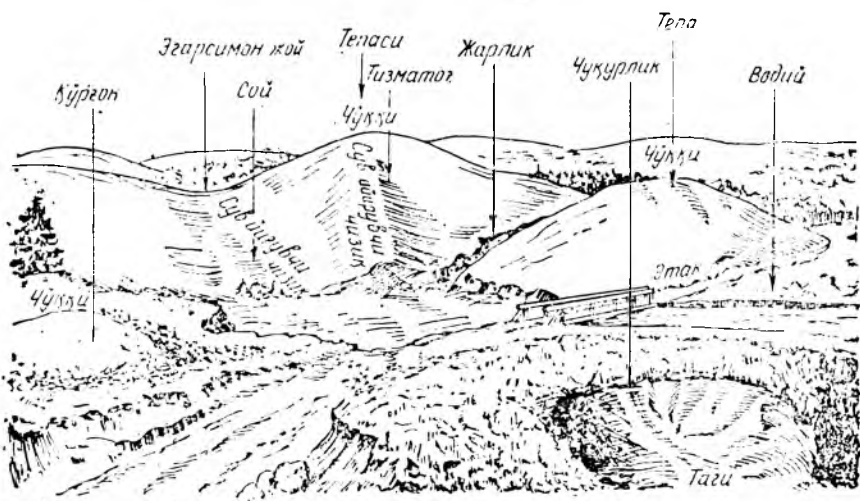
V. 1. Рельеф турлари ва уни тасвирлаш

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 ажрага билиш ва уларни планда горизонталлар билан тасвирлаш йўллариини ўрганиш лозим.

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

Рельефнинг асосий турларини қуйидагича характерлаш мумкин.

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



IV. 1- шакл.



IV. 2- шакл.

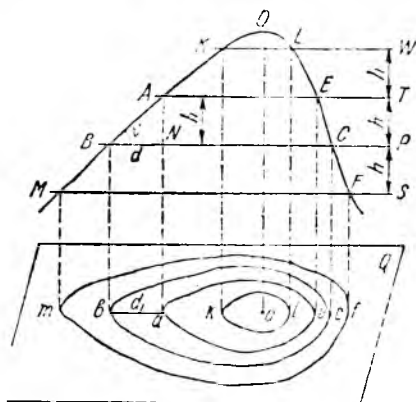
2. Тизма тоғ (алиш) — бир томонга чўзилиб кўтарилган ёки пасайган жой бўлиб, икки ён томони (ён бағри) тикроқ пасаяди, бошқача айтганда, тизма тоғда жой бир нуқтадан уч йўналиш бўйича пасаяди, бир томонга чўзилиб, икки ён томонга тикроқ пасаяди. Чўзилиб пасайиш йўналишининг баланд нуқталаридан ўтган чизик *сув айрилувчи* (сув бўлинувчи) чизик дейилади (IV. 2- шакл, б).

3. Эгарсимон жой (бел) — икки тоғ ёки тепанинг ёни-ён қўшилишидан ҳосил бўлади. Эгарсимон жойнинг икки томонидан қарама-қарши йўналишида сой бошланади. Қўшнча, бир сойдан иккинчисига ўтган ёлғиз оёқ йўл эгарсимон жой орқали нариги томондаги сой йўлига туташади, эгарсимон жойдаги бу йўл *довон* дейилади (IV.2- шакл, в)

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

5. Сой — тизма тоғнинг акси бўлиб, бир нуқтадан уч томонга кўтарилади ёки бир уч очик йўналиш бўйича аста пасаяди, лекин икки ёни тикроқ кўтарилади. Соининг энг паст жойларидан ўтган чизик *сув йиғилувчи чизик* дейилади, бу чизик бўйича ёни сувлари оқади (IV.2- шакл, д). Агар сой кенг ва узоққа чўзилса, *водий* дейилади.

Дарёлар водийнинг сув йиғилувчи чизиги бўйича оқади. Фарғона водийсидаги Сирдарё бунга мисол бўла олади. Агар сойда сув йиғилувчи чизик инчааблиги катта ва тўпроқ юмшоқ бўлса, сел оқимлари орқали юзалиб, йиғилади, кейин бу ерда *жарлик* ҳосил бўлади. Водийда текис майдончалар учрайинки, улар *терраса* дейилади.



IV. 3- шакл.

Рельефни тасвирлаш. Рельеф қозғалди бир неча усулда тасвирланади. Нуқталар отметкаларини ёнига ёзиш, баландлигига қараб турли бўёқлар билан бўйиш, турли йўғонликда ва турли қалинликда ётрихлар чизиш, горизонталлар ўтказиш каби усуллар қўлланилади. Топографик план ва карталарда рельеф горизонталлар билан тасвирланади. Отметкаси бир хил нуқталардан ўтган 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 жойининг h кесимидаги горизонталларидир. W , T , P ва F лар орасидаги h кесим баландлиги деб аталади. T сатҳий юза кесгандаги AE кесимларининг Q даги горизонтали ae бўлиб, булар бир хил отметкада бўлади. Шаклдаги BAN учбурчаклигининг BN томони ea га параллел, BA қия чизиқ гипотенуза бўлиб, унинг Q текисликдаги проекцияси $ea = d_1$, $BN = d$; бу проекция қўйилиши дейилади. BA қия чизикнинг 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 ($ak > el$).

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 четида тугайди;

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

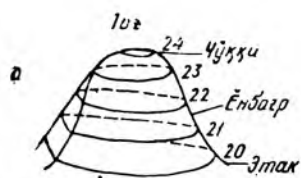
а) кесим баландлиги h ўзгармаса ва вертикал бурчак ν катта бўлса, қўйилиш d кичик бўлади; ν кичик бўлса, d катта бўлади;

б) бир йўналишида горизонталлар оралиғи бир хил бўлса, жойининг нишаблиги ҳам бир хил бўлади.

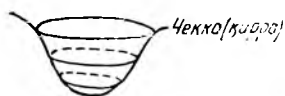
Агар қиялик бурчаги ν ўзгармаса, қўйилиш, d кесим баландлиги h га пропорционал ўзгаради. IV.4-шаклда рельеф турлари (а) ва уларнинг горизонталлар билан тасвирланиши (б) келтирилган.

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

Берг штрихлар тизма тоғ ва сойларда ҳам қўйилади, бу — рельефини аниқлашга ёрдам беради. Тоғ, тизма тоғ, чуқурлик сой ва уларнинг характерли нуқталари (чўққи, таги) ва чизиқлари (сув айрилишчи ва бўлинувчи чизиқлар) жойининг характерли ўринларини, уларни ажрата билиш жуда муҳимдир.



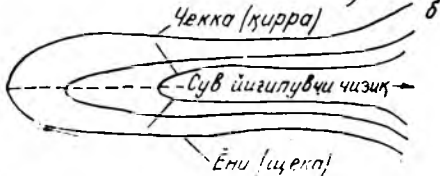
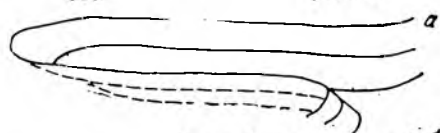
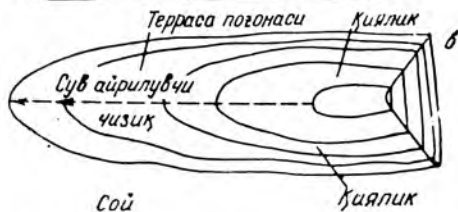
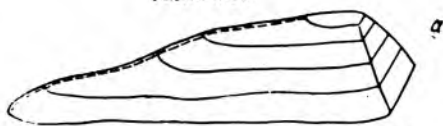
Чуқурлик ёки котловина



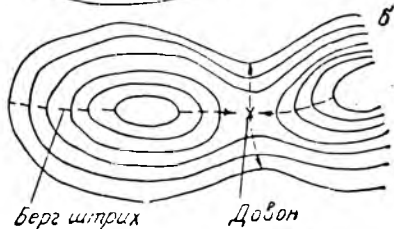
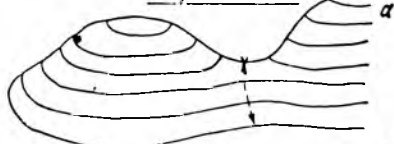
Жағлик



Гизма тоғ



Эзаримон жой



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

Рельефни горизонталлар билан тасвирлаш учун аввал унинг юқоридаги турларининг баландлик бўйича характерли нуқталарини белгилаш, кейин эса отметкаларини нивелирлаш йўли билан аниқлаш керак. Бу ишлар юза нивелирлаш ишларида bajarилadi.

IV. 2. Нуқталарнинг отметкалари бўйича горизонталлар ўтказиш

Рельефининг характерли нуқталарининг отметкалари нивелирлашнинг турли усули билан аниқланади. Жой рельефини горизонталлар билан тасвирлаш учун нуқталарининг 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 ўтказишга аниқлаш *интерполяция қилиш* 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 қилиш* дейилади.

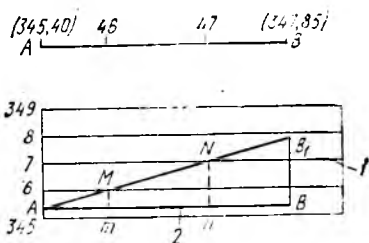
Аналитик усулда интерполяция қилиш учун, IV. 5-шаклдаги каби, 0,5 ёки 1 см дан параллел чизиклар I ўтказилиб, уларга мисолдаги энг кичик отметкадан бошлаб сонлар ёзилади (мисолда 345,0 дан бошланган). Кейин A отметкаси бўйича нуқта белгиланиб, шаклдаги каби AB чизик чизилади. B дан чиқарилган тик чизикда B нинг отметкаси бўйича B_1 нуқта белгиланади, у A билан туташтирилса, AB чизик профили AB_1 топилади. AB_1 нинг 346,00 ва 347,00 отметкали горизонтал чизиклар билан кесинган M ва N нуқталарининг AB га туширилган проекциялари m ва n белгиланган. AMm ва ANN ларнинг ABB_1 учбурчакликка ўхшашлигидан қуйидагиларни 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 ҳақлар қўйишнинг қўямиз. $AB = d$ — масштаб бўйича ўлчаб топилади.

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

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



IV. 5-шакл.

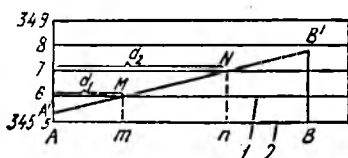
$$d_2 = \frac{d}{H_B - H_A} (H_N - H_A) \quad (6)$$

бўлади. Маълум қийматлар (а) ва (б) га қўйилиб, d_1 ва d_2 топи-
гач, IV. 5-шакл, a да A дан d_1 ва d_2 ни масштаб бўйича ўлчаб
қўйсақ, 346,00 м ва 347,00 отметкани 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;

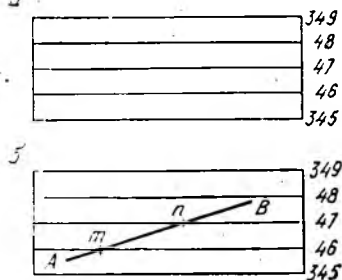
1. Ўлчагич ишлатилиб интерполяция қилиш. B
нуқтанинг отметкаси 347,85 м, A нуқтаники эса 345,40 м. Шу
икки нуқта оралиғида отметкалари 347,00 м ва 346,00 м бўлган
нуқталар ўрнини топиш учун миллиметрли қоғоз олиб, ҳар 1 ёки



IV. 6- шакл.

0,5 см дан горизонтал чизиқлар I
белгиланади; сўнгра AB томон
узунлиги миллиметровканинг бир
қуюқ горизонтал чизиғи бўйича
қўйилади (IV. 6-шакл). Чизиқ уч-
лари A ва B билан белгиланади
ва шу чизиқ отметкаси 345,00 м
деб қабул қилинади. A ва B нуқ-
талардан чиқарилган перпендикуляр чизиқлар бўйича ихтиёрый
йирик масштабда (масалан, 1 см ни 0,5 м деб қабул қилиб) A ва
 B нуқталарнинг 345,00 дан бўлган баландлиги (яъни AB чизиқдан
юқорига 0,40 м ва 0,85 м) ўлчаб қўйилади. Топилган A ва B нуқ-
талар туташтирилса, B ва A нуқталар ўртасидаги чизиқ профили
ҳосил бўлади. Энди отметкалари 346,00 м ва 347,00 м бўлган
горизонтал чизиқларнинг AB чизиқ билан кесилган M ва N нуқта-
ларининг AB чизиққа туширилган горизонтал проекциялари m ва n
лар белгиланади. Бу нуқталар отметкаси 346,00 м ва 347,00 м
бўлган горизонталлар ўтадиган нуқталар ўрни бўлади. Ўлчагич
билан Am ва An кесмалар AB томонига A учидан бошлаб қўйил-
са, планда отметкалари 346,00 м ва 347,00 м бўлган горизонталлар
ўтувчи нуқталар ўрни топилади.

2. Калька билан интерполяция қилиш. Бунинг учун
10 x 10 см катталиқда калька (восковка) олинади ва оралари бир-
бирига тенг бўлган параллел чи-
зиқлар чизилади. Бу чизиқлар уч-
га отметкаларининг энг кичигидан
бошлаб ёзилади (IV. 7-шакл).

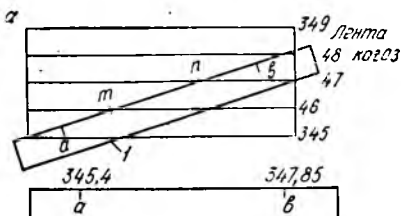


IV. 7- шакл.

Сўнгра AB чизиқ устига каль-
ка шундай қўйиладики, A учу ус-
тига 345,00 ва 346,00 отметка-
ли параллел чизиқлар орасидаги
345,40 м отметкани нуқта тўғри
келсин. Шу турида B учу усти-
га 347,00 ва 348,00 отметкали па-
раллел чизиқлар орасидаги 347,85

отметкали нуқта тўғри келгунча калыкка бурилади. Калыкани шу ваянганда тутиб, ундаги 346,00 м ва 347,00 м отметкали параллел чизикларнинг пландаги AB томон билан кесинган m ва n нуқталарини қалам учи билан босиб, ўринлари планга туширилади. Сўнг-ра калыкка олиниб, нуқта ўрни қалам билан белгиланади. Туширилган бу нуқталар AB чизикдаги 346,00 м ва 347,00 м отметкали горизонталлар ўтадиган нуқталар бўлади.

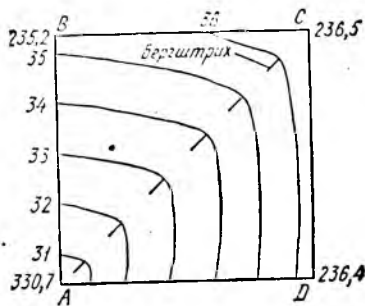
3. Лента қоғоз билан интерполяция қилиш учун 10х10 см катталикдаги миллиметровка (миллиметрларга бўлинган қоғоз) олиб, бир ёки ярим сантиметрдан чизилган параллел чизиклар учига нуқталар отметкасига ва кесим баландлигига қараб отметкалар ёзилади (IV. 8-шакл). Сўнг-ра қалин оқ қоғоздан эни 2 см, узунлиги 10 см бўлган лента қирқиб олинади. Лентанинг бир чети AB чизикқа қўйилиб, лента четига A ва B нуқталар ўрни a ва b белгиланади. Кейин лента қоғоз миллиметровка устига шаклда кўрсатилганидек шундай қўйиладикки, белгиланган a нуқта 345,40 отметка устида, b нуқта эса 347,85 отметка устида ётсин. Кейин ab чизикнинг 346,00 ва 347,00 отметкали горизонтал чизиклар билан кесинган нуқталари m ва n лентала белгиланган олинади. Сўнг-ра лента миллиметровкадан олиниб, AB устига шундай қўйиладикки, A устида a нуқта, B устида b нуқта турсин. Кейин лента четинда белгиланган m ва n нуқталар бўйича AB да 346,00 ва 347,00 отметкали горизонталлар ўтадиган нуқталар белгиланади.



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

a — параллел чизиклар чизилган миллиметровка; b — лента оқ қоғоз; l — лента қоғозни параллел чизиклар устига қўйиш.

Рельефини горизонталлар билан тасвирланда ҳамма вақт юқоридагидек ҳар қайси чизик икки учи отметкалари бўйича интерполяция қилиниб, нуқталар топилади. Кейин бир хил отметкадаги нуқталар туташтирилиб, горизонталлар ўтказилади. Мисол учун $ABCD$ тўрт бурчаклик юзасининг рельефини тасвирлайлик (IV. 9-шакл). Аввал ҳар қайси томонини учларининг отметкалари бўйича юқоридаги усулларнинг бири билан интерполяция қилинади. Бунга қўшимча қилиб, икки учининг отметкалари бир-биридан катта фарқ қилмаган бир диагональ бўйича ҳам интерполяция қилинади (мисолда CA диагональ). Кейин отметкалари бир хил нуқталар шаклдаги каби равиш эгри чизик билан туташтирилади. Мисолдаги шаклда сой тасвирланган бўли, CA диагональ сув йиғилувчи чизик бўлади. Шунга кўра, бергштрихлар A га томон чизилган. Горизонталлар жой рельефининг

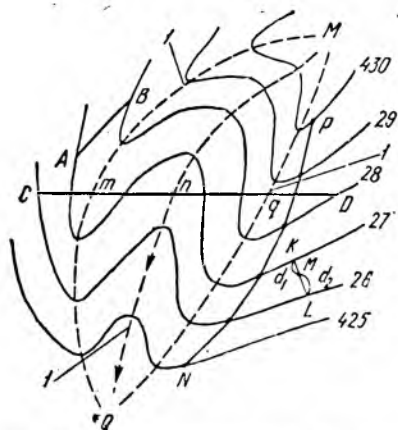


IV. 9-шакл.

характерига қараб, тўғри чизик кўринишида, эгри чизик 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 оралиғи, пландаги чизик нишаби, қиялик бурчаги, қиялик тиклиги каби масалаларни аниқлаш керак бўлади. Топографик планда асосан геодезияга оид қуйидаги масалалар ечилади:



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

MqQ чизиклари сув бўлинувчи чизиклар; MmQ чизиги сув йиғилувчи чизик; I — бергитрих.

1. Берилган нуқтанинг отметкасини аниқлаш. Агар нуқта горизонтал устида ётган бўлса, унинг отметкаси горизонталнинг отметкасига тенг бўлади. Нуқта икки горизонтал орасида ётганда эса унинг отметкаси қуйидагича аниқланади; масалан, икки горизонтал оралиғига жойлашган M нуқтанинг отметкасини топиш учун шу горизонталларга перпендикуляр чиқарилади, перпендикулярнинг горизонталлар билан кесилиш 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 чизикнинг узунлиги d , яъни $KM = d_1$, $ML = d_2$, $KL = d$ бўлса,

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

бўлади; 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 юқоридagi формулалар асосида h_1 ва h_2 ҳисобланиб, масала ечилади. (a) формула асосий, (b) формула эса текишириш формуласидир.

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

$tg v$ қиймати аниқлангач, тригонометрик функциялар жадвали орқали v қиймати топилади. d қўйилиш дейилади. Қиялик бурчаги v 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 $tg v = \frac{1}{17,0} = 0,05884$; Шунга кўра $v = 3^\circ 24'$ бўлади.

Қиялик бурчагини қуйидаги формула билан аниқлаш анча қулай

$$tg v = \frac{h}{d} \text{ ш } v \sin 1' = \frac{h}{d} \text{ ёки } v = \frac{h}{d} \cdot \frac{1}{\sin 1'} \text{ каби ёзсак ва } v \text{ ни ра-}$$

диан ўлчовида ифодаласак, $v = \frac{h}{d} \rho'$ бўлади, ρ қийматини қўйсак,

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

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 ҳам-ма топографик план ва карталарда *қўйилиши (бурчак) графиги* ясалади.

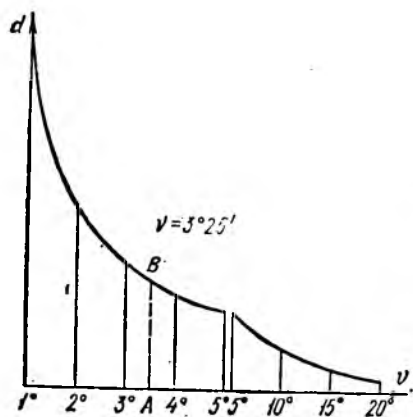
Қўйилиш (бурчак) графигини ясаш. Берилган чизик-нинг қиялик бурчаги v ни аниқлаш учун қўйилиш графиги ясалади. График пландаги кесим баландлиги h нинг қўйилиш горизонтал-лар орасидаги масофа d га нисбати асосида ясалади.

Қиялик бурчагининг тангенс $tg v = \frac{h}{d}$ дан

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

бўлади. Берилган карта ёки планда h ўзгармас бўлганидан, d қия-лик бурчаги v га қараб ўзгаради. График ясаиш учун v га ихтиё-рий қийматлар берилиб, (IV.3) формула ёрдамида d нинг бир неча қиймати топилади.

План тагига горизонтал тўғри чизик чизилиб, чап учидан их-тиёрий бир кесма (1 см) бир неча марта кетма-кет қўйилади. Бўлукларга чап учидан бошлаб, 1', 2', 3' ва ҳоказолар ёзилади ва шу нуқталардан чиқарилган перпендикуляр чизикларга план мас-штаби бўйича ҳисобланган d қийматлари план масштабида қўйила-



IV.11- шакл.

d га нисбати топилади, чиққан сон чизиқнинг нишаби бўлади.

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

Нишаб графигини ясаш. Нисбий баландликнинг 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.

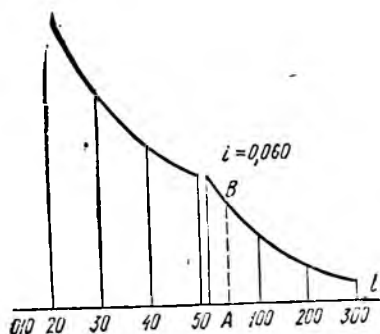
IV.1-жадвал

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

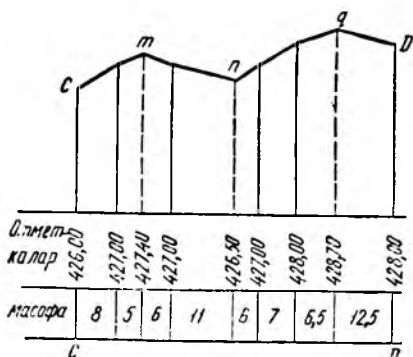
Горизонтал ўтказилган тўғри чизиқ бўйича тенг (1 см ли) кесмалар кетма-кет қўйилади, топилган бўлақларга IV-жадвалдаги нишаблар қиймати 0,010 дан бошлаб қўйилади. Топилган нуқталардан перпендикулярлар чиқарилиб, буларга тўғри келган d қийматлари план масштаби бўйича қўйилади. Топилган нуқталар кетма-кет эгри чизиқ билан бир текис туташтирилса нишаб графиги ясалади (IV.12-шакл). Берилган AB чизиқнинг нишабини аниқлаш учун, AB чизиқнинг узунлиги пландан ўлчагич билан олиниб, графикка қўйилади ва тўғри келган нишаб аниқланади. Пландаги AB чизиқнинг нишаби $i = 0,000$.

ди (IV.11-шакл). Топилган нуқталар кетма-кет равион эгри чизиқ билан туташтирилса, бурчакнинг қўйилиш графиги ясалган бўлади. График бўйича IV.10-шаклдаги AB чизиқнинг қиялик бурчагини топиш учун AB кесма узунлиги ўлчагич билан олиниб, графикда шу узунликка тўғри келган кесма топилади ва қиялик бурчаги (бўлақлар оралиғи чамаланиб) аниқланади. Планда AB чизиқнинг қиялик бурчаги $\nu = 3^\circ 25'$.

3. Берилган чизиқнинг нишабини аниқлаш. Бунинг учун ҳам кесим баландлиги h нинг AB чизиқ узунлиги



IV. 12- шакл. Нишаб графиги. IV. 10- шаклдаги AB чизик нишаби — 0,60.



IV. 13- шакл.

4. Горизонталли планда берилган йўналиш бўйлаб, маълум нишабдаги чизикни ўтказиш. Берилган N нуқтадан нишаби $i = 0,100$ бўлган чизикни P нуқтага томон давом эттириш керак бўлса нишабининг қўйилиши графигидан ширкуль билан $i = 0,100$ га тўғри келган кесма олиниб, бу кесма N нуқтадан бошлаб горизонталларни кетма-кет кесинтириб қўйиб борилса, P нуқта топилади (IV.10-шакл).

5. Берилган CD чизикнинг профиллини чизиш (IV. 10-шакл). Чизик профили миллиметрскага ёки планнинг бир чеккасига чизилади. Бунинг учун, қўндаланг профилдагидек, бирор горизонтал чизик олиниб, ундан 10 мм юқоридagi иккинчи горизонтал чизик ўтказилади (IV.13-шакл), ҳосил бўлган графага оралиқ масофалари ёзилади.

Иккинчи горизонтал чизикдан 15 мм юқоридa учинчи горизонтал чизик чизилади. Бу графага эса отметкалари, яъни CD чизикнинг горизонталлар билан кесинув нуқталарининг отметкаси ёзилади. Сўнггра шу отметкалар бўйича учинчи чизикдан 7 — 8 см юқоридa маълум масштабда профиль чизилади. Профиль чизинида горизонтал масофалар масштаби 1:1000, вертикал масофалар масштаби 1:200 олиниди. Горизонталлар орасидаги m, n ва q нуқталар отметкаси ҳам аниқланиб, профилга туширилади. 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 бўйича сой (дара) туби (сув йиғилувчи) ва алиш (тизма тоғда сув айирилувчи) чизиклар ўтказилади.

Сой майдонни 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. $QmMqQ$ майдонидаги ёғин сувлари MnQ чизик йўналиши бўйича йиғилиб Q га томон оқади. Бу ҳол сой ёки водийда бўлади.

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

IV. 4. Топографик каргаларда 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. Планини 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 масштабининг 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, кўприkning юк кўтарини қуввати, сувнинг оқини йўналиши ва тезлиги, ўрмоннинг қалин-сийраклиги ва дарaxтларнинг турли кабилар тушунтириш ёзуви ва белгилар билан кўрсатилади.

Қабул қилинган шартли белгиларнинг шакл ва ўлчамлари геодезия ва картография бош бонқармаси 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 тўла 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.

Планини *пардозлашда* ёзувлар юқори ва қуйи рамкага параллел қилиб ёзилади. Дарё, канал ва тизма тоғларнинг номлари уларнинг оқини ва пасайиш томони бўйича ёзилади. Горизонталлар отметкаси горизонтални узиб, орасига сон жойининг 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 кўк, ўртаси эса ҳаво ранг бўёқ билан, рельеф ва қумлиқлар жигар ранг бўёқ билан кўрсатилади. Ёзувлар қора тушда ёзилади. Йўл, 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 катталиكنи шу жинсдаги ўлчов бирлигига таққослаб, унинг шу бирликдан қанча катталигини аниқлаш *ўлчаш* деб аталади; бу катталиكنи 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 фойдаланилади.

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 пўлат 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 учбурчаклиكنинг 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 катталиكنинг қийматини аниқлаш учун зарур ўлчаш сони *зарурий ўлчаш* бўлади. Ўлчаш сони бундан ошса, *ортиқча ўлчаш* дейилади. Масалан, номаълум катталиكنи 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 шаронтининг ўзгариш-ўзгармаслигига қараб, ўлчаш *тенг аниқли* ва *тенг аниқсиз* ўлчашга бўлинади. Ўлчаш иши бир шаронтда, бир

асбоб ва бир киши томонидан бир усул билан бажарилса, топилган натижалар бир хил аниқликда бўлади ва тенг *аниқли ўлчаш* дейилади. Ўлчаи иши турли шаронгда, турли асбоб билан, бир неча киши томонидан бажарилса, ўлчаи натижалари бир хил аниқликда бўлмайди, бундай ўлчаи *тег аниқсиз ўлчаи* дейилади.

§ V. 2. Ўлчаи хатолари ва турлари

Ҳар қандай шаронгда бир катталиқни бир неча марта ўлчаи натижалари бир хил бўлмайди, улар бир-биридан фарқ қилади. Ўлчаб топилган натижа катталиқнинг ҳақиқий қийматидан ҳам фарқ қилади. Бу ҳол ўлчаи хатосиз бўлмаслигини кўрсатади, яъни ўлчаида албатта хато бўлади. Ўлчаи иши тўғри, аниқ асбоблар билан энг мукаммал усулдан фойдаланиб тажрибали киши қулай шаронгда бажарганда ҳам хато бўлади, лекин хатонинг абсолют қийматлари кичик бўлади. Ўлчаидагидан катталиқнинг ўлчаб топилган қиймати билан ҳақиқий қиймати орасидаги айирма *ўлчаи хатоси* бўлиб, 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 ўлчаи хатоси катталиқнинг топилган қийматидан ҳақиқий қийматининг айрилганига тенг.

Асбобнинг камчилиги, ўлчовчининг етарли тажрибага эга эмаслиги, таниқи муҳитининг асбобларга ва ўлчаи ишига таъсир этиши ва ҳоказолар натижасида ўлчаи хатолари келиб чиқади. Булар *асбоб*, *шахсий* ва *шаронт хатоси* дейилади. Ҳар қайси фактор хатоси *элементар хато* бўлиб, 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, ўлчаи 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 ўлчаи вақтидаги аданишдан келиб чиқади. Масалан, лентадан санок 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 чегаралан 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 шаронт таъсиридан ва бошқа манбалардан келадиган элементар (кичик) хатолар йиғиндисидан содир бўлади.

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

Геодезик масалаларни ҳал қилишда тасодифий хатоларнинг қуйидаги хоссалари эътиборга олинади:

1. Бир хил ўлчаш натижасида тасодифий хатолар абсолют қийматига кўра 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 кўнайиши билан нолга интилади; бу ҳол хатоларнинг *компенсация (ўзаро ейиши) хоссаси* дейилади.

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

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

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

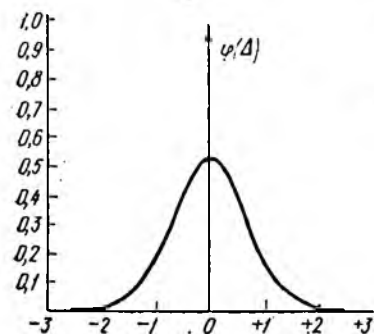
$$\lim_{n \rightarrow 0} \frac{[\Delta^2]}{n} = \bar{m}^2, \quad (V.4)$$

бу ерда m — ўзгармас катталик тўлиб, *стандарт* дейилади, $\bar{m}^2$ — *дисперсия (сочилли)* деб аталади.

¹ Квадрат қавс [] йиғинчи белгиси бўлиб, буни биринчи марта Гаусс ишлатганидан Гаусс белгиси деб ҳам аталади.

V. 3. Хатолар қонуният

Тасодифий хатолар солдир бўлишининг сабабларини аниқ билиб бўлмаса ҳам, лекин ўлчаш жараёнида хатолар маълум қонуният ас сида такрорланади. Хатолардаги бу қонуниятни дастлаб ўрганган ва уни математик ифодалаган олиб Гаусс бўлди. Шунга кўра, хатоларнинг маълум қонун ва қонда бўйича такрорланиши «хатоларнинг Гаусс қонуният» дейилади.



V.1- шакл.

Агар тасодифий хатолар қиймати ўсишига қараб, абсциссалар ўқиға (аналитик геометрия системасида), хатоларнинг такрорланиши сонн ординаталар ўқиға қўйилса, ўлчаш сонн чексиз бўлганда шундай эгри чизик ҳосил бўладики, бу эгри чизик тасодифий хатолар хоссаларини тўла тасвирлайди (V.1-шакл). Бу эгри чизик ҳам Гаусс эгри чизиғи дейилади; у қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

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

бу ерда $f(\Delta)$ — хатонинг исбий такрорланиши; e — натурал логарифм асоси; h — кузатиш қаторининг суратини белгиловчи катталиқ (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 катталиқнинг n марта ўлчанган қийматларини $l_1, l_2, \dots, l_n$ десак, бу қийматларнинг арифметик ўртаси L билан белгиланиб, қуйидагича ифодаланади:

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

ёки йиғинди Гаусс белгилашча ёзилса,

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

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

$$\Delta_1 = l_1 - x$$

$$\Delta_2 = l_2 - x$$

.....

$$\Delta_n = l_n - x$$

$$[\Delta] = [l] - nx;$$

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)

бўйича 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 эҳтимолый 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 ўлчанганлигини кўрсатиш ўлчаш аниқлигини баҳолаш дейилади. Ўлчаш аниқлиги ўлчанган тасодифий хатолар орқали ифодаланадиган ўрта квадратик, чекли хато, эҳтимолый, ўртача хато деб аталадиган хатолар билан баҳоланади.

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

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

бу ерда m — бир ўлчанинг 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 аниқлиқни баҳолашда асосий мезон бўлиб хизмат қилади. Бу хатонинг афзалликлари қуйидагича:

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

таъсир этиши билан ўрта квадратик* хато қиймати ортадики, бу ҳол ўлчаш сифатини яхшилашига ундайди.

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

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

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

Агар ўлчашлар сонини $n = 8$, $m = 0,5'$ бўлса, $m_m = 0,25 \text{ } m$ 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 сифати баҳолаш билан бирга, шу ўлчашда йўл қўйилиши мумкин бўлган энг катта хато, яъни *чекли хато* дейиладиган хато ҳам қўлланилади.

Эҳтимоллар назариясининг кўрсатишича ўрта ҳисобда 1000 хатодан фақат уч хато ўрта квадрат хатосининг учланган қийматидан катта бўлади. Шунга кўра, ўрта квадратик хатосининг учланган қиймати $3 \text{ } m$ *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 $2 \text{ } m$ деб олинади, яъни

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

(V. 12) га кўра, 100 хатодан ёлғиз бири 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 ўсishi жиҳатидан бир қаторга ёзилса, қатор икки четидан тенг узоқликда ётган хато *эҳтимолий хато* бўлади.

Эҳтимолӣ хато билан ўрта квадратик хато орасида қуйидаги муносабат бор:

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

Энг эҳтимолӣ 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 кўра тасодифий хато қийматини ҳам ҳисоблаб бўлмайди. Бундай вақтда ҳақиқий қиймат ўрнига унга энг яқин бўлган *энг эҳтимолӣ қиймат* — *арифметик ўрта* L қабул қилинади. Катталикнинг ўлчанган қийматлари билан арифметик ўрта қиймат орасидаги айрма *энг эҳтимолӣ 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 ихкакла томони қўшилади:

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

$[l] = nL$ эканлиги эсланса,

$$[v] = 0$$

бўлади, яъни энг эҳтимолӣ хатолар йиғиндиси нолга тенг.

Нисбий хато. Ўлчанадиган катталик узунлик бирлиги билан ўлчанса, ўлчаш аниқлигини баҳолашда юқоридаги абсолют қиймат билан ифодаланадиган хато мезонлари жуда ҳам тўғри келавермайди. Бунда ўлчаш хатосининг чизик узунлигига бўлган нисбати билан баҳоланади; бу нисбат *нисбий хато* дейилади. Агар ўлчанган чизик узунлиги d , ўлчашда қилинган хато Δd бўлса, 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 эканини кўрсатувчи сон. Нисбий хато ҳамма вақт сурати бир бўлган оддий каср кўринишида ифодаланади ва суратдаги абсолют хато номига қараб аталади. Масалан, l нинг ўрта квадратик хатоси m бўлса,

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

бўлади, бу *ўрта квадратик нисбий хато* дейилади.

$\frac{\Delta}{l} = \frac{1}{N_2}$ — ҳақиқий нисбий хато; $\frac{v}{l} = \frac{1}{N_3}$ — ўртача нисбий хато; $\frac{\Delta_{lim}}{l} = \frac{1}{N_4}$ — чекли нисбий хато. Нисбий хатони сурати бир бўлган оддий каср билан ифодалаш учун сурати билан махражи суратдаги сонга бўлинади. Масалан:

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

1-мисол. Юқоридаги хатолар турларини аниқлаш учун қуйидаги соний мисолни кўриб чиқайлик. Ўлчанадиган катталик ҳақиқий узунлиги $d = 156,36$ м бўлган чизик 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 боника хатолардан бир неча марта катта бўлиб, қўпол хато бўлганидан кейинги ҳисоблаш ишларида эътиборга олинмайди.

Хатолар қаторидаги 9 хато тасодифий хатоларининг хоссаларига тўла рўя қилиб тарқалган, яъни кичик хатолар кўп, катта хатолар оз учрайди. Шунда ўлчанлар сонини $n = 9$ бўлади. (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 бўлади. Чекли хато (V. 11) бўйича $\Delta_{lim} = 3m = 3 \cdot 0,0304 = 0,0912$ см.

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

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

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 чизик узунлиги d га бўлган нисбатини оламиз, 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 кўпайтирувчи ўлчанган катталик функцияси. Масалан, функция

$$Z = KX$$

кўринишда 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 олинадиган, яъни:

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

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

$$\dots\dots\dots$$

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

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:

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

ўрнига қўйсак,

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

яъни ўзгармас коэффицентли функциянинг ўрта квадратик хатоси аргумент ўрта квадратик хатосидан коэффицент 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 коэффицент. Шу қиматларни (V.21) га қўйсак, функция хатоси m_c тегилади, яъни $m_c = 2\pi m_R = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 = 1,256$ см. Бу сон радиусни ўлчашида қилинган $0,2$ см хато орқали айлана узунлигида $1,26$ см хато бўлишини кўрсатади.

2. Ўлчанган икки катталик йиғиндисининг функцияси. Берилган функция $z = x \pm y$ кўринишида 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:

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

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

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

$$\Delta z_2 = \Delta x \pm \Delta y_2$$

$$\dots \dots \dots$$

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

Буларни квадратга ошириб, сўнгга 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 кўпайтмасининг йиғиндиси бўлиб, ҳар қайси кўпайтма тасодифий хатоларининг 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 алгебраик йиғиндисининг ўрта квадратик хатосининг квадрати ҳар қайси аргумент ўрта квадратик хатолари квадратларининг йиғиндисига тенг.

3-мисол. Жойда икки чизик 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 чизиклар 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.

Қўрамизки, йиғинди анча тўғри ҳисобланар экан.

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

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

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 нуқталарга 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 ифодаланади.

Бу ифодани чиқариш учун учта аргументнинг йиғиндиси олинади:

$$z = x_1 \pm x_2 \pm x_3$$

Буни $z = (x_1 \pm x_2) \pm x_3$ 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 йиғиндиси $x_1 \pm x_2$ 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:

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

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

5-мисол. Бир бурчакли ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси $m = 0,5'$ бўлса, n бурчакли полигон бурчаклари йиғиндисига 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 йиғиндисига $m_z = 0,5' \sqrt{9} = \pm 0,5' \cdot 3 = \pm 1,5'$ 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 тасодикий 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 тасодикий хатолар. Масалан, теодолит билан бурчак ўлчашда ўлчаш натижасига теодолит ва вехани тўғри қўймаслик хатоси, қаратиш, санок олиш хатолари таъсир этади. Бундай ҳолларда ўлчаш натижасининг хатоси (V. 25) формула ёрдамида топилади.

4. Чизиг'ий 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 $m_{z1} = K_1 m_1, m_{z2} = K_2 m_2 \dots, m_{zn} = K_n m_n$ 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:

$$m_z^2 = m_{z1}^2 + m_{z2}^2 + \dots + m_{zn}^2.$$

$m_z, m_{z2}, \dots, m_{zn}$ лар ўрнига $K_i m_i$ қийматларини қўйсак,

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

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 қиймати 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 $S = ab$), даражали функция (квадратнинг юзи $S = a^2$), тригонометрик ифодалар функцияси (нисбий баландлик формуласи $h = d \operatorname{tg} \nu$, координата орттирмаларининг формуласи $\Delta X = d \cos \nu$, $\Delta Y = d \sin \nu$ 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 ўлчашнинг 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 $\frac{1}{n}$ — ўзгармас 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,

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

бўлади. Арифметик ўртанинг тасодифий хатоси δ маълум бўлмаганидан, δ ўрнига унинг ўртача қиймати бўлган арифметик ўртанинг ўрта квадратик хатоси M ни олиш мумкин. $M = \frac{m}{\sqrt{n}}$, $\frac{[\Delta^2]}{n} = m^2$ эканини эсласак, $m^2 = \frac{[v^2]}{n} + \frac{m^2}{n}$ бўлади. Бу ифодани соддалаштирсак,

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

чиқади, яъни бир ўлчаш ўрта квадратик хатоси энг эҳтимоллий хатолар квадратлари йингиндисининг 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

тар-тиб №	d, м	v, см	v ² , см	тар-тиб №	d, М	v, см	v ² , см	формулалар
1	156,33	-2	4	6	156,31	-4	16	$L = 156,30 + \frac{45}{9} = 156,35 \text{ м}$ $v_i = l - L; [v] = 0; [v^2] = 84$ $m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{84}{8}} = \pm 3,24 \text{ см}$
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:

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

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

l_0 сифатида 156,30 ни оламиз, бунда

$$L = 156,30 + \frac{3 + 8 + 10 + 2 + 4 + 1 + 8 + 4 + 5}{9} = 156,35 \text{ м}$$

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 бўлади:

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

Агар (IV. 30) даги m ўрнига унинг энг эҳтимолый хато орқали ифодаланишини қўйсак,

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

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, вази шунча катта бўлади. Вазн ўлчаш шаронини ҳисобга олган ҳолда белгиланади. Маълумки, ҳар ўлчашнинг ўзига хос ўрта квадратик хатоси бўлади. Ўлчаш шаронги билан аниқланадиган вази ва ўрта квадратик хато орасида математик боғланиш бўлганидан, вазини ўрта квадратик хато билан ифодалаш энг тўғри йўл бўлади. Ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси қанча кичик бўлса, ўлчаш шунча тўғри бажарилган ва ўлчаш вази катта бўлади. Ўлчаш вази p билан белгиланади.

Ўлчаш вази 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 коэффициенти. Қўшимча $K=1$ деб олинади; шунда $p = \frac{1}{m^2}$ бўлади.

Агар ўлчаш вазини p , n марта ўлчаш натижаларининг арифметик ўртаси вазини 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 вази ўлчаш вазиндан ўлчаш сони n қадар катта. Одатда бир катталиқ вазини бир деб олиб, кейин бошқа катталиқлар вази ҳисобланади. Ўлчаш вази $p=1$ десак, арифметик ўртанинг вази 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 вази қанча бўлади? Биринчи бурчак вазини P_1 , иккинчи бурчак вазини P_2 десак, бу вазнлар орасида қуйидаги муносабат бўлади:

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

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-мисол. Ўрта квадратик хатоси m бўлган ўлчашнинг вазни p ; вазни бир бўлган ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси μ аниқлансин. Бу ерда ҳам юқоридагидек вазилар нисбатини оламин, яъни: $\frac{p}{1} = \frac{\mu^2}{m^2}$, бунидан

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

чиқади, яъни вазни бир бўлган ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси ўлчаш ўрта квадратик хатоси билан ўлчаш вазнининг квадрат илдизи орасидаги кўпайтмага тенг.

V. 10. Умумий арифметик ўрта миқдор

Тенг аниқсиз ўлчашда турли вазн билан ўлчанган катталикнинг арифметик ўртаси ўлчаш сонлари бўйичагина эмас, балки ўлчаш вазнлари 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 шундан, n -киши p_n марта ўлчаб топган қиймати l_n бўлсин. Бу ердаги ўлчаш сонлари $p_1, p_2, \dots, p_n$ ўлчаш вазнлари бўлади. Бу катталикнинг барча ўлчаш натижалари орқали топиладиган арифметик ўрта қиймати умумий арифметик ўрта қиймат бўлади ва қуйидаги формула билан ифодаланади:

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

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

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

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

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

Агар тенг аниқсиз ўлчаш натижалари $l_1, l_2, \dots, l_n$, уларнинг вазни $P_1, P_2, \dots, P_n$, ўрта квадратик хатолари $m_1, m_2, \dots$

..., m_n , тасодикий хатолари $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_n$ бўлсин. Вазни бир бўлган ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси μ ни (V. 35) га кўра 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 ўнг томонларини қўшсак

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

чиқади, бундан

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

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

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

бўлади. Энг эҳтимолый хато билан μ қуйидагича ифодаланади:

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

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, тасодикий хато орқали

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

энг эҳтимолый 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 тўғри аниқлаш учун бир марта ўлчаш kifоя 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 ўлчашда қилинган хатолар қиймати аниқланади; хато йўл қўярли бўлганда уни ўлчаш натижаларига турлича тарқатиб тузатмалар берилади, бу орқали ўлчаш натижалари математик муносабатларга мувофиқлаштирилади; бу мувофиқлаштириш *тенглаш* дейилади.

Ўлчанган қийматлар номаълум элементларнинг математик боғланишларга мос келиши ёки келмаслиги мумкин; мос келмасликдаги фарқ *боғланмаслик хатоси* дейилади ва f ҳарфи билан белгиланади. Масалан, L — катталикнинг ўлчанган қиймати ёки йиғиндис, 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 ҳарфий белги қўшиб ёзилади. Масалан, бурчак β хатоси (f_β), нисбий баландлик h хатоси (f_h) каби. Боғланмаслик хатоси ўлчаш, жадвал, ҳисоблаш каби манбалардан келган хатолар йиғиндис бўлиб, уни аниқлашда ҳаммаша ўлчаб топилган қийматдан бўлиши керак бўлган қиймат айрилади (V. 42). Тенглашда f қиймати майдаланиб, ўлчанган катталиклар қийматига турли қонда бўйича тарқатиладики, у *тузатмалар* дейилади. Тузатмалар ҳаммаша боғланмаслик хатосига тескари ишора билан тарқатилади. Агар тузатмаларни $v_1, v_2, \dots, v_n$ десак, улар йиғиндис $v_1 + v_2 + \dots + v_n = [v]$ боғланмаслик хатоси f га тенг бўлиши керак, яъни $[v] = f$. Шунда ўлчанган ҳар қайси катталикка берилган тузатма билан тузатилган қиймат ҳақиқий қийматга энг яқин бўлади, яъни:

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

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 ўрнида 0 (ноль) бўлиши мумкин. Масалан, учбурчаклик ички бурчаклари йиғиндис $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 180^\circ$ ёки $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 - 180^\circ = 0$ бўлиши керак. Лекин ўлчашдаги хатолар туфайли нолга тенг бўлмай, ноль ўрнига бошқа сон чиқади, яъни $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 - 180^\circ = f_\beta$. Бу f_β бурчаклардаги *боғланмаслик хатоси* дейилади. f_β ни ўлчанган учта 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 эҳтимоллий хатога аралаштирмаслиги лозим.

лади; $[v] = -f_{\beta}$ бўлиши керак. Буларни ўз бурчакларига қўшиб ёки улардан айириб, кейин тузатилган бурчаклар йиғиндисини олсак, математик муносабатга тўғри 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 тенглашади.

Бурчак ўлчашдаги назарий (нўл қўйрил) чекли хато f_{ρ_n} қуйидагича бўлиши керак:

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

бу ерда t — санок олиш хатоси, n — бурчаклар сонин.

Амалий хато f_{ρ_a} назарий хато f_{ρ_n} дан кичик бўлганда, хато томонининг узунлиги кичик бўлган бурчакларга тарқатилади.

Тенглашда турли усул қўлланилади. Қўпроқ қўлланиладиган асосли усул энг кичик квадратлар усулидир. Бу усулнинг моҳияти шундаки, маълум шаронтдаги ўлчаш натижаларининг тенглашда ўлчанган катталикларга берилган 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 қўпайишига доир назарий масалалар эҳтимолликлар назарияси ва математик статистика қондалари асосида текширилади. *Эҳтимолликлар назарияси ўлчашда содир бўладиган кўпгина тасодифий ҳодисаларнинг қонуниятини ўрганадиган фандир.* Бўлиш ва бўлмаслиги ноаниқ бўлган ҳодиса тасодифий ҳодиса дейилади. Бир шаронтда маълум ҳодисанинг такрорланиши бирор қондага бўйсунди. Агар n марта такрор ўтказилган тажрибада бир ҳодиса k марта учраса, шу ҳодисанинг n та тажрибадаги такрорланишининг p десик, 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 (V. 3-жадвал) ҳосил бўлган:

Хато қиймати, см	Хатолар сонин, k	Хатонинг такрорланишининг, 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 такрорланишининг $p = \frac{1}{20} = 0,05$ бўлади; 2 см ли хато $k=4$ марта учраганидан, унинг такрорланишининг $p = \frac{4}{20} = 0,20$ бўлади ва ҳоказо.

Бир шаронтда бажарилган ўлчаш натижаларининг бир неча

ана шундай қаторини олиб қараганимизда бир ҳодисанинг такрорланиши ҳамма қаторда ҳам бир-бирига яқин бўлганини кўраимиз. Тажриба сони ошган сари такрорланиш бирдек бўла бошлайди ва маълум бир сонга яқинлашадики, бу сон *эҳтимоллий ҳодиса* дейилади. Ҳодисанинг эҳтимоллиги маълум шароитда ҳодисанинг юзага келиши қай даражада мумкинлигини кўрсатади. Такрорланиш, баъзан, *статистик эҳтимоллик* дейилади. Эҳтимоллик p билан белгиланади, унинг қиймати эса 0 билан 1 орасида бўлади:

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

Шунга кўра, содир бўлмайдиган ҳодиса эҳтимоллиги 0 га, бўлиши аниқ ҳодиса эҳтимоллиги эса 1 га тенг бўлади. Келтирилган жадвалда хатолар қиймати ва уларнинг такрорланиши тасодифий хатоларнинг 1 ва 2—ҳодисаларини яққол кўрсатади.

Эҳтимолликлар назариясида тасодифий хатоларининг 1 ва 4—хоссалари ҳамда ўлчаш сони n кўпайиши билан арифметик ўрта катталиқ қиймати L ўлчанган катталиқнинг ҳақиқий қиймати X га яқинлашиши, яъни $L \approx X$ бўлиши ҳам тўла исботланади.

VI боб. Геодезик ишлар, уларни ташкил қилиш усуллари

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 ўлчаш ишлари олиб борилади. Кейин шу ўлчаш натижалари бўйича уйда керакли чизма чизилади. Шунга кўра, геодезик ишлар иккига—*дала* ва *камерал ишларга* бўлинади. Дала ишларида турли ўлчов қуроллари билан жойдаги турли нуқдорлар ўлчаниб, уларнинг қиймати аниқланади. Камерал ишлар ҳам, ўз навбатида *ҳисоблаш ишлари* билан *график ишларга* бўлинади. Ҳисоблаш ишларида далада ўлчаб топишган натижалар математика қондалари асосида текширилиб, ўлчаш хатолари аниқланади, кейин тенглашиб план, карта ва профиль чизиш учун керакли сон қийматлар топилади. График ишларда эса ҳисоблаш натижалари асосида керакли чизмалар чизилади.

Жойдаги предметларнинг (норсаларнинг) бир-бирига нисбатан горизонтал ва вертикал текислик бўйича жойлашши вазиятларини аниқлаш учун бажариладиган геодезик ўлчаш ишларининг йиғиндиси *съёмка (план олиш)* дейилади. Съёмкада, талабга қараб, жой тафсилоти ёки рельефи ёхуд иккаласи тўла аниқланиб, қўғозда тасвирланиши талаб қилинади. Шунга кўра, съёмка *горизонтал съёмка* билан *вертикал съёмкага* бўлинади. Агар съёмкада жой тафсилотини (ситуациясини) тасвирлаш учун жойдаги нуқталарнинг горизонтал текисликдаги проекциялари аниқланса, бу *горизонтал съёмка* бўлади. Агар жойдаги нуқталарнинг маълум сатҳий юзага нисбатан ёки ўзаро баландлиги аниқланса, бу *верти-*

кал съёмка ёки баландлик съёмкаси бўлади. 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 қуйидагиларга бўлинади.

1. Теодолит съёмкаси ёки бурчак ўлчаш съёмкаси; бунда икки нуқта орасидаги масофа, теодолит номли асбоб билан чизиклар орасидаги бурчак горизонтал қўйилиши ўлчанади. 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 фотокамерани бирга қўшиб ишланган асбоб—*фототеодолит* ёрдамида бажарилади.

5. Аэрофотосъёмка, бунда жой съёмкаси самолётга ўрнатилган махсус фотоаппарат ёрдамида ҳаводан олинади. Аэрофотосъёмка маҳсулотининг 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 бўлади, рельеф горизонталлар билан тасвирланадиги, 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, қуйидагиларга 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 нивелирлаш*га бўлинади. Гидростатик ёки сув нивелири ёрдамида нивелирлаш—бунда суюқлик солинган туташ идишлардаги суюқлик юзаси бир гори-

зонда ётишидан фойдаланилиб, ники нуқталнинг нисбий баландлиги аниқланади;

г) механик ёки автомат нивелирлаш — нуқталар баландлиги турли кўринишдаги асбоблар орқали автоматик равишда аниқланади.

Тажрибада юқоридаги съёмка тўрларидан ташқари, аниқлиги унча бўлмаган буссоль, эккер ва чамалаш съёмкаларидан ҳам фойдаланилади.

Буссоль съёмкасида буссоль орқали жойдаги чизикларнинг магнитавий азимутлари, булар орқали эса чизиклар орасидаги бурчак аниқланади, чизиклар узунлиги ўлчанади, бу съёмка ёрдамчи съёмка ўрнида қўлланилади.

Эккер съёмка ҳам ёрдамчи съёмка бўлиб, эккер ёрдамида жойда тўғри бурчаклар ясашга асосланган. Эккерни ёлғиз текис жойда ишлатиш мумкин.

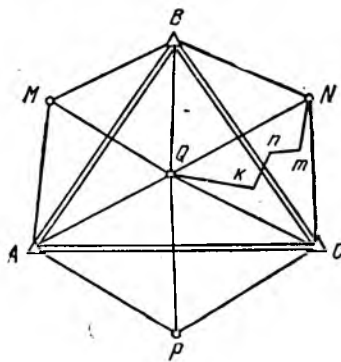
Чамалаш съёмкаси кўпроқ барометрик нивелирлаш билан бирга олиб борилади. Жой плани далада чизилиб, масофалар қадамлаб ёки чамалаб ўлчанади. Айтиб ўтилган съёмка усуллари билан қуйида тўла танишиб чиқамиз.

VI. 2. Съёмка асослари

Берилган катта ёки кичик жойнинг план, карта ва профилини чизиш учун аввал шу жойда юқорида танишилган съёмка усуллариининг бири билан горизонтал ёки вертикал съёмка ишлари олиб борилади. Съёмка натижаларининг тўғри ва ишончли бўлиши учун уларни илмий асослаб, бир системада олиб бориш керак бўлади. Шунга кўра, ҳамма вақт ҳар қандай геодезик иш «умумдан бўлакка ўтиш» дейиладиган қонда асосида олиб борилади. Бу қонда татбиқ этилганда ўлчаш ва ҳисоблаш даврида содир бўладиган хатоларни ўз вақтида аниқлаш ва тузатишга имконият туғилади.

Умумдан бўлакка ўтиш усулининг моҳияти шундаки, аввал жойда бир неча нуқталар ўрни, масалан, координатлари ёки баландликлари юқори аниқлик билан топилади ва улар *бош таянч нуқталар* дейилади. Кейин бу таянч нуқталар асосида шу нуқталар атрофида иккинчи даражали нуқталар олинади. Улар сон жиҳатидан кўпроқ ва бир-бирига яқинроқ бўлиб, уларда ўлчаш аниқлиги ҳам камроқ бўлади. Кейин бу нуқталар асосида учинчи даражали бир неча нуқта топиладики, булар иккинчи даражали таянч нуқта бўлади. Бу нуқталар орални 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 тўри *таянч нуқталар тармоғи* ҳам дейилади.

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



VI. 1- шакл.

учбурчаклик учлари бўлиб, улар асосида иккинчи даражали M, N, P, Q нуқталар топишган. Кейин бу нуқталар бўйича N ва Q орасида учинчи даражадаги m, n, k нуқталар олишган. Шундай m, n, k каби нуқталар ҳар қайси юқори даражали таянч нуқталар орасида олиниши ҳам мумкин. Бу нуқталар бир-бирига яқин жойлашган бўлиб, жойнинг тафсилот ва рельефини съёмка қилишда асбоб шу нуқталарга ўриатилади-да, кейин съёмка қилинади, бу нуқталар *съёмка қилиш нуқталари* дейилади.

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

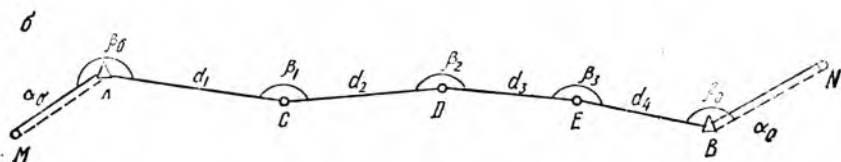
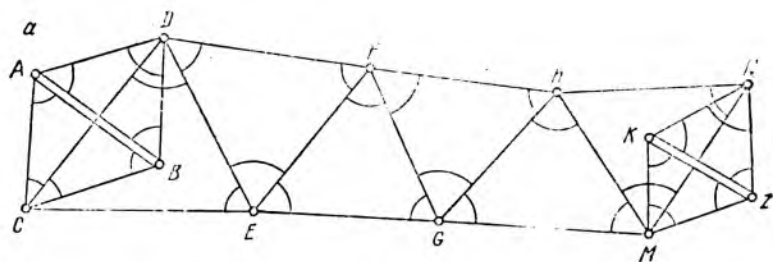
VI. 3. Давлат геодезик тармоқлари ҳақида тушунча

Координата ва баландликларни маълум ва турли масофаларда ерга мустаҳкам ўришилган таянч пунктлар тармоғи *давлат геодезик тармоқлари* деб аталади. Тармоқлар ва улардаги пунктлар геодезия ва картография бош бошқармаси тузган лойиҳага биноан ўриштилади.

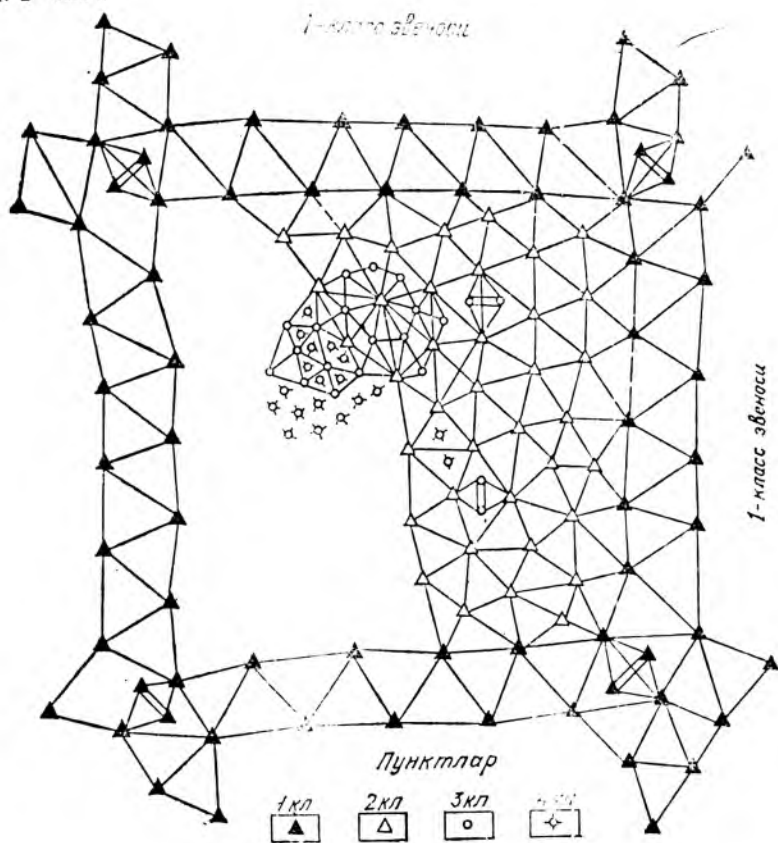
Геодезик тармоқлар *планий* ва *баландлик* тармоқларига бўлинади. *Планий тармоқлар астрономик* ва *геодезик* усуллар билан ўриштилади. Астрономик усулда ҳар қайси таянч пункт ўрнининг географик координатаси мустақил равишда астрономик кузатиш орқали аниқланади. Бу усул анча енгил бўлса ҳам унча аниқ 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*, *диагонализ* *тўртбурчаклик* ва *геометрик тўр* (тармоқ) каби усулларнинг бири ёки бир нечаси қўлланилади.

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



VI. 2- шакл.



VI. 3- шакл

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

Триангуляция таянч пунктларини барпо қилиш СССРда илмий қондаларга асосланган ҳолда ташкил қилинган ва ўрнатилган. 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 га-ча чўзиллиб кесилишади ва тўртбурчаклик шаклидаги полигон ясайди (VI. 3-шакл). 1-класс билан ўралган майдон ичида 2-класс учбурчакликларни жойлашади. 2-класс ўрталаридаги майдон 3 ва 4-класс учбурчакликларни 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 ўртача 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 ўлчамай, 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, кўприк каби қурилишларда базис узунлигини шкалани пўлат ёки инвар сым 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

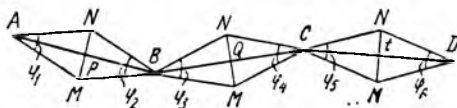
ёлғиз томонлар узунлиги ўлчаниб, бурчак ва координаталари математик йўл билан ҳисоблаб топила, бу учбурчакликлар қатори *трилатерация* дейилади. Бунда томонлар узунлиги радио ёки ёруғлик дальномерлари ёрдамида ўлчанади. Кейин томон узунликлари асосида А. И. Дурнев формуласи ёрдамида бурчаклар қиймати аниқланиши мумкин.

Полигонометрия я ёпиқ ёки очик кўпбурчаклик (полигон) бўлиб, ҳамма бурчак учларидаги юриш бўйича чап ёки ўнг бурчаклар ва томонлар узунлиги ўлчанади (VI. 2-шакл, б). Агар M , A ва B , N нуқталарнинг координаталари ҳамда MA ва BN чизиқларнинг азимутлари маълум бўлса, ҳамма нуқталарнинг координаталарини аниқлаш мумкин. Жойда бир неча полигонометрик йўллар бирлаштирилса, полигонометрия тармоғи ҳосил бўлади. Полигонометрия йўлларининг кесилишган нуқтаси *туғун нуқта* дейилади.

Агар жой шаронти триангуляция тармоғи ясашига имкон бермаса, бундай жойда полигонометрик тармоқ ўрнатилади. Умуман полигонометрия йўлида томонлар орасидаги бурчак мумкин қадар 180° га яқин бўлиши керак.

Триангуляциядаги каби полигонометрия ҳам 4 классга бўлинади. Бу ерда ҳам умумдан бўлакка ўтиш қондасига кўра, қуйи класс тармоқлари юқори класс тармоқларига асосланади. Полигонометрик тармоқларининг қуйи классининг аниқлиги кам бўлиб, съёмка қилиш учун ярарли бўлса, улар *теодолит* юриш нуқталари дейилади. Теодолит йўлида чизиқлар ихтиёрий бурчак билан бурилиши мумкин.

Полигонометрия томонларининг узунлиги турли дальномерлар билан, масалан, радио, ёруғлик, оптикавий дальномерлар билан, ёки инвар сим, ленталар ёрдамида ўлчаниши мумкин. Баъзан бошқа ўлчанган катталиқ орқали ҳисоблаб топилиши ҳам мумкин. Томонлари инвар сим билан аниқ ўлчанадиган 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 ўлчаш учун ҳар қайси чизиқ ўртасига маълум узунликдаги MN базиси штатив ёрдамида горизонтал ҳолда AB , BC ва CD йўналишига перпендикуляр қилиб ўрнатилади. Кейин шаклда кўрсатилганидек, A , B , C ва D нуқталарда туриб параллактик бурчаклар φ_1 , φ_2 , φ_3 , φ_4 , φ_5 ва φ_6 аниқ ўлчанади. Кейин математика формуллари ёрдамида AP , PB , BQ , QC , Ct ва Dt оралиқлар ҳисоблаб топилади.

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

Геодезик тармоқларини Ернинг сунъий йўлдошлари ёрдамида кенгайтириш тараққий эта бошлади. Ернинг сунъий йўлдошларини ердан кузатиш қитъалараро 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 бўлганда ± 15 м га, нуқталар турли қитъада бўлганда эса ± 150 м га боради. Бу шунинг кўрсатадики, сунъий йўлдошлар ёрдамида СССР Европа қисмидаги геодезик пунктлар билан Европадаги чет давлат геодезик пунктлари орасида боғланиш ҳосил қилиш мумкин.

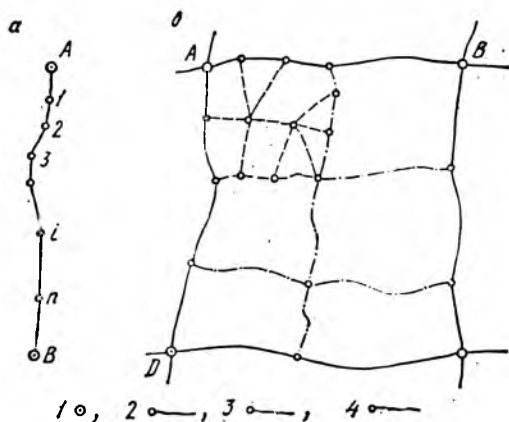
VI. 4. Баландлик ёки нивелирлаш тармоқлари

Геодезик таянч пунктларининг планий ўринлари билан бирга баландликлари ҳам нивелирлаш йўли билан аниқланади. Нуқталар баландлигини бир системада умумдан бўлакка ўтиш қондаси бўйича олиб бориш учун СССР да давлат нивелирлаш тармоқлари барпо қилинган. Инструкцияга кўра¹ нивелирлаш аниқлигига қараб тўрт классга бўлиниди ва I, II, III IV рақамлари билан белгиланади. Ҳар қайси класснинг ўз аниқлиги ва нивелирлаш қондаси бўлиб, I класс юқори, IV класс эса қуйин ҳисобланади.

Бу нивелирлаш орқали мамлакатда нивелирлаш тармоғи яратилади. Тармоқлар нивелирлаш йўли орқали ҳосил бўлади. Маълум йўналиш бўйича кетма-кет нивелирлаб, нисбий баландликларини аниқлаш орқали бош ва охириги нуқталар ўртасидаги баландликни аниқлашдаги йўл *нивелирлаш йўли* деб аталади. Бир неча йўналишдаги нивелирлаш йўллариининг ўзаро кесишиб ўтиш 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 ҳал қилишда қўлланилади. Ҳамма класс нивелирлашдаги пунктлар планий съёмкадаги каби ерга ёки девор цокоliga мустаҳкам ўрнатилади. Бу нуқталар *репер* ва *марка* бўлади. Абсолют баландлиги (отметкаси) маълум бўлган ва ерга турли кўринишда мустаҳкам ўрнатилган қўзғалмас нуқта *репер* дейилади. Абсолют отметкаси маълум бўлиб, катта бино цокоliga 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 қуйин класс нивелирлашларга асос бўлиш би-

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



VI. 7-шакл. Тармоқлар түри:

a — нивелирлаш йўли; *б* — 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 полигон 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) ўтказилади, бунда юриш йўлидаги хато $f_h = \pm 10 \sqrt{L}$ мм бўлиши керак.

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

VI. 5. Геодезик тармоқларни зичлаш

Асосий геодезик тармоқларнинг пунктлари йирик масштабли съёмкаларга таянч нуқта бўлиб хизмат қилади. Лекин бу таянч нуқталар бир-биридан камда 6—7 км масофада бўлганлиги учун съёмка ишларини тўла таъмин этолмайди. Шунга кўра, топографик съёмка ишларини таянч пунктлар билан мукамал таъминлаш мақсадида, асосий таянч пунктлар орасида бир-биридан узоқ бўлмаган қўшимча пунктлар ўрнатилади, бу иш геодезик тармоқларни *зичлаш* (қўнайитириш) дейилади. Инструкцияга кўра, пунктлар қуйидаги зичликда жойланади:

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

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

лан бирга, турли илмий проблемаларни ечишда, масалан, ернинг устки қаватида содир бўладиган геологик ўзгаришларни аниқлашда қўлланилади. Бир километр йўлни нивелирлашда қилинадиган хато, яъни ўрта квадратик тасодифий 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 пунктдан бошланиб, иккинчи

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

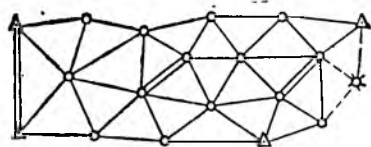
Жойда давлат геодезик пунктларининг бундай кам жойлашуви йирик масштабдаги съёмкани аниқ олиб бориш учун етарли бўлмаганидан, жойда таянч пунктларни кўпайтириш, яъни зичлаш керак бўлади. Бунинг учун давлат геодезик тармоқларига суяниб, қўшимча пунктлар ўрнатиладики, улар зичлаш пунктлари тармоғи дейилади.

Зичлаш тармоқлари пунктларининг зичлиги (кўплиги) жой тузилишига, 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 ўрнатилади, кейин уларнинг координатлари ва баландлиги аниқланади.

Зичлаш тармоқлари таянч геодезик тармоқлар каби мустақил равишда ҳам ўрнатилиши мумкин. Планый 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 йўл ўзидан юқори класс пунктига боғланиши керак (VI. 9-шакл). Зичловчи триангуляция 1 ва 2 разрядли учбурчакликлар томонининг узунлиги 3—5 км, бурчак ўлчаш ўрта квадратик хатоси $\pm 5-10''$, томон узунлигини аниқлашдаги нисбий хато 1:10 000—1:20 000 бўлиши лозим.

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

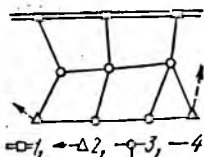
Давлат геодезик тармоқлари ва зичлаш тармоқларига асосланиб, қўшимча съёмка қилиш нуқталарининг тармоқлари ҳам олиндики, булар топографик съёмка қилишда ва жойда инженерлик масалаларини ечишда асос бўлиб хизмат қилади. Бу тармоқлар ҳам



▲-1; -2; ○3; =4; -5; -6; ★7

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

1 — бош геодезик пункт; 2 — триангуляция томони; 3 — аниқланадиган пункт; 4 — ба-зис; 5 — триангуляциянинг икки томонла-ма қаралган томони, 6 — бир томо-нлама қаралган томонлар; 7 — кестирма усул билан топилган пунктлар.



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

1 — юқори класс полигонометрия; 2 — триангуляциянинг бош дирекцион йўналиши, 3 — тугун пункт, 4 — полигонометрик йўл.

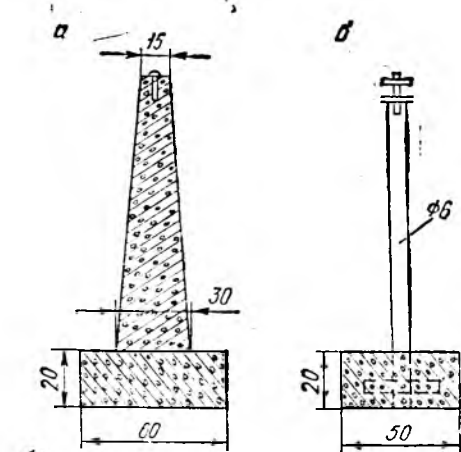
планий тармоқлар билан баландлик тармоқларига бўлинади. Планий геодезик съёмка қилиш тармоқларни теодолит ва мензула йўллари орқали параллактик полигонометрия, геометрик тўр, тўғри ва тескари геодезик кестирма каби усуллар билан яратилади. Пунктларнинг координаталари геодезик таянч пункт ва зичлаш пунктларни координаталар асосида топилади. Буни аниқлашдаги хато планда 0,2 — 0,3 мм дан ошмаслиги керак. Масалан, план масштаби 1:5000 бўлганда хато очиқ жойда 0,60 мм, 1:1 000 масштабада — 0,16 мм бўлиши лозим.

Геодезик съёмка асосларининг баландлиги, яъни отметкалари юқори разряддаги пунктларнинг отметкалари асосида геометрик, тригонометрик нивелирлаш йўли билан аниқланади. Бунда нивелирлаш йўлидаги боғланмаслик хатоси нивелир билан ишлаганда $f_h \leq 50 \sqrt{L}$ мм, теодолитнинг горизонтал кўриш нури билан нивелирлашда $f_h \leq \pm 100 \sqrt{L}$ 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 ўрнатилиши керак, бу пунктлар *марказ* дейилади. Марказнинг қандай ўрнатилиши ернинг тузилишига ва музлаш чуқурлигига боғлиқ.



VI. 10-шакл.

VI. 10-шакл, *a* да планий пункт марказининг ишланиши кўрсатилган. У бетондан ишланган қуйи марказ бўлиб, монолит 3 ва якор (ёстиқ) 2 дан тузилади; унинг устига юқори марказ дейилган пилон 1 ўрнатилган. Монолит ва пилоннинг юқорисига чўян марка ўрнатилган. Марказнинг ясаилиши VI. 5-шакл, *б* да алоҳида кўрсатилган. Пункт координаталари сифатида шу марка тегишининг координаталари қабул қилинади. Марказнинг ярим сфераси устининг ўрта нуқтаси баландлиги марка отметкаси деб қабул

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

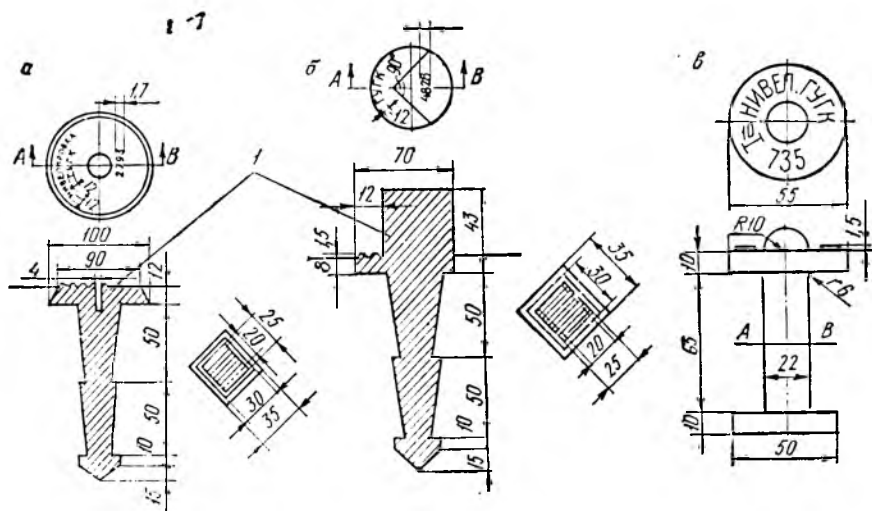
Съёмка тармоқлари пунктига VI. 10-шаклдаги марказлар ўрнатилди; унда бетон белги (*a*) ва бетон якорли труба (*б*) кўрсатилган. Бу белгилар устига юқоридагидек марка маҳкамланган. Съёмка тармоқларидаги узоқ сақланмайдиган пунктлар узунлиги 1,8—2,0 км

диаметри 15—20 см ли ёғоч устунлар билан маҳкамланади; унинг устига мих қоқилади, михнинг қалпоғи марказ бўлади. Муваққат пунктларга узунлиги 30—40 см, йўғонлиги 4—6 см ли қознқ қоқилади. Пункт марказлари устига тупроқ тортилиб тепача (қўрғон) қилинади; ёғни сувлари оқинчи учун атрофида 0,4—0,5 м ўлчамли тўртбурчаклик шаклида ариқча ўйилади.

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 тенасига қарашга мосланган цилиндр ўрнатилади, бу цилиндр *балванка* дейилади. Сигнал уст қисмида асбоб ўрнатишга мосланган столча бўлади ёки асбоб ички сигнал устига ўрнатилади. Пирамида ва сигналларининг вертикал ўқлари марказ ўқи 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 ўрнида бўйи 3—6 м ли вехалар ишлатиш ҳам мумкин.

Нивелирлаш йўли 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 фишт, бетондан ишланиб ерга вертикал қилиб ўрнатилади;



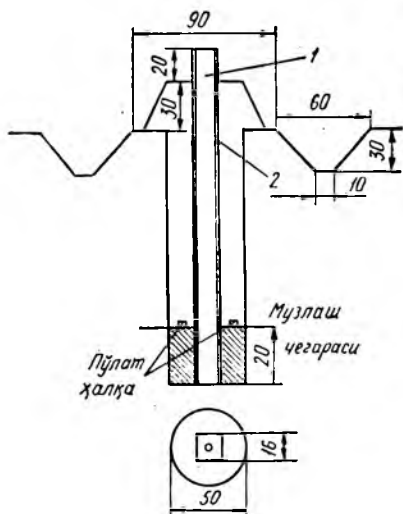
VI. 11-шакл. Марка ва деворий реперлар:

а — марка; юқорида деворда кўриниши, тагида АВ чизик бўйича кесими; ўлчамлар мм да.
 б — Деворий репер кўриниши; тагида ВА бўйича кесими; ўлчамлар мм да.
 в — Ер реперининг устки маркази; ўлчамлар мм да.

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

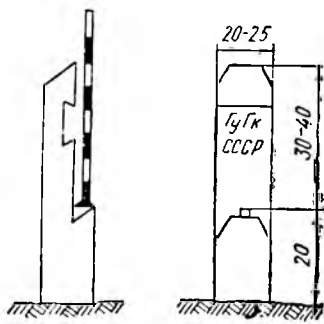
Деворий марка ва реперлар темир-бетон ва гиштли бино цоколига қоринша билан юз томони ташқарига қилиб мустаҳкам ўрнатилади. Марка VI. 11-шакл, а да кўрсатилган кўринишда бўлиб, тешик марказининг абсолют отметкаси маълум бўлади. Деворий репер (VI. 11-шакл, б) ҳам бино цоколига ўрнатилади, унинг бўртмаси (тумшуғи)нинг тепаси 1 нуқтанинг отметкаси маълум бўлади. Марка ва репер отметкалари сир сақланиб, уларнинг олд томонига номери ва ўриатган идора номигина ёзилади. Марка гардиши тепасига «нивелировка» деган сўз ёзилади.

Нивелирлаш ўтказиладиган жойда деворий белгилар ўрнатишга лойиқ бино бўлмаса, ер реперлари ўрнатилади. Булар нивелирлаш классига қараб, турли кўринишда ва турли чуқурликда ўрнатилади. Ер реперининг тузилиши VI. 10-шаклдаги марказга ўхшаш бўлади. Лекин марка репер устига ўрнатилади. Марка тепаси ярим сфера тарзида силлиқ қилиб ишланади, энг баланд нуқтасининг отметкаси репер отметкаси бўлади (VI. 11-шакл, в). Репер ёнида темир-бетондан ишланган таниш белгиси ўрнатилади, VI. 12-шаклда III—IV классларда ўрнатиладиган ер реperi кўрсатилган. Унинг якори (ёстиғи) ер музламайдиган чуқурликка ўрнатилиб, усти ер юзасидан 50 см баланд бўлиши керак.



VI. 12- шакл. Ер реperi:

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



VI. 13- шакл.

Тоғлиқ жойларда репер ўрнида қоя, яъни қўзғалмас катта тошдан фойдаланилади. Бунда реперлар цемент-шаат қориншаси 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

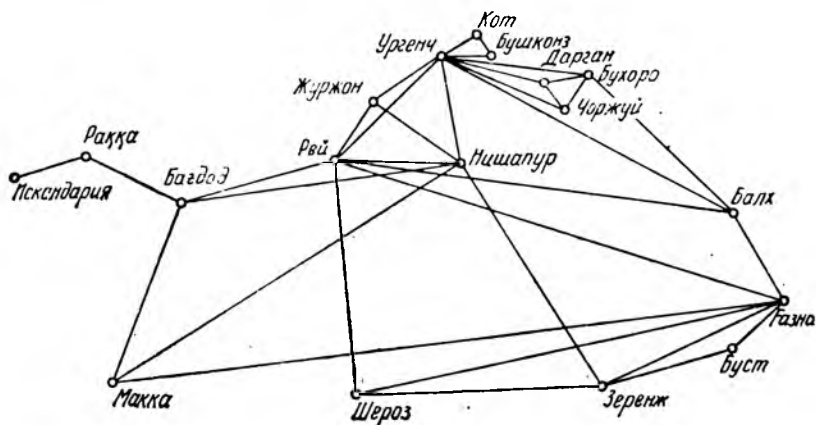
геометрик нивелирлаш йўли билан топилди. Репернинг тури ва ўрнатиш қондалари юқорида эслатишган инструкцияда тўла кўрсатилган.

VI. 7. Берунийнинг таянч пунктлар тармоғи

Беруний ер юзасидаги нуқталарнинг географик координаталарини бир неча усул билан аниқлади. Унинг «Қонун маъсудий» номли китобида 600 га яқин шаҳар ва қишлоқнинг координаталарини аниқлагани келтирилган. У географик координаталар бўлган кенглама ϕ ва узоқлама λ ларни аниқлашда астрономик ва геодезик усуллардан фойдаланди. Беруний ўз ҳисоблаш ишларида шаҳарлар орасидаги масофани ўтмиш олимлар (Эратосфен) қабул қилган усул асосида кўп йиллик карвонлар юришидан аниқланган йўл узунлигини олади ва уни йўлнинг баланд-пастлиги ва бурилишларини эътиборга олиб, 1:10 дан 1:3 гача камайтирди. Ўзи таклиф қилган геодезик формулалар ёрдамида шаҳар узоқламаси ва кенгламасини ҳисоблади. Кенгламани ер экваторидан ҳисоблади, узоқламани эса ўша даврда ғарбликлар анъанаси бўйича қабул қилинган Атлантика океанидаги Аз-Халид (Яшил-Бурун) дейилган оролдан ўтган меридиандан ҳисоблади. Боғдод шаҳри узоқламасини $70^{\circ} 00'$ деб, бу узоқлама бўйича ўзи ўша даврда яшаб турган Ғазна ва бошқа шаҳарлар узоқламасини аниқлади. Бу бир-бирига боғланиб координатаси топилган шаҳарни туташтирсак, таянч пунктлар тармоғини эслатадиган тармоқ схемаси (VI. 14-шакл) ясаладикки, бу схемани шартли равишда чизиқли триангуляция ёки, ҳозирги термин билан, трилатерация тармоқлари дейиш мумкин.

Боғдод координаталари бўйича Раққа ва Искандария координаталари ҳам ҳисобланган.

Бу маълумотлар Беруний геодезик тармоқлар барпо қилишда пионер бўлган, дейишга асос бўлади!



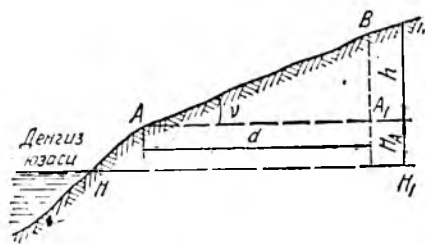
VI. 14- шакл.

¹ Нарходжаев К. Н, Геодезические работы Беруни, Ташкент, 1977.

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 ўрини аниқлаш геодезиянинг асосий вазифаларидан биридир. VII. 1-шаклда $AB = D$ — A ва B нуқталар орасидаги масофа; NN_1 — сатҳий юза; $AA_1 \parallel NN_1$ бўлигандан, $AA_1 = d$, 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 йўналишига қараб, Ернинг тўрт томонига нисбатан жойланиши аниқланади, кейин қоғозда буларни тасвирлаш йўллари ўрганилади. Бу ишда бурчакнинг горизонтал қўйилишини теодолит билан ўлчаш асосий аҳамиятга эга бўлигандан, бу съёмка *бурчак ўлчаш съёмкаси* ва баъзан *теодолит съёмкаси* деб ҳам аталади.

VII. 2. Горизонтал съёмка қилиш

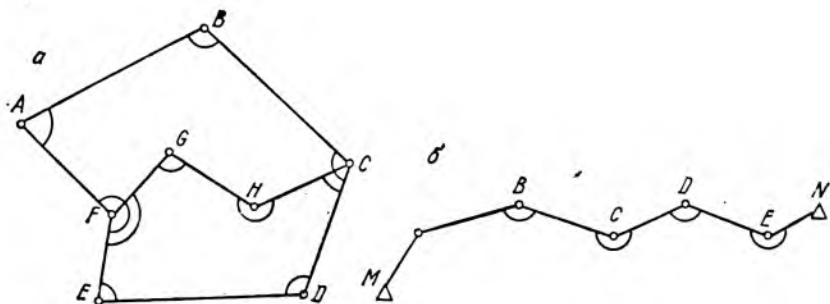
Горизонтал съёмкада берилган жойнинг чегараси ва у ердаги тафсилот съёмка қилиниб, планда ёлғиз жой контурлари тасвирланади.

Съёмка ишларига қуйидагилар киради:

1) съёмкага тайёргарлик кўриш, 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 кўришда 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 нуқталар ва уларга боғлаш йўллари белгиланади, съёмка қўлай бўлиши учун теодолит йўлини ва полигонни қандай олиш режалари тузилади. Жойнинг тафсилоти тасвирланган схематик планни чизилади.

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



ВII. 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 ишоот ва қўйилган талабга қараб, турлича танкил қилиниши мумкин. Масалан, завод-фабрика биноси, темир йўл станцияси, аэродром, стадион каби ишоотлар ва колхоз, совхоз ерлари маълум катталиқдаги майдонни эгаллайди; лекин тош ва темир йўл, канал каби қурилишлар маълум кенгликда бир йўналиш бўйича чўзилиб кетган чизикда қурилади. Шуларни ҳисобга олиб, аввал жойга съёмка қилиш учун асос бўладиган нуқталар ўрнатилади. Бу нуқталар сифатида жойда олинган ёпиқ ёки очик 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, чизик охирида ҳам координатаси белгили иккинчи бир нуқтада тугаса, бундай полигон *очик 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 ёпиқ чизик ҳам *очик полигон* бўлиб, бу, кўпинча *диагональ йўл* дейилган. VII, 2-шакл, а даги $ABCDEF A$ ёпиқ полигонининг 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.

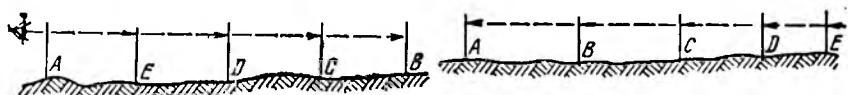
VIII боб. Жойда чизик олиш ва ўлчаш

VIII. 1. Чизик 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 металдан ишланган ўткир учлик кийдирилади. Вежа ҳар 20 см да оқ-қора ёки оқ-қизил бўёққа бўялади.

Нуқталар ерга жойига қараб узунликдаги ёғоч ёки темир қо-зиқлар билан маҳкамланади. Чизик эса унинг икки учига ўрнати-лан вежалар билан белгиланади. Жойда чизик узунлигини ўлчаш учун аввал уни ўлчашига тайёрлаш керак. Узун чизикларни тўғри ўлчаш учун улар бир неча бўлакка бўлиниб, вежалар билан белгила-нади. Жойда бир йўналиш бўйича ўтган вертикал текисликда (створда) ётувчи нуқталар ўрнини белгилаш *чизик олиш* дейилади. Чизик асосан икки усул билан олинади:

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



VIII. 1- шакл.

VIII. 2- шакл.

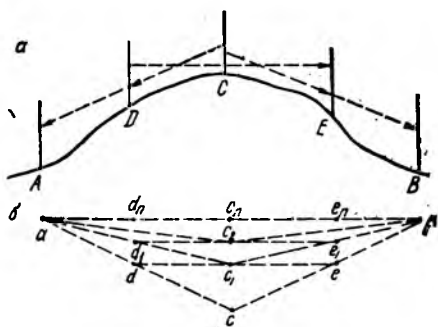
C ни, *C* вежа эса *B* ни бекитадиган қилиб, ёрдамчи *C* ни ўрната-ди. Кейин вежалар бир- бирини беркитадиган қилиб *D*, *E* ва бошқа-лар қўйдирилади.

2. Жойдаги *AB* чизикни 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* нуқта-ларни бекитадиган қилиб *C* вежани, кейин худди шундай йўл би-лан *D* ва *E* вежаларни ўрнатадики, бу вежалар бир створда ётади. Чизик олишда вежаларни ўрнатиш тартиби VII. 1-ва 2-шаклларда-ги ҳарфлар тартибига мос бўлади.

Чизик тепалик ва жарликдан ўтганда ҳам юқоридаги икки усулдан фойдаланиб чизик олиш мумкин.

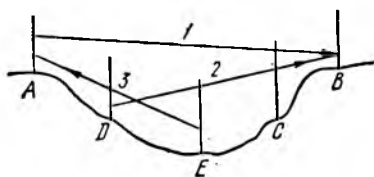
Тепалик орқали чизик олиш. *A* ва *B* нуқталар орасида тепалик бўлиб, нуқтаининг бири иккинчисидан кўринмасин; тепада шу нуқталар орасида *A* ва *B* нуқталардан ўтадиган створда ётув-чи бир неча нуқта белгилан керак бўлсин. Бу масала тепалардан йўл ўтказишда кўп учрайди. Бундай вақтда съёмкачи тепада ту-риб *A* ва *B* нуқталар створида ётган ихтиёрий *C* нуқтани белги-лайди; кейин бир ишчинин вежа билан *CA* йўналишини томон юбориб, *D* нуқтага вежа қўйдиради; иккинчи ишчи *CB* томон юриб, съём-качи кўрсатиши бўйича *E* нуқтага вежа қўяди. *D* ва *E* нуқталар

шундай олинадик, D дан E , C ва A , E дан эса B , C ва D кўринсин. Булар VIII. 3 а-шаклдаги профилда яққол кўриниб турибди. C нуқта тахминий олинганидан C , D ва E лар AB створиди ётмаслиги мумкин. Буни VIII. 3-шакlining б 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 олиномаса, d дан e га қараганда c четда қолади. d даги ишчи кўрсатиши бўйича 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 $c_n e_n b$ створларни 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 $a d_n c_n$ створиди ётади; худди шунга ўхшаш $c_n e_n$ кесма ҳам $c_n e_n b$ ва $d_n c_n e_n$ створиди ётали. Бу кўрсатадики, $a d_n c_n e_n$ лар, яъни иккинчи сўз билан айтганда $ADCE$ ва B лар бир створда ётади.

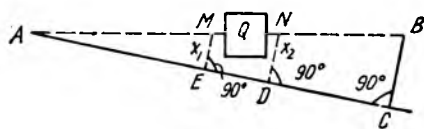


V. III 3- шакл.

Жарлик орқали чизик 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 чизиклари стрелка билан кўрсатилган.

Тўсиқни ёйлаб чизик 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 ёйлаб, AC чизик олинадик, B нуқтадан AC га перпендикуляр BC туширилади. Кейин $BC = b$, $AC = a$ ўлчанади. AC чизикда тў-

сиқ чап ва ўнг томониди 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):

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

бўлади. Кейин a , e , e ва d ларнинг ўлчанган қийматларини ўринларига қўйсак, x_1 , x_2 қийматлари топилади. Кейин E дан x_1 нинг, D дан x_2 нинг қийматини перпендикулярлар бўйича ўлчаб қўйсак, AB створиди ётувчи тўсиқнинг икки ёнидаги M ва N нуқталар топилади.

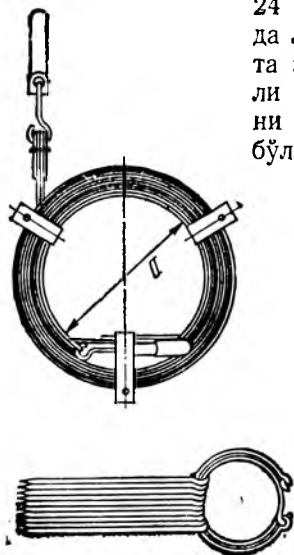
Жойда перпендикуляр чиқариш ва тушириш учун экер номли асбобдан фойдаланилади.

VIII. 2. Чизик ўлчаш ва қуроллари

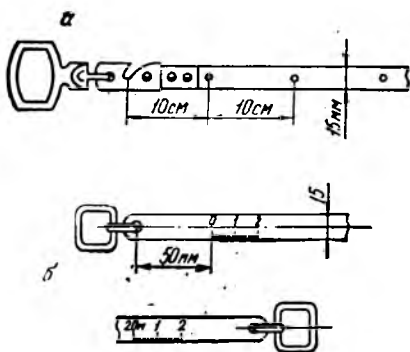
Ўлчанадиган чизик жойда чизик олиш йўли билан белгилангач, турли чизик ўлчаш қуроллари билан унинг горизонтал қўйилиши ўлчанади. Чизик узунлигини бевосита ўлчашда осма асбоблар ёки ерда ўлчаш қуроллари ишлатилади.

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 пўлат 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.

камланади. Ўлчаида ҳар қайси лентанинг 6 ёки 11 та сикҳаси бўлади. Сикҳа диаметри 5 — 6 мм, узунлиги 30 — 40 см ли темир (йўғон сик) бўлиб, у ерга қадалади- да унга лента иллинади (VIII. 6-шакл). Лента учлари штрихли ва шкалали бўлади (VIII. 7-шакл). Штрихли лента кўпроқ 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. Чизик ўлчаида сикҳа ерга қадалиб, унга лента иллинади, кейин чизик йўналишини бўйича лента таранг тортилиб, иккинчи учи ҳам сикҳага иллинади.

Чизикни аниқ ўлчаида шкалали лента ЛЗШ ишлатилади. Бу лентанинг икки учидаги дециметр бўлаги миллиметрдан бўлинган бўлиб, ўлчанганда санок миллиметр аниқликда олинади.

Рулетка — чизик ўлчаида 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 ишлатилишдан 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 памунавий асбоб (эталон) узунлиги билан таққосланади. Компарлаш дала шароитида ўтказиладиган бўлса, текис жойда (асфальт устида) эталон лента билан текширилладиган лента ёнма-ён қўйилиб, иккаласининг 0 штрихлари тўғриланади, 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:

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

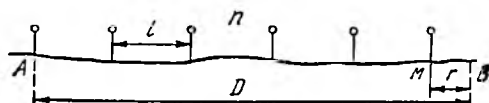
ёки

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

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

Лента билан чизик ўлчаиш. Белгиланган чизик узунлигини ўлчаида лента кетма-кет бир неча марта қўйилади. Чизикни икки киши ўлчайди. Чизик учига бир сикҳа қадалади, ишчи бешта сикҳани олиб, В нуқта томон юрди (VIII. 8-шакл). Съёмкачи лентанинг бир учини қадалган сикҳага олиб, оёғи билан лента дастасини босади- да, ишчинин В да ўриатилган веҳага тўғрилайди. Лента АВ сиворида ётгач, ишчи съёмкачи сигнали бўйича лентани таранг тортиб туриб, учига иккинчи сикҳани қа-

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



VIII. 8- шакл.

вақт съёмкачи қўлида йиғилган сихчани ишчига узатади. Бешта сихчани узатиш 100 м ни кўрсатади. Съёмкачининг қўлидаги сихчалар сони лента неча марта қўйилганини билдиради. VIII. 8-шаклдаги A ва B оралиғида лента n марта қўйилгач, чизик узунлигидан кичик оралиқ $MB = r$ ортиб қолди дейлик; лента узунлигини l десак, чизик 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 олсак, 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:

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

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

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

бу ерда α — пўлат лентанинг кенгайиш коэффициентни бўлиб, 0,000012 га тенг.

Чизикни лента билан ўлчаш аниқлигини. Пўлат лента билан ер юзасида чизик ўлчаш аниқлигига жойнинг баланд-пастлигини, тупроқнинг тузилиши, ўт-ўланлар каби факторлар катта таъсир этади. Бундан ташқари, лентанинг чизик створида тўғри ётмаслиги ҳам аниқликни камайтиради. Шунинг учун чизик ўлчаш аниқлиги жой тузилишига қараб баҳоланади. Чизикни ўлчаш аниқлиги нисбий хато билан баҳоланади. Агар бир чизик 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:

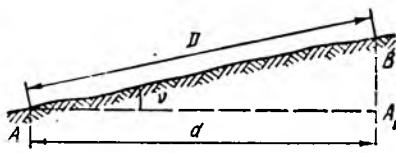
I категориядаги жой текис ва ўлчаш шароити яхши — $\frac{1}{3000}$;

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

III — ноқулай жой — $\frac{1}{1000}$.

VIII. 3. Қия чизиқнинг горизонтал қўйилишини аниқлаш

Ўлчанадиган чизиқ ҳамisha 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.

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

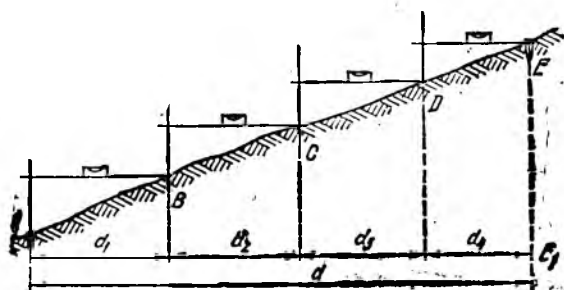
Δd қиймати $\nu \geq 2^\circ$ бўлганда топилади.

Чизик қиялигининг тузатма жадвали
(тузатма мм ҳисобида берилган)

Қийдақ бурчани		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	53	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 чизик узунлиги қисқа, тик бўлса, унинг горизонтал қўйилишини бевосита ватерпаслаш ёрдамида ўлчаш мумкин. Бунинг учун икки ёки уч метрли рейка олинади, VIII. 10-шаклидагича A нуқтадаги вертикал вехага рейканинг бир учи тегиштириб, иккинчи учи B нуқтага қўйилади; рейка адилак (ватерпас) ёрдамида горизонтал ҳолга келтирилади. Кейин рейка учини B даги вехага 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, $AE_1 = d$ чизик узунлиги қўйидагича бўлади:

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



VIII. 10- шакл.

VIII. 4. Эклиметрлар

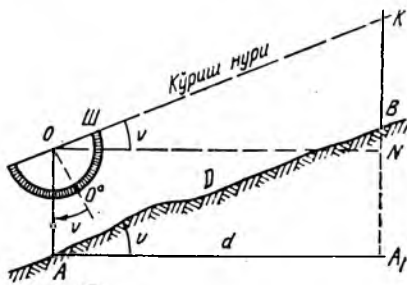
Қиялик бурчагини ўлчашда турли кўринишдаги эклиметрлар ишлатилади. Эклиметр оддий, доравий ва тўртбурчаклик шаклда бўлади.

Оддий эклиметрнинг тузилиши ва ишлатилиши VIII.11-шаклда кўрсатилган. A нуқтадаги таёқ учига ўрнатилган ва марказига шовун осилган транспортирнинг асоси $OШ$ B нуқтадаги вежада белгиланган асбоб баландлиги K нуқтага тўғриланади. Шунда шовун ишдан олинган санок қиялик бурчаги бўлади. Шаклда $AO=BK=i$ — асбоб баландлиги, OA — шовун йўналиши.

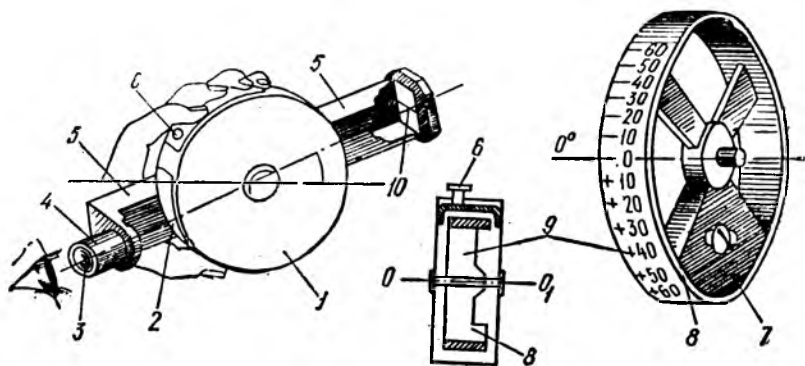
Доравий эклиметр. VIII. 12- шаклда кўрсатилганидек, металл қутича I ичида маятникли диск 8 горизонтал ўқ OO_1 атрофида бемалол айланадиган қилиб ишланган. Диск (ғилдирак) гардиши 9 шаклнинг ўнг томонида кўрсатилгандаги каби, 0 дан $\pm 60^\circ$ гача бўлинган, юқорига қаралганда + ишорали, пастга қараганда — ишорали бўлақлар кўринади. Дискка 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 тўхтайд.

Қути ёнига тўртбурчаклик шаклидаги визирлаш (кўриш) труба 5 маҳкамланган, унинг бир учигаги трубкачага кўз диоптри (тирқиш) 4 , иккинчи учига нарса диоптри 10 ўрнатилган.

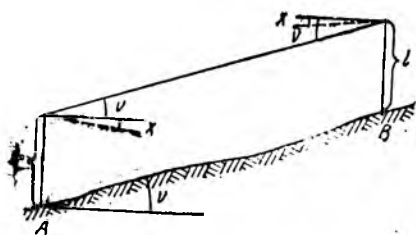


VIII. 11- шакл.



VIII. 12- шакл. Доравий эклиметр ва бўлақлари:

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



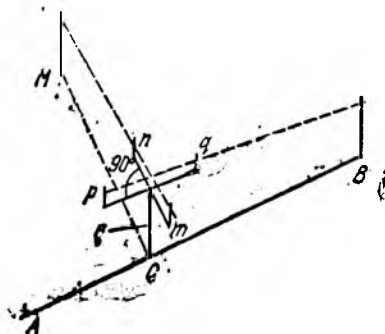
VIII. 13- шакл.

санок вертикал бурчак ν қиймати бўлади. Бунда бурчак $\pm 30'$ аниқлик билан ўлчанади.

Эклиметрни текшириш. Эклиметр ишлатишдан олдин қуйидаги шарт бўйича текширилади. Эклиметр маятниги вертикал турганда ҳалқасининг ноль диаметри горизонтал бўлиши керак. Бунини текшириш учун A нуқтада туриб, B нуқтадаги веҳага қаралади-да ν_1 санок олинади (VIII. 13- шакл). Кейин B нуқтада туриб, A даги веҳага қаралади ва ν_2 санок олинади. Агар асбоб тўғри бўлса, бу саноклар тенг бўлиши керак; бу санок вертикал бурчак бўлади. Тенг бўлмаса, вертикал бурчак $\nu = \frac{\nu_1 + \nu_2}{2}$ бўлади. Ноль диаметр горизонтал бўлмай, қия бўлса ва горизонтал чизик билан x бурчак ҳосил қилса, бу хато $x = \frac{\nu_1 - \nu_2}{2}$ бўлади. Бу хато эклиметр юқини x қадар суриш йўли билан тузатилади.

VIII. 5. Экерлар ва уларни ишлатиш

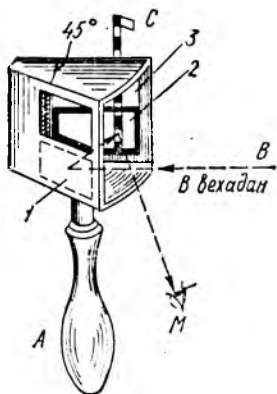
Жойда перпендикуляр чиқариш ва туширишда турли кўринишдаги экерлар ишлатилади. Экер *оддий*, *саккиз қиррали* (*ёқли*), *икки ойнали* ва *призмали* бўлади. Оддий экер содда ясашиб, уни ишлатиш ҳам қулай. Бўйи 30—40 см ли икки рейкача олиб, ҳар қайси рейкачанинг икки учига p ва q , m ва n михлари вертикал қилиб қоқилади. Бу михлар *диоптр* дейилади. Кейин рейкачалар бир-бирига VIII. 14- шаклдаги каби 90° бурчак ҳосил қилган ҳолда бирлаштирилади, кейин E таёғига мих билан маҳкамланади. Бу экер ёрдамида AB чизикнинг C нуқтасидан AB га перпендикуляр чиқариш учун экер C нуқтага ўрнатилиб, p ва q диоптрлар бўйича B нуқтага қаралади; кейин m ва n диоптрлар бўйича қараб, M веҳа ўрнатилади. Шунда MC чизиги AB га перпендикуляр бўлади.



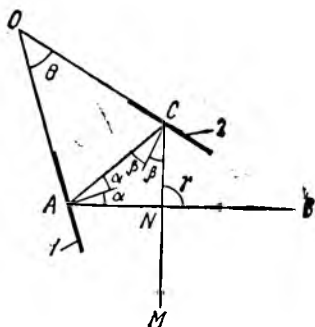
VIII. 14- шакл.

Икки ойнали экер ва унинг назарияси, Икки металл

пластинкага ойна (кўзгу) ёпиштирилиб, булар 45° ли бурчак билан бирлаштирилади, бу асбоб *икки ойнали экер* дейилади; бу асбоб тик чизик чиқариш ва туширишда қўлланилади. Бу ясалма VIII. 15- шаклда кўрсатилганидек икки томони очик қутичасимон махсус мосламага жойланган. *A* нуқтада туриб, экернинг очик 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

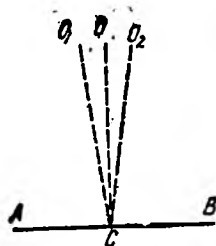
деразачаси 3 дан жойдаги веха кўринади). Кузатувчи сигнали бўйича ишчи *C* даги вехани шундай ўрнатадики, *B* веханинг акси билан *C* даги веха бир-бирини давоми бўлади. Шу вақт *CM* чизик *BA* чизикқа перпендикуляр бўлади. Экер қўйидаги назария асосида ясалади.

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

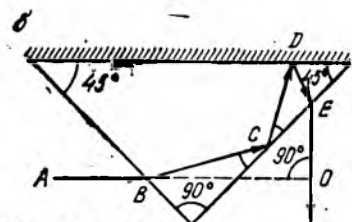
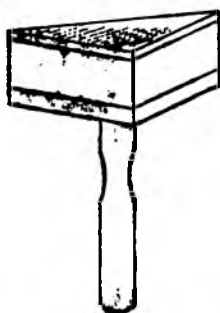
$$\gamma = 2\theta \quad (\text{VIII. 10})$$

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. Бунни текшириш учун жойда *AB* чизикни олиб, унинг ўртасидаги *C* нуқтадан *AB* га аввал *A* бўйича, кейин *B* бўйича перпендикуляр чиқарилади. Агар иккала-сида ҳам бир чизик *CO* чиқса, асбоб тўғри бўлади. (VIII. 17)



VIII, 17- шакл.



VIII, 18- шакл.

VIII. 6. Инвар сим билан чизик ўлчаш

Чизик 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 икки-та штатив устига қўйилиб, 10 кг юк билан таранг тортилади ва шу он штативлар устидаги ўткир белги бўйича шкалалардан миллиметрнинг 0,1 бўлагигача аниқликда саноқ олинади (VIII. 19- шакл). Олинган саноқлар бўйича чизик узунлиги аниқланади. Инвар сим ёрдамида чизик 1:1 000 000 аниқликда ўлчанади.

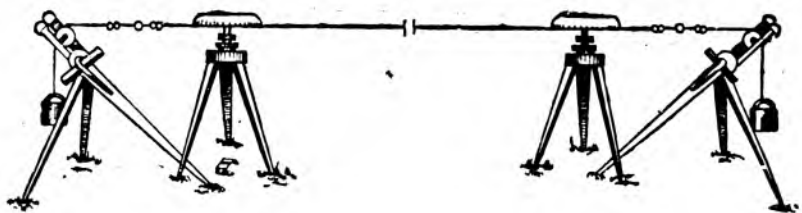
Длиномер ва чизик ўлчаш. Полигонометрияда чизик узунлигини ўлчашда АД1М шифрли длиномер (узунлик ўлчагич) ишлатилади. У диаметри 0,8 мм ли пўлат симдан ясалиб, икки учига шкалали диск ўрнатилган, симнинг узунлиги 500 м, у диаметри 160 мм ли бабиң. 2 га ўралган (VIII. 20- шакл). Сим 3 икки учиди-даги шкаладан 5 штатив устидаги мослама бўйича саноқ олинади. Симнинг бир учи узангига ўхшаш мослама 9 га маҳкамланади, ик-

шакл). Агар А бўйича чиқарганда O_1 нуқта, В бўйича чиқарганда O_2 нуқта ҳосил бўлса, O_1 O_2 кесмани тенг иккига бўлиб, О нуқта белгиланади, кейин А ёки В орқали О вежа тўғри келадиган қилиб, бир ойнадаги тузатиш винти озроқ буралади.

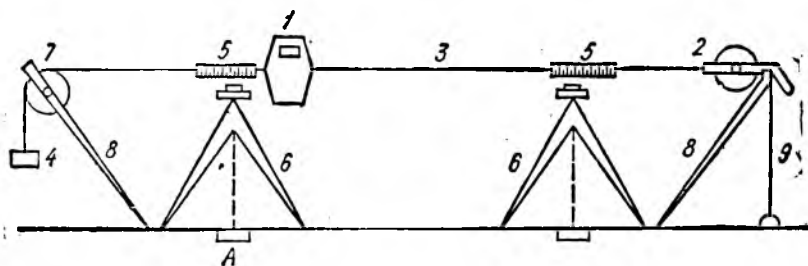
Саккиз қиррали экер ҳозир ишлатилмайди.

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

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, а да уч ёқли призмали экернинг ташқи кўриниши, VIII- шакл, б да эса нурнинг қайтиш йўли кўрсатилган. Ташқаридан келган АВ нур В нуқтада синиб, С нуқтага тушади, ундан синиб, D нуқтага, ундан қайтиб, E нуқтага тушади, ундан чиқиб, О нуқтада АВ йўналиши билан 90° ли бурчак ҳосил қилган ҳолда кесишади. Тўрт ёқли, беш ёқли экерлар ҳам юқориди-даги каби қондага асосланади.



VIII. 19- шакл.



VIII. 20- шакл.

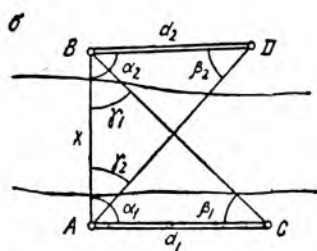
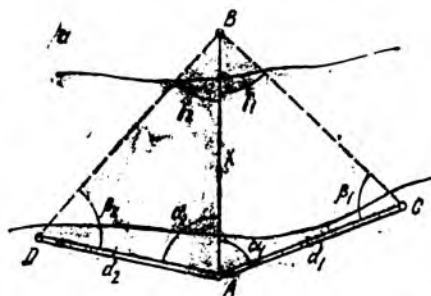
кинчи учига 15 кг лн юк осялади, бунда 1:10 000 аниқлик билан ўлчаш мумкин. 1:5000 аниқлик билан ўлчаш учун *динамометр* ишлатилади. Шкала қиймати 5 мм бўлиб, сим таранг тортилгач, икки фиксатор ва доғравий шкала бўйича сантиметр ва миллиметр саноқлари олинади. Ўлчаш ва ҳисоблаш инвар симидаги каби бўлади.

ВНИМИ заводи чиқарадиган *АД-1 м шиформи дальномер* ҳам ишлатиладики, унда чизик пўлат сим ёрдамида ўлчанади.

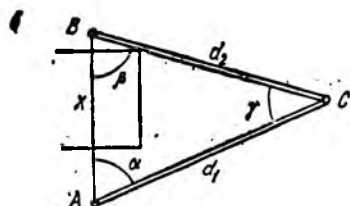
Кейинги даврда чизик узунлигини ўлчашда турти кўринишдаги дальномерлар ишлатила бошланди. Дальномер, уларнинг тури ва ишлатилиши билан тахеометрик съёмка бўлиб танишамиз.

VIII. 7. Бевосита ўлчаб бўлмас масофани аниқлаш

Ўлчанадиган масофа, масалан полигон томонининг узунлиги AB жарлик, кўл ёки дарё каби тўсиқ орқали ўтиб, уни ўлчов воситалари ёрдамида бевосита ўлчаб бўлмаса, бундай масофа тригонометрик формулалар ёрдамида бавосита 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* дейлади. 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 ўрна-тиб, 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 дан $X_1 = \frac{d_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \cdot \sin \beta_1$
 ADB дан $X_2 = \frac{d_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} \cdot \sin \beta_2$
 бўлади. Топилган икки қийматнинг
 фарқи $\Delta X = X_1 - X_2$ абсолют хато
 бўлиб, нисбий хато $\frac{\Delta X}{X} \leq \frac{1}{2000}$

бўлиши керак; бу ерда $X = \frac{X_1 + X_2}{2}$. Агар нисбий хато юқорида-
 ги 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
 $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$ бўлиши керак. Агар $\alpha + \beta + \gamma - 180^\circ = f_\beta$ бў-
 либ, хато йўл қўярли бўлса, у тарқатилиб, тузатилган бурчаклар
 бўйича X ҳисобланади. Бунда

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

бўлади.

Агар тўсиқ (дарё)нинг икки ёнида туриш ва базис олиш мум-
 кин 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 кў-
 ринмаса, (VIII. 21- шакл, в) тўсиқнинг икки ёнида $AC = d_1$ ва
 $BC = d_2$ базислар ва учбурчакликнинг α , β ва γ бурчаклари ўл-
 чакади. Шунда $AB = X$ икки базис орқали қуйидагича ҳисобла-
 нади:

$$\frac{X}{\sin \gamma} = \frac{d_1}{\sin \beta} = \frac{d_2}{\sin \alpha}$$

бундан

$$X_1 = \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} \cdot d_1; X_2 = \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} d_2$$

ёки

$$X = \frac{X_1 + X_2}{2}$$

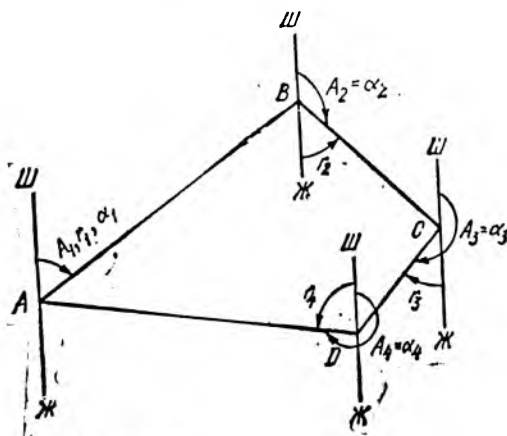
келиб чиқади.

IX боб. Ориентирлаш

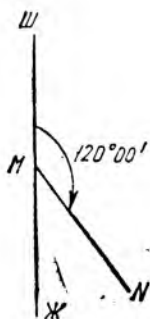
IX. 1. Жойда чизиқлар йўналишини аниқлаш

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 меридианнинг шимол йўналишидан соат стрелкасининг юриниш бўйича чизиқ горизонтал қўйиلىшининг 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



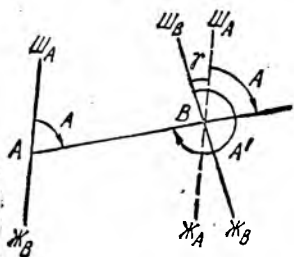
IX, 1-шакл.



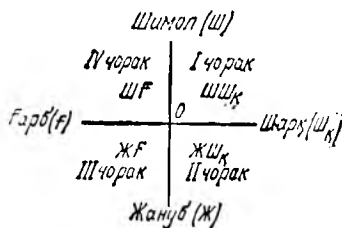
IX, 2-шакл.

2-шакл), ундан меридиан $ШЖ$ ўтказилади; кейин транспортир ёрдамида M нуқтада шимолдан ҳисоблаб 120° бурчак ясалади.

Тўғри ва тескари азимут. Геодезияда чизик номини икки ҳарф билан белгилашда ҳарфларнинг олдин-кейинлигига қараб, чизик йўналиши ўзгаради ва, шунга яраша, чизик азимутининг қиймати ҳам турлича бўлади. Масалан, IX. 3-шаклда AB чизикни



IX. 3- шакл.



IX. 4- шакл.

тўғри десак, BA чизик тескари бўлади; бу чизикларнинг азимутлари ҳам тўғри ва тескари дейилади. AB чизикнинг A нуқтасидан $Ш_АЖ_А$ меридианини, B нуқтасидан $Ш_БЖ_Б$ меридианини ўтказсак, азимут таърифи бўйича AB чизикнинг азимутини $A_{AB} = A$ тўғри азимут, BA чизикнинг 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 $Ш_{A_1}Ж_{A_1}$ чизик ўтказиб, бурчакларни шаклдагича белгиласак, қуйидагини ёзамиз:

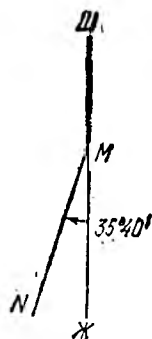
$$A' = A + 180^\circ + \gamma, \quad (IX.1)$$

бу ерда γ — икки меридиан орасидаги бурчак бўлиб, меридианларнинг яқинлашши бурчаги дейилади. Шундай қилиб, тескари азимут тўғри азимут билан 180° ва меридианлар яқинлашши бурчаги йиғиндисига тенг. A нуқтага нисбатан B нуқта ўнга (мисолдаги каби) бўлса, γ мусбат, чапда (ғарбда) бўлса, γ манфий бўлади, шунга кўра (IX.1) формула ўзгармайди, γ ўз ишораси билан олинади.

Румблар. Чизик йўналишини ўткир бурчак билан ҳам аниқлаш мумкин. Чизикнинг горизонтал қўйилиши билан чизик учидан ўтган меридиан орасидаги ўткир бурчак *румб бурчаги* дейилади ва r ҳарфи билан белгиланади (IX.1-шакл). Румб бурчагининг ёлғиз градус қиймати чизик йўналишини белгилаш учун кифоя қилмайди ва румб бурчаги бўйича чизикни ясаб ҳам бўлмайди. Чизик румбнинг градус қиймати билан бирга, чизикнинг ернинг тўрт томонига нисбатан қандай йўналганлигини чораклар билан кўрсатиш керак. Масалан, IX.4-шаклда O нуқтадан ўтган меридиан ва унга перпендикуляр чизик 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.

бўлганидан, шу чоракда ётувчи чизиклар румбининг номи шимол-шарқ (ШШ_к), II чоракда — жануби шарқ (ЖШ_к), III чоракда — жануби ғарб (ЖФ) ва IV чоракда — шимол ғарб (ШФ) деб аталади ва қавслар ичидаги каби белгиланади.

Чизикнинг румб қийматларини ёзишда аввал чорак номи ёзилиб, унинг кетидан икки нуқта қўйилади, да, румб бурчагининг соний қиймати ёзилади. IX. 5-шаклда O нуқтадан чораклар бўйича чиққан нурларнинг азимутлари, румблари ва чоракдаги румб номлари кўрсатилган. OA чизик I чоракда бўлганидан унинг румби ШШ_к: r_1 тарзида, OB чизик II чоракда, румби ЖШ_к: r_2 , OC чизик III чоракда, румби ЖФ: r_3 ва OD чизик IV чоракда, румби ШФ: r_4 тарзида ёзилади.

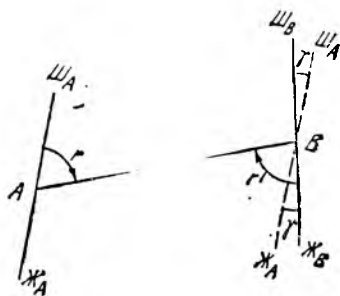
Агар чизик румбининг номи ва градус қиймати берилса, чизик қуйидагича ясалади.

Масалан, $r_{MN} = \text{ЖФ}:35^\circ40'$ бўлган чизикни ясаб кўрайлик. Бунинг учун ихтиёрий M нуқта олиниб, ундан меридиан ўтказилади, 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 $r_{AB} = \text{ШШ}_к:r_1$; $r_{BC} = \text{ЖШ}_к:r_2$ ва ҳоказо.

Тўғри ва тескари румб. Чизик румблари ҳам тўғри ва тескари бўлади. IX.7-шаклдаги AB чизикнинг тўғри румби $r_{AB} = \text{ШШ}_к:r$ бўлса, тескари чизик BA нинг румби, яъни тескари румби $r_{BA} = \text{ЖФ}:r'$ бўлади.

Бир чизикнинг тўғри ва тескари румбларини аниқлашда ҳам меридианларнинг параллел бўлмаслигидаги меридианлар яқинлашиш бурчаги γ ни ҳисобга олиш керак, Шакл бўйича тўғри румб $\text{ШШ}_к:r$, тескари румб $\text{ЖФ}:r'$ бўлади, ёки



IX. 7, шакл.

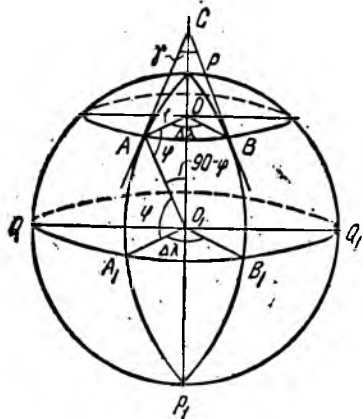
$$r' = r + \gamma, \quad (\text{IX.2})$$

яъни тескари румб тўғри румб қиймати билан меридианлар яқинлашиш бурчагининг йиғиндисига тенг бўлиб номларида ўхшаш ҳарфлар бўлмайди.

IX.2. Меридианларнинг яқинлашиш бурчаги

Чизик йўналишини азимут ва румблар билан аниқлашда меридианларнинг параллел эмаслигини эътиборга олиб, азимут ёки румб қийматига меридианларнинг яқинлашув бурчагини қўшиш ёки айирish керак. Икки нуқтадан ўтган меридианлар орасидаги бурчак *меридианларнинг яқинлашув бурчаги* дейилади.

Агар ер шарни юзасида бир хил параллелда ётувчи A ва B нуқталарни (IX.8-шакл) олиб, улардан меридианларига уринмалар AC ва BC ўтказилса, ярим кун чизиги бўлганидан улар орасидаги γ бурчак меридианлар яқинлашиш бурчаги бўлади. A ва B нуқталар кенгламасини φ , узоқламаларини λ_A ва λ_B десак, улар айирмаси $\lambda_B - \lambda_A = \Delta\lambda$ узоқламалар фарқи бўлади. Ер шарни радиусини R десак, параллелнинг радиуси $AO = r$ бўлса, $A_1O_1A = \varphi$, $O_1A = O_1A_1 = R$, $O_1A \perp AC$ эканини эслаб, O_1AO учбурчакликдан қуйидагини ёзамиз: $OA = AO_1 \cos \varphi$, ёки



Х. 8- шк.л.

$$r = R \cos \varphi \quad \text{a)}$$

AO_1AC түгрі бурчакли учбурчакликдан $AC = AO_1 \operatorname{tg} (90^\circ - \varphi) = AO_1 \operatorname{ctg} \varphi$, ёки

$$AC = R \operatorname{ctg} \varphi. \quad (6)$$

Параллел ёйи $AB = l$ нинг марказий бурчаги $\Delta\lambda$ орқали $l = r\Delta\lambda$ ёки (а) ни эсласак,

$$l = R \cos \varphi \Delta\lambda \quad (\text{B})$$

булади. ACB сектордан C даги марказий бурчак γ ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\gamma = \frac{l}{AC}, \text{ где } \gamma = \frac{R \cos \varphi \Delta \lambda}{R \operatorname{ctg} \varphi},$$

бу ифо дани соддалаштирсак,

$$\gamma = \Delta\lambda \sin \varphi \quad (\text{IX.3})$$

буълади, яъни меридианлар яқинлашиш бурчаги γ икки нуқта узоқла-
маларни айирмаси билан нуқталар ўртача кенгламасининг синуси
орасидаги кўпайтмага тенг. Бу формула меридианлар яқинлашиш
бурчагининг қийматини ҳисоблашда асосий формула ҳисобланади.

Агар $\varphi = 0^\circ$ бўлса, $\gamma = 0$ бўлиб, меридианлар параллел.
 $\varphi = 90^\circ$ бўлса, $\gamma = \Delta\lambda$ бўлади.

Агар икки нуқта оралигини узунлик бирлигида (км ҳисс
 ифодаласак, (IX.3) формула қуйидагича ёзилади; IX.8-шаклга к,

$$\Delta\lambda = \frac{l}{r} = \frac{l}{R \cos \varphi}$$

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 кўпайтира-
 миз; 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 иш-
 лайлик. Географик координатаси $\varphi = 41^\circ 18'$, $\lambda = 69^\circ 17'$ бўлган
 нуқтанинг шу нуқта ётган зона ўқий меридиани билан нуқта ме-
 ридиани орасидаги яқинлашнинг бурчагини аниқлаш керак. Бунинг
 учун аввал (III.3) бўйича зона номерини, (III.4) бўйича ўқий мери-
 диан узоқламасини толамиз. 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 $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = 69^\circ 17' - 69^\circ 00' = +00' 17'$,
 (IX.3) формула бўйича $\gamma' = 17' \cdot \sin 41^\circ 18' = 17' \cdot 0,66 = +11' 00''$.
 (IX.4) формула асосида ҳисоблаш учун нуқтанинг ўқий меридиан
 узоқлиги $l_{\text{км}}$ аниқлашнинг лозим. Агар нуқта ётган зонадаги тра-
 пеция ўрта нуқтасининг оординатасини $\mu = 523,50$ 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 оордината 5 кило-
 метргача бўлганда меридианлар яқинлашнинг бурчаги $2'$ бўлади.
 Инженерлик ишларида бурчак ўлчашда йўл қўйиладиган хато ҳам
 жойига қараб шунга яқин бўлади. Шунинг учун масофаси 5 км
 гача бўлган жойларда меридианлар яқинлашнинг бурчагини ҳисобга

Бўлмай, 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

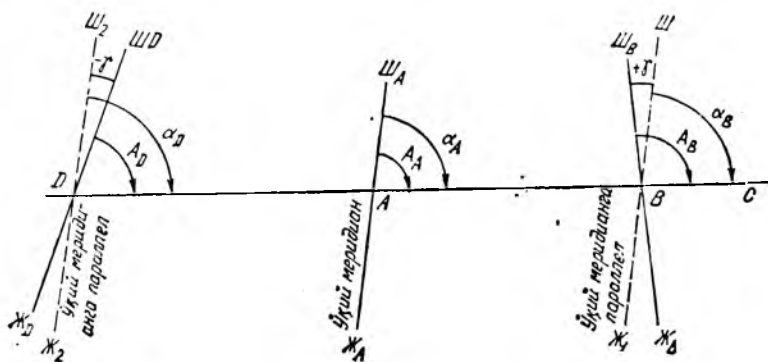
Зона системасида иш олиб борилганда чизик йўналишини аниқлашда зонанинг ўқий меридиани асос қилиб олинади ва полигон учларидан ўқий меридианга параллел чизиклар ўтказилиб, шунга нисбатан чизикнинг йўналиши топилади. Шунда чизик учидан ўқий меридианга параллел ўтган чизикнинг шимолий йўналишидан соат стрелкаси юрадиган томон бўйлаб берилган чизикқача бўлган 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 чизик азимутни ва дирекцион бурчаги бир хил бўлганидан, азимутни дирекцион бурчак деб олинади. Бир йўналишдаги чизикнинг дирекцион бурчаги чизикнинг ҳамма нуқтасида бир хил бўлади (IX.9-шакл). DC чизикнинг D , A ва B нуқталаридан $Ш_DЖ_D$, $Ш_AЖ_A$ ва $Ш_BЖ_B$ меридианлар ўтказиб, DC чизик азимутлари топилган; шакли кўра: $A_D < A_A < A_B$.

D ва B нуқталардан A нуқта меридианига (ўқий меридиан) параллел чизиклар ўтказилган, яъни $Ш_2Ж_2 \parallel Ш_AЖ_A \parallel Ш_1Ж_1$.

Шу параллел меридианлар шимолдан DC чизикқача ҳисобланган дирекцион бурчаклар ҳамма ерда бир хилда, яъни $\alpha_D = \alpha_A = \alpha_B$. Меридианлар яқинлашиш бурчаги ўқий меридиандан шарқдаги (ўнгдаги) 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 бурчагининг алгебраик қўшилганига тенг. Бу формула меридианлар яқин-



IX. 9- шакл,

лашиш 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, чизик 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 чизик AB нинг дирекцион бурчаги $\alpha_{AB} = \alpha$ билан, тескари чизик BA нинг дирекцион бурчаги $\alpha_{BA} = \alpha'$ орасида, IX.10-шаклга кўра 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 чизик йўналишини азимут ёки дирекцион бурчак ва румб бурчаклари ёрдамида аниқлаш мумкин. Шунга кўра, дирекцион ва румб бурчакларни орасида қуйидаги математик муносабат бор. IX.1- ва IX.5-шакллардан кўринадики, 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 _к	$r_1 = \alpha_1$	$\alpha_1 = r_1$
II	$90^\circ < \alpha_2 < 180^\circ$	ЖШ _к	$r_2 = 180 - \alpha_2$	$\alpha_2 = 180^\circ - r_2$
III	$180^\circ < \alpha_3 < 270^\circ$	ЖФ _к	$r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$	$\alpha_3 = 180^\circ + r_3$
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 чизикнинг румби қанча бўлади? Жадвалда $\alpha = 210^\circ 15'$ бўлганда, чизик III чоракда; шунга кўра румб номи ЖФ бўлади; жадвал бўйича $r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$ бўлганидан, румб қиймати $r_{MN} = \alpha_{MN} - 180^\circ = 210^\circ 15' - 180^\circ = 30^\circ 15'$ бўлади. Румб қиймати қуйидагича ёзилади:

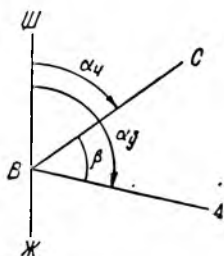
$$r_{MN} = \text{ЖФ}; 30^\circ 15'$$

IX.5. Бурчак томонларининг дирекцион бурчаклари орқали ички бурчакни ҳисоблаш

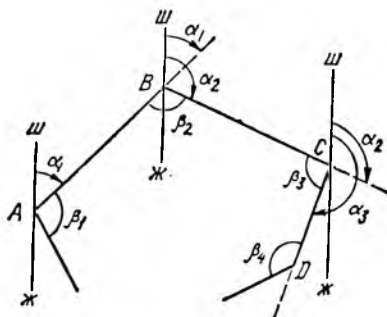
Бир бурчак икки ён томонининг дирекцион ёки азимут бурчаклари орқали β бурчакнинг қиймати қуйидагича бўлади (IX.11-шакл):

$$\beta = \alpha_p - \alpha_q, \quad \text{ёки} \quad \beta = A_p - A_q, \quad (\text{IX.7})$$

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_p , α_q — 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 теңлангач, маълум томоннинг дирекцион бурчаги бўйича, ички бурчаклар орқали, қолган томонларнинг дирекцион бурчаги ҳисобланади. $ABCD \dots A$ полигоннинг ички ўнг 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, тўрттинчи томоннинг дирекцион бурчаги α_4 қуйидагича бўлади:

$$\alpha_4 = \alpha_3 + 180^\circ - \beta_4. \quad (\text{в})$$

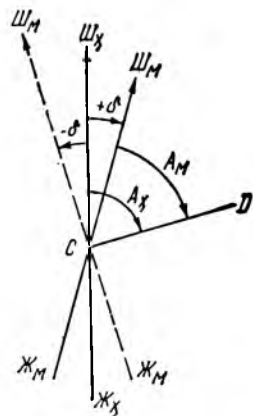
Кейинги томонларнинг дирекцион бурчаклари ҳам (а), (б), (в) даги қонда асосида ҳисобланади, яъни кейинги томон дирекцион бурчаги илгариги томон дирекцион бурчагига 180° қўшилганидан шу икки томон орасидаги ўнг бурчакнинг айнирилганига тенг. Шунда n -томоннинг дирекцион бурчаги қуйидагича ёзилади:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n \quad (\text{IX.8})$$

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,

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} - 180^\circ + \gamma_n \quad (\text{IX.9})$$

бўлади.



IX. 13- шакл.

IX.7. Ҳақиқий ва магнитавий азимутлар

Ер юзасидаги ихтиёрый нуқтадан ўтган географик (ҳақиқий) меридиан йўналишининг исталган вақтда аниқлани мумкин бўлавермайди. Ҳақиқий меридиан йўналиши астрономик кузатишлар орқали (масалан, Берунийнинг ҳинд айланиси ёрдамида, қутб юлдузининг кузатиш билан) аниқланади. Кундалик геодезик ишларни олиб боришда ҳақиқий меридиан ўрнига магнит стрелканинг йўналиши бўлган магнитавий меридиан қабул қилинади.

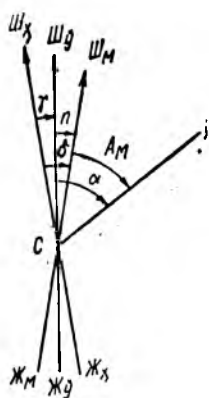
Магнит стрелкани эркин айландирган қутб сичча устига горизонтал ҳолда қўйинса, у Ернинг магнитавий майдонидаги кучлар таъсирида маълум йўналишга эга бўлади. Ер шимолий ва жанубий ярим шарининг ҳамма нуқтасидаги магнитавий куч чизиқлари ўз давомида шимолий ярим шарда бир нуқтада, жанубда ҳам бир нуқтада кесилмадики, бу нуқталар *шимолий* ва *жанубий магнитавий қутблар* дейилади. Магнитавий қутблар Ернинг географик қутбларига тўғри келмайди. Берилган нуқта магнитавий ўқининг сатҳий юзага тўнган проекцияси *магнитавий меридиан* дейилади.

Чизиқ учидан ўтган магнитавий меридиан шимолий йўналишидан соат стрелкаси юрадиган томонга йўналган чизиқча 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 кесилсади, 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_r каби *Ш* (шарқий) ва *Ғ* (ғарбий) белгилар билан ёзилади.

IX.13-шаклда CD чизиқнинг C учидан ҳақиқий меридиан $Ш_хЖ_х$ ва магнитавий меридиан $Ш_мЖ_м$ ўтказилган. CD чизиқнинг ҳақиқий A_x ва магнитавий A_m азимутлар орасидаги муносабат қуйидагича:

$$A_x = A_m + \delta, \quad (IX.10)$$



IX.14. шакл,

яъни чизиқнинг ҳақиқий азимутини 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 $Ш_хЖ_х$, магнитавий меридиан $Ш_мЖ_м$ ва ўқий меридиан $Ш_сЖ_с$ ўтказилса, CD чизиқнинг ҳақиқий азимутини A_x , магнитавий азимутини A_m , магнит стрелканинг оғиш бурчагини δ , дирекцион бурчак α ва меридианлар яқинлашиш бурчагини γ ҳосил бўлади. Шакл бўйича 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 оғиш 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 бурчагини 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 бурчагини қиймати кўрсатилган бўлади.

Оғиш бурчагининг қийматини изогонли картадан олиш мумкин. Изогонли карта оғишнинг асрий ўзгариши асосида чизилади. 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' гача боради. Темир рудаси кўп баъзи жойларда магнит стрелкасининг оғиши жуда катта ўзгаради, бу ҳодиса *магнитвий аномалия* дейилади. Бундай жойларда магнит стрелка билан ишлаб бўлмайди. Магнитавий оғишнинг ўзгариб туриши сабабли чизик азимут ва румбларини топиш аниқлиги ўрта ҳисобда $\pm 15'$ бўлади.

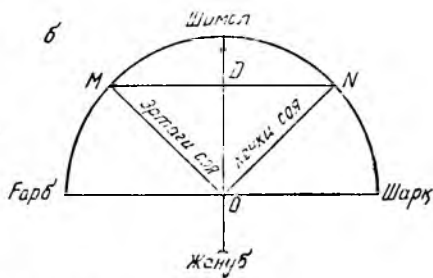
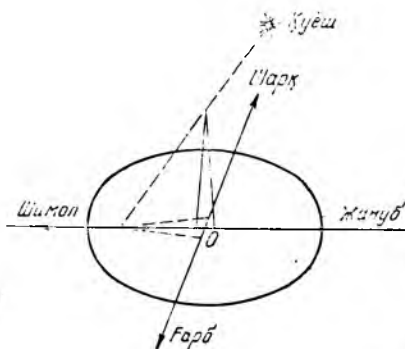
Магнит стрелкасининг энгашуви. Сихчага горизонтал қилиб эркин осилган магнит стрелкасининг иккита учи ҳаминша ҳам бир горизонтал текнеликда ётмайди. Шимолий ярим шарда стрелкасининг шимолий учи шимолий магнитавий қутбнинг тортиши туфайли горизонтал чизикдан юстга энгашади, жанубий учи қўтарилади. Бу ҳодиса *магнит стрелканинг энгашуви* дейилади. Бу градус халқасидан саноқ олиш аниқлигида таъбир этати. Стрелка горизонтал ҳолатда туриши учун жанубий учи томонига пўлат сурма хомутча боғланади. Ишлаш жойининг кенглама бўйича ўзгаришига қараб, хомутча сурилади. Масалан, шимолга борган сари энгашини кўнайгани сабабли хомутча стрелка жанубий учига сурилади.

IX.8. Ҳақиқий меридиан йўналишини аниқлаш

Жойда берилган чизикнинг ҳақиқий азимут ёки румб бурчагини аниқлаш учун ҳақиқий меридиан йўналиши маълум бўлиши керак. Ҳақиқий меридиан йўналишини аниқлашнинг оддий усули билан танишамиз.

Гномон ёрдамида аниқлаш. Текне жойда вертикал ўрнатилган таёқ *гномон* дейилади. Гномоннинг кундузги соат 12 (СССР да соат 13) даги соясининг йўналиши шимолий кўрсатади, яъни соя меридиан йўналиши бўйича ётади (IX.15-шакл, а).

Ҳинд доираси. Гномон бўйича меридиан йўналишини белгилашда Беруний қуйидагича ишлаган. Текне жойдаги О нуқтага 3—4 метрли таёқ вертикал вазиятда ўрнатилади (IX.15-шакл, б);



IX. 15- шакл.

сўйгра шимол томониди 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 қўзғатмай, куннинг иккинчи ярми кутилади. Гномон сояси шимоли-шарқда бўлиб, учин айлана билан кесишган *N* нуқта белгиланади. Кейин *MN* чизиқнинг қоқ яримдаги *D* нуқтага қозик қоқилади. Шунда *OD* чизиқ *O* дан ўтган ҳақиқий меридиан йўналиши бўлади. Бу усулни *Берунний Ҳинд доираси* деб атаган.

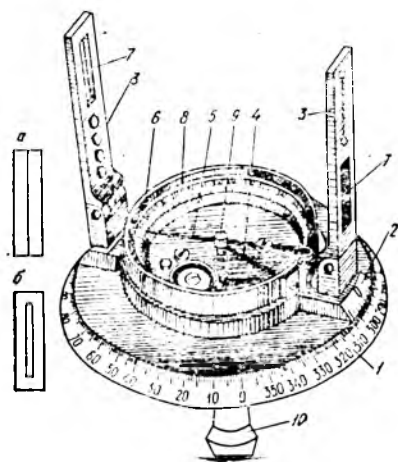
IX.9. Буссол ва гониометрлар

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 пўлат сыхча 9 га магнит стрелка 5 иланиган (IX.16-шакл). Стрелкани маҳкамлаш ва бўйлатиш учун махсус винт — арритир 4 қилинган. Ҳалқа айланаси 0—360 гача (азимут ҳалқаси) ёки 0—90° гача (румб ҳалқаси) бўлинади. Шу ҳалқа бўлақларидан стрелка учин орқали саноқ олинади. Буссоллар кўпроқ ёрдамчи қурол сифатида ишлатилади. Лекин сўйма ишларида мустақил асбоб сифатида ишлатиладиган *Степан буссоли* (БС-2) ва *дастакли буссол* ҳам учрайди. Степан буссолида йўналишнинг азимут ёки румбинини аниқлаш учун буссолни жойдаги нарсага қаратилиш учун мосланган кўз

3 ва нарса 7 диоптрилар бўлиб, улар қутичанинг икки томонида маҳкамланган. Қутича металл баркани марказига жойланган, барканининг қия қилиб йўнalgан чети 1 градусларга бўлинган; у *Лимб* дейилади. Лимб бўлақларидан саноқ олиш учун диоптрининг қуйи қисмидаги йўнalgан қирра 2 ҳам бўлақларга бўлинганки, бу штрихли ясалма *верньер* дейилади. Степан буссоли уч оёққа (штативга) махсус мослама — втулка 10 орқали ўрнатилади.

Буссолнинг градус ҳалқа, магнит стрелкадан иборат кичик турли *компас* дейилади. Баъзи геодезик асбобларни жойда меридиан бўйича ориентирлаш учунгина ишлатиладиган магнит стрелка ва *O* дан икки томонга



IX. 16- шакл. Буссоль БС-2.

1 — лимб; 2 — верньер; 3 — нарса диоптри; 4 — арритир; 5 — магнит стрелкаси; 6 — буссол қутиси; 7 — нарса диоптри; 8 — буссолнинг градус ҳалқаси; 9 — пўлат сыхча; 10 — втулка; а — нарса диоптри, б — кўз диоптрининг схемаси.

10° гача бўлагин бўлган кичик ва ингичка буссол *ориентир буссол* дейилади.

Буссолни текшириш. Буссол БС-2 қуйидаги шартлар бўйича текширилади.

1. Магнит стрелка мувозанатда бўлиши керак. Асбоб горизонтал вазиятга келтирилгач, стрелка учлари горизонтал турмай, бир учини градус ҳалқа четидан кўтарилса, мувозанат бўлмайди, буни тузатиш учун стрелканинг жанубий учига хомутча сурилади.

2. Стрелка етарли даражада сезувчан бўлиши керак. Буни текшириш учун стрелка бўшатилиб, у тинчлангач саноқ олинади. Кейин стрелкага магнитли нарса (пўлат ёки темир) яқинлаштирилиб, унинг тинчлиги бузилади. Тинчлангач, яна саноқ олинади. Саноқлар бир хил бўлса, шарт бажарилган бўлади; акс ҳолда стрелканинг магниту заифлашган бўлади. Стрелка магнит тақага сурқалиб, у магнитланади. Агар стрелка ўз ҳаракатида бирдан тўхтаса, стрелкадаги ағат (ақик) тош яхши йўналишмаган бўлади. Бундай буссол устахонада тузатилиши керак.

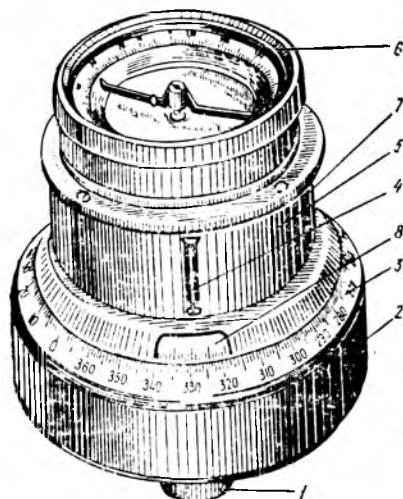
3. Буссолда сикча билан стрелкадан ташқари, темир ва темирли жисм бўлмаслиги керак. Буни текшириш учун стрелка ва сикча қутидан олиниб, стрелка тахтага ўрнатилган сикчага илинади; сўнгра қути ҳар томон билан стрелкага яқинлаштирилади. Агар стрелка қимирламаса, қутида темир ёки темирли жисм йўқ бўлади.

4. Магнит стрелка градус ҳалқа марказида айланиши керак; магнитавий стрелканинг айланмаслиги марказланмаганлик (эксентриситет) ни билдиради. Бу шарт бажарилганда стрелка икки учидан олинган саноқлар тенг (румб ҳалқада) ёки фарқи 180° (азимут ҳалқада) бўлиши керак. Агар бу шарт бажарилмаса, стрелканинг икки учидан олинган саноқларнинг арифметик ўртаси олинади.

5. Стрелканинг магнитавий ва геометрик ўқлари мос бўлиши (бир чизиқда ётиши) лозим. Текшириш учун шимол учидан саноқ олинади; кейин ойна очилиб, стрелка сикчадан олинади-да, унинг қалинқчаси тескари (қуйи) томонга ўрнатилади; сўнгра сикчага илинади ва тинчлангач, илгариги учидан саноқ олинади. Саноқлар тенг бўлмаса, улар фарқи ўқлар орасидаги бурчакнинг иккилангани бўлади. Хато катта бўлса, томон йўналишини аниқлашда уни ҳисобга олиш керак.

6. Диоптрларнинг коллимацион текислиги градус ҳалқа текислигига перпендикуляр бўлиб, ноль бўлагидан ўтиши керак. Тор кўз диоптрининг тирқиши ва нарса диоптрининг ипидан ўтган вертикал текислик *коллимацион текислик* дейилади. Шартни текшириш учун буссол градус ҳалқаси адилак ёрдамида горизонтал вазиятга келтирилади. Кейин 20 м масофадаги шовун чизиққа қаралади. Агар дисптр ипи шовун ипни бор бўйига беркитса, шарт бажарилган бўлади.

Градус ҳалқанинг ноль диаметрини текшириш учун бир чизиқ (линейка) олиниб, унинг қирраси градус ҳалқанинг икки ноль бўлагига қўйилади; иккинчи қирраси бўйича қаралганда кўриш нури шовундан ўтса, асбоб тўғри, акс ҳолда градус ҳалқа бўшатилиб, бир оз буриш йўли билан асбоб тузатилади.



IX. 17- шакл. Гониметр.

1 — втулка; 2 — қуйи цилиндр; 3 — лимб; 4 — нағез диоптри; 5 — устки цилиндр; 6 — буссол қутчаси; 7 — кўз диоптри; 8 — верньер.

ясалган, бу верньер орқали лимб бўлақларидан саноқ олинади. Қуйи цилиндр тагига втулка 1 маҳкамланган, бу втулка ёрдамида гониметр штатив устига ўрнатилади.

Гониметрнинг текшириш. Гониметр қуйидаги шартлар бўйича текширилади.

1. Устки цилиндрнинг айланиш ўқи қуйи цилиндрнинг ўқи билан бир вертикал чизикда ётishi керак. Текшириш учун ҳар 20 — 30° дан иккала верньер бўйича саноқ олинади. Қарама-қарши верньер саноқлари бир-биридан $180^\circ \pm t$ дан ортиқ фарқ қилмаслиги керак; бу ерда t — верньер аниқлиги бўлиб, у 15' га тенг.

2. Верньернинг ноль диаметри устки ва қуйи цилиндрларнинг диаметрларидан ўтган текислик бир-бирига тўғриланганда, верньернинг ноль диаметри лимбнинг ноль диаметри билан бир текисликда ётishi керак. Буни текшириш учун гониметрнинг штативга горизонтал ўрнатиб, қуйи диоптрлар орқали жойдаги веҳага қаралади. Кейин қуйи цилиндрни қимирлатмай, устки цилиндрни айлантириб, веҳага қаралади. Агар верньер саноқлари 0° ва 180° бўлса, шарт бажарилган бўлади; акс ҳолда коллимацион хато бўлиб, унинг қиймати биринчи (нолинчи) верньердан олинган саноққа тенг. Буни тузатиб бўлмайди, у ишлашда албатта ҳисобга олинади.

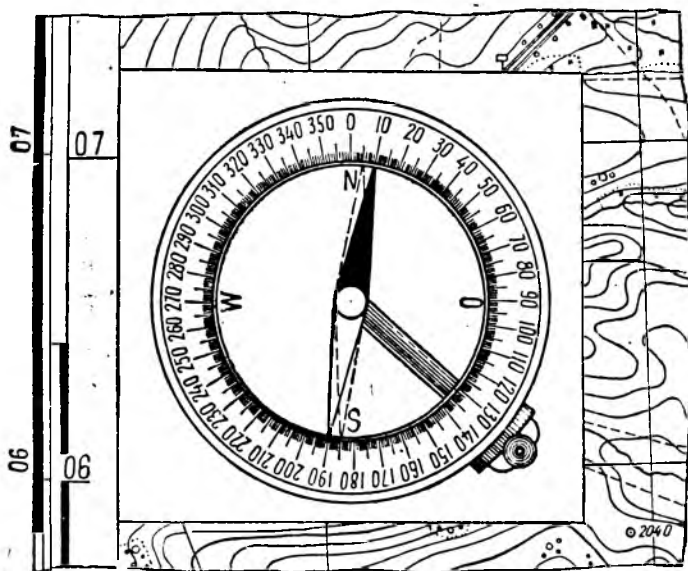
Гониметр буссолни ҳам БС-2 каби текширилади.

IX.10. Топографик картани ориентирлаш

План ёки картада тасвирланган чизикларнинг жойдаги мос чизиклар горизонтал қуйишлигининг йўналишига параллел қилиб ўрнатилиши *плани ва картани ориентирлаш* деб аталади.

План ёки карта компас ёки буссол ёрдамида ё бўлмаса план ёки картада тасвирланган йўл каби объектлар бўйича ориентирланади.

Компас ёки буссол ёрдамида ориентирлаш. Бунда топографик карта ундаги меридиан чизиги ёки координата тўрининг километрлар чизиги 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 бўшатилиб, карта буссоли билан шундай буриладики, магнитавий стрелканинг шимолний учи δ қийматиغا тенг бўлакда турсин (шаклда $\delta = +5^\circ$ да турибди). Шунда карта меридиан бўйича ориентирланган бўлади. Агар буссолнинг ён томони AB координаталар тўрининг вертикал чизигига 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 кўрсатади. Шунда карта ўқий меридиан бўйича ориентирланади.

Йўл бўйича ориентирлаш. Картани планда кўрсатилган йўл, алоқа симлари бўйича ориентирлашда жойдаги йўлнинг бир учига туриб карта йўлнинг пландаги тасвири жойдаги йўлга параллел бўладиган қилиб ушланади. Бунинг уч қиррали чизгич ёрдамида бажариш қулай бўлади.

IX. 11. Картада чизиқнинг ҳақиқий азимут ва дирекцион бурчагини аниқлаш

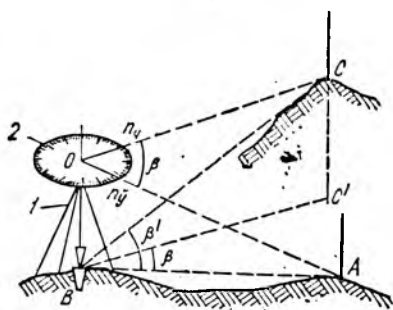
Жойдаги чизиқнинг ҳақиқий азимут ва дирекцион бурчагини картада ўлчаш йўли билан аниқлаш мумкин. Масалан, IX. 14-шаклдаги MN чизиқнинг ҳақиқий азимутини аниқлаш керак бўлсин. Бунинг учун M нуқтага $69^{\circ}18'$ ли минут чизигининг учи P нуқта θ билан бирлаштирилса, ҳақиқий меридиан йўналиши чиқади. Кейин M нуқтадан PQ га параллел ўтказилса, M нуқта меридиани ясалади; транспортир ёрдамида $\angle PMN$ бурчак қиймати аниқланса, MN чизиқнинг ҳақиқий азимут A_{MN} бўлади.

Чизиқнинг дирекцион бурчагини аниқлаш учун юқоридаги каби ишланади, лекин чизиқ учи (M) дан километрлар тўри чизигига параллел чиқарилади ва транспортир билан M нуқтадаги бурчак ўлчанади.

Х б.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 (X.1-шакл) туриб, турли баландликда ётувчи A ва C нуқталарга қараш йўли билан ABC бурчакнинг горизонтал қўйилиши β ни ўлчаш керак, дейлик. Шаклдан кўринадикки, C нуқта баландда, B ва A нуқталар эса C га нисбатан пастликда. Шунга кўра, BA ва BC томонлар орасидаги β' кўня 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



Х. 1- шакл.

чап нуқта C га қараб n_q , кейин доирани қўзғатмай, ўнг нуқта A га қараб n_y саноқлар олинса, β бу саноқлар айирмасига тенг бўлади:

$$\beta = n_y - n_q, \quad (X. 1)$$

яъни бир нуқтадан чиққан икки йўналиш орасидаги бурчакнинг горизонтал қўйилиши ўнг нуқтага қараб олинган саноқдан чап нуқтага қараб олинган саноқнинг айирмасига тенг. Айланасининг йўнилган қирраси бўлақларга бўлинган ва горизонтал ҳолга келтирилиб саноқ олинмаган доира 2 лимб дейилади. Агар O дан C га ва A га қаралган кўриш нурларидан вертикал текисликлар ўтказилса, бу текисликлар *коллимацион текисликлар* дейилади. Бу

текисликлар орасидаги бурчак ўлчанадиган бурчакнинг қиймати бўлади.

Икки чизик 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 асбоби бўлиб, X.2-шаклда кўрсатилганидек, қуйидаги асосий қисмлардан иборат: таглик 1, лимб 2, алидада 4, алидак 6 ва кўриш трубаси 8.

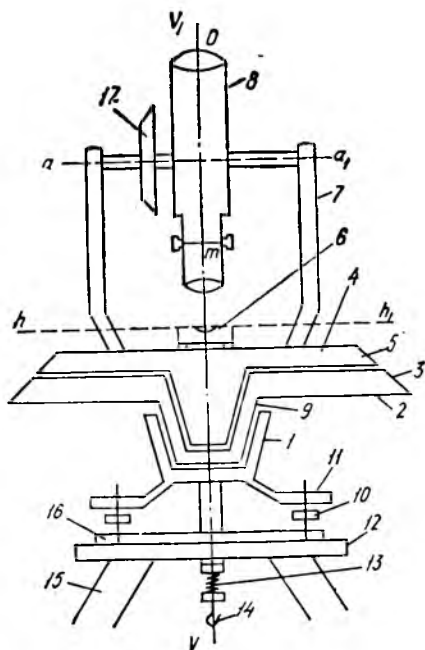
Теодолитнинг лимби айланмаса, бу теодолит *оддий*, айланса — *такрорий теодолит* дейилади. Такрорий теодолит лимбининг махсус маҳкамлаш ва қаратиш винтлари бўлади, оддий теодолитда эса улар бўлмайди.

Теодолитлар лимбининг нимадан ясалишига қараб, улар *металл лимбли* ва *оптик теодолитларга* бўлинади. Металл лимбли теодолитларнинг горизонтал ҳамда вертикал доңралари мис ёки бронзадан ясалади (ТТ-50, ТТ-5 маркали теодолит — тахометрлар).

Оптик теодолитларнинг лимблари эса шихадан 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 штатив устига ўрнатилади.

Қуйи томонда тагликни штативга маҳкамлаш учун махсус (пружинали ёки пружинасиз) ўрнатиш винти 13 бўлади, у ўрнатиш винти дейилади. Кўтариш винтлари билан алидак 6 ёрдамида асбоб горизонтал вазиятга келтирилади.



X. 2-шакл. Теодолит схемаси.

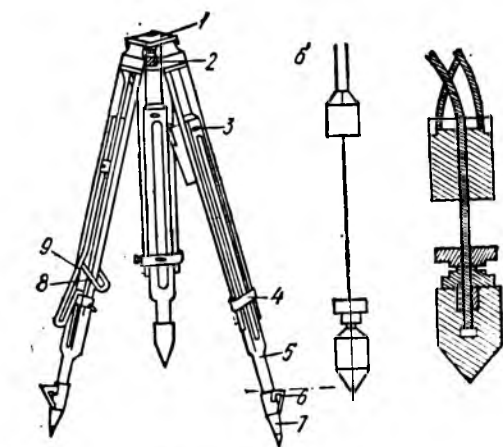
VV₁ — асбоб айланни (вертикал) ўқи; hh₁ — цилиндрик алидак ўқи; a, a₁ — труба айланни ўқи; 0 — объектив; 8 — кўриш труба; 1 — таглик; 2 — лимб; 3 — лимбнинг айланган қирраси; 4 — алидада; 5 — алидаданинг айланган қирраси; 6 — цилиндрик алидак; 7 — труба таглиги; 9 — кўриш труба; 10 — кўтаргич винт; 11 — таглик кўтаргичи; 12 — штатив боши; 13 — ўрнатиш винти ва пружинаси; 14 — шовуи ялғачи; 15 — штатив оёғи; 16 — трегер — пластинка; 17 — вертикал доңра.

Штатив. ГОСТ
11897 — 78 га кўра,
штативлар икки типга
бўлинади.

1. ШН штативи, бу
штатив яхлит уч оёқли,
узунлиги ўзгармайди. 2.
ШР штативи, бу штатив
сурилувчи иккиланма уч
оёқли, қуйидаги ўлчам-
да бўлади (Х.2-шакл, а):

ШН-200 штативи
(200 — штатив доиравий
бошининг диаметри мм
да), оёқларининг узун-
лиги 1,70 м бўлиб, Т1,
ёруғлик дальномери
СБ-6 ўрнатилади.

ШН-160 штативи,
оёқлари 1,60 м бўлиб,
Н-05 га мосланган.



Х. 2а- шакл. Штатив ва шовуилар.

а — оёғи ўзгарадиган ёроқ штатив, б — мосламали шовуилар: 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.

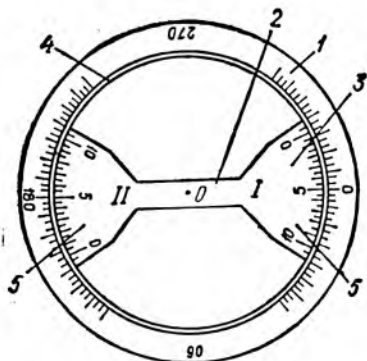
ШР-120 штативи йиғма оёқларининг узунлиги 1,60 м бўлиб, НЗ, Н-10 ва КН ларга мосланган.

Штативнинг кўринишини ва оёқ учларининг ясаллиши, қисмлари ва номи (Х.2-шакл, а) да келтирилган.

Лимб — диаметри 10 — 12 см ли баркан (донра) 1 бўлиб (Х.3-шакл), айланасининг қирраси 3 йўниланган ва 0 дан 360° гача бўлакларга бўлинган. Лимбнинг бир бўлагининг қиймати 1 билан белгиланса, у ҳозирги теодолитларда 10', 20' ёки 30' га тенг бўлади. Лимб марказидаги махсус бўртмат 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 парсага аниқ қаратишда ишлатилади. Лимб марказида алидада доираси айланади.

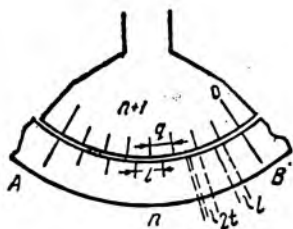
Алидада — лимб марказида айланувчи, учиди маълум мослама бўлган чизгич 2 дир. Теодолитларда алидада лимб марказида айланувчи доира 4 бўлиб, бир диаметрининг икки учидagi йўниланган қирра (б) га қилинган махсус штрихлар (вернер) ёрдамида лимб бўлакларидан саноқ олинади (Х.3-шакл). Алидаданинг ҳам маҳкамлаш ва қаратиш винтлари бўлади.

Верньер ва унинг назарияси. Верньер лимб ва планиметр ёлдираги бўлакларидан саноқ олишда ишлатилади. У қуйидагича ясалади. Агар АВ ёни лимб бўлагини бўлиб, ундан n та бўлак олинса, бир бўлагининг қиймати 1 дейилса, $AB = n$ бўлади. АВ ёйга тенг ёй алидаданинг қиррасидан олиниб, $n + 1$ бўлакка бўлинса ва бир бўлакнинг қиймати q дейилса, $AB = (n + 1) q$ бў-



Х. 3- шакл. Лимб ва алидада схемаси;

1 — лимб, 2 — алидада, 3 — лимбдаги градус бўлаклари, 4 — алидада доираси, 5 — верньер



К, 4- шакл,

лади (Х.4- шакл). Шунда $nl = (n + 1) q$ (а). $l - q = t$ бўлади деб олинса, бу верньер аниқлиги дейилади. t ни топиш учун q ўрнига унинг (а) даги қиймати $q = \frac{nl}{n + 1}$ ни қўйсак,

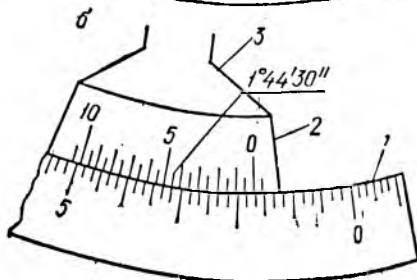
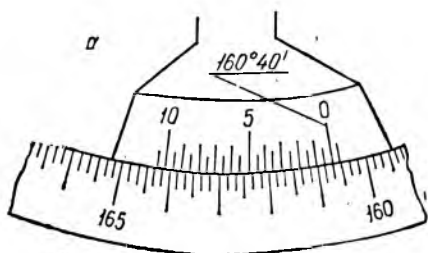
$$t = \frac{l}{n + 1} \quad (\text{Х.2})$$

чиқадн, яъни верньер аниқлиги лимбнинг бир бўлаги қиймати (l) ни верньер бўлаklarининг сони ($n + 1$) га бўлинганига тенг. Верньер (Х.2) формулага асосланиб ясалади. Масалан, ТТ-5 теодолитида лимб бўлаklarининг сони 2160 та бўлганидан $l = \frac{360^\circ}{2160} =$

$$= \frac{21600'}{2160} = 10' \text{ бўлади. Аниқлиги } t = 0,5' = 30'' \text{ ни верньер яшаш учун лимбдан олинган бўлаklar сони } n \text{ (Х.2) формуладан топилади. Шу вақт } n + 1 = \frac{l}{t} = \frac{10'}{0,5'} = 20$$

бўлади, яъни лимбдан 19 бўлак олиб, уни верньерда 20 та бўлакка бўлиш лозим.

Лимб ва верньер бўлаklarидан катталаштириб санок олиш учун верньерга лупа ўрнатилади. Верньердан санок олишда қуйидаги қоидага амал қилинади. Лимб, алидада маҳкамлангач, лимб бўлаklarидан верньер О штрихгача бўлган градус ва ўнли

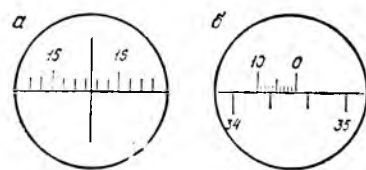


Х, 5 шакл.

минутлар сони аниқланади; кейин верньернинг ноль штрихидан чапдаги верньер штрихларидан нечанчиси лимб штрихига тўғри келгани топилади. Х.5-шаклда ТТ-5 да верньернинг кўриниши ва ундан саноқ олиш келтирилган. Умуман саноқ олишда лимб бир бўлаги l нинг қиймати ва верньер аниқлиги t ни яхши билиш керак. ТТ-5 да верньернинг минутли штрихлари узун, $30''$ ли штрихлари эса қисқа чизилган. Х.5-шакл, б да верньернинг 0 штрихи лимбнинг 1° ли штрихидан тўрт бўлак ўтган, шунга кўра лимбдаги саноқ $1^\circ 40'$ бўлади; кейин верньернинг 0 штрихидан чапдаги 5 рақами ёзилган штрих ўнг томонидаги кичик штрих, яъни 0 штрихдан чапдаги 9-штрих лимбнинг штрихига тўғри келган; шунга кўра саноқ $9 \times 0,5' = 4,5'$ бўлади. Шунда верньер саноғи $1^\circ 40' + 4,5' = 1^\circ 44,5'$ бўлади, Х.5-шакл, а да эса саноқ $160^\circ 40'$ га тенг.

Микроскоплар. Металл лимбни майда бўлақларга бўлиш мумкин бўлмаганидан верньерлар ёрдамида $30''$ дан кичик аниқлик билан саноқ олиш мумкин бўлмайди. Оптик теодолитларда верньер ўрнида микроскоплар ишлатилади. Микроскоп штрихли ва шкалали бўлади.

Штрихли микроскоп. Микроскоп верньер лупаси ўрнида ёки бошқа йўл билан лимб штрихларидан 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 бўлақлардан саноқ олинади (Х.6-шакл, а), бу штрих индекс дейилади. Саноқ олишда лимб бўлақларидан индексгача градус ва $10'$ ли бўлақлар санаб олинади; шаклда 15° дин кейини штрих 3-бўлакни кўрсатганидан, саноқ $15^\circ 30'$ бўлади; кейини бу қийматга бўлак ораси индексгача чамалаб олинади, шаклда $0,5$ га тўғри келадиги, бу $5'$ бўлади. Шунга кўра тўла саноқ $15^\circ 30' + 5' = 15^\circ 35'$ бўлади. Баъзи



Х. 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 бўлақлари кўринади. Бундай вақтда ҳам бир микроскоп штрихидан иккала доира лимбни бўйича саноқ олинади.

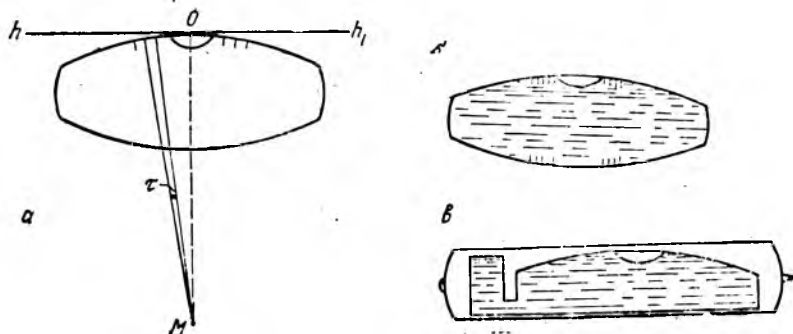
Шкалали микроскоп. Штрихли микроскопнинг аниқлиги кам бўлганлиги учун аниқ асбобларда шкалали микроскоп ишлатилади.

Бу микроскопда шиша пластинкага штрих ўрнига шу асбоб лимб бўлақларига мос шкала ишланади; шунга кўра, шкалали микроскопнинг тури кўп. Х.6-шакл, б да лимбни $20'$ дан бўлинган доиранинг бир қисми (бир градуси) кўрсатилган. Пластинкада лимбнинг бир бўлагига барабар ёй олиб, у 10 бўлакка бўлинган, шунга кўра шкаланинг бир бўлаги $2'$ га тенг. Шунда шакл бўйича саноқ $34^\circ 20' + 6,6 \cdot 2 = 34^\circ 33,6'$ бўлади. Т-15 ва Т-5 теодолитларидаги шкалали микроскоплар турлича бўлади, улар билан кейинги параграфларда танишамиз.

Х. 3. Адилаклар

Адилак геодезик асбобларни ишлатишдан олдин Аларни горизонтал вазиятга келтириш учун керак бўладиган асбоб бўлагин бўлиб, кўринишин жиҳатидан *доиравий* ва *цилиндрик* бўлади. Цилиндрик адилак аниқроқ бўлганидан кўп ишлатилади. Адилаклар ампула, ғилоф 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 бўлагининг қиймати, hh_1 — адилак ўқи. б — реверсион адилак ампуласи, в — камерали адилак.

даги суюқлик совигач, пуфакча (бўшинч) ҳосил бўлади; у ҳамшиша энг баланд жойни эгаллайди. Ампула бўлақларининг ўрта нуқтаси (0) адилакнинг *ноль нуқти*сига дейилади; 0 га уринма бўлган чизм hh_1 *цилиндрик адилак ўқи* деб аталади. Пуфакча ноль нуқтда турганда ўқи горизонтал бўлади. Ёй 0 нуқтдан икки томонга 2 мм дан бўлақларга бўлинади. Ҳар бўлақка *адилак бир бўлагининг қиймати* дейилиб, τ билан белгиланади. τ нинг қиймати орқали адилакнинг сезувчанлиги белгиланади. Агар бўлакнинг чизмий қийматини l , ёй радиусини R десак, l нинг бурчак қиймати

$$\tau = \frac{l}{R} \rho \quad (X.3)$$

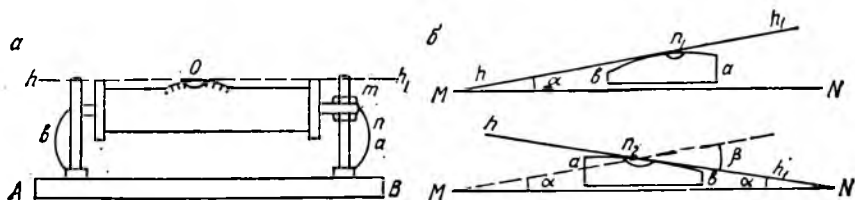
бўлади; бу ерда $\rho = 206265''$. Теодолитларда $\tau = 15 \dots 60''$ гача бўлади. τ нинг қиймати қанча кичик бўлса, адилак шунча сезувчан ҳисобланади.

Баъзан ампула ички юзасининг ҳаммаси ёй қилинади ва икки томони бир хил бўлақларга бўлинади; бундай адилак *реверсион* (айлғанадиган) *адилак* дейилади. Ампула ғилофи ҳам шунга мосланиб, икки томони очиқ бўлади. Масалан, Цейс фирмаси чиқарган нивелирлар реверсион қилиб ишланган (Х.7-шакл, б).

Ҳаво температураси ўзгариши билан пуфакча ўлчами ҳам ўзгаради. Иссиқ қунлари суюқлик ҳажми ортиши билан пуфакча ки-

чиклашади, адиллакнинг сезувчанлиги камаяди, совуқда аксинча, пуфакча катталашади. Пуфакча ўлчамини ўзгартириш учун баъзи ампуланинг бир томонида камера (бўйлиқ) бўлиб, у ампула ичидан тагич очик тўсиқ билан ажратилган (X.7-шакл, *в*). Ампулани турли томонга силкитиб, суяқликни камерага қочириб ёки камерадан чиқариб, пуфакча ўлчамини ўзгартириш мумкин; бундай адиллак *камерали адиллак* дейилади.

Адиллак *филофи* (қутиси). Адиллак ампуласи ишши бўлганидан, у синиб қолмаслиги учун махсус металл ёки ёғоч қутига жойланади (X.8-шакл, *а*). Ампула уст томонининг ўртаси очик



X. 8- шакл. а. Адиллак филофда (оправала);

hh_1 — адиллак ўқи, m ва n — гайкалар, AB — филов асоси, $б$ — адиллакни текшириш схемаси.

қутига солинган, қутининг учидаги бўртма AB асосга таянган икки устунга ўрнатилади. Бир учини m ва n гайкалар ёрдамида қўтариш ёки тушириш мумкин. Баъзан гайка ўрнида пружина бўлади ва *тузатиш винти* дейилади.

Адиллакни текшириш. Цилиндрик адиллак ўқи hh_1 оправанинг (филоф) 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 адиллакни ихтиёрий MN текисликка қўйиб (X.8-шакл, *б*), a томонга қочган пуфакча учидан n_1 санок олинади. Бунда адиллак 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 адиллак 180° айлантирилади, a ўрнига b ни, b ўрнига a қўйилиб, пуфакча учидан n_2 санок олинади. Бунда hh_1 ўқ MN билан N нуқтада α бурчак ҳосил қилиб кесишади. Ўқнинг икки турини 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 сурилганда олинган саноклар йиғиндисига тенг, яъни $\beta = n_1 + n_2$.

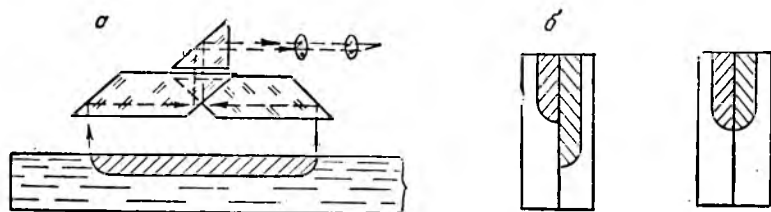
Мисол. Биринчи ҳолда пуфакча ўртадан 5 бўлак ўнга ($n_1 = 5$), иккинчи ҳолда эса 3 бўлак чапга ($n_2 = 3$) сурилган бўлсин. Шунда $\beta = 5 + 3 = 8$ бўлади; хато бурчак α эса $8:2 = 4$. Буни тузатиш учун a устундаги гайка ёки пружина ёрдамида пуфакча ўнг томонга 4 бўлак сурилади.

Адиллакни қуйидагича ҳам текшириш ва тузатиш мумкин. Адиллакни бир ихтиёрий юзага қўйиб, паст учи остига нарса қистириб пуфакча ўртага келтирилади. Кейин 180° га айлантириб қўйилади.

Пуфакча ўртадан қанча (неча бўлак), масалан, n бўлак қочса, ана шу β бурчак қиймати бўлади. Кейин тузатиш винти билан пуфакча $\frac{\beta}{2}$ бўлак ўрта томонга сурилади.

Теодолитда адилак алидада доираси устига 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 майдонида иккита ярим палла бўлиб кўринади (X.9-шакл, а); X.9-шакл, б да пуфакчалар бирлашмаган адилак ўқи горизонтал эмас;



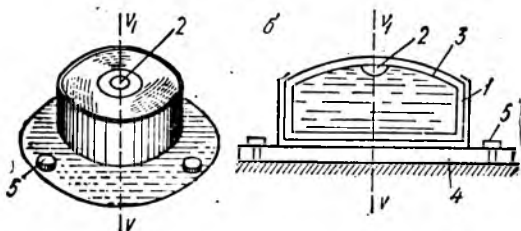
X. 9- шакл.

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* дейилади.

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 бўлаклар ўрнига айлана чизилган, айлана бўлаклари 2 мм дан қийинган. Пуфакча диаметри 2—4 мм га тенг. Айлана маркази O нуқта ҳисобланади. O нуқтадан ампуланинг сферик юзасига перпендикуляр бўлиб ўтган вертикал чизик *адилак ўқи* дейилади. Пуфакча доирача ичида турганда ўқ вертикал вазиятда бўлади. Доиравий адилакнинг ўқи асбоб айланиши ўқига параллел бўлиши керак. У цилиндрик адилак каби текширилади, хато бўлса, адилак тагидаги учта тузатиш винти ёрдамида тузатилади.

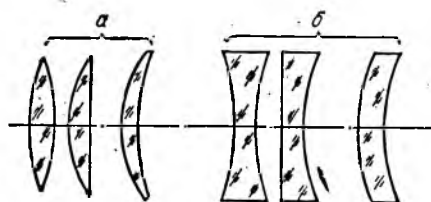
X. 10- шакл. Доиравий адилак:

а — умумий кўриниши, б — вертикал кесими; VV_1 — адилак ўқи, 1 — кути, 2 — пуфакча, 3 — адилак устки ишаси, 4 — асоси, 5 — тузаткич винт.



Х.4. Кўриш воситалар

Геодезик асбобларда майда бўлақлардан саноқ олиш, узоқ нуқталарга қараш учун турлича ясалган кўриш қуроллари ишлатилади. Кўриш воситалари лупа, микроскоп ва кўриш трубаларига бўлинади. Ҳозирги кўриш воситалари бир ёки бир неча мусбат (Х.11-шакл) ва манфий линзаларнинг турли вазиятларда ўрнатилиши орқали ясалади.



Х. 11- шакл

Нарсанинг тасвири трубаларда қуйидаги уч нурнинг иккиси орқали ҳосил бўлади:

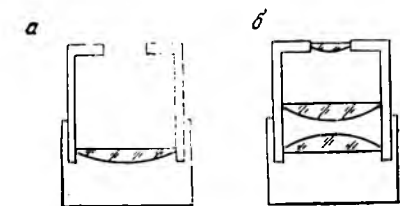
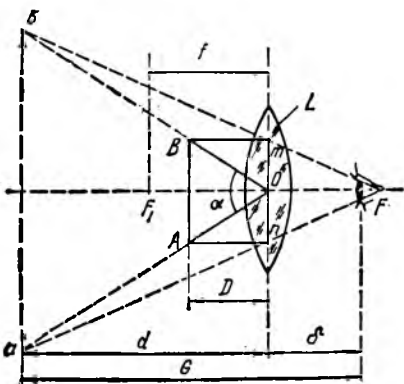
- 1) оптикавий ўққа параллел тушган нур;
- 2) линза марказидан ўтган нур;
- 3) линза фокусидан ўтган нур.

Х.5. Лупа

Лупа лимб бўлақларидан саноқ олишда ишлатилади ва трубага ўрнатилган бир ёки бир неча линзалар системасидан ясалади (Х.12-шакл). Лупанинг бир линзалиси — *оддий*, кўп линзалиси — *мураккаб* лупа дейилади. Лупа махсус мослама ёрдамида верньер бўлақларидан 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 катталаштирилиши. Қаралган нарса AB нинг тасвири лупада қандай ҳосил бўлиши Х.13-шаклда кўрсатилган. Нрсанинг учлари A ва B дан оптикавий ўққа параллел кетган нур L линзаларни m ва n нуқта-ларда синиб, фокус F дан ўтиши керак, лекин нарса линза билан фокус орасида бўлганидан унинг тасвири маъхум бўлади; шунга



Х. 12-шакл. Лупалар:

a — оддий, b — мураккаб.

Х. 13- шакл.

кўра нур Fm орага қайтиб, mb томон йўналади. EO ҳам Bb томон қайтиб, $m'b$ билан b нуқтада кесишадими, b нуқта 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 икки 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. Бунини (а) га қўйсак,

$$\frac{d}{D} - 1 = \frac{G - \delta}{f}, \quad (b)$$

ёки

$$v = \frac{G}{f} - \frac{\delta}{f} + 1 \quad (в)$$

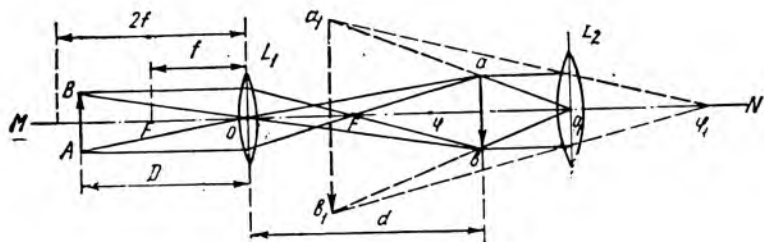
бўлади. Нарсанинг тасвири кўз фокусла турганда, яъни $\delta = f$ бўлганда яхши кўринади. (в) даги δ ўрнига f қўйилиб, соддалаштирилса

$$v = \frac{G}{f} \quad (X.4)$$

чиқади. Бу лупанинг катталаштириши формуласи дейилган. Лупада катталаштириши энг яхши кўриш масофаси G нинг линза фокуси масофаси f га нисбатига тенг. Маълумки, G ўзгармас катталик бўлиб, 25 см га тенг; шу вақт катталаштириши 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 вертърнинг катталаштириши кам бўлганлигидан, унинг ўрнига микроскоп ишлатилади. Микроскоп турли асбобда ҳар хил жойга ўрнатилади. Ҳозирги оптиквий теодолитлар (Т30, Т15) да кўриш трубагининг окуляри ёнида микроскопли махсус труба ўрнатилган. Бу билан нарсага қараш ва санок олиш анча осонлашади. Микрос-



Х. 14- шакл. Микроскоп ва унда тасвир ясаллиши:

L_1, L_2 — объектив ва окуляр линзалари, AB — кузатишган арса, ab — объектив берган тасвир, a_1b_1 — окуляр катталашган тасвир.

коп икки ва ундан ортиқ мусбат ва манфий линзаларнинг маълум қонда асосида ўрнатилиши йўли билан ясалади. Бу линзалар кичик ва катта диаметрли икки трубага ўрнатилган бўлиб, трубаларнинг бири иккинчисини ичига сурилади; буларнинг бирига объектив линзаси L_1 , иккинчисига эса окуляр линзаси L_2 ўрнатилати. Х. 14- шаклда икки линзали микроскопда нарса тасвирининг ҳосил бўлиши кўрсатилган. Микроскопда нарса объектив линзаси фокуси билан унинг иккиланган фокус масофаси орасида ётипти, яъни $f < D < 2f$ бўлиши керак. Нарсанинг A ва B учларидан кетган нурлар объективда сингач, фокус F дан ўтиб, окуляр L_2 билан унинг фокуси ϕ орасида кесинади- да, ab тасвири ҳосил қилади. Объектив тесқари, ҳақиқий ва катталашган тасвир ҳосил қилади. Кейин тасвир ab дан кетган нурлар окуляр L_2 да синиб, мавҳум ҳолда қайтади- да, a_1b_1 нуқталарда кесинади, a_1b_1 тасвир нарса AB нинг микроскопда ҳосил бўлган катталашган тасвиридир. Окуляр лупа вазифасини бажаради.

Микроскопнинг катталаштиришини қуйидагича топиш мумкин. Шакл бўйича кузатишган AB нарса микроскоп объектини орқали катталашиб, ab ҳолида кўринади; шунда объективнинг катталаштириши

$$v_{об} = \frac{ba}{BA} \quad (a)$$

бўлади. ab ни окуляр катталаштириб, a_1b_1 ҳолида кўрсатади; шунга кўра, окулярнинг катталаштириши

$$v_{ок} = \frac{a_1b_1}{ab} \quad (б)$$

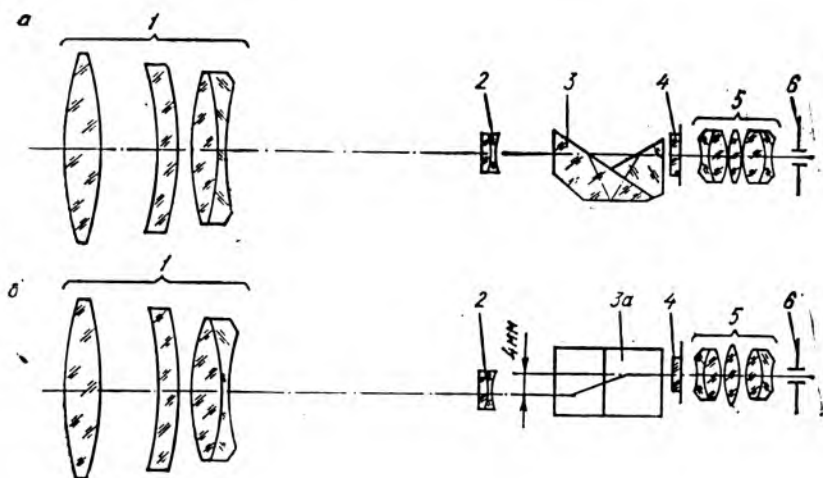
бўлади.

Лекин микроскоп AB ни катталаштириб, a_1b_1 ҳолида кўрсатади; шунга кўра, микроскопнинг катталаштириши

$$v_m = \frac{a_1b_1}{AB} \quad (в)$$

бўлади. Бу ифодани ab га кўпайтириб ва бўлиб, қуйидагича ёзсак

$$v_m = \frac{a_1b_1}{AB} \cdot \frac{ab}{ab} \text{ ёки } v_m = \frac{ab}{AB} \cdot \frac{a_1b_1}{ab} \quad (г)$$



Х. 16.- шакл. б. Янги ер трубасининг оптиквий схемаси:

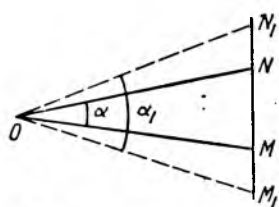
1 — мураккаб объектив, 2 — фокусловчи линза, 3 ва 3а — Аббе призмаси (айлантирувчи призмалар), 4 — иппар тўри, 5 — окуляр, 6 — чиқиш (кўзга).

падагидек катталаштириб, мавҳум a_1b_1 ҳолида кўрсатади. Шундай қилиб, *кўриш трубасида нарсаси тескари, мавҳум ва катталашган ҳолда кўринади.*

Тўғри тасвирли кўриш трубалари. Кузатиладиган нарсаси тасвирини ўзидек қилиб кўрсатадиган труба *ер трубаси* дейилади. Бундай трубани даставвал машҳур олим — Галилей (1564 — 1642) ишлатган, шунга кўра у, кўпроқ *Галилей трубаси* ҳам дейилади. Бу труба шаклдагидек (Х. 16.- шакл, а) мусбат ва манфий линзадан ясалади. Нарса АВ нинг тасвири объектив орқали кичиклашган ab ҳолида бўлса, манфий линза орқали a_1b_1 ҳолида, яъни тўғри кўринади. Галилей трубаси узун бўлгандагина нарсаси тасвирининг катталашуви ортади, лекин равшанлиги камайд. Шунга кўра, геодезик ишларда тескари тасвир берувчи астрономик трубалар ишлатилади. Лекин кейинги даврда қурилиш ишларида бажариладиган баъзи геодезик ишларни амалга оширишда тўғри тасвир берувчи трубаларнинг афзаллиги сезилди. Шунга кўра, баъзи геодезик асбоблар кўриш трубалари тўғри тасвир берадиган қилиб чиқарилмоқда. Оптика техникасининг ўсиши билан кўриш трубаларида бир неча мусбат ва манфий линзалар системаси шундай ўрнатиладики, равшанлик камаймайди ва труба узунлиги ҳам ошмай, тўғри тасвир олинади. Масалан, Т15К, КБ1 асбобларининг трубалари тўғри тасвир беради. Янги асбобларда Аббе призмаси (Х. 16.- шакл, б) ўрнатиш йўли билан тўғри тасвир олинади.

Х.8. Кўриш трубасининг катталаштириши

Кўриш трубасининг катталаштиришини лупа ва микроскопдагидек узоқликлар нисбати орқали ифодалаш тўғри бўлмаганидан, у кўриш бурчакларининг нисбати билан ифодаланади. Кўриш бурчаги



Х. 17- шакл.

деганда нарсанинг четки нуқталаридан кўз қорачиғига тушган икки нур орасидаги бурчак тушунлади (Х.17-шакл). О 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 бурчани 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 (Х.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:

$$v = \frac{\beta}{\alpha} \quad (\text{Х.6.})$$

Трубанинг катталаштиришини линзалар фокус масофалари орқали ифодалаш учун қуйидагича ишлаймиз. Тенг ёнли учбурчаклик oab дан

$$\frac{ac}{cc} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (\text{a})$$

тенг ёнли $O_1 ac$ учбурчакликдан эса

$$\frac{ac}{O_1c} = \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \quad (\text{б})$$

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) формулага 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, OC масофа объективнинг фокус масофаси f_{oc} га тенг, яъни $oc = f_{oc}$ бўлади. D масофаси 200 — 300 м бўлганда oc нинг қиймати 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 нарсалар

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 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 $o_1c = f_{ок}$ бўлади. Бу oc ва o_1c қийматларни (r) га қўйсак,

$$v = \frac{f_{об}}{f_{ок}} \quad (X.7)$$

бўлади, яъни кўриш труба­сининг катталаштириши объектив фокус масофасининг окуляр фокус масофасига бўлган нисбатига тенг. Бу шуни кўрсатадики, объективларда узун фокусли, окулярда эса қисқача фокусли линза ишлатилади. Труба­нинг катталаштириши объектив линзаси диаметри a ва кўз қорачиғи диаметри (окулярдан чиқиб диаметри) b билан ҳам қуйидагича ифодаланади:

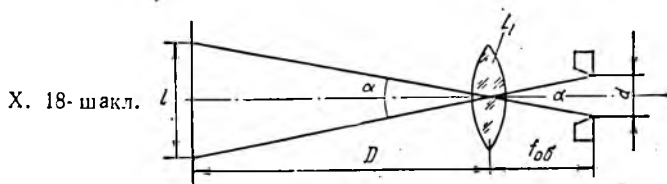
$$v = \frac{a}{b} \quad (X.8)$$

Баъзи теодолитларда махсус мослама ёрдамида окулярни алмаштириб, труба­нинг катталаштиришини ўзгартириш мумкин. Гео­дезик асбоблардаги труба­ларнинг катталаштириши $20 - 65^\circ$ орасида бўлади. Труба­нинг катталаштириши бундан ортса, кўриш май­дони ва равшанлиги камаяди.

X. 9. Труба­нинг кўриш майдони

Тинч ҳолатдаги трубадан қараб ундан кўринган фазо *труба­нинг кўриш майдони* дейилади.

Бу майдон (X.18-шакл) α бурчакнинг катталиги билан аниқ­ланади. Бурчакнинг катталиги эса, шаклда кўрсатилганидек, ишлар



тўри диафрагмасининг диаметри d_1 ва объектив фокус масофаси $f_{об}$ га боғлиқ. Шаклга кўра

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{d_1}{2f_{об}} \quad \text{ёки} \quad \frac{\alpha}{2} \cdot \sin l' = \frac{d_1}{2f_{об}},$$

бундан

$$\alpha = \frac{d_1}{f_{об} \sin l'} = \frac{d}{f_{об}} \rho \quad (a)$$

бўлади.

Тўр диафрагмасининг диаметри d_1 трубаининг тузиллиши ва оқу-
лярнинг фокус масофаси $f_{ок}$ га боғлиқ бўлиб, улар орасидаги му-
носабатни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$d_1 = f_{ок} \cdot q \quad (6)$$

q — богланиш коэффиценти бўлиб, 0,5 — 0,75 га тенг. Бу қий-
матларни (а) га қўйсак,

$$\alpha = \frac{f_{ок} q \rho}{f_{об}}$$

ёки соддалаштирсак

$$\alpha = \frac{q \rho}{v}$$

бўлади. Агар $\rho = 3438'$, $q = \frac{2}{3}$ деб, буларни (в) га қўйсак,

$$\alpha = \frac{38,2^\circ}{v} \quad (X.9)$$

чиқади, яъни кўриш майдони трубаининг катталаштиришига тескари
пропорционал. Кўриш трубаининг катталаштириши оширилса, кў-
риш майдони кичиклашади, кузатиладиган нуқтани топиш қийин-
ланади. Шунга кўра трубаининг катталаштириши ортиқ бўлган тео-
доситларга катталаштириши кичик, кўриш майдони эса катта
бўлган қўшимча труба ўрнатилади ва бу труба *изловчи труба* де-
йилади. Аввал изловчи труба билан нуқтани топиб, кейин асосий
труба билан қаралади.

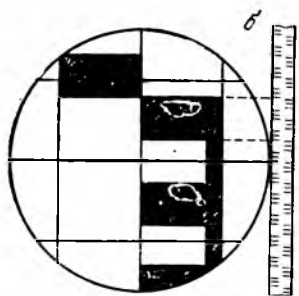
Х.10. Кўриш трубаининг катталаштиришини аниқлаш

Трубаининг катталаштириши ҳар қайси асбобни чиқарган завод-
нинг асбобга қўшиб бериладиган йўлланмасида кўрсатилган бўлади.
Бунинг амалда қуйидагича аниқлаш ҳам мумкин.

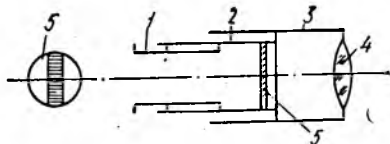
Рейка ёрдамида (Галилей усули) 15 — 20 м масофага рей-
кани вертикал ҳолда қўйиб, бир вақтда бир кўз билан рейкага
трубаиниз, иккинчи кўз билан эса рейкага труба орқали қаралади.
Труба орқали қаралгандаги маълум оралиққа кўз билан қараганда
неча бўлак, труба орқали қараганда неча бўлак тўғри келгани
аниқланади. Кўз билан қаралганда кўринган бўлаклар сони ($n_{к\delta 3}$),
труба билан қаралгандаги бўлаклар сони (n_T) га бўлинса, труба-
ининг катталаштириши v чиқади:

$$v = \frac{n_{к\delta 3}}{n_T}; \quad (X.10)$$

Х.19-шаклда чап томонда (а) труба орқали қараш, ўнг томонда
(б) кўз билан қарашдаги ҳолат кўрсатилган. (а) да 1 бир бўлакка
(б) да 20 бўлак тўғри келган, яъни $n_{к\delta 3} = 20$, $n_T = 1$; шунда (Х.10)
га кўра $v = 20:1 = 20^*$ бўлади, яъни (а) даги 3 бўлакка (б) да
60 бўлак тўғри келади, $v = 60:3 = 20^*$ бўлади.



Х. 19- шакл.



Х. 20- шакл.

Труба^{нинг} катталаштири-
шини формула билан аниқлаш.
Бунда v (Х.8) формула билан аниқ-
ланади. Бу^{нинг} учун объектив диаметри
чизгич билан ўлчанади, бу a бўлади. Нур
чиқиш тешигининг диаметри b ўлча^ш
лупаси ёки динаметр ёрдамида ўл-
чанади (Х.20- шакл). Динаметр турли диаметрдаги учта (1, 2,
3) трубадан яса^{либ}, катта диаметрли трубага лупа 4 ўрна-
тилган. 2 труба учига пластинка ўрнати^{либ}, унга қиймати 0,1 мм
бўлган шкала 5 чизилган. Шкалага лупа 4 дан ўқаралади, равшан
қилиш учун 2 труба 3 ичида ҳаракат қилади. Кўриш трубаси узоқ
нуқтага қарати^{либ} фокуслангач, унинг окулярига динаметр ўрна-
тили^б, 1 труба 2 труба ичида ҳаракатлантирилади- да, шкала юза-
сида ёруғ доирача ҳосил қилинади; бу ёруғ доирача диаметри чи-
қиш тирқишининг, яъни объективдаги нур кўриш тирқишининг
окуляридаги тасвири бўлади. Бу доирача диаметри шкала бўлак-
лари орқали ўлчанса, у v қиймат бўлади. Кейин a ва b орқали
(Х.8.) формула бўйича v ни аниқлаш мумкин.

Кўриш майдонини аниқлаш. Амалий йўл билан кўриш
майдонини аниқлаш учун асбобдан D масофага (Х.18- шакл) рей-
кани вертикал қўйиб, кўринган оралиқ l аниқланади. Шунда

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{l}{2D} \text{ ёки}$$

$$\alpha = \frac{l}{D} \rho \quad (\text{Х.11})$$

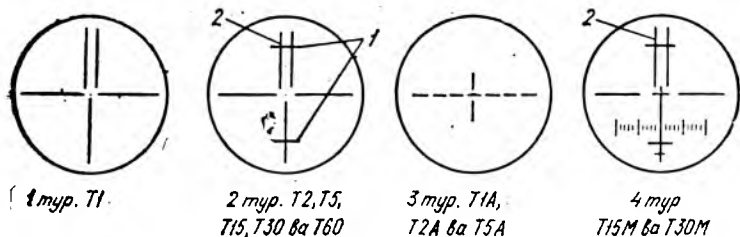
бўлади. $\rho = 3438'$.

Вертикал доирали теодолитларнинг кўриш майдони қуйидагича
аниқланади. Маълум масофадан бир нуқтага кўриш майдонининг
юқори чет^и қарати^{либ}, вертикал доирадан саноқ $n_{\text{ю}}$ олинади. Ке-
йин қуйи чет^и қарати^{либ}, яна саноқ $n_{\text{к}}$ олинади. Шунда кўриш
майдон α саноқлар айирмасига тенг бўлади:

$$\alpha = n_{\text{ю}} - n_{\text{к}}. \quad (\text{Х.12})$$

Х.11. Иплар тўри

Труба^{ни} нуқтага бир хилда аниқ қаратиш учун трубада бел-
гили нуқта бўлиши керак. Бундай нуқта сифатида кўриш труба^{си}-
нинг окуляр тирсагида окуляр трубкачасининг объектив томонида
махсус диафрагма шишасига чизилган вертикал, горизонтал чизиқ-
лар кесилган нуқта m қабул қилинади (Х.15- шакл, б), бу нуқта



Х. 21- шакл.

тўр маркази ҳам дейилади. Бу иплар чизилган шпша 4 диафрагмага ўрнатилиб, у иплар тўри дейиладиган ва ўрнатишган металл мослама тўрт винт 5 ёрдамида ушлаб туриладики, булар иплар тўрининг тузатиш винтлари деб аталади. Бу винтлар ёрдамида иплар тўрини ўнг- чапга, юқори-қуйиға суриш мумкин. Х.21- шаклда, ГОСТ 10529—79 га биноан, теодолитларда ишлатиладиган тўрдаги ипларнинг қандай чизилганлиги (тўртта тури) ва улар ўрнатишган теодолитлар кўрсатилган. Икки ипнинг вертикал ёнма-ён ўтказилгани 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 тасвирининг ҳар квадрат миллиметрига ҳар секундда келадиغان ёруғлик миқдори билан белгиланади. Ҳар секундда тасвирининг квадрат миллиметрига келадиغان ёруғлиkning кўз қабул қилган миқдори *тасвир равшанлиги* дейилади ва I билан белгиланади.

Трубадаги тасвирининг 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 коэффициент; r —кўз қорачиғи радиуси, s —оддий кўз билан қарашда кўз пардасидаги тасвирнинг юзи; $k\pi r^2$ —нарсдан кўзга келаётган ёруғлик миқдори.

Тажрибадан аниқлайишича труба объективига тушган ёруғлиkning бир қисми линзада ютилиб, бир қисми қайтади-да, тахминан 85 проценти кўзга тушади. Агар трубанинг катталаштириши ϵ бўлса, кўз пардасидаги труба орқали кўринган нарса тасвирининг юзи S_1 кўз билан қарашдаги тасвир юзи S дан ϵ^2 марта катта бўлади:

$$\frac{S_1}{S} = \epsilon^2 \quad \text{ёки} \quad S_1 = S\epsilon^2 \quad (\text{X. 14})$$

бўлади. Ёруғлиkning 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:

$$I = \frac{0,85 K \pi R_2}{S_1} \quad \text{ёки} \quad I = \frac{0,85 K \pi R^2}{S v^2} \quad (\text{X.15})$$

Бу формуладаги K номаълум бўлганидан уни сон қиймати билан ифодалаймиз. Унинг i га бўлган нисбати $\frac{I}{i}$ *нисбий равшанлик* дейилади ва қуйидагича аниқланади:

$$\frac{I}{i} = \frac{0,85 K \pi R^2}{S v^2} : \frac{K \pi r^2}{S} \quad \text{ёки} \quad \frac{I}{i} = \frac{0,85 R^2}{v^2 r^2}.$$

Агар R ва r ни объектив ва кўз қорачиғи диаметрлари a ва b билан алмаштирадик,

$$\frac{I}{i} = \frac{0,85 a^2}{v^2 b^2} \quad (\text{X.16})$$

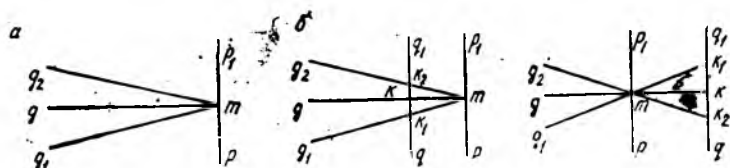
чиқади, яъни нисбий равшанлик объектив диаметрининг квадратига тўғри пропорционал, трубининг катталаштириши квадратига эса тескари пропорционал бўлади. Бу ҳам кўрсатадики, труба^{нинг} катталаштириши ортуви билан нарсa тасвирининг равшанлиги камайиб, тасвир хира кўринади. Труба катталаштиришининг ортиши кўриш майдонини кичиклаштиради, нарсa тасвирининг равшанлигини камайтиради. Шунга кўра, катталаштириш $50 - 60^\circ$ дан ошмайди. Кейинги даврда астроном Д. Д. Максудов яратган ойнали — линза объектив ишлатиш йўли 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 труба^{ни} осмонга ёки очик деворга қаратганда тўр иплари равшан ва қорамтир бўлиб кўринмай, хира кўринса, буни яхшилаш учун окуляр трубчаси 3 (X.15-шакл) иплар яққол кўрингунча ўнг ёки чапга буралади. Бу процесс *труба^{ни} кўзга тўғрилаш* дейилади. Янги асбобларда окуляр трубчаси махсус ҳалқасимон мосламага ўрнатилади, бу мослама ёрдамидa буралиб кўзга тўғриланади; бу *диоптрия ҳалқа* дейилади.

Труба^{ни} нарсага тўғрилаш. Кузатиладиган нарсa асбобга нисбатан турли узоқликда бўлади, шунга кўра, унинг тасвири фокусга яқин бўлмаганидан нарсa тасвири хира кўринади. Тасвирни равшан қилиш учун кремальер винт 6 ёки ички фокусланадиган янги асбобларда трубадаги кремальер ҳалқа тасвир тиниқ ва равшан бўлгунча буралади. Бу процесс *труба^{ни} нарсага тўғрилаш* ёки *труба^{ни} фокуслаш* дейилади.

Труба ҳар нуқтага қаратилганда фокусланиши керак. Труба^{ни} фокуслашда қуйидагига эътибор бериш лозим. Агар кузатилган нарсa узоқда бўлса, кремальер винт трибчасини (винтини) чапга



Х. 22- шакл.

(соат стрелкаси юришига тескари), яқинда бўлса, ўнгга (соат стрелкаси юриши томонига) бураш керак.

Иплар тўрининг параллакси. Труба тўғри фокусланмаса, иплар тўри параллакси вужудга келади. Тўғри фокусланганда тасвир qq , иплар тўри текислиги PP_1 да (фокал текисликда) ҳосил бўлади. Параллакс борлигини билиш учун окуляр олдида кўз g ўнг ёки чапга, юқори ёки пастга (g_1 ва g_2 нуқтага) ҳаракат қилдирилади; шу вақт тасвир qq_1 нуқта m да ўзгармай турса (Х.22- шакл, а) тўғри фокусланган бўлади. Агар фокуслаш етарли даражада тўғри бўлмаса, тасвир иплар тўри олдида (Х.22- шакл, б) ёки орқасида (Х.22- шакл, в) ҳосил бўлади. 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, трубаининг катталаштириши ва кўриш майдони кичик бўлади ва линзалардаги сферик ҳамда хроматик абберрациялар тасвирга салбий таъсир этади. Бунни йўқотиш учун объектив ва окуляр бир неча линзадан ясаладикки, бунга *мураккаб линзалар* дейилади.

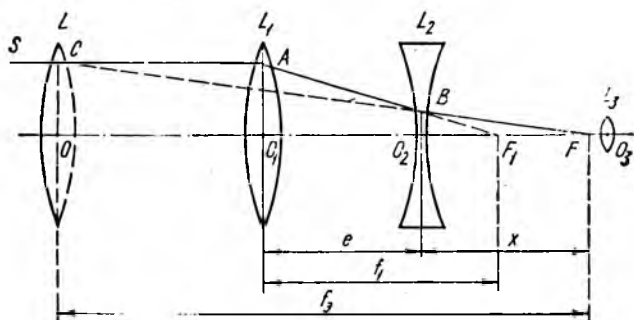
Сферик абберрация. Оддий линза четига тушган нур кўпроқ, марказга яқин тушган нур камроқ синиши туфайли линзадан синиб чиққан нурлар бир нуқтада (фокусда) кесилишмай, фокус олди ва орқасида кесилишди, бунинг орқасида нарсалар тасвири хираланиб кўринади; бу ҳодиса *сферик абберрация* дейилади.

Хроматик абберрация. Оддий линзага тушган нур призмалардагидек, спектр рангларига бўлинади; бу ҳам тасвир рангини ўзгартиради; тасвир рангининг ўзгариши *хроматик абберрация* дейилади. Булардан ташқари, нарсанинг шакли ҳам симметриклигини йўқотиб, бирмунча ўзгарадикки, бу ҳодиса *кома* деб аталади.

Бу камчиликларни йўқотиб, тасвир сифатини яхшилаш учун кўриш трубалярининг объектив ва окулярлари мусбат ва манфий бир неча линзани турли нисбатда ўрнатиш йўли билан ясалади; бундай объектив ва окулярлар *мураккаб объектив* ва *мураккаб окуляр* дейилади. Мураккаб линзаларда объектив ва окуляр кўпроқ икки линзадан ясади ва улар бир линзадек ишлайди, бундай икки линза ишнинг алмаштирувчи линза *эквивалент линза* дейилади. Эквивалент линза ишлатилиш бирмунча афзалликка эга бўлганидан ҳозирги геодезик асбобларда кўп ишлатилади.

Х.15. Эквивалент линзаларнинг фокус масофаси

Кўриш трубасига бир неча линза кетма-кет ўрнатилганда линзаларга тушган нур уларнинг биридан сириб ўтиб, иккинчисига тушишида нур йўли мураккаб ўзгаради. Масалан, 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 бўлсин. Бу линзалар ўзаро e оралиқда ўрнатилган ва $e < f_1$ бўлсин (Х.23-шакл). Оптик ўққа параллел тушган S нур A да сириб, F_1 дан ўтиши керак. Лекин йўлидаги маирий L_2 линзага тушади, B нуқтада яна сириб, оптиквий ўқ билан L_2 дан F масофадаги F да кесишади. Агар BF йўналишини объектив томон давом эттирсак, 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 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 ёсглиқ. COF ва IO_1F ҳамда AO_1F_1 ва BO_2F_1 учбурчакликлар ўхшашлигидан қуйидагини ёзамиз:

$$\frac{AO_1}{BO_2} = \frac{f_1}{f - e} \quad \text{ва} \quad \frac{CO}{BO_2} = \frac{f_2}{x}. \quad (a)$$

Шаклга кўра, $AO_1 = CO$, (a) нинг ўнг томонлари ҳам тенг бўлганидан

$$\frac{f_1}{f_1 - e} = \frac{f_2}{x} \quad \text{ёки} \quad f_3 = \frac{f_1}{f_1 - e} \cdot x \quad (X.17)$$

бўлади; бу ерда x — эквивалент линза фокуси F нинг L_2 дан узоқлиги бўлиб, у қуйидаги мулоҳаза асосида аниқланади. Масалан, F дан L_2 га келган IB нур B нуқтадан қайтиб, мавҳум F_1 тасвир ҳосил қилади. Шунда F — нарса, L_2 — линза, x эса нарсанинг линзадан узоқлиги (D ўрнида) бўлади; нарса F унинг тасвири F_1 бўлишидан, $O_2F_1 = \frac{1}{f_2} - \frac{1}{x}$ линзадан тасвир оралиғи (d

ўрнида) бўлади. L_2 линзанинг фокус масофасини f_2 десак, F_1 нинг манфий тасвир эканини эслаб, қуйидагича ёзамиз:

$$\frac{1}{x} - \frac{1}{f_1 - e} = \frac{1}{f_2}. \quad (\text{X.18})$$

Бундан

$$x = \frac{f_2(f_1 - e)}{f_1 + f_2 - e} \quad (\text{X.19})$$

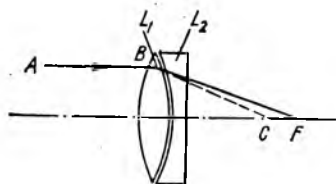
чиқадн. Агар x қийматини (X.17) га қўйсак

$$f_3 = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - e} \quad (\text{X.20})$$

бўлади. (X.20) дан кўринадикн, линзалар оралиғи e ўзгариши билан f_3 ҳам ўзгаради. L_2 манфий бўлганда, L мусбат бўлиши учун $f_1 - e < |f_2|$ бўлиши керак. Шу формулага кўра, мураккаб линзалар ясалади.

Х.16. Мураккаб объективлар

Булар кўпроқ мусбат ва манфий линзадан ясалади. Бирининг икки томони қабарик бўлса, иккинчисиники ботиқ-яеси ёки ботиқ-қабарик бўлади (X.24-шакл). Икки линза шаффоф канада балъзами билан бирлаштирилади. Мусбат линза кронгласдан, манфийси — флинтгласдан қалинлиги ва юзасининг эгрилиги радиуси нур сиқишининг оптик қондаларига биноан ҳисоблаб тайёрланади. Мураккаб объективларда нурнинг келиши ва сиқиши X.24-шаклда кўрсатилган. Бунда абберрация йўқолади. Бундан ташқари, объектив тирсагидан линзанинг орқа томонига ўртаси доиравий очик диафрагма (тўсиқ) қўйилади (X.15-шакл, 7); бу тўсиқ линза четига тушган нурларни тўсиб қолади. Бундай объектив *ахроматик объектив* дейилади.



Х. 24- шакл.

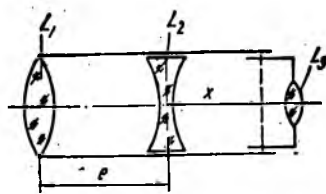
Мураккаб объективларда мусбат ва манфий линзалар бир-бирига ёпиштириб қўйилганидан, уларнинг оралиғи $e = 0$ бўлади. Шунда (X.20) формула қуйидагича ёзилади:

$$f_3 = f_1 \cdot \frac{f_2}{f_1 - f_2} \quad (\text{a})$$

(a) даги $\frac{f_2}{f_1 - f_2}$ ҳаминча бирдан катта бўлганидан, $f_3 > f_1$ бўлади, яъни мураккаб объективнинг фокус масофаси катта бўлади. Бундай катта фокус масофали система объективларда ишлатилади.

Телеобъектив. Кўриш трубаларининг узунлигини оширмай, катталаштиришини ошириш учун (X.20) формула асосида объектив ясаш мумкин. Бунда икки томони қабарик L_1 (асосий объектив) ва

икки томони ботиқ L_2 линза ўзаро e масофа билан бирлаштирилади (X.25-шакл), лекин бунда $e < f_1$ бўлиши керак. Бундай объектив *телеобъектив* дейилади. Телеобъектив труба-нинг катталаштиришини оширса ҳам кўриш майдонини камайтирмайди, лекин труба-нинг узунлигини камайтиришга имкон беради.

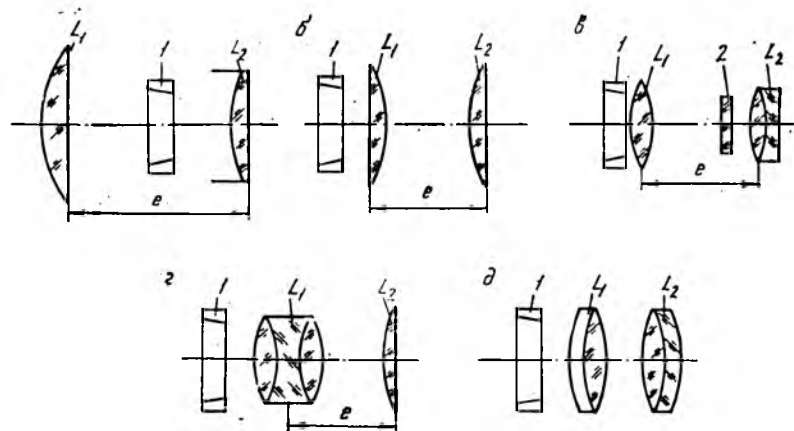


X. 25. Шакл.

X. 17. Мураккаб окулярлар

Мураккаб окуляр бир неча линзадан иборат бўлади, линзалар эса бир-бирига нисбатан турлича ўрнатилади. Окулярда ишлатиладиган линзалар турига ва уларнинг бир-бирига нисбатан ўрнашувига қараб, бу окулярларни тақлиф қилган олимлар шарафига Гюйгенс, Рамсен, Кельнер ва ортоскопик окуляр деб аталади.

Гюйгенс окулярида икки ясси қабарикъ линзанинг қандай ўрнатилиши X.26- шакл, а да кўрсатилган. Бундай тузилишда труба-нинг катталаштириши камаяди, лекин кўриш майдони катталашади.



X. 26- шакл. Мураккаб окулярлар:

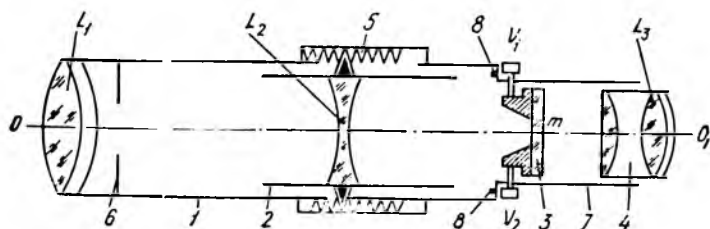
а — Гюйгенс окуляри, б — Рамсен окуляри, в — Кельнер окуляри, г — ортоскопик окуляр, д — симметрик окуляр.

Рамсен окулярида (X.26; б) труба-нинг катталаштириши ортиқ, кўриш майдони эса кичик бўлади. Лекин кейинги вақтларда Рамсен окулярини Кельнер бирмунча ўзгартириб, қўшимча линзалар билан такомиллаштирди, бу окуляр *Кельнер окуляри* дейилади (X.26-шакл, в).

Ҳозир энг мукамал окуляр ортоскопик окуляр бўлиб (X.26-шакл, г), унда кўриш майдонининг ҳамма ерида тасвир яхши кўринади. Булардан ташқари, симметрик окуляр (X.26-шакл, д) ҳам ишлатилади.

Х. 18. Ички фокусладиган труба

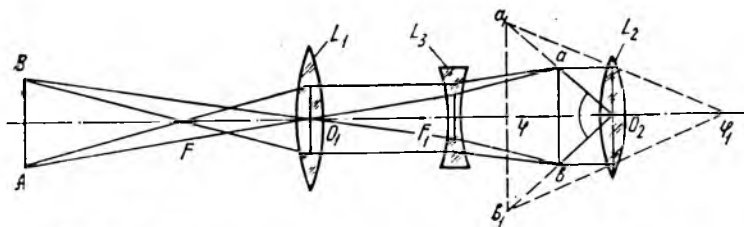
Ташқи фокусладиган трубаларини фокуслашда окуляр тирса-
ти объектив тирсагида ташқи тишлар (зубчатка) ёрдамида ҳаракат
қилади, бунда труба узунлиги ўзгаради ва ҳаводаги чанг-тўзон
ва намлик таъсирида тишлар кирланиши ва занглаши мумкин,



Х. 27- шакл. Ички фокусладиган кўриш трубаси.

L_1 — объектив, L_2 — мураккаб окуляр, L_3 — фокуслаш линзаси, V_1, V_2 —
тўриқнинг тузаткич винтлари, OO_1 — оптиквий ўқ; 1 — объективни тирсак,
2 — патрубк, 3 — иллар тўри, 4 — окуляр трубкаси, 5 — кремальер винт,
6 — диафрагма, 7 — окуляр тирсаги, 8 — окуляр ва объектив тирсақлар бир-
лашган жойи, m — тўр маркаси.

шу сабабли окуляр равон ҳаракат қилмаганидан кўриш ўқининг
ҳолати ўзгаради. Бу камчиликни йўқотиш учун кўриш трубалари
ички фокусладиган қилиб ишланади. Бу трубалар Х.16-§ да
баён этилган эквивалент линзалар назарияси асосида ясалади. Х.27-
шаклда ички фокусладиган трубанинг кесими ва оптиквий схема-



Х. 28- шакл.

си берилган. Труба фокусловчи линза L_2 ни кремальер винт 5 ёки
ҳалқа ёрдамида труба ичида ҳаракатлантириш йўли билан фокус-
ладиган.

Ички фокусладиган трубада нарсаси тасвирининг ҳосил бўлиши
Х.28- шаклда келтирилган.

Х. 19. Кўриш трубасини нарсага қаратиш аниқлиги

Трубани нарсага қаратиш аниқлиги кўзнинг кўрган нарсани
ажрата билиш қобилиятига боғлиқ.

Нормал кўз билан нарса AB га қаралганда кўриш бурчаги α
нинг (Х.17- шакл) қиймати $60''$ дан катта ($\alpha > 60''$) бўлса, нарса

чизик-бўлиб кўринади, акс ҳолда ($\alpha < 60''$) бўлса, нарса нуқта бўлиб кўринади. 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 хатоси m_v трубанинг катталаштириши v қадар кичик бўлади, яъни:

$$m_v = \pm \frac{\alpha}{v} = \pm \frac{60''}{v}. \quad (X.21)$$

Қараш аниқлигига тўр ипларининг йўғонлиги ҳам таъсир этади. Бу таъсирдан қутулиш учун тўр ипларидан бири бир-бирига яқин икки параллел чизикдан иборат қилиб ишланадиги, 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 қайсинининг ўзига хос сиқувчи ва қаратиш винтлари бўлади.

Буриладиган горизонтал доирали теодолитда сиқувчи ва қаратиш винтлари бўлмайди. Горизонтал доира айланиш ўқидаги махсус барабанча ёрдамчи бурилади.

Теодолитлар *металл лимбли* ва *шиша лимбли* бўлади. Лимбли шишадан ишланган теодолитга *оптик теодолит* дейилади.

ГОСТ 10529 — 79 бўйича металл лимбли теодолитлар чиқарилмайди.

Теодолитлар бурчак ўлчашдаги аниқлигига қараб бир неча турга бўлинади. Бурчакни бир приём билан ўлчашдаги ўрта квадратик хато қийматига қараб шифрланади. Масалан, бурчакни бир приём билан ўлчашдаги хато $\pm 30''$ бўлса, теодолит шифри Т 30 каби ёзилади, яъни «теодолит» сўзидан Т ҳарфи ва аниқлиги ёзилади. ГОСТ га кўра оптикaviй теодолитлар уч гpуппaга бўлинади ва қуйидаги шифр билан чиқарилади:

1. Энг аниқ теодолитлар — горизонтал бурчак ўлчашда 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, ўқув теодолити номи билан, тўғри тасвирли Т60 шифрли теодолит ҳам чиқарилади.

Бу теодолитлар билан бирга уларнинг такомиллаштирилгани ҳам чиқарилади. Чунончи, маркшейдpлик ишларида қўлланиладиган Т15М ва Т30М шифрли теодолитлар; Т5К, Т15К ва Т30К шифрли, компенсатор ўрнатилган теодолитлар; Т1А, Т2А, Т5А шифрли, кўриш трубаcи автоколлимацион окулярли теодолитлар; Т15К

ва Т60 каби тўғри тасвир бэрувчи ер трубалн теодолитлар шифрнига «Т» ҳарфи қўшиб ёзилади, масалан, Т5КП теодолити. ГОСТ 10529—79 га кўра, Т1, Т2, Т6, Т15, Т30 теодолитларининг астрономик трубалитари билан бир қаторда ер трубалитларинин ҳам чиқариш мўлкатланади.

Модификациянинг тартиб номери шифр олдиға ёзилади; масалан, 2Т5А каби. ГОСТ га биноан, Т1 ва Т2 да саноқ лимб диаметрининг икки учидан олинини керак. Т1, Т2 ва Т5 ларда қидирувчи доира ўрнатилади. Т15 ва Т5 лар адилагн реверсион қилиб ишланади.

Ҳозирги техник теодолитларда вертикал доира ва иплар тўрида дальномер иплари ўрнатилган; улар вертикал бурчак ва масофани ўлчаи учун ишлатилади ва теодолит-тахеомтр деб аталади.

Баъзи теодолит трубалари устиға махсус мослама ёрдамида қўйма адилак ўрнатилган, бу билан кўриш ўқи горизонтал ҳолға келтирилади. Бундай теодолит ёрдамида нивелирлаш ҳам мўмкини. Металл лимбли теодолит ТТ-5 (теодолит-тахеомтр) кўпроқ тарқалганидан ҳозир ишлатилади. Теодолитларининг дальномер коэффициенти $K = 100 \pm 0,54$ га тенг.

Х. 1-жадвалда баъзи теодолитларининг асосий характеристикаси берилган.

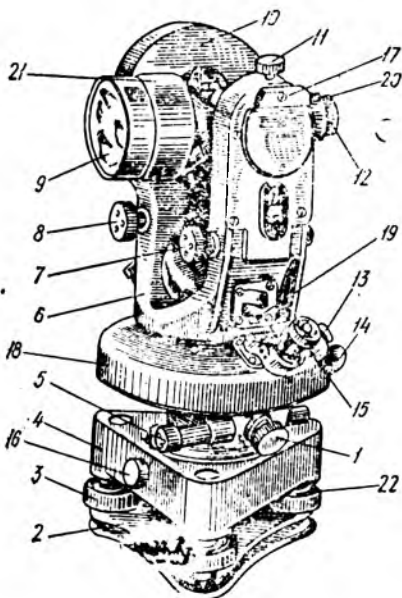
Х. 1-жадвал

Характеристикаси	Теодолит турлари				
	ТТ5	Т60	Т30	Т15	Т5
Кўриш трубаcининг катталаштирилиши, $\times$	25	15	20	25	27
Кўриш майдони, α	$1^{\circ}25'$	2°	2°	$1^{\circ}30'$	$1^{\circ}30'$
Қаратишдаги энг қисқа масофа, м	2	1	1,2	1,2	2
Микроскопининг катталаштирилиши, $\times$	—	—	18 $\times$	72 $\times$	70 $\times$
Лимбнинг диаметри, мм:					
горизонтал доира	160	70	70	76	90
вертикал доира	72	70	70	72	70
Лимб бер бўлагининг қиймати, l :					
горизонтал доира	$10'$	$10'$	$10'$	1°	1°
вертикал доира	$10'$	$10'$	$10'$	1°	1°
Саноқ олиш микроскопи бўлагининг қиймати	—	—	$10'$	$1'$	$1'$
Микроскопдан саноқ олиш аниқлиги	—	—	$1'$	0,1	0,1 $^{\circ}$
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 бўлиб, ихчам ва ишлатишға қулай (Х.29-шакл). Шаклда теодолитнинг бўлаклари ва номлари тўла кўрсатилган. Теодолит инженерлик ва техник ишларда горизонтал ҳамда вертикал бурчакларни $30''$ аниқлик билан ўлчаида, тахеометрик съёмкада ишлатилади. Лимби, алидадаси ва вертикал доираси чанг, тўзон ва нам тушмаслиги учун ёпиқ қилиб ишланган. Теодолит икки бўлагдан тўзилган, қуйи бўлагн таглик (трегер) юқори

бўлагидан ажралади. Таглик 4 учта кўтариш винти 3 билан металл пластинка 2 га ўрнатилган, пластинка штатив устига қўйилади ва штативдаги турғини винти билан маҳкамланади. Таглик устига теодолитнинг юқори қисми ўрнатилгач, таглик қисувчи винти 16 билан маҳкамланади. Теодолит лимбнинг маҳкамлаш 1 ва қаратиш 5 винтлари, алидаданинг ҳам алоҳида маҳкамлаш 13 ва қаратиш 14 винтлари бор. Лимб филофи 18 нинг бир диаметри икки учигади тирқишдан лимб ва верньер бўлаклари кўринади, бўлаklar иллюминатор билан ёритилади. Бўлаklarдан саноқ олини учун лупа 15 ўрнатилган бўлиб, у қимирламайди. Лимб филофи устига маҳкамланган икки колонка 6 труба таглиги бўлиб, ундаги горизонтал ўқда труба вертикал текисликда айланади. Трубани ҳам маҳкамлаш 11 ва қаратиш 7 винтлари бўлади. Труба айланиш ўқининг бир учига вертикал доира 10 маҳкамланган, у ўқ билан бирга айланади. Вертикал доиранинг маҳсуе цилиндрик адилагли бўлиб, вертикал доира алидадасидаги микрометрик винт 8 ёрдамида горизонтал ҳолатга келтирилади. Труба таглигидан биришининг юқорисига 17 резьбали маҳсуе ўйма (тешик) ишланган бўлиб, унга ориентир буссол ўрнатилади. Труба таглиги орасида лимб филофи устига цилиндрик адилак ўрнатилган, унинг тузатиш винти 19 бир таглигининг қуйи томонига жойлаштирилган. Кўриш трубасининг объективи 9 ва окуляри 12 мураккаб бўлиб, иштар түри маҳсуе қалпоқча 20 билан беркирилган. Труба устига уни насага таҳминан қаратиш учун фойдаланиладиган нишон-мушка 21 ўрнатилган.



Х. 29- шакл. Теодолит ТТ-5 нинг ёндан кўриниши.

1 — лимбнинг маҳкамлаш винти, 2 — ўрнатилган винтнинг итлақлиги га шуужикли пластинкаси, 3 — кўтарилган винт, 4 — таглик, 5 — лимб, қаратилган винти, 6 — труба айланиш ўқининг таглиги, 7 — труба қаратилган 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 қаратилган винти, 15 — лупа, 16 — маҳкамлаш винти, 17 — буссол ўрни, 18 — лимб филофи, 19 — адилак тузатиш винти, 20 — иштар түрининг қалпоқча, 21 — мушка (нишонлагич) 22 — винт мосламаси.

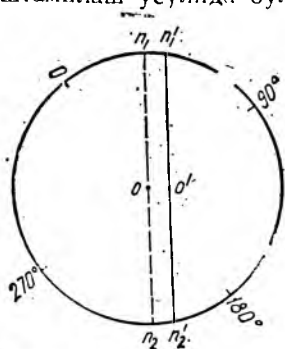
Х. 22. ТТ-5 теодолитнинг синаш

Теодолит геодезиянинг асосий қуроли бўлиб, унинг бўлаklарни бир-бирига нисбатан маълум технологик ва математик қонда ва шартлар асосида ўрнатилади, бу шартларнинг сақланган бўлишини шифатини белгилайди. Теодолит яслигини бўйича қўйилган

шартларининг сақланишини аниқлаш теодолитни *синаш* ва *текишириш* дейилади.

Теодолитни синаш. Теодолитнинг механик-технологик муносабати хоссаларини сақланишини аниқлаш уни *синаш* дейилади. Асбоб штативга ўриатиладигач, маҳкамлаш, қаратиш винтларининг тўғри ишлаши, лимб, алидада ва кўриш трубаининг равион айланиши текшириб кўрилади. Кўтариш винти буралганда алидак пуфакчасининг сурилиши, трубаининг зенит орқали равион айланиши синаб кўрилади. Шу билан бирга, қуйидаги қисмларининг қанчалик тўғри эканлиги ҳам аниқланади.

1. Лимб, верньер бўлаклари тўғри бўлиши керак. Бунинг учун верньернинг ноль штрихи лимбнинг ноль штрихига тўғрилашиб, верньернинг охириги йнгирманчи 10' ли штрихи лимбнинг ўн тўққизинчи штрихига тўғри келиши аниқланади. Сўнгра лимб қўзгатилмай, алидаданинг қаратиш винти буратиб 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 бўлаклари тўғри бўлгач, верньер бўлаклари текширилади. Верньернинг ўртадаги бир штрихини лимб штрихига тўғрилаб, икки ёнидаги штрихларнинг лимб штрихидан тенг оралиқда ётиши луна орқали қаралади. Ҳозирги лимб, алидада бўлаклари штамплаш усулида бўлинганидан хато кам бўлади.



Х. 30- шакл.

2. Марказлашмаслик хатоси (эксцентрисите т) ни аниқлаш. Теодолитнинг тузилишига кўра, алидада доираси лимб марказида айланиши керак (Х. 30-шакл). Масалан, завод айбон билан, алидада лимб маркази O ўрнига O' да айлансин. Шунда верньердан санок олинди n_1, n_2 ўрнига n_1', n_2' саноклари олинди. Шу вақт айланадаги $x = n_1 n_1' = n_2 n_2'$ ёйлари марказлашмаслик хатоси бўлади. Асбобдаги марказлашмаслик хатосини аниқлаш учун лимбни маҳкамлаб, алидаданинг турли туришида масалан, $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ ва 360° ҳолатида I ва II верньерлардан n_1, n_2

саноклар 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 бўлиб, 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 бўйича $x = n_1' - n_1$, $x = n_2 - n_2'$ тенгликларнинг ўнг томонлари ҳам тенг, шунга кўра $n_1 + n_2 = n_1' + n_2'$ ёки

$$\frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{n_1' + n_2'}{2} \quad (\text{X.23})$$

бўлади, яъни алидада лимб марказида айланмаганида ҳам икки верньер саноқларининг арифметик ўртаси, алидада марказда ўрнашганда олинган саноқларнинг арифметик ўртасига тенг. Бу шунинг кўрсатадики, асбобда марказлашмаслик хатоси бўлганда ҳам тўғри 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 $44'00''$ бўлса, саноқлар арифметик ўртаси

$$135^{\circ} + \frac{43' + 44'}{2} = 135^{\circ} 43,5'$$

бўлади ва бу сон қабул қилинади.

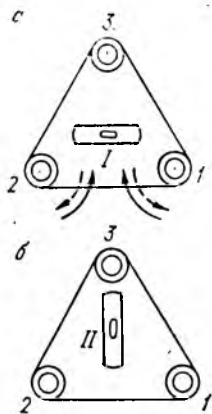
Кўриш трубаesi ҳаракатини синаш. Ҳозирги икки фокусланувчи трубаларни фокуслашда кремальер винти ёки ҳалқасини бураб, фокусловчи линза L_2 (X.27-шакл) олдинга ёки кетинга сурилади. Шунда трубанинг кўриш ўқи ўз ҳолатини ўзгартирмаслиги керак. Бунинг текшириш учун бир чизиқда ётган 50, 150 ва 300 мм масофалардаги нуқталарга D_5 ва D_4 ҳолатида қараб саноқлар олинади. Ҳар қайси нуқтага икки даражада қараб олинган саноқлар фарқи бир хил ёки маълум чегарада бўлишини керак, акс ҳолда асбоб ишга ярамайди.

Х. 23. ТТ-5 теодолитини текшириш

Теодолит бўлақларининг ўзаро геометрик боғланишига мувофиқ равишда ўрнашувини аниқлаш *теодолитни текшириш* дейилади. Текшириш талаб қилинган математик шартлар бажарилмаса, унинг керакли винтлар ёрдамида тузатиш *юстировка* дейилади.

ТТ-5 теодолити қуйидаги шартлар бўйича текширилади:

1. Алидада доирасидаги цилиндрик адилак ўқи hh_1 асбобнинг айланиш ўқи (V/V_1) га перпендикуляр бўлиши керак, яъни $hh_1 \perp V/V_1$ (X.2-шакл). Бу *адилакни текшириш* бўлади. Текширишда кўтариш винтлари кўп ишлатилади. Кўтариш винтлари тўғри резьбални бўлиб, соат стрелкасининг юриши бўйича буралса, шу винт томон кўтарилади; соат стрелкасининг юришига тескари буралса, шу томон пасаяди. Учта кўтариш винтининг қайси бири қай вақтда қандай буралиши кераклигида адашмаслик учун қуйидаги тартибни тавсия этамиз. Лимбни маҳкамлаб, алидадани бўшатиб, адилакни иккита (1 ва 2) кўтариш винти ўртасига шундай қўйиладикки, адилак ўқи икки кўтариш винтидан ўтадиган чизиққа параллел бўлсин (X.31-шакл, а). Кейин алидадани маҳкамлаб, I верньердан саноқ олинади. Пуфакча ўртада турмай, ўнгга қочса, ўнгдаги кўтариш винти 1 соат стрелкаси юрадиган томонга тескари, чапдаги винт 2 соат стрелкаси юрадиган томонга бир вақтда айлантирилади (бураш йўналишини шаклда пунктир чизиқли стрелка билан кўрсатилган). Шу тартибда бураб, пуфакча адилак ўртасига келтирилади.



Х. 31- шакл.

ди. Кейин алидадани бўшатиб ва уни 180° га айлантириб II вершнерин юқоридаги санокқа қўйилади. Бунда адилак Х. 31- шакл, а да кўрсатилганидек вазиятини сақлайди, лекин адилак тўғри бўлмаса, пуфакча ўртадан ўнгга ёки чапга қочади. Масалан, ўртадан и бўлак қочсин. Адилакни тузатиш учун, Х. 8- шаклга кўра, неча бўлак қочган бўлса, шунинг ярмига, $\left(\frac{n}{2}\right)$

бўлакка адилакнинг тузатиш винти 19 билан пуфакча орқага сурилади. Кейин 180° га айлантириб I ва 2 кўтариш винтлари билан пуфакча ўртага келтирилади. Бу иш адилакнинг иккала туришида ҳам пуфакча ўртада турадиган бўлгунча давом эттирилади. Адилакнинг иккала туришида пуфакча ўртада турса, адилак тўғриланган бўлади. Агар алидада бўшатилиб, 90° га айлантирилса, адилак Х. 31- шакл, б даги ҳолатида бўлади, яъни адилак ўқи I- ва 2- кўтариш винтлари чизикларига перпендикуляр бўлган ва 3- кўтариш винтидан ўтадиган чизик йўналишида бўлади. Шу туришида 3 винт буралиб пуфакча ўртага келтирилса, асбоб горизонтал ҳолатга келган бўлади.

Адилакни текшириб, уни тузатиш кўп вақт олади. Юқоридаги ишларни бир неча марта такрорлашга тўғри келади. Чунки адилак пуфакчасининг ўртада турмаслигига алидада доирасини 180° га тўғри айлантормаслик 3- кўтариш винтининг ҳолати таъсир этади. Шунга кўра, адилакни текшириш ва тузатишни тезлатиш учун қуйидагича ишлаш маъқул.

Адилакни иккита кўтариш винти ўртасига қўйиб, пуфакчани ўртага келтиргач, алидадани бўшатиб 180° ўрнига тахминан 90° га айлантирилади, яъни цилиндрик адилак учинчи кўтариш винти йўналишига параллел қўйилади ва учинчи кўтариш винтини бураб, пуфакча ўртага келтирилади. Бунда адилак тўғри бўлса, теодолит горизонтал вазиятга келган бўлади. Кейин адилак илгариги ҳолатига иккита кўтариш винти ўртасига қўйилади; пуфакча ўртада бўлса, 180° га айлантирилади. Пуфакча ўртадан қанча қочса, шунинг ярмига адилакнинг тузатиш винти билан тўғриланади, яна 180° га айлантириб иккита кўтариш винти билан пуфакча ўртага келтирилади, кейин 90° га айлантириб, учинчи винт билан пуфакча ўртага келтирилади. Бу иш бир неча марта — адилак ҳамма ерда горизонтал бўлгунча давом эттирилади.

Асбобни горизонтал ҳолга келтириш. Асбоб иш олди-дан бир-икки кунда бир марта текширилади. Лекин асбоб бир нуқтадан иккинчи нуқтага кўчганда ҳамма вақт аввал горизонтал ҳолатга келтирилади, кейин ўлчаш иши бошланади. Горизонтал ҳолатга келтириш учун лимб маҳкамланиб, алидадани бўшатилади ва адилак иштиёрий иккита кўтариш винти ўртасига қўйилади; шу кўтариш винтлари буралиб, адилак пуфакчаси ўртага келтирилади. Кейин алидада бўшатилиб, у 90° га айлантирилади ва 3- винтни

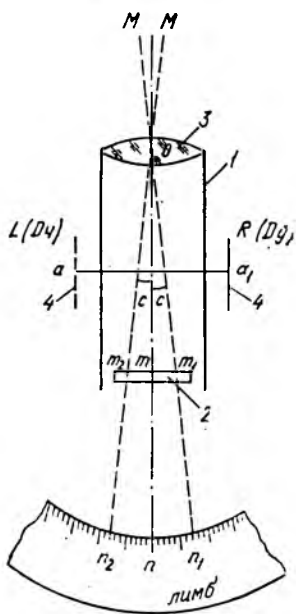
бураб, пуфакча ўртага келтирилади. Шунда асбоб горизонтал вазиятга келган бўлади.

2. Ипплар тўрининг бир иппи вертикал бўлиши керак. Бунни текшириш учун теодолитни горизонтал вазиятга келтиргач, асбобдан 20 — 30 м масофадаги узун шовун чизиққа (ипга) қаралади. Агар вертикал ип бор бўйича шовун чизиқни қопласа, шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда шарт бажарилмайдн. Бунни тузатиш учун окуляр қалпоқчасини бураб олиб, окуляр тирсагини объектив тирсағи билан бирлаштирувчи тўртта винт (шуруи) отвертка билан бўшатилиб, окуляр қисминини тўр иппи шовунини бор бўйича беркитгунча буралади. Кейин тўрт винт маҳкамлаб қўйилади.

3. Трубанинг кўриш ўқи то трубанинг айланиш ўқи aa_1 га перпендикуляр бўлиши керак. Бу шарт бажарилмаганда коллимацион хато c 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 sanoқ олинар эди. Лекин тўр маркази m_1 да бўлса, m_2 трубанинг айланиш ўқи aa_1 га перпендикуляр бўлмай, m_2 бўйича кетиб то билан c бурчак ҳосил қиладики, бу коллимацион хато дейилади. Бу хато қийматини аниқлаш учун лимбни маҳкамлаб олидада бўшатилади да, трубанинг вертикал доираси 3 трубага нисбатан ўнг томонда турганда (бу «доира ўнгда» $D\check{u}$ ёки R билан кўрсатилади) труба узоқдаги M нуқтага қаратилади ва I верньердан $75^\circ 44' 00''$ sanoқ олинади. II верньердан ёлғиз минут ва секунд $43' 00''$ олинади. Кейин минут, секундларининг арифметик ўртаси ҳисобланади:

$$75^\circ + \frac{44' 00'' + 43' 00''}{2} = 75^\circ 43' 30''$$

Бу sanoқни R деб олсак $R = n_1 = 75^\circ 43' 30''$ бўлади. Кейин труба бўшатилиб ўз ўқи aa_1 атрофида 180° , яъни зенит орқали айлантирилади. Бунда вертикал доира трубага нисбатан чап томонда бўлади ва бу туриш доира чапда деб, $D\check{u}$ ёки L билан белгиланади. Алидадани бўшатиб, 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 sanoқлари олиниб буларнинг арифметик ўртаси ҳисобланади.



X. 32-шакл. Коллимацион хатонинг схематик кўриниши:
1 — труба, 2 — ипплар тўри, 3 — объектив, 4 — вертикал доира, 5 — коллимацион хато.

ДЧ даги саноқ $n_2 = L = 75^\circ 40' 30''$ бўлсин. Шунда коллимацион хато c қуйидагича аниқланади:

$$n_2 - n_1 = 2c,$$

ёки

$$c = \frac{n_2 - n_1}{2}; \quad (\text{X.24})$$

хато $c \leq 2t$ бўлиши керак, t — верньернинг аниқлиги. Мисолдаги қийматларни қўйсак,

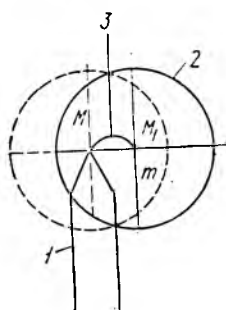
$$c = \frac{n_2 - n_1}{2} = \frac{75^\circ 40' 30'' - 75^\circ 43' 30''}{2} = -00^\circ 01' 30''$$

бўлади. ТТ-5 да $t = 30''$ бўлганидан, $c > 2t$, яъни хато йўл қўйари эмас. Асбобни тузатиш лозим. Бунинг учун n_1 ва n_2 саноқларининг арифметик ўртаси 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, тўр маркази m эса тўр винтларининг туришига боғлиқ бўлиб, турли томонга силжиниш мумкин, коллимацион хато ҳам тўр маркасининг силжиниш орқасида келиб чиқади. Шунга кўра, бу хато иплар тўри марказини суриб тузатилади.

Тузатиш учун алидаданинг қаратиш винти буралиб, I верньер n саноқига қўйилади. Шунда столбанинг тўр маркази қаратилган учи M нуқтадан (X.33-шакл) чап ёки ўнгдаги M_1 га сурилади, буида MM_1 оралик c нинг узунлиги қиймати бўлади. Бунинг тузатиш учун



Х.33-шакл. Коллимацион хатони тузатиш:

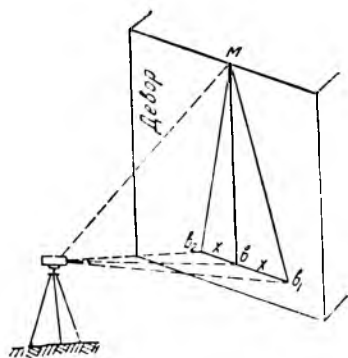
I — столба, 2 — иплар тўри.

иплар тўри қалпоқчаси 20 бўшатиб олиниб, махсус сичча ёрдамида тўрнинг икки ёнидаги тузатиш винтлари 2 ва 4 (X.15-шакл) орқали иплар тўри чап ёки ўнгга сурилади. Агар тасвирда сурилиш M га нисбатан ўнгга бўлса (шаклдаги каби) иплар тўрини ўнгга суриш керак, чунки труба тескари тасвир ҳосил қилади. Бунинг учун аввал ўнгдаги 2 ва юқори ҳамда пастдаги 1,3 винтларини бир оз бўшатиб, кейин 4 ни бураб, тўр марказини M га келтириш керак, яъни m столбанинг учи M ни бекитсин. Шунинг эсда тутиш керакки, бу резьбали винтлар соат стрелкасининг юриш томонига буралса, маҳкамланади, соат стрелкасининг юришига тескари буралса, бўшайди. Тузатишнинг тўғри бажарилганини аниқлаш учун текшириш такрорланади. Тузатиш тўғрилиги аниқлангач, тўрттала винт маҳкамланади.

3-текшириш бўйича иплар тўрини тузатгач, 2-шарт ўзгармаганини 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-

шакл). Бу шарт бажарилмаса труба-нинг горизонтал ўқи қийшайган бўлади. Бунинг текшириш учун лимбни маҳкамлаб (Х.34-шакл), труба бино-нинг баланд нуқтаси M га қаратилади; алидадани маҳкамлаб, труба объективни пастлатилади ва девор тагида θ_1 нуқта белгиланади. Кейин труба зенит орқали айлантйрилиб, алидада бўшатиладида, 180° га айлантйргач яна M нуқтага қаралади. Алидада маҳкамланади ва труба объективни пастлатйлиб, θ_2 нуқта белгиланади. θ_1, θ_2 оралик иккиланган хато $2x$ бўлиб, x тўрдаги биссектор кенглиги



Х. 34- шакл.

иккиланмасдан ортмаслиги керак, акс ҳолда aa_1 ўқ (Х.2-шакл) қийшайган бўлади. Бу хато колонкалар-нинг тенг бўлмаслигидан келиб чиқади. Бу хато теодолитда мах-сус тузатиш винти бўлмаганидан, фақат устахонада тузатилади.

Агар труба трегерадаги кўтариш винти яхши ишламаса, у кўта-риш винтининг юқори қисмидаги гайка 22 ёрдамида тузатилади (Х.29-шакл).

Х.24. Оптик теодолитлар

Бў теодолитларда лимб бўлаклари оптик системалар ёрдамида труба окуляри ёнига жойлашган микроскопнинг кўриш майдонида кўринадн ва микроскоп орқали санок солинадн. Санок олиш аниқ-лиги теодолитлардаги микроскопларнинг тузлилишига боғлиқ. Оптик теодолитлар ихчам, енгил ва ишлашга ҳам қулай. Нарсага қараш ва микроскопдан санок олиш теодолитнинг бир томонида туриб қўзгалмай бажарилади, бу иш унумини оширади ва ишловчи чарча-майди.

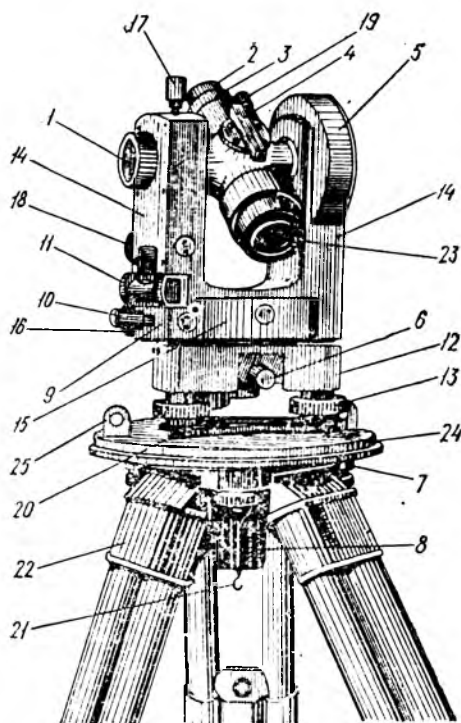
Х. 25. Т30 теодолити

Т30 теодолити топографик сьёмкада, инженерлик ишларида горизонтал ва вертикал бурчакларини $30''$ аниқлик билан ўлчашга мўлжалланган оптик такрорий теодолит бўлиб (Х. 35-шакл), қисм-лари ва номлари шаклда кўрсатилган.

Оптик теодолитлар ҳам металл лимбли теодолитлар каби бў-лаклардан ясалади, улар лимбнинг шишадан ясалганлиги, верньер ўрнида микроскоп ишлатиши билан фарқ қиладн. Ўқлар ва улар-нинг муносабати ТТ-5 даги каби Х.2-шаклга асосланади. Т30 нинг кўриш трубаси астрономик, ички фокусладиган бўлиб, штрихли микроскопнинг санок олиш аниқлиги $1'$.

Теодолит устки қисми таглик 12 га ажралмас қилиб бирикти-рилган, таглик эса учта кўтариш винти 13 ёрдамида металлдан ишланган доиравий махсус диск 24 га ажралмас қилиб ўрнатил-ган. Диск пластинка 20 га маҳкамланган, у штатив 7 устига ўрна-

гизди ва марказдаги втулка орқали турғизниш 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 ёниқ қилиб ишланган. Алидаданинг маҳкамлаш 10 ва қара-



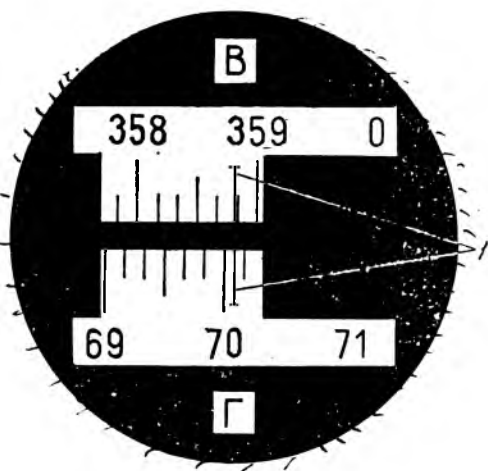
Х. 35- шакл. ТЗО теодолити штативда.

1 — кремальер винт, 2 — диоптрий ҳалқаси, 3 — иллар турғизниш қопқоғи, 4 — визир, 5 — вертикал доира, 6 — трегернинг сиқувчи винти, 7 — столча, 8 — турғизниш винти, 9 — алидак тузатиш винти, 10 — алидада сиқувчи винти, 11 — цилиндрик алидак, 12 — трегер (таглик), 13 — кўтарғич винт, 14 — колонка, 15 — горизонтал доира, 16 — алидаданинг қаратғич винти, 17 — трубанинг сиқувчи винти, 18 — трубанинг қаратғич винти, 19 — микроскоп, 20 — уч бўртмали пластинка, 21 — илгак, 22 — шпатель оёғи, 23 — объект, 24 — доиравий диск, 25 — теодолит қалпоғидаги илгак илгич.

тиш 16 винтлари ёнма-ён қилиб алидак 11 ёнига ўрнатилган. Асбоб цилиндрик алидак 11 ёрдамида горизонтал вазиятга келтирилади; алидак тузатиш винти 9 билан тузатилади. Теодолитнинг кўриш трубаси иккита таглик-колонка 14 даги горизонтал ўққа ўрнатилган бўлиб, трубанинг маҳкамлаш 17 ва қаратиш 18 винтлари бир колонкада жойлашган. Қаратиш винти, ҳамма вақт, маҳкамлаш винти қотирилгач буралиши керак. Трубанинг 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 осииш учун илгак 21 қилинган, труба орқали оптикавий усулда марказлаш учун колонкалар ўртасида доиравий махсус тирқиш 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 бўлақлар сони 2160. Ҳар бир градус штрихига қиймати ёзилган, $10'$ ли штрих қисқа, $30'$ лиси ўртача, градусли штрих эса узун. Микроскоп кўриш майдонининг қуйи қисмида горизонтал доира бўлақлари Г, юқорисида вертикал



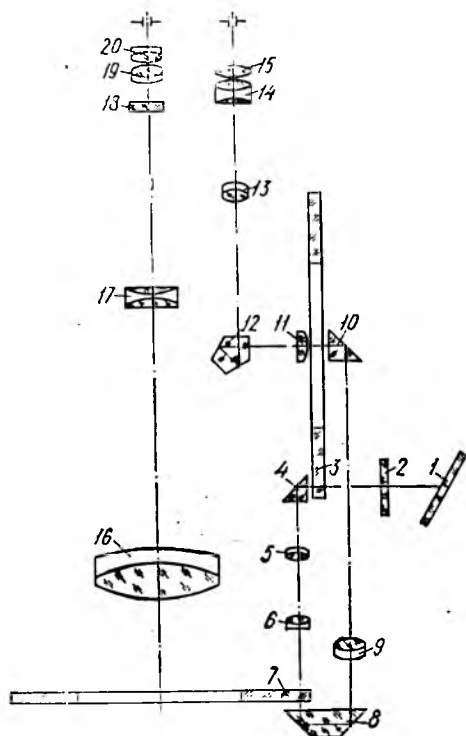
Х. 36-шакл.

доира бўлақлари В кўринади (Х. 36-шакл). Бир бўлақнинг қиймати $10'$ бўлганидан, бўлақнинг $0,1$ қисми чамалаб олинса, саноқ аниқлиги $1'$ бўлади. Саноқ қўзғалмас индекс штрихи 1 бўйича олинади. Шунинг учун ҳам теодолит *штрихли теодолит* дейиладди. Саноқ олишда микроскопнинг кўриш майдонини ёритиш учун вертикал доирани колонканинг ён томонида доиравий тирқиш бўлиб, унга махсус кўзгу ўрнатилган. Майдоннинг ёритилиши кўзгунинг туришига боғлиқ бўлади, буни кузатувчи билиб қаради. Вертикал доиранинг махсус адилаги йўқ. Шаклга кўра горизонтал доира саноги $70^\circ 05'$, вертикал доира $358^\circ 48'$ бўлади. Теодолитда иллар тўри Х. 21-шакл, б даги каби ишланган. Теодолит тағлиги ўрнатилган диск 24 асбоб жойланадиган қалпоқсимон металл филофнинг таги вазифасини ҳам ўтайди. Дискнинг икки томонида тешикли мослама 25 бўлиб, 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 қўйилгач, тургизилиш 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 бўлган нуқталарга қараш ва ўрнатган нуқтага марказлаш учун ишлатиладиган махсус насадкалар бўлиб, улар окуляр ва микроскоп окулярига кийгизилади. Унда кўриш ўқи йўлини ўзгартирувчи призмдан ясалган ёруғлик фильтри бўлганидан у билан қуёшга қараш мумкин.



Х. 37- шакл.

Т30 теодолитнинг оптикaviй схемаси.

1 — кўзгу, 2 — хира ойна, 3 — вертикал доира, 4, 11 — призмалар, 5, 6, 9, 13 — санок олиш системасидаги объектив линзалари, 7 — горизонтал доира, 8 — призма, 11 — тўр коллектив, 12 — пентапризма, 14, 15 — санок олиш системаси окулясининг линзалари, 16 — кўриш трубасининг объективи, 17 — трубага фотословчи линзаси, 18 — иллар тўри, 19, 20 — окуляр линзалари.

Ориентирлаш буссоли. Теодолит бир колонкасининг тепа томонида вертикал доира ташқарисида махсус ўйилган жой бўлади, унга мосланган энсиз буссоль винт ёрдамида керак вақтда ўрнатилади ва *ориентирлаш буссоли* дейилади.

УТ-20-Т 2 адилагчи. Бу асбоб махсус адилак бўлиб, труба ДЧ ҳолида турганда визир 4 олиниб, ўрнига адилак ўрнатилади ва теодолит нивелирлаш учун ишлатилади.

— Т30 теодолитини синаш ва текшириш.

Т30 теодолитини синаш. Т30 теодолити қуйидаги шартлар бўйича синалади.

1. Штатив турғун бўлиши керак. Текшириш учун теодолит штатив устига ўрнатилгач, асбоб горизонтал ҳолатга келтирилиб, труба очик кўринадиган нуқтага қаратилади. Кейин столча дискини ўнг ва сўлга бир оз буриб, трубадан қараганда тўр маркази қаратилган нуқтадан силжиса, у столча шарниридаги штатив оёғини маҳкамловчи винтнинг қаттиқ бураш йўли билан тузатилади.

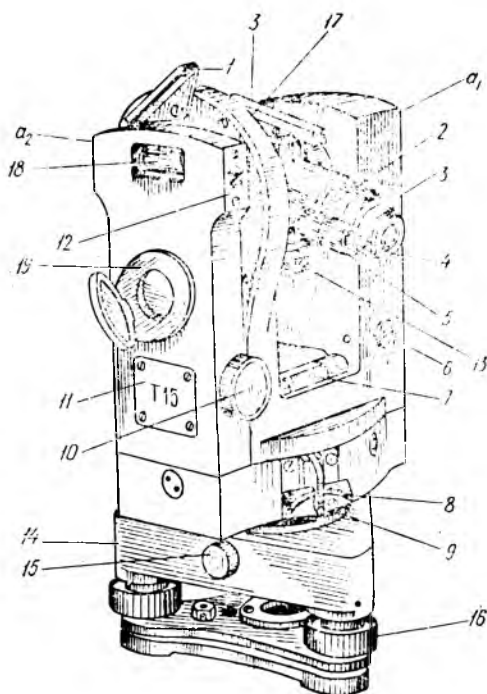
2. Таглик турғун бўлиши керак. Бунда ҳам нуқтага қараб санок олгач, таглик корпуси бир оз сурилади; агар нарса тасвири тўр марказидан силжиса, кўтариш винтлари айланишини бошқарадиган гайкани бураб, винтлар оғирроқ ҳаракатланадиган қилинади.

3. Кўриш трубасининг кремальер винти 1 нинг айланиши узоқ-яқинга қарашни таъминлаши керак.

Х. 26.Т-15 теодолити

Т-15 оптик теодолити такрорий ва шкалалли микроскопли техникавий теодолитдир. Унинг тузилиши Т30 ники каби бўлиб, баъзи ўзгаришлари бор. Теодолитнинг окуляр тёмонидан кўришнинг Х.38- шаклда келтирилган.

Горизонтал доира алидадаси ва кўриш трубагининг маҳкамлати винтлари тенки шаклида бўлиб, *a* колонканинг талқи тёмонига



Х. 38- шакл. Т15 теодолити.

1 — адиллақ ҳўзуси, 2 — Т30 қалпоқчаси, 3 — диоптрий ҳалқаси, 4 — микроскоп окуляри, 5 — микроскоп диоптрий ҳалқаси, 6 — адиллақ тузатиш винти, 7 — вертикал доира алидак, 8 — лимб қалқини, 9 — фиксатор, 10 — вертикал доира алидагининг микрометр винти, 11 — қолловқа қўлқоти, 12 — адиллақ қўлқоти, 13 — тизил, 14 — тизил, 15 — лимбни сўқувчи винт, 16 — қўтарғич линт, 17 — вертикал доира алидаги, 18 — вертикал доира 19 — микроскоп кўриш майдоқни сўқувчи кўзгу, *a*₁ *a*₂ — қолловқалар.

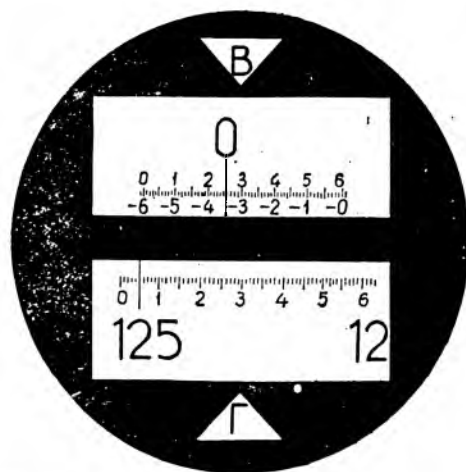
(шаклда кўришмайди) устма-уст жойланган. Бу тепкичнинг пасга босиб маҳкамлагач, улар устига жойланган қаратиш винтлари ёрдамида труба парсага аниқ қаратилади.

Теодолитда такрорлаш мосламаси бўлиб, клавиш 8 босилса, лимб алидада билан бирлашади. Агар фиксатор-қайдлагич 9 босилса, лимб алидадан ажралади; алидада айланганда лимб айланмайди.

Теодолит трубаси устига *DЧ* бўлганда визир ўрнига адиллақ ўрнатиб, уни нивелирлашда ишлатиш мумкин. Теодолит объективига дальномер насадкасини ҳам ўрнатиш мумкин.

Теодолитни ўрнатиш, марказлаш, горизонтал ҳолатга келтириш каби ишлар Т30 теодолитиникига ўхшашдир.

Санок мосламалари. Теодолит микроскопи кўриш майдоқнинг юқорисида вертикал доира бўлаклари (Х.39- шакл), қуйи-сида эса горизонтал доира бўлаклари кўринади. Вертикал доира



Х. 39- шакл.

коп орқали бир бўлакнинг $0,1$ аниқтигида санок олинса, санок аниқлиги $0,1' = 6''$ га тенг бўлади. Санок градус штрихлари бўйича олинади.

Т15 теодолитининг вертикал доирасидаги санок олтин мосламаси алоҳида нишланган. Доирада бир бўлак ёй микроскоп шкаласида асос қилиб олиниб, унинг учларига -0 , $+0$ ёзилганки, бу кўриш ўқиининг горизонтал ҳолатига тўғри келади. Доира иккала тонадан икки томонга 75° га бўлиниб, узун штрихлар чизилган ва ёнига ишораси ёзилган. Ноллар оралиғи 6 га бўлиниб, узунроқ штрих билан чизилган ва бу штрихларга икки хил қиммат, яъни юқорига чапдан ўнгга 0 дан 6 гача, қуйинига ўнгдан чапга -0 дан -6 гача ёзилган (Х.39- шакл); бу рақамлар $10'$, $20'$, ..., $60'$ ни билдиради. Кейин ҳар қайси штрих ораси 10 га бўлинган бўлиб, бир бўлагин $1'$ бўлади. Санок градус штрихлари бўйича минут бўлагининг $0,1$ улушигача олинганидан, санок аниқлиги $0,1' = 6''$ бўлади. Вертикал доиранинг D' ҳолатида труба юқорига қаратилса, нувоелни сонлар, труба пастлатилса, нувоелни сонлар кўринади. D' ҳолатида эса бунинг тескариси бўлади. Агар градус саногин нувоелдан олинса, минутлар ҳам нувоелни шкаладан, градус нувоелдан олинса, минутлар ҳам нувоелни шкаладан олинади. Х.39- шаклда D' ҳолатидаги саноклар кўрсатилган. Шакл бўйича горизонтал доира саногини $125^\circ 05,2'$, вертикал доира саногини эса $+0^\circ 25,5'$. Бундай бўлиниш вертикал бурчакни ўртада ҳисоблаш ишини осонлаштиради.

Х 27. Т15 теодолитини синаш ва текшириш

Т15 теодолитининг санок мосламаси шкалали бўлганидан, буни синаш ва текшириш штрихли Т30 теодолитидан қисман фарқ қилади. Т15 теодолити шкалаларидаги параллакс ва рена қуйидагича аниқланади.

бўлаклари В ҳарфи билан, горизонтал доира бўлаклари Г ҳарфи билан белгиланган.

Горизонтал доира бир градусдан ($1' = 1''$) қилиб бўлинган, бўлаklar узун штрихлар билан белгиланган ва қийматлари соат стрелкаси бўйича 0 дан 360° гача ошиб боради. Ҳар бир градус оралиғи 1 дан 6 гача олтин бўлакка бўлинган. Бир бўлакнинг қиймати $10'$, улар ўртача узунликдаги штрихлар билан белгиланган. Кейин ҳар $10'$ ли бўлак 10 га бўлиниб, қисқа штрихлар билан кўрсатилган. Бунда шкала бир бўлагининг қиймати $1'$ бўлади. Микроскоп

1. Саноқ системасида параллакс бўлмаслиги керак. Лимб штрихи билан микроскоп шкаласидан саноқ олишда улар ўртасидаги енгиллиш аниқ саноқ олишга имкон бермаса, бу ҳол *параллакс* дейилади. Агар фокуслашни тузатишда микроскоп окуляри айланасининг $\frac{1}{4}$ қисмидан ортиқ бураш татаб қилинса, унда параллаксни тузатиш керак. Бунинг учун қопқоқ *II* ни очиб, унинг қуйи томонидаги горизонтал доира микроскоп объектив линзасини маҳкамловчи икки винтнинг юқоридагиси бўшатилади, линзани суриб горизонтал доира штрихи яққол кўринаётган қитинади; бунда шкалага нисбатан параллакс бўлмайди. Вертикал доираники эса доира объективини маҳкамловчи винт (a_2 қолотқада) бураб тузатилади.

T15 да параллакс ва рена ярим автоматик равишда йўқолиши ҳам мумкин.

2. Саноқ микроскопининг ренаси 12" дан ошмаслиги керак. Горизонтал, вертикал доира лимб бўлаклари микроскоп шкаласидаги ўзига мос бўлакка тенг бўлиши, яъни градус бўлақларининг икки четки штрихи шкала четки штрихиغا тўғри келиши керак. Бунинг тенг бўлмаслигидан келадиган айирма *шкала ренаси* дейилади. Бу рена миқдорини аниқлаш учун бир градус штрихи шкаланинг 0 штрихиغا тўғриланади. Кейин шкаланинг 6 штрихи лимбнинг градус штрихиغا тўғри келиши аниқланади. Бу ҳолдаги текшириш лимбнинг турли жойида (кайда 12 марта) синалиши керак. Агар тўғри келмаса, бунда айирма шкала ренаси бўлади. Бунинг горизонтал доирада қуйидагича тузатилади. Қопқоқ *II* ни очиб, унинг қуйи томонидаги горизонтал доиранинг объектив линзасини маҳкамловчи винтларнинг қуйи томондагиси бўшатилиб, линза қуйи ёки юқори томон силжитилади. Агар доиранинг градус оралигини катта-ашириш керак бўлса қуйиға, кичрайтириш керак бўлганда эса юқориға сурилади. Бу ишдан кейин юқоридаги винтни бўшатиб, юқори линза ҳам ўша томонга тасвир яхши бўлгунча сурилади.

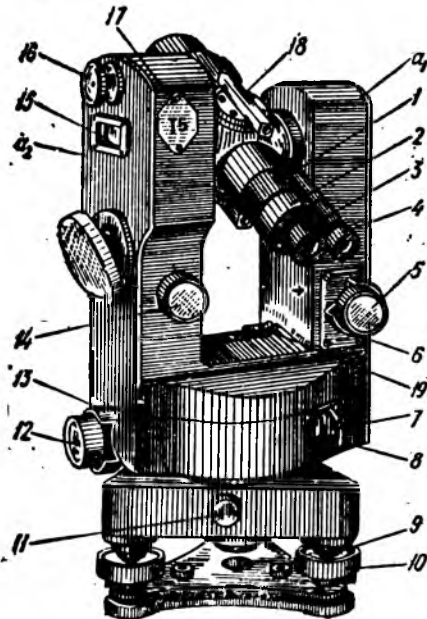
Вертикал доира ренаси ҳам юқоридагидек тузатилади. Лекин бунда вертикал доира бўлагини катта-аширишда линзалар юқориға, кичи-аширишда эса қуйиға сурилиши керак. Бу ишлар дала шаронгидида бажаришмай, ҳаваси тоза, ёруғ хонада бажарилади. Текшириш T30 теодолитини текшириш кабидир.

Х. 28. T5 теодолити

T5 шкалати оптик теодолит бўлиб, кўпгина бўлаклари T30, T15 теодолитлариники каби ишланган (Х.40- шакл). Алидада ва трубанинг маҳкамлаш 6, 13 ва қаратиш 5, 12 винтлари T15 *ники* каби бир ўқли қилиб ишланган.

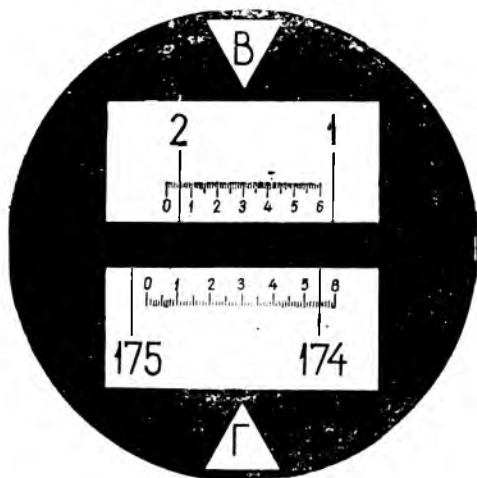
Теодолит T15 теодолити каби тагликдан ажралади; теодолит тагликка ўрнатилганда сиқувчи винт *II* билан маҳкамланади.

Саноқ олиш мосламаси. Горизонтал ҳамда вертикал доира лимбларидаги бўлақларнинг қиймати бир градусдан бўлиб, *соат* стрелкаси юрадиган томонга 0 дан 60° гача ўсиб боради. Булар-



Х. 40- шакл. Т5 теодолити.

1 — кремальер ҳайка, 2 — Тўр қопқоғи, 3 — окуляр, 4 — микроскоп диоптрий 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 — алидак микрометр винти, 15 — дарча, 16 — луна-призма, 17 — алидак қалпоғи, 18 — визир, 19 — алидада алидаги, a_1 , a_2 — колонкалар.



Х. 41- шакл.

нинг тасвири коллектив текислигида ҳосил бўлиб, бу текисликда иккала доира микроскопининг шкаласи ўрнатилган. Микроскоп шкаласида лимбининг бир бўлагига тенг ёй 60 бўлакка бўлинганидан, бир бўлакнинг қиймати $1'$. Саноқ бўлакнинг $0,1$ қисмигача аниқ олинса, саноқ аниқлиги $0,1' = 6''$ бўлади. Х.41- шаклда микроскоплардаги саноқлар: горизонтал доирада — $174 55'$; вертикал доирада — $2 05,2'$.

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» рақами шу асбобнинг иккинчи модели,

шифр охиридаги «К» ҳарфи асбоб компенсорли, «А» ҳарфи эса асбоб автоколлимацион кўриш трубаги эканини билдиради.

Асбобни горизонтал ёки вертикал ҳолатда автоматик сақлашга имкон берадиган мослама *компенсатор* деб аталади; компенсатор теодолит ва нивелирларда ишлатилади. Компенсатор механикавий ёки гидромеханикавий маятникни асбобнинг кўриш трубаги ичига ёки вертикал дойрага ўрнатиш орқали ясалади. Маятник билан бирга унинг тебранишини камайтирадиган *демпфер* номли мослама ҳам ишлатилади.

Т15 К теодолити. Бу теодолит такрорий бўлиб, Т15 теодолитидаги вертикал дойранинг цилиндрик адилагини ўрнига ўз-ўзидан ўрнашувчи компенсатор системаси ўрнатилган. Саноқ олиш микроскопи Т15 теодолитидаги каби шкалани. Кўриш трубаги тўғри тасвир беради. Трубагининг икки томониغا визир ўрнатилган. Горизонтал дойра адиладаси ва кўриш трубагини маҳкамлаш винти тепкили қилинган. Вертикал дойрасининг бўлаклари Т15 теодолитидаги каби ишланган.

Вертикал дойрани колонкага оптикавий компенсатор системаси ўрнатилган. Компенсатор ясси пружинага осилган тўғри бурчакли призмадан иборат бўлиб, теодолитнинг ўқи 3' гача қийшайганде ҳам призма вертикал дойра штрихларининг тасвирини ўзгартириб, вертикал ҳолатдагидек кўринишига имкон беради.

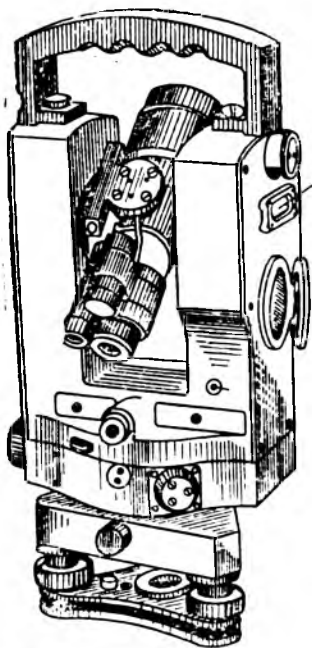
Т15 К теодолити — аниқ теодолит бўлиб, Т5 нинг такомиллаштирилганидир. Триангуляция ва полигонометрияда зичлашнинг 1 ва 2 разрядларида ишлатилади.

Теодолит ўқлари такрорий системда бўлиб, оптикавий шкалани микроскоп ва вертикал дойрасига компенсатор ўрнатилган. Қаратилиш ва тепкили маҳкамлаш винтлари бир ўқли бўлиб, Т15 даги каби ўрнатилган, булар кузатувчининг бир қўл билан ҳам горизонтал дойрани, ҳам қараш трубагини бошқаришига имкон беради. Кўриш трубагининг ўрта қисмига пона ҳалқа ўрнатилган, уни бураб, кўриш ўқининг айланиш ўқиға нисбатан ҳолатини ўзгартириш мумкин; теодолитнинг коллимацион хатоси шу ҳалқа билан тузатилади.

Теодолит трубагининг бир колонкаси асосий бўлиб, унга саноқ олиш системаси, вертикал дойранинг маятникли компенсатори, горизонтал дойра адиладасининг адилагини, трубагини қаратиш винтлари ва оптикавий марказлаштириш бўлаклари ўрнатилган.

Саноқ олиш системаси иккиланма (икки каналли) бўлиб, микроскоп шкаласи текислигида горизонтал-яшил-сарик фонда (Г), ва вертикал (В) дойраники — ҳаво ранг фонда кўринади. Дойра (лимблар) 1° дан бўлиниб, горизонтал дойра бўлагининг қиймати соат стрелкаси юрадиган томонга 0° дан 359° гача ошиб боради; вертикал дойра бўлагини секторли бўлиб, 0° дан 75° гача ва — 0° дан — 75° гача ошиб боради.

Дойравий приём усули билан бурчак ўлчаганда горизонтал дойра ҳолатини керакли саноққа қўйиш учун дойра ён томонидаги маҳсус дарча (иллюминатор) даги градус бўлаклардан фойдаланилади ва бу дойра *изловчи дойра* дейилади. Ноль штрихни индекс ёрдамида керакли саноққа қўйиб жойдаги нарсани тезда топиш мумкин.



Х. 42- шакл.

2Т5 теодолити. Т5 теодолитининг бир оз ўзгаргани бўлиб, унинг вертикал доирасида компенсатор эмас, балки контактли адилак ўрнатилган. Адилак пуфакчасининг вазияти лупа призмадан кўринади. Саноқ микроскопининг тузилиши Т5 теодолитидагидек бўлмай, Т15 даги каби. Ҳамма теодолитлар паспортида теодолитнинг бўлаклари ва уларнинг тузилиши ва ишлатилиши тўла кўрсатилган бўлади.

2Т5А теодолити — оптик автоколлимацион кўриш трубаги бўлиб, горизонтал, вертикал бурчакларни қайтарувчи юзага ёки жойдаги мўлжал ва нарсага автоколлимацион қаратиш усули билан ўлчашга мўлжалланган. Асбобнинг умумий кўриниши Х.42- шаклда берилган.

Асбобнинг вертикал ўқлар системаси такрорий эмас, саноқ бир томонлама олинади. Вертикал доира секторли бўлиб, 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, пастдаги штрихларга эса чапдан ўнга томон — 0 дан — 6 гача рақамлар ёзилган (Х.42-шакл, а). Вертикал доира шкаласи ҳаво ранг фонда, горизонтал доираишк эса сариқ-яшил фонда кўринади. Микроскопнинг кўриш майдони колонкадаги кўзгунини ёруққа тўғрилаш орқали ёритилади.

Кўриш трубасининг окуляри автоколлимацион бўлганлиги ва оптикasinинг эса ахроматик ва сферохроматик қилинганлиги туфайли нарсa тасвирининг сифати жуда яхшилланган.

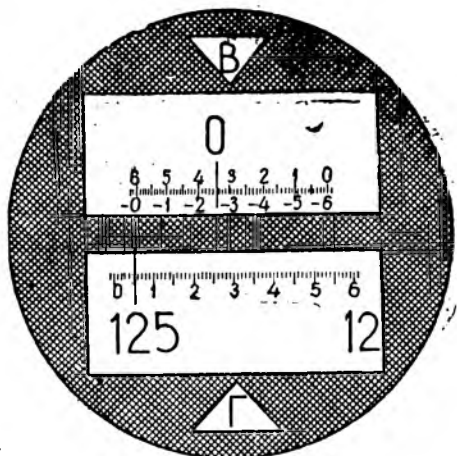
Электрик системаси бир симли, токни аккумулятордан олади. Теодолитга турли насадка, ориентир буссоль ўрнатиш мумкин.

2Т5А теодолити бошқа оптик теодолитлар сингари синалади ва текширилади. Тузатилишига оид баъзи маълумотлар теодолит паспортида тўла берилган.

2Т5А теодолити ёрдамида бурчак ярим приёмда эмас, балки тўла приёмда ўлчаиadi. 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 бўлиб, триангуляциянинг 3 ва 4 классарида ва аниқ режалаш ишларида қўлланилади. ГОСТ 10529—70 га биноан ишлаб чиқарилади. Кўриш трубаси астрономик, оптикaвий визирли, кечалари ишлаш учун ёритиш

мосламаси бор. Горизонтал ҳамда вертикал доира лимб-ларни соат стрелкасининг юриш йўналишининг тескарисига томон бир градусдан қилиб 0 дан 359° гача бўлинган; градуслар учга бўлинган, бир-бўлакнинг қиймати $20'$. Бу бўлақлар иккита параллел чизиқ (бифиляр) билан белгиланган. Микроскопнинг кўриш майдонида горизонтал қора чизиқ тепасида диаметр-нинг бир учигаги тўғри ёзувлар, остида эса шу диаметр-нинг иккинчи учигаги 180° га фарқ қиладиган ёзувлар тескари бўлиб кўринади (Х.43-шакл)

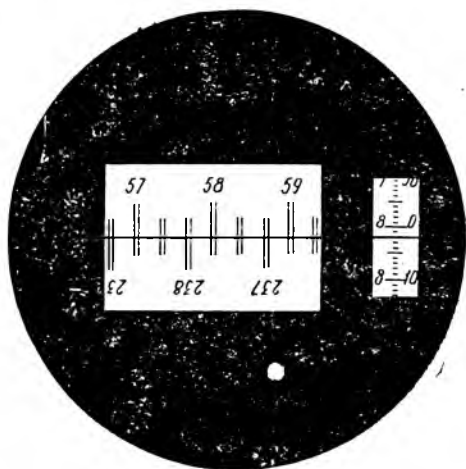


Х. 42- шакл, а.

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 бўлақлардан белгиланади. Масалан, шаклда 57° га ўнгдаги тескари саноқ 237° (чапда 58° шнинг тескариси 238°) бўлиб, бу штрих 57° градус штрихидан 5 бўлақ узоқда; бир бўлақ $10'$ бўлганидан доира саноғи $57^\circ 50'$ бўлади.

Минутнинг бирлиги ва секунд саноқлар кўриш майдонининг ўнг томонидаги дарчадан олинади. Дарча шкаласи $1''$ дан ҳаммаси бўлиб 600 бўлақ бор. Дарчанинг чап томонидаги сонлар минутни, ўнг томонидаги сонлар эса секундни кўрсатади. Саноқ ўртадаги горизонтал штрих (индекс) бўйича бир бўлақнинг 0,1 аниқлигида олинганидан, саноқ аниқлиги $0,1''$ бўлади. Шаклда чап томонда $8'$, ўнг томонда эса $2,0''$ шунга кўра доиранинг ҳамма саноғи $57^\circ 58' 02,0''$ бўлади.

Микроскоп кўриш майдонида горизонтал ёки вертикал доира тасвирини ҳосил қилиш учун колонкадаги даста (винт) буралади. Горизонтал доира бўлақлари оқ фонда, вертикал доирада эса яшил-симон фонда номоён бўлади. Вертикал доирадан саноқ олишда аввал ундаги контакт адилак горизонтал ҳолга келтирилиши керак.



Х. 43- шакл.

2 Т2 теодолити— Т2 теодолитнинг такомиллашгани бўлиб, умумий кўриниши 2Т5 А каби; саноқ олиш мосламаси оптик микрометр билан таъминланганки, бўлаклардан катта аниқлик билан саноқ олишга имкон беради. Саноқ Т2 даги каби лимб диаметрининг икки учидан олингани 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-

Х. 44- шакл.

раси бирлашма штрихли қилиб ясалган. Микроскопининг кўриш майдонида учта дарча бўлиб, марказий 1 дарчадан (Х.44- шакл) бифиляр штрихлар, тепадаги 2 дарчанинг юқорисидан лимб штрихи қиймати, унинг тагида ўнли минутлар қиймати (0 дан 5 гача) ёзилган. Ён томондаги дарча Т2 даги каби, яъни минут ва секунд қийматларини 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 ўнли минут (шаклда 2) бўлиб бу $20'$ бўлади. Кейин ён дарчадан $5'$ ва $27,0''$ олинади. Шунда доира саноғи $17^\circ 20' + 5' 27,0''$ ёки $17^\circ 25' 27,0''$ бўлади.

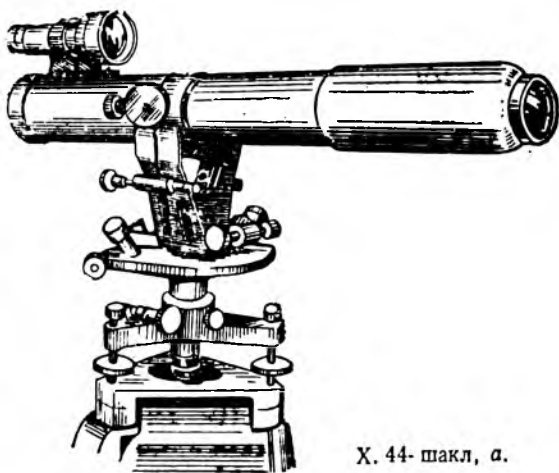
СССР халқ хўжалигидаги геодезик ишларда ватанимиз корхоналарида ишлаб чиқариладиган юқоридаги теодолитлар билан бир қаторда демократик республикаларда чиқариладиган қўйидаги теодолитлар ҳам қўлланади. Масалан, аниқ теодолитлардан Венгрияда ишланадиган ТеВ1, ТеС1 шифрли, Германия Демократик Республикасида 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 швелнрлар яратилди. Бу асбоблар қурилиш майдонларида лойиҳани жойга кўчириш, створли режалаш, берилган йўналишдаги чизикни жойда белгилаш, бир хил иншазбадаги чизик ва майдонни жойда белгилаш каби ишларда қўлланилади.

Лазерий теодолитлар одатдаги теодолит каби бўлиб, уларда кўриш трубаси ўрнига лазерий нурланиш мосламаси ўрнатилган ёки лазерий нурланиш мосламаси теодолитнинг кўриш трубасига ўрнатилган, бундай теодолит *лазерий насадкали теодолит* дейилади.

Мослама ўрнатилган теодолитлар икки гуруппага бўлинади: а) нурланиш мосламаси лагердан олиб қўйиладиган теодолитлар, масалан СССРда ЛТ-75, ЛТ-56 шифрли (Х.44- шакл а) теодолитлар;

Польшада КР4 шифри билан чиқадиган теодолит; б) зениторқали айланадиган нурланишли 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 ВНИИ (СССР), Швейцарияда ишланган СЛО1 Вильд, ДКМ-2А КЕРНА ва бошқа шифрдаги теодолитлар.



Х.44- шакл, а.

1981 йили Москва халқ хўжалиги ютуқлари выставкасида қўйилган «Вильд» фирмаси чиқарган тўғри тасвирли оптик теодолит турлари қуйида келтирилган. Буларда окуляр тирсагини олиб қўйиш йўли билан трубаининг катталаштириши ўзгаради.

Шифри	Номи	Труба- си	Катталаштири- ши, μ X	Санок аниқлиги		Ишлати- лиш (триан- гуляцияда)	Оғирлиги кг
				гориз.	верт.		
				доира			
T4	Аниқлиги юқори, астрономик уни вер- сал (адидакли)	Синик	60×, 80×	0,1"	0,2"	1 класс	91
T3	Аниқ (адидакли)	»	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 азимутларини юқори аниқликда топиш мумкин.

Х.30. Бурчак ўлчаш усуллари

Асбобни иш ҳолатига келтириш ва нарсага қара-тиш. Теодолит синалиб, текширилиб, тузатилгач, у билан жойда горизонтал бурчакни ўлчаш учун қуйидаги 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 кўтариш винтлари резьбалар ўртасида туриши керак. Кейин тургизиш винти илгагига шовуннинг ипи илиниб қаралади. Агар шовуннинг учи нуқта қозиғи устида турмаса, тургизиш винти бўшатилиб, 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 бўшатиб, 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 кўзига тўғрилаши керак.

Кейин трубани нуқтага қаратиш учун лимб маҳкамланиб, алидада ва труба бўшатилади, 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 қадалганда вертикал бўлмаслиги мумкин, шунинг учун веҳага қараганда тўр маркази веҳа тагига қаратилади.

Шаклда кўрсатилган BA ва BC чизиклар орасидаги бурчакнинг (X.45-шакл) горизонтал қўйилишини ўлчаш учун B нуқтага асбоб юқоридагича ўрнатилгач, алидада бўшатилиб, аввал ўнг нуқта A га қаралади-да n_s санок олинади, кейин чап нуқта C га қараб n_q санок олинади. Шунда B нуқтадаги ўнг бурчак β қуйидагича бўлади:

$$\beta = n_s - n_q, \quad (X.1)$$

яъни бурчак ўнг санокдан чап санокнинг айрилганига тенг. B нуқтадаги чап бурчак γ ҳам бу бурчак ўнг саногидан чап саногининг айрилганига тенг бўлади. Мисолда β нинг ўнг саноғи n_s γ нинг чап саноғи, β нинг чап саноғи n_q эса γ нинг ўнг саноғи бўлади, шунга кўра: $\gamma = n_q - n_s$.

Бурчак ўлчаш усуллари. Қўйилган аниқлик талабига қараб, теодолит билан горизонтал бурчакни ўлчашда қуйидаги усуллар қўлланилади: 1) приём усули; 2) доправий приём усули; 3) такрорлаш усули; 4) нолларни тўғрилаш усули ва бошқалар.

1. Приём усули. Теодолитни *B* нуқтага ўрнатиб (Х.45- шакл) иш вазиятига келтиргач, лимбни маҳкамлаб, труба ва алидада бўшатилади-да, *D*_ў ҳолатида ўнг нуқта *A* га қаралади, алидадани маҳкамлаб, 1 верньердан градус, минут ва секунд ($215^{\circ}45'30''$), II верньердан эса минут ва секунд ($46'30''$) саноқлари олинади ва улар махсус бурчак ўлчаш журнаliga ёзилади (Х.1- жадвал); минут, секундларнинг арифметик ўртаси ҳисобланиб ($46'00''$), «ўртача» деган графага ёзилади (бунда марказлашмаслик хатоси йўқолади), бу n_2 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_4 саноғи бўлади. Ўртача графадаги ўнг саноқ n_2 дан чап саноқ n_4 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 *D*_ч 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

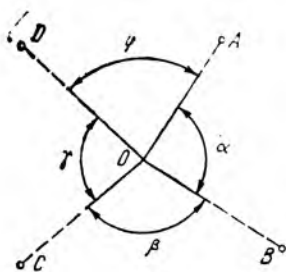
Х.1- жадвал

ТТ5 теодолити билан приём усулида бурчак ўлчаш жадвали ТТ5 № 3485

Нуқталар номери		Верньер саноқлари						Саноқлар- нинг ўрта- си		Бурчак қиймати			Бурчаклар- нинг ўрта- ча қиймати			Магнитавий ази- мут	Чизиқнинг узун- лиги, м
		I			II												
турган	қарат- ган	0	I	II	I	II	I	II	0	I	II	0	I	II			
B	A	185	45	30	46	30	$D_{\text{ў}}$ 46	00									
	C	95	43	00	44	00	43	30	90	02	30						
	A	07	17	30	18	30	$D_{\text{ч}}$ 38	00									
	C	277	17	00	16	00	16	30	90	01	30	90	02	00	1—2 58°26'	213,63	

2t дан ошмаслиги керак. Кейин иккала ярим приём қийматларининг арифметик ўртаси ҳисобланади ($90^{\circ}02'00''$); бу *тўлиқ приём қиймати* дейилади. Бу хил ўлчашда коллимацион хато таъсири йўқолади.

2. Доправий приём усули. Агар бир нуқтада бир неча йўналиш орасидаги бурчаклар ўлчанса, бунда доправий приём усу-



Х. 46- шакл.

ли қўлланилади. Бу усулдан триангуляция ишда кўп фойдаланилади. Масалан, O нуқтадан (Х.46- шакл) чиққан OA , OB , OC ва OD йўналишлар орасидаги бурчакларни ўлчаш керак бўлса, қўйидагича қилинади. Теодолит Т30 ни DU ҳолатида O нуқтага ўрнатиб, иш вазиятига келтиргач, I верньер O га яқин санокқа қўйилади-да, алидада маҳкамланади; лимб айлантирилиб, бош нуқта A га қаратилади-да, маҳкамланади. Сўнгра алидада бўшатилиб, труба соат стрелкаси юрадиган томонга бирин-кетин B , C , D ва A нуқталарга

қаратилади ва микроскопдан санок олиб, журналга ёзилади. A нуқтага қараб, дастлаб ва охирада олинган санокларнинг бир хил бўлиши лимб ҳолати ўзгармаслигини кўрсатади. Бу ўлчаш *биринчи ярим приём* дейилади. Кейин трубани зенит орқали айлантириб, DU ҳолатида яна бош нуқта A га қараб лимб маҳкамланади ва санок олинади. Кейин алидадани бўшатиб уни соат стрелкаси юрадиган томонга қарши йўналтирилади-да, D , C , B ва A нуқталарга қараб санок олинади ва журнал графасига ёзилади. Бу билан *иккинчи ярим приём* тугайди. Икки ярим приём натижаларининг ўртаси тўла приём дейилади. Бунда бутун доира бўйлаб айланилгани учун у *доиравий приём* деб аталади.

DU ва DU да олинган саноклар арифметик ўртаси ҳисобланади. α , β , γ ва δ бурчакларнинг қийматларини (Х.1) формула ёрдамида, ҳар қайси бурчакнинг қийматини ўнг санокдан чап санокни айлриш йўли билан топиш мумкин. Амалда кўпроқ аввал йўналишлар саногини ҳисобланиб, кейин келтирилган йўналиш саногини билан керакли бурчак топилади.

3. Такрорлаш усули. Бу усул такрорий теодолит билан ишлашда қўлланилиши мумкин. Теодолит верньери ва микроскопидан санок олиш хатоси трубани нуқтага қаратиш хатосидан бир неча барабар катта (Х.31 параграфга қаранг) бўлганидан бу усул кўпроқ қаратиб камроқ санок олишга асосланади.

Асбобни B нуқтага (Х.45- шакл) ўрнатиб, иш ҳолатига келтиргач, DU ҳолида I верньерни O га яқин сон ($0^{\circ}03'$) га қўйиб, алидада маҳкамланади. Лимбни айлантириб, чап нуқта C га қаралади-да, лимб маҳкамланади. Кейин алидадани бўшатиб, ўнг нуқта A га қаралади, алидадани маҳкамлаб, санок ($74^{\circ}36'$) олинади ва журналга ёзилади (Х.2- жадвал). Бу санок бурчакнинг тахминий қиймати бўлиб, у *контрол санок* дейилади. Бунда ўлчанадиган бурчак лимб текислигига бир марта қўйилган бўлади. Кейин лимбни бўшатиб, чапга айлантирилади-да C нуқтага қаралади ва лимб маҳкамланади; алидадани бўшатиб, ўнг нуқта A га қаралади ва алидада маҳкамланади, лекин санок олимайди. Бунда бурчак лимбга иккинчи марта қўйилган, яъни бурчак икки марта ўлчанган бўлади. Агар бурчак уч марта ўлчанадиган бўлса, яна лимбни бўшатиб, чапга айлантирилади ва C нуқтага қаралади, сўнгра лимб маҳкамланади. Алидада бўшатилиб, ўнгга бурилади-да, A нуқтага қараб,

алидада маҳкамланади ва саноқ олинади. Бунда бурчак лимбга уч марта қўйилган бўлади. Бу саноқ

Х.2- жадвал

Бурчакни такрорлаш усули билан ўлчаш (Т30 № 66802)

Нукта номи		Такрор- ланиш сони	Горизонтал доира саноғи		п-каррали бур- чак		Бурчак қий- мати		Бурчаклар ўртаси	
турган	қаратилган		0	1	0	1	0	1	0	1
			ДЎ							
	С		00	03						
Б	А		74	36	контрол 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 такрорлани ёўли 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 2' дан ошмаса, буларнинг арифметик ўрта қиймати топилади ва «бурчак ўртаси» графасига ёзилади (t — саноқ олиш аниқлиги).

Қўраимизки, бу усулда нукталарга олти марта қаралди, лекин бурчак икки саноқ айирмаси орқали топилади.

Агар бош саноқни a , охириги саноқни b , такрорлани сонини n десак, ўлчанадиган бурчак қиймати β қуйидагича топилади:

$$\beta = \frac{a - b}{n}. \quad (\text{X.26})$$

Ўлчанадиган бурчак катта бўлиб, лимбнинг 0 (360°) штрихи саноқ олишда такрорланса, 360° такрорланиш сонига қўнайтирилиб (X.26) суратига қўйилади.

4. Нолларни тўғрилаш усули. Бу усул жой тафсилоти-ни қутбий усул билан съёмка қилишда, ўлчанган бурчакларни тек-ширишда, бурилган бурчакларини ўлчашда қўлланилади. Бу усул билан бурчак ўлчаш учун саноқ олиш мосламасининг ноль штрихи (верньер ёки микроскоп) лимбнинг ноль штрихига тўғрилانгач, алидада маҳкамланиб, лимб бўшатилади-ла чан нуктага қаралади. Кейин лимб маҳкамланиб, алидада бўшатилади ва ўнг нуктага қараб олинган саноқ ўлчанадиган бурчакнинг қиймати бўлади.

Х. 31. Бурчак ўлчаш аниқлиги

Геодолит билан горизонтал бурчакни ўлчаш аниқлиги ўлчашда қилинадиган хатоларга боғлиқ бўлиб, унга турли мустақил ман-бадан келадиган хатолар таъсир этиши мумкин; бу хатоларни ўрта квадратик хатолар орқали ифодаласак, қуйидагича бўлади:

1) ўлчашдаги хато, m_g ;

- 2) марказлаштириш хатоси, m_m ;
- 3) белгининг қийшайишидаги хато (редукция), m_p ;
- 4) асбоб хатоси, m_a ;
- 5) ташқи шарҳот хатоси, $m_{ш}$.

Бурчак хатоси m_b юқоридаги хатоларга боғлиқ бўлиб, турли ишорада бўлиши мумкин. Бурчак хатосини (V.25) га мувофиқ қуйидагича ёзиш мумкин:

$$m_p^2 = m_b^2 + m_m^2 + m_p^2 + m_a^2 + m_{ш}^2 \quad (X.27)$$

1. Ўлчаш хатоси труба ни нуқтага қаратиш хатоси m_v ва санок олиш хатоси m_n дан иборат.

Қаратиш хатоси $m_v = \frac{60''}{v}$ бўлади. Агар труба нинг катталаштириши $v = 20\times$ бўлса, $m_v = \pm 3''$ бўлади.

Санок хатоси m_n санок олиш мосламаси аниқлигининг ярмига тенг. Т30 теодолитида $m_n = 30''$. Қўрамизки, қаратиш хатоси санок олиш хатосидан 10 марта кичик.

2. Марказлаштириш хатоси теодолит B нуқтага тўғри марказлаштирилмай, $BB_1 = e$ қадар сурлиб, B_1 га марказлаштирилган бўлса, бу орқали ўлчанадиган бурчак қиймати ўзгаради (X.47- шакл, а).

Бурчак $BB_1 A = \Theta$ десак, e ва Θ марказлашнинг чизигий ва бурчагий элементлари дейлади. 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 дейлади. (X.28) ва (X.29) лардан кўринадики, 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

чирикда 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,

$$x_{\max} = \frac{e}{d} \rho \quad (\text{X.30})$$

ва

$$y_{\max} = \frac{e_1}{d} \rho. \quad (\text{X.31})$$

Асбоб шовунда 1 см аниқлик билан марказлаштирилади, шунга кўра $e = 1$ см бўлади. Нарсага қараганда ҳам 1 см хато қилиш мумкин, яъни $e = e_1 = 1$ см бўлади. Агар чирик 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, $x_{\max} = y_{\max} = \pm 0,34''$ бўлади. Хато $e = e_1 = 2$ см десак, x ва y қийматларининг икки марта ошади. Бу кўрсатадики, полигон томонларининг узунлигининг 150 м атрофида олиш керак. Томон узунлиги қисқа бўлганда асбобни сиччага аниқ қаратиш ва оптикавий марказлаштириш керак.

4. Асбоб хатосига лимб бўлаклари хатоси, коллимацион хато, труба айланиш ўқининг қийшайиши, эксцентриситет хатоси кабилар кирази. Ҳозирги асбоблар янги техника асосида ишлаб чиқарилганидан, бу хатолар таъсири жуда кичик, ўлчашда 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 кўра коллимацион хатони йўқотиш ва асбобни яхши горизонтал ҳолга келтириш керак. Албатта бурчакни икки доирада ўлчаш лозим.

5. Таниқ шаронг хатоси деганда ҳавонинг очиқ бўлиши, температураси, чанг-тўзон ва кўриш нурига рефракция таъсирдан келадиган хатолар назарда тутилади. Ўлчаш ишининг ҳаво очиқ ва тинч бўлган пайтда бажариш, асбоб ёнида ҳеч нарса бўлмаслиги керак.

Бурчак ўлчанида юқоридаги манбалардан келган хатолар ўлчанган бурчак қийматига салбий таъсир этади. Шунга кўра бурчак маълум хато билан ўлчанади.

Инженерлик ишларида қўлланиладиган техникавий теодолитлар билан бурчак ўлчашда ҳам юқоридаги хатолар таъсир этади, ўлчашда турли усуллардан фойдаланиш, масалан, марказлашмаслик (эксцентриситет) хатосини йўқотиш учун икки верньердан саноқ олиш (ТТ5 да), коллимацион хатони йўқотиш учун бурчакни икки доирада ўлчаш каби усуллардан фойдаланиш билан хатолар миқдори анча камайтирилади. Лекин саноқ, кўпроқ чамалаб ва яхлитлаб олинадигани, бу хато бошқа хатолардан абсолют қиймати жиҳатидан бир неча марта катта бўлади. Агар саноқ олиш аниқлигини

t десак, саноқнинг ўрта квадратик хатоси $m_0 = \frac{t}{2}$ бўлади. Бу хато ҳар саноққа таъсир этиб, бурчак икки саноқ айирмаси бўлганидан, биринчи ярим приёмдаги бурчак ўлчаш хатоси m'_B қуйидагича тегишли:

$$m_B = m_0 \sqrt{2} = \frac{t}{2} \sqrt{2} = \frac{t}{\sqrt{2}}, \quad (\text{X.32})$$

лекин бурчак икки ярим приём натижаларининг арифметик ўртаси бўлганидан, бир тўлиқ приёмда ўлчанган бурчакнинг ўрта квадратик хатоси қуйидагича бўлади:

$$m_B = \frac{m'_B}{\sqrt{2}} = \frac{t}{2}. \quad (\text{X.33})$$

Ғунавт чекли хатоси

$$\Delta_{\text{lim}} = 3m_B \leq \pm 1,5 \cdot t \quad (\text{X.34})$$

бўлади.

Икки ярим приёмда ўлчанган бурчак қийматлари айирмасининг ўрта квадратик хатоси m_d , (V. 23) га биноан, қуйидагича бўлади:

$$m_d = \pm m_B \sqrt{2} = \pm \frac{t}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} = \pm t. \quad (\text{X.35})$$

Агар чекли хатонини (V.12) га кўра $2m$ деб олсак,

$$\Delta_{\text{lim}} = 2m_d = \pm 2t \quad (\text{X.36})$$

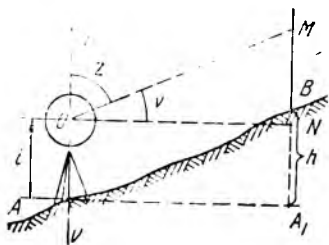
бўлади. Шунда ТТ5 теодолитида $t = \pm 30''$, $2t = 1'$, Т30 теодолитида эса саноқ олинш хатоси $0,5' = 30''$ деб олинади. Шунга кўра, бурчак ўлчанидаги чекли хато $1'$ бўлади, яъни биринчи ва иккинчи ярим приём натижалари орасидаги фарқ $1'$ дан ошмаслигини керак.

Х.32. Вертикал доира, вертикал бурчакли ўлчаш

Ер юзасида турли баландликда ётган икки нуқтани туташтирувчи вертикал текисликдаги қия чизикнинг горизонтал ва янвун чизиклар билан кесилишувидан ҳосил бўлган вертикал текисликдаги бурчаклар иккига — қиялик бурчиги (вертикал бурчак) билан зенит оралиғига бўлинади.

Зенит оралиғи кўриш нури OM билан вертикал чизик VV нинг кесилишувидан ҳосил бўлган вертикал текисликдаги бурчак (X.48-шакл) бўлиб, Z билан белгиланади.

Вертикал бурчак қия кўриш нури OM билан горизонтал текислик ON орасидаги вертикал текисликда ётувчи бурчак бўлиб, v билан белгиланади. Агар кўриш нури горизонтал те-

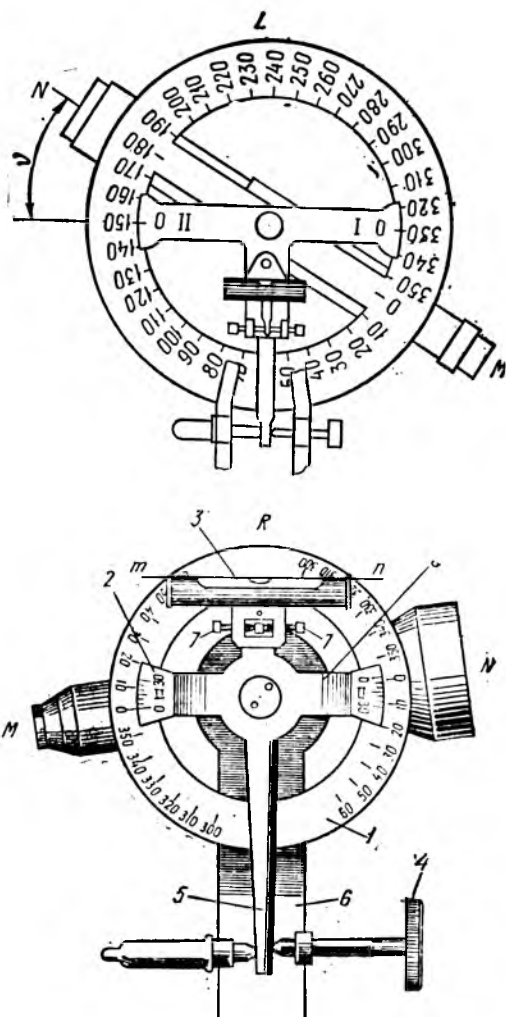


Х. 48- шакл.

кисликдан юқорида бўлса, қиялик бурчаги мусбат ишора билан, пастда бўлса манфий ишора билан олинади. Шаклда $v + Z = 90^\circ$.

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 йўқлиб градусларга бўлинган 8—10 см диаметри металл доира I кўрини трубасининг айланиш ўқиغا вертикал вазиятда маҳкамланган бўлиб, труба билан бирга горизонтал ўқда айланади. Доира (лимб) бўлаклари 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 саноқларидаги фарқ $180'$ га тенг бўлади (Х.49-шакл, а).



Х. 49- шакл. Вертикал доира.

а — градус қийматларининг ҳозирги ёзилиши, б — ялғариги ёзилиши; 1 — вертикал доира, 2 — верньер, 3 — вертикал доира адилаг, 4 — алидада микрометр винти, 5 — алидада бошқарувчиси, 6 — труба тағлиги, 7 — адилак тузатгич винти, 8 — алидада, тп — адилак ўқи.

Баъзи теодолит ва кипрегелларда доира Х. 49-шакл, б даги каби бўлинган, бу бош штаб бўлиниши дейилади. Бунда бир диа-

метрнинг икки учигаги 0 дан соат стрелкасининг юриши томон 60° гача, соат стрелкасининг юришига тескари томон 360° дан 300° гача бўлинган. Трубаининг кўриш ўқи MN горизонтал турганда лимбнинг $0-180^\circ$ ёки $0-0^\circ$ диаметри ҳам горизонтал бўлиши керак.

Лимб бўлакларидан саноқ олиш учун лимб марказига қўзғалмас қилиб алидада 8 ўрнатилган, унинг икки учига горизонтал доирадаги каби I ва II верньерлар 2 ясалган. Верньернинг ноль штрихларини горизонтал вазиятга келтириш учун алидадаги цилиндрик адилак 3 ўрнатилган. Адилак тузатиш винти 7 билан тузатилади. Алидаданинг махсус бўртмаси 5 бўлиб, у микрометрик винт 4 ёрдамида сурилади ва саноқ олишдан олдин адилак горизонтал вазиятга келтирилади, кейин верньердан саноқ олинади.

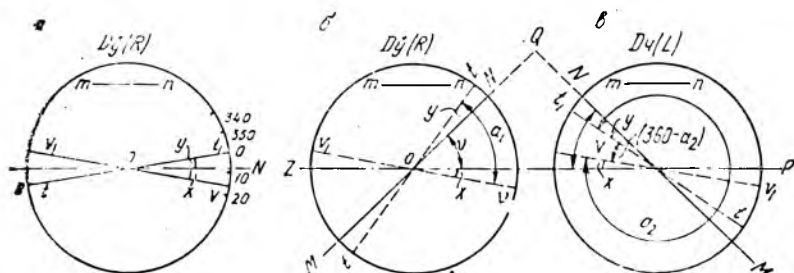
Т30 теодолитининг вертикал доирасида махсус адилак ўрнатилмаган. Вертикал доирага параллел ўрнатилган горизонтал доира адилагининг аниқ горизонтал вазиятга келтириш кифоя. Компенсаторли теодолитлар (Т15К) нинг вертикал доирасида ҳам адилак бўлмай, доира саноқ мосламаси компенсатор орқати автоматик равишда горизонтал вазиятга келади.

Вертикал бурчакни ўлчаш. Асбоб вертикал доираси адилагининг ўқи mn (X.49-шакл, б) горизонтал ҳолатга келтирилганда ва кўриш ўқи MN горизонтал турганда вертикал доира саногини $0^\circ 00'$ бўлиши керак, яъни лимбнинг $0-180^\circ$ ли диаметри билан I ва II верньер нолларини туташтирувчи чизик uv , бир чизикда ётиши керак (X.50-шакл, а). Лекин ҳақиқатда бундай бўлмайди, $0^\circ 00'$ ўрнига бошқа саноқ олиндики, бу саноқ ноль ўрни дейилади ва $H\mathcal{Y}$ билан белгиланади. Агар юқоридаги шарт бажарилганда эди $H\mathcal{Y} = 0$ бўлиб, $D\mathcal{Y}$ да юқори нуқтага қараб олинган саноқ вертикал бурчак қиймати бўларди. $\rightarrow$

Масалан кўриш ўқи MN алидада адилагининг ўқи mn горизонтал турганда лимбнинг $0-180^\circ$ диаметри tt_1 горизонтал чизик билан y бурчак, верньер нолларини туташтирувчи uv чизик эса x бурчак ҳосил қилсин (X.50-шакл, а). $D\mathcal{Y}$ да олинган саноқни R билан, $D\mathcal{Y}$ да олинган саноқни L билан белгилайлик. Агар $D\mathcal{Y}$ ҳолатида бирор Q нуқтага қараб a_1 саноқ олинса (X.50-шакл, б), $a_1 = R$ ва $R = v + x + y$ ёки

$$v = R - (x + y) \quad (\text{X.36})$$

бўлади. Бу икки хато таъсири йиғиндиси $x + y$ ноль ўрни қийма-



X.50-шакл.

ти бўлиб, уни « $H\mathcal{U}$ » билан белгиласак, яъни $x + y = H\mathcal{U}$ деб ол-
сак ва ўрнига қўйсак,

$$v = R - H\mathcal{U} \quad (X.37)$$

чиқади, яъни вертикал бурчак доира ўнгдан олинган саноқ R дан
ноль ўринининг айрилганига тенг.

$H\mathcal{U}$ қийматини аниқлаш учун труба зенит орқати айлантири-
лади-да, алидада бўшатилиб $ДЧ$ ҳолатида труба яна Q нуқтага
қаратилади. Бунда верньер v_1 дан олинган саноқ $a_2 = L$ ўтмас
бурчак t_1 t v_1 нинг қиймати бўлади. Шунда X . 50-шакл, a га би-
ноан қуйидагини ёзиш мумкин: $v = 360^\circ - L + x + y$ ёки $v = 360^\circ$
 $+ x + y - L = 360^\circ + H\mathcal{U} - L$; 360° ташлаб юбертса,

$$v = H\mathcal{U} - L \quad (X.38)$$

чиқади, яъни вертикал бурчак ноль ўрндан вертикал доира чап
ҳолатида олинган саноқнинг айрилганига тенг.

Бу (X.37) ва (X.38) формулалардан $H\mathcal{U}$ ҳамда вертикал бур-
чак қийматларини аниқлаш учун уларни қўшсак, $2v = R - L$ чи-
қади. Бундан

$$v = \frac{R - L}{2} \quad (X.39)$$

бўлади. Агар (X.37) дан (X.38) ни айирсак $0 = R - 2H\mathcal{U} + L$ ёки
 $2H\mathcal{U} = R + L$ бўлади; бундан

$$H\mathcal{U} = \frac{R + L}{2} \quad (X.40)$$

чиқади.

Чикарилган формулалар ёрдамида вертикал доирадан олинган
саноқ орқали $H\mathcal{U}$ ҳамда вертикал бурчак ҳисобланади. $ТТ5$ каби
теодолитлардан саноқ олишда қуйидаги қонгага риоя қилиш керак.
Окуляр ёнидаги верньерни ҳаминча асосий қитиб олиб, ундан гра-
дус, минут ва секунд саноқлари, объектив яқинидаги верньердан
ёлғиз минут ва секунд саноқлари олинади ва минут, секундлар
ўртаси ҳисобланади.

$ТТ-5$ теодолити билан вертикал бурчак ўлчаш учун трубанинг
 $Д\mathcal{U}$ ҳолатида нарса Q га қаратиб, R саноқ олинади. Труба зенит
орқали айлантирилади-да, алидадани бўшатиб $ДЧ$ ҳолатида яна
 Q га қаратиб, L саноқ олинади. Кейин (X.39) билан v , (X.40) би-
лан эса $H\mathcal{U}$ ҳисобланади. v ва $H\mathcal{U}$ ни ҳисоблашда R ва L нинг
бири 300° дан кичик, иккинчиси 300° дан катта бўлади, ҳамма
вақт 300° дан кичигига 360° қўшиб, кейин ҳисобланади. $H\mathcal{U} \leq 2t$
бўлиши керак (t — саноқнинг аниқлиги).

1-мисол. $R = 4^\circ 48'$, $L = 355^\circ 14'$ бўлса, (X.39) га биноан,

$$v = \frac{4^\circ 48' + 360^\circ - 355^\circ 14'}{2} = + 4^\circ 47'; \quad (X.40) \text{ га биноан эса}$$

$$H\mathcal{U} = \frac{4^\circ 48' + 360^\circ + 355^\circ 14'}{2} = \frac{720^\circ 02'}{2} = 360^\circ 01' \text{ бўлади;}$$

бу 360° га яқин бўлганидан $H\dot{U}$ нинг ортиқ қиймати дейилиб, « $H\dot{U}_0$ » билан белгиланади. Бу қийматдан 360° айрилса, $H\dot{U}$ нинг кичик қиймати « $H\dot{U}_K$ » топилади. Мисолда $H\dot{U}_K = 360^{\circ} 01' - 360^{\circ} = +01'$ бўлади. R ёки L қиймати 300° дан катта бўлганда $H\dot{U}$ нинг ортиқ қиймати ($H\dot{U}_0$), кичик бўлганда эса $H\dot{U}$ нинг кичик қиймати ($H\dot{U}_K$) олинади.

Энди (X. 37) ва (X. 38) бўйича v қийматини ҳисоблаб кўрайлик. (X. 37) бўйича $v = R - H\dot{U} = 4^{\circ}48' - (+1') = +4^{\circ}41'$; (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:

$$v = \frac{348^{\circ} 12' - (11^{\circ} 40' - 360^{\circ})}{2} = \frac{348^{\circ} 12' - 371^{\circ} 40'}{2} = \frac{-23^{\circ} 28'}{2} = -11^{\circ} 44';$$

$$H\dot{U} = \frac{348^{\circ} 12' + 371^{\circ} 40'}{2} = \frac{719^{\circ} 52'}{2} = 359^{\circ} 56';$$

бу $H\dot{U}$ нинг ортиқ қиймати ($H\dot{U}_0$). $H\dot{U}$ нинг кичик қиймати $H\dot{U}_K = 359^{\circ} 56' - 360^{\circ} = -4'$ бўлади. (X. 37) бўйича $v = 348^{\circ} 12' - (359^{\circ} 56') = -11^{\circ}44'$ ва (X. 38) бўйича $v = -4' - 11^{\circ} 40' = -11^{\circ} 44'$.

$H\dot{U}$ нинг қиймати $0^{\circ}00'$ га яқин бўлса, ишлан осон бўлади. $H\dot{U}$ қиймати катта бўлганда u вертикал доира адилагини тузатиб кичрайтиради. $H\dot{U}$ қийматининг ўзгармаслиги асбобнинг тўғрилигини кўрсатади. Шунинг учун иш даврида $H\dot{U}$ ни текшириб туриш керак.

Ноль ўрин ($H\dot{U}$) қийматини кичрайтириш. Юқоридаги 2 мисолда $H\dot{U} = -4' > 2l$ бўлганидан катта ҳисобланади; уш қуйидаги икки усулнинг бири билан кичик қилиш мумкин.

1. $H\dot{U}$ қиймати аниқлангач, вертикал доира адилагининг горизонтал турлигини ўзгартирмай, труба айлаштирилиб верньер $H\dot{U}$ саноққа қўйилади. Кейин микрометрик винт 4 буралиб (X. 43-шакл, б) верньер нолга лимб нолга тўғритиланади: бунда адилак пуфакчаси ўртадан қочади; адилакнинг иккита тузатини винти 7 ни бураб, пуфакча ўртага келтирилади. Кейин қайтадан $H\dot{U}$ топилади.

2. Жойлаги бир нуқтага қараб, R ва L саноқлар олинади, v ва $H\dot{U}$ ҳисобланади. Агар $H\dot{U}$ қиймати катта бўлса, бунни тузатиш учун труба нинг қаратилган ҳолатини бузмай, микрометрик винт 4 буралиб $D\dot{U}$ да v саноққа, $D\dot{U}$ да эса $H\dot{U} - L$ саноққа қўйилади. Бунда адилак пуфакчаси ўртадан қочади; бу адилакнинг тузатини винти 7 орқали тузатилади. Шунинг эсда тутини керак: вертикал доира адилагини пуфакчасини чандан ўнгга сурини учун микрометрик винтнинг ўнгга, чапга сурини учун чапга бураш керак.

Т30 теодолити билан вертикал бурчак ўлчаш. Бунда ҳам ТТ5 даги каби ишланади, лекин вертикал доирада адилак бўлмаганидан горизонтал доира адилагини аниқ горизонтал ҳолатга келтирилади. Бу теодолитда кўриниш ўқи горизонтал турганда $D\dot{U}$ да олинган саноқ $L = 0$ бўлади. Объектив кўтарилса, са-

ноқ θ дан ошиб боради. Шунга кўра, v ва $H\mathcal{U}$ қўйидагича аниқланади:

$$v = \frac{L - R}{2} \quad (X.41)$$

$$H\mathcal{U} = \frac{L + R}{2} \quad (X.42)$$

$$v = L - H\mathcal{U} = H\mathcal{U} - R. \quad (X.43)$$

Ҳисобланади 90° дан кичик саноққа 180° қўйилади.

1-мисол. $L = 5^\circ 20'$; $R = 174^\circ 38'$; (X. 41) га кўра

$$v = \frac{4^\circ 20' - 140^\circ - 174^\circ 38'}{2} = \frac{-140^\circ 42'}{2} = -70^\circ 21';$$

$$(X. 42) \text{ га кўра } H\mathcal{U} = \frac{5^\circ 20' + 180^\circ + 174^\circ 38'}{2} = \frac{359^\circ 58'}{2} = 179^\circ 59';$$

бу $H\mathcal{U}$ онинг қиймати. $H\mathcal{U}$ о дан 180° айрилса, $H\mathcal{U}$ нинг кичик қиймати чиқади, яъни $H\mathcal{U}_k = H\mathcal{U} - 180^\circ = -1'$; $v = 5^\circ 20' - (-1') = +5^\circ 21'$, $v = 179^\circ 59' - 174^\circ 38' = +5^\circ 21'$.

2-мисол. $L = 172^\circ 40'$; $R = 7^\circ 24'$;

$$v = \frac{172^\circ 40' - 187^\circ 24'}{2} = -\frac{14^\circ 44'}{2} = -7^\circ 22';$$

$$H\mathcal{U}_0 = \frac{172^\circ 40' + 187^\circ 24'}{2} = 180^\circ 02'$$

$$H\mathcal{U}_k = +2'; \quad v = 172^\circ 40' - 180^\circ 02' = -7^\circ 22'; \quad v = +2' - 7^\circ 24' = -7^\circ 22'.$$

Т30 теодолитида $H\mathcal{U}$ ни тузатиш. Т30 теодолитининг тузилишига қараб, $H\mathcal{U}$ бошқа усулда тузатилади. Агар Т30 нинг вертикал доңрасида $H\mathcal{U}$ қиймати катта бўлса, буни кичик қилиш учун юқоридагидек L ва R саноқлар олиниб, (X. 42) формула ёрдамида $H\mathcal{U}$ ҳисобланади. Трубани иккинчи қаратилган ҳолатда қўйиб, трубанинг микрометрик винтини бураш йўли билан микроскоп саноғи θ га тўғриланади. Шу вақт тўр маркази қаратилган M нуқтадан силжийди. Буни тузатиш учун тўр вертикал тузатиш винтлари бурилиб, тўр маркази M га қаратилади. Кейин яна $H\mathcal{U}$ аниқланади.

Т15 теодолити билан вертикал бурчак ўлчаш. Т15 теодолити вертикал доңра микроскопининг тузилишига кўра, R ва L саноқларининг абсолют қийматлари бир хил, фақат ишоралари турлича бўлади. L ва R саноқлар бўйича v ва $H\mathcal{U}$ ни ҳисоблаш анча осон, яъни ТТ5 даги каби 360° , Т30 даги каби 180° қўшилмайди. v ва $H\mathcal{U}$ ҳисоблаш формулалари (X. 41), (X. 42) ва (X. 43) каби ёзилади, яъни

$$v = \frac{L - R}{2}; \quad H\mathcal{U} = \frac{L + R}{2}; \quad v = L - H\mathcal{U} = H\mathcal{U} - R.$$

Т15 нинг микроскопидан саноқ олишда эввал аниқлаги горизонтал ҳолатга келтирилади, кейин саноқ олинади.

1-мисол. Жойдаги M нуқтага $ДЧ$ ва $ДЎ$ ҳолатида қараб олинган саноқлар $L = 4^{\circ} 56, 7'$; $R = -2^{\circ} 53, 5'$ бўлса, $НЎ$ ва ν қиймати қуйидагича топилади:

$$\nu = \frac{4^{\circ} 56,7' - (-2^{\circ} 53,5')}{2} = \frac{9^{\circ} 50,2'}{2} = +4^{\circ} 55,1';$$

$$НЎ = \frac{4^{\circ} 56,7' + (-2^{\circ} 53,5')}{2} = +\frac{3,2'}{2} = +1,6',$$

$$\nu = L - НЎ = 4^{\circ} 56,7' - 0^{\circ} 01,6' = +4^{\circ} 55,1',$$

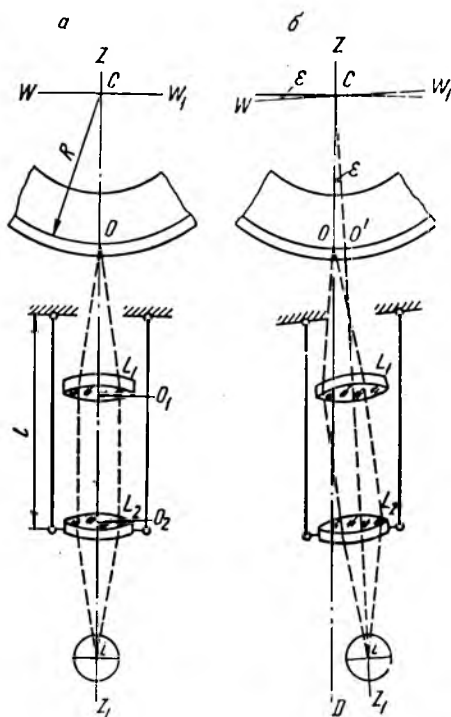
$$\nu = НЎ - R = 1,6' - (-2^{\circ} 53,5') = +4^{\circ} 55,1'.$$

$НЎ$ қиймати катта бўлса, ТТ-5 даги каби тузатилади. M нуқтага қараб олинган саноқ, масалан, L ўрнига қаратиш винти 10 нн (Х.38-шакл) бураб, $L \pm НЎ$ саноғи қўйилади ($НЎ$ ишорасига қараб). Шунда пуфакча ўртадан қочади, буни қопқоқ 12 нн очиб, ундаги адилак тузатиш винти билан тузатилади.

Х. 33. Теодолитнинг оптик компенсатори

Кейинги даврда теодолит, нивелир каби асбоблар автоматик равишда горизонтал ҳолатга келтирадиган мосламали (компенсаторли) қилиб чиқарила бoshлади, энди шу мослама билан қисқача танишайлик. Масалан, Т15К, 2Т5К, ОМТ-30 каби теодолитлар-

нинг вертикал доирасида адилак вазифасини бажарадиган ўз-ўзича ўрнашувчи оптик компенсатор ўрнатилган. Бу компенсатор орқали вертикал доира текислиги ҳаминша 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 ўрнатилган, лекин L_2 линза йўғонлиги 0,07 мм ли тўртта пўлат симга осилган махсус гилофда ўрнатилган. Вертикал доиранинг O штрихи L_1 линзанинг фокусиди ётади; микроскоп шкаласининг кўрсаткичи i эса L_2 линзанинг фокусиди ётади; яъни оралиқ $O_1O = f_1$; $O_2i = f_2$. Линзалар шундай жойланганда улар орасидаги нурлар параллел даста бўлиб ўтади.



Х. 51- шакл.

Агар теодолитнинг айланиш ўқи ZZ_1 вертикал. трубанинг кўриш ўқи WW_1 горизонтал бўлса, L_1 ва L_2 линзаларнинг оптик марказлари O_1 ва O_2 теодолиг айланиш ўқи ZZ_1 га параллел бўлган бир шовун чизиқда ётади, шу билан бирга доира O штрихнинг тасвири ҳам микроскоп кўрсаткичи i тасвирини қоплайди. Шунга кўра, кўриш ўқи WW_1 горизонтал турганда доира саноғи $0^\circ 00'$ бўлганидан $H\bar{U} = 0$ бўлади.

Агар асбобнинг айланиш ўқи $ZZ_1 - C$ нуқтада ϵ бурчак қадар ўнг ёки чап томонга оғса, кўриш ўқи WW_1 ҳам горизонтал чизиққа нисбатан ϵ бурчак қадар қийшаяди. Бунда вертикал доиранинг ноль штрихи O_1 га қадар силжийди. Бунда O штрихнинг чизигий силжиши $00' = R\epsilon$ бўлади; 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, ясада l узунлиги шундай олинганки, унинг ўзгариши $00'$ га тенг бўлади. 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 ϵ 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 бўлади.

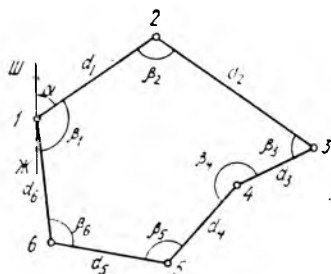
Асбоб айланиш ўқининг қийшайишини бундай компенсация қилиш (тўғрилаш) қийшайиш бурчаги $\epsilon = \pm 10'$ гача бўлганда мумкин. Компенсация хатоси $\pm 2''$ га тенг.

Теодолит вертикал доирасининг алидадасига ўрнатилган оптика компенсатор жуда қулай бўлиб, асбобнинг турнидаги баъзи камчиликларни, масалан, асбоб ва трубанинг айланиш ўқлари турнининг 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 тўғри аниқланиши керак. Съёмкада жойга 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 ўлчаганда 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 тўғри ва тескари ўлчаш нати-



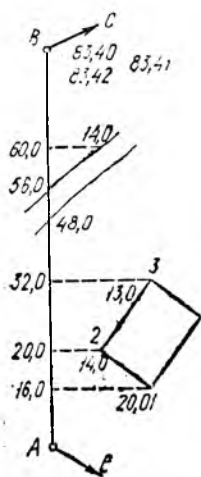
Х. 52- шакл.

дината (y) қийматлари бўйича аниқланади (Х. 53-шакл). Масалан, полигоннинг AB томонини ўлчашда унинг ўнг томонидаги бино ва йўлни съёмка қилиш кўрсатилган. AB томон x ўқи, A нуқта координаталар боши деб қабул қилинган. Бинонинг чизикдан кўрилган учта бурчагидан x ўқиға перпендикуляр туширилиб, уларнинг x ўқи билан кесинган нуқталарининг 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 кесинган; йўл йўналишини аниқлаш учун 60,00 м да x га перпендикуляр чиқарилиб, унинг йўл билан кесинган нуқтасининг узоқлиги 14,00 м ўлчанган. Бу ишда x ўқи бўйича 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.

Ёниқ полигон томонларини ўлчашда ўнг томондаги, очик полигон томонларини (диагональ 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 томоннинг абрис бўйича ўлчанган x ва y қийматлари масштаб бўйича қўйилиб, нуқталар топилади: бу нуқталарни абрисдагидек туташтирилса тафсилот ҳосил бўлади.

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 абрис алоҳида бетга чизилади.

Агар тафсилот мураккаб бўлмаса, бир бетга икки, уч томон абрисини чизини мумкин. Съёмканинг ҳамма усулида ҳам ўзига хос абрис чизилади. Жой плани қоғозга чизилганда тафсилот шу абрисга кўра тасвирланади. Шу-



Х. 53- шакл.

нинг учун абрисда жой тафсилоти тўғри кўрсатилиши ва аниқ ўлчаниши керак.

Кестирма усули. Маълум икки нуқта орасидаги масофа ва унинг учларида ўлчанган бурчак томонлари ёки ўлчанган масофаларни кесиштириш орқати учинчи нуқта ўрини аниқлаш кестирма усули дейилади. Бу усул, баъзан қўшқутбий (биполяр) координаталар усули деб ҳам юритилади. Кестирма икки усулга бўлинади: *чизигий кестирма* ва *бурчак кестирмаси*.

Чизигий кестирма усули. Бу усулда съёмка қилинадиган нуқта ўрни шу нуқтага яқин бўлиб, ўрни асосий съёмкада аниқланган икки ёки уч нуқтадан ўлчанган масофа бўйича аниқланади. Масалан, асосий полигоннинг BC томонига яқин якка дарахт ёки ётолба ўрнини аниқлашда B ва C нуқтадан M нуқтагача бўлган масофа BM ва CM ўлчанади (X. 54-шакл).

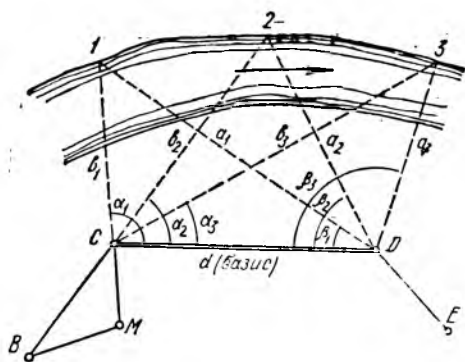
M нуқтанинг пландаги ўрни B ва C нуқталардан BM ва CM радиуслари билан чизилган ёйлар кесишуви орқати топилади.

Бурчак кестирмаси. Бу усул жойда чизилган узунлигини ўлчаш ноқулай бўлганда қўлланилади. Масалан, CD томонга нисбатан (X. 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 ўлчанади. 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 ўлчанади. Бу ўлчанган натижалари бўйича $1, 2, 3$ нуқталарининг пландаги ўрнини икки йўл билан топиш мумкин. Агар C нуқтада транспортёр ёрдамида CD га нисбатан α_1, α_2 ва α_3 бурчакларни, D нуқтада DC га нисбатан 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 бўлганидан, чизигий кестирма усулидан фойдаланиш маъқул бўлади. Бунинг учун синуслар теоремаси бўйича $C1 = a_1$, $C2 = a_2$ ва $C3 = a_3$ ҳамда $D1 = b_1$, $D2 = b_2$ ва $D3 = b_3$ масофалар аниқланади, яъни

$$a_1 = \frac{d}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \cdot \sin \alpha_1; a_2 = \frac{d}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} \cdot \sin \alpha_2; a_3 = \frac{d}{\sin(\alpha_3 + \beta_3)} \cdot \sin \alpha_3;$$

$$b_1 = \frac{d}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \cdot \sin \beta_1; b_2 = \frac{d}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)} \cdot \sin \beta_2; b_3 = \frac{d}{\sin(\alpha_3 + \beta_3)} \cdot \sin \beta_3.$$

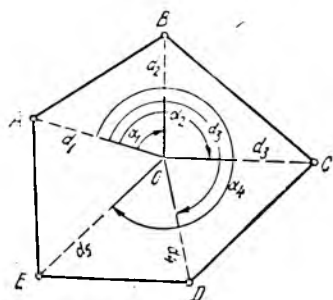
Кестирма усулда съёмка қилишда ҳам жой абрисни чизилиб, ўлчаш натижалари учун махсус жадвал тузилиши мумкин. Кейин



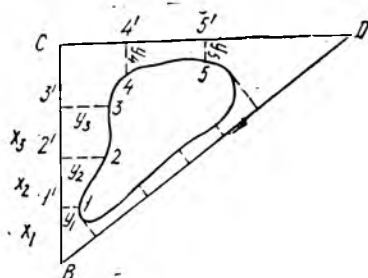
X. 54-шакл.

чизигий кестирмадагидек D нуқтадан a_1, a_2 ва a_3 ларни радиус қилиб, C нуқтадан эса a_1, a_2 ва a_3 ларни радиус қилиб ёй чизилади; ўтказилган мос ёйларнинг кесилиш нуқталари 1, 2 ва 3 нуқталар ўрни бўлади. 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 ўринини қутб деб олинган бош нуқтада туриб, маълум чизикқа нисбатан ўлчанган бурчаклар ва шу нуқталарнинг қутбдан бўлган масофалари орқали аниқланади. Бу



Х. 55- шакл.



Х. 56- шакл.

усул майдон ва очик жойларни (пахтазор, бедапоя, полизини) съёмка қилишда қўлланилади.

Масалан, берилган майдон чегараси бўйлаб (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 тўғриланади ва алидадани маҳкамлаб, лимб бўшатилади-да, A нуқтага қаралади ва лимб маҳкамланади. Бунда теодолит OA чизик бўйича ориентирланган бўлади. Кейин алидадани бўшатиб, кетма-кет B, C, D, E нуқталарга қараб санок олинади. Бу саноклар $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_5$ бурчаклар қиймати бўлиб, улар *қутбий бурчаклар*, OA чизик эса *қутбий ўқ* 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 йўналиш чизилади. Кейин транспортир билан кетма-кет α_1 бурчаклар ясаиб, топилган йўналишлар бўйича d_1 лар қиймати масштаб бўйича қўйилса, B, C, D, E нуқталар топилади.

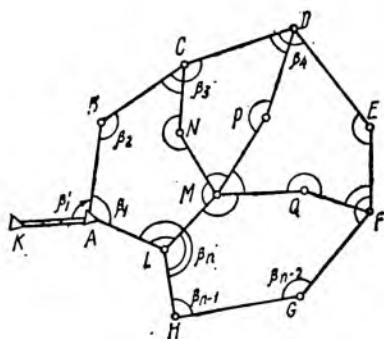
Веҳадан веҳага қараш ёки створ усули. Бу усулда съёмка теодолитсиз лента ва рулетка ёрдамида перпендикуляр усули асосида олиб борилади. Масалан (Х. 56-шакл), полигоннинг BC ва CD томонларининг ўнг тарафидаги экинзор чегарасини съ-

ёмка қилиш учун B , C ва D нуқталарга веҳа қўйилади. Экинзор чегарасининг характерли $1, 2, \dots$ нуқталаридан BC ва CD га перпендикуляр туширилади, буларнинг асосларигача бўлган $x_1, x_2, \dots$ ва ординатлари узунлиги $y_1, y_2, \dots$ ўлчанади. Шу ўлчаш натижалари бўйича перпендикуляр усулидагидек $1, 2, \dots$ нуқталар ўрни планда аниқланиб, кейин туташтирилса, экинзор чегараси ҳосил бўлади.

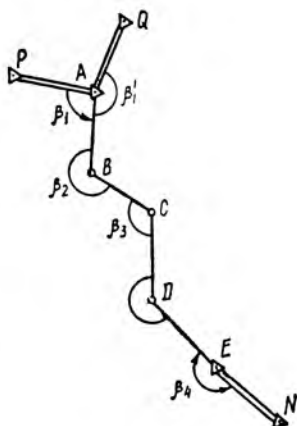
Комбинацияланган
услуг. Агар жой катта ва таф-
силоти мураккаб бўлса, съёмка
қилишда қулайлик учун юқори
фойдаланиш мумкин. Ана шу
йилдади.

Мисол тариқасида, берилган олти бурчакли полигоннинг ички тафсилотини съёмка қилишда юқоридаги усуллар қўлланигани кўрсатилган (Х. 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 томониغا асосан бевосита ўлчаб бўлмас масофа қилиб топилган. Кўлнинг соҳили характерли m , n , p ва q нуқталар орқали белгиланиб, бу 8 нуқтадан қутбий усул билан съёмка қилинган. Пахтазор ўртасидаги шийпон $abcd$ ўрни 1 ва 6 нуқталардан 1—6 ни базис қилиб, бурчак кестирмаси усули билан съёмка қилинган. 5—6 томон ўнг ёнидаги якка дарахт M нинг ўрни 5 ва 6 нуқталардан чизигий кестирма усулида съёмка қилинган. Умумий полигон айланма усул билан съёмка қилинган.

Х. 35. Теодолит йўллари ва уларнинг аҳамияти



Х. 58- шакл.



Х. 59- шакл.

-шакл) кўринишда бўлиши мумкин. Жой шаронтига қараб, теодолит йўллари бир-бирини кесиб ўтишда ҳосил қилган умумий нуқта *туғун нуқта* дейилади. Ёпиқ теодолит йўлида олинган диагональ йўллар кесишган *М* нуқта туғун нуқта бўлади. Теодолит йўли томонларининг узунлиги 400 м дан катта, 50 м дан кичик бўлмаслиги, ўртача 200—250 м бўлиши керак.

Теодолит йўли бурчак ва томон ўлчашга қулай бўлган очиқ ва текис жойдан, йўл ёнидан, дарё бўйидан олинishi 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 *А* ва *К* ёнидан ўтиб, пункт *А* ёпиқ ёки очиқ полигоннинг бир нуқтаси бўлса (Х. 58-шакл), *АК* билан *АВ* орасидаги β'_1 бурчак ўлчанади; β_1 бурчак *ёндош бурчак* дейилади. Кейин *КА* нинг дирекцион бурчаги ва β'_1 орқали полигон томони *АВ* нинг дирекцион бурчаги ҳисоблаб топилади. *А* пункт координатаси бўйича қолган нуқталарнинг координаталари ҳисоблаб чиқарилади.

Очиқ полигонда ҳам таянч пунктлар томони *РА* ёки *QA* нинг бошланғич дирекцион бурчаги орқали ёндош бурчаклар β_1 ёки β'_1 билан *АВ* 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 топилиб, кейин тузатилади, бу келаси бобда кўриб чиқилади.

Агар теодолит йўли ҳеч қандай пунктга боғланмаса, бундай йўл *эркин йўл* дейилади. Агар очик полигон бошда пунктга боғланиб, охирида 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 турлича 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 қоидалар бўйича ишлаш ва уни тўғрилаб (тенглаб) жой планини чизиш *камерал ишлар* дейилади. Камерал ишлар *ҳисоблаш ишлари* билан *график ишларга* бўлинади.

Ҳисоблаш ишларида миқдорларнинг ўлчаб топилган қийматлари миқдорлар орасидаги математик муносабат билан таққосланади. Ўлчашда йўл қўйилган хато сабабли ўлчаш натижалари математик муносабатни қаноатлантирмаса, 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 йўли (полигон) нинг ёпиқ ва очик бўлишига қараб ўлчанган бурчакларни тенглашда турли математик формулалар ишлатилади.

Ёпиқ полигон бурчакларини тенглаш. Ясси кўн-бурчакликдан иборат ҳар қандай ёпиқ полигон (VII. 2-шакл, а) ички бурчакларининг назарий йиғиндисини $\sum \beta_n$ қуйидагича бўлиши керак:

$$\sum \beta_n = 180^\circ (n - 2), \quad (\text{XI. 1})$$

бу ерда n — бурчаклар сон. Ўлчанган бурчакларнинг амалий йиғиндисини $\sum \beta_a$ десак, тўғри ўлчанганда $\sum \beta_a = \sum \beta_n$ 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:

$$f_{\rho a} = \Sigma \beta_a - \Sigma \beta_n = \Sigma \beta_a - 180^\circ(n-2) \quad (\text{XI.2})$$

Бурчак ўлчандаги йўл қўярли чекли хато (назарий хато) $f_{\rho n}$ қуйидагича бўлади:

$$f_{\rho n} = \pm 1,5t \sqrt{n}, \quad (\text{XI.3})$$

бу ерда t — саноқ олинш хатоси. ТТ—5 да $t = \pm 30''$, Т30 да $t = \pm 1'$. Агар $f_{\rho a}$ қиймати йўл қўярли ($f_{\rho a} \leq f_{\rho n}$) бўлса, $f_{\rho a}$ томон узунлиги катта 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 $f_{\rho a} = 719\ 58' - 180^\circ \times (6-2) = 719\ 58' - 720\ 00' = -2'$. Бу $-2'$ — бурчаклардаги боғланмаслик хатоси бўлиб, унинг йўл қўярли қиймати $n = 6$, $t = 1'$ бўлганда (XI.3) га кўра $f_{\rho a} = 1,5 \cdot 1' \sqrt{6} = \pm 3,75' \approx 4'$ бўлади; $f_{\rho a} < f_{\rho n}$ бўлганидан $2'$ ни 4 ва 5 бурчакларга $+1'$ дан тарқатамиз. Кейин тузатилган графага бурчаклар қиймати тузатиб ёзилади.

Дирекцион бурчакларни ҳисоблаш. Ёниқ полигоннинг ўлчанган бурчаклари тузатмалар билан тузатилгач, бош томон дирекцион бурчаги орқали бошқа томонларининг дирекцион бурчаклари юришда ўнг бурчак ўлчанганидан (IX.8) формула ёрдамида ҳисобланади. X. 57-шаклда бош томон дирекцион бурчаги $\alpha_1 = 63\ 26'$. Шунга кўра, $\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n$ формулага кетма-кет икки бурчакларнинг тузатилган қийматларини қўйиб, дирекцион бурчаклар ҳисобланган. Масалан, $\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2 = 63\ 26' + 180^\circ - 117\ 53' = 125\ 33'$. $\alpha_3 = \alpha_2 + 180^\circ - \beta_3 = 125\ 38' + 180^\circ - 120\ 40' = 184\ 48'$ ва ҳоказо. Дирекцион бурчаклар тўғри ҳисоблангани қуйидагича текширилади:

$$\alpha_1 = \alpha_n + 180^\circ - \beta_1, \quad (\text{XI.4})$$

яъни ёниқ полигонда бош томон дирекцион бурчаги охириги томон дирекцион бурчагига 180° қўшиб, натижадан биринчи бурчакнинг айрилганига тенг; бунда α_n — полигон охириги томонининг дирекцион бурчаги.

Ҳисобланган дирекцион бурчак 360° дан катта чиқса, бу қийматдан 360° ни айириб, қолгани ёзилади.

Томонлар румбинин ҳисоблаш. Томонлар румбининг қиймати ва румблар номи топишган дирекцион бурчаклар қиймати асосида (IX.1) жадвалдан аниқланади. Мисолда $\alpha_1 = 63^\circ 26'$ қиймати 90° дан кичик бўлганидан, румб ҳам биринчи чоракда бўлиб, номи ШШ_к (шимол-шарқ), қиймати $r = \alpha_1 = 63^\circ 26'$ бўлади ва $r_1 = \text{ШШ}_к: 63^\circ 26'$ каби ёзилади. $\alpha_2 = 125^\circ 33'$, яъни $90^\circ < 125\ 33' < 180^\circ$ бўлганидан чизик иккинчи чоракда бўлиб, r_2 номи ЖШ_к (жануб-шарқ), қиймати $r_2 = 180^\circ - \alpha_2 = 180^\circ - 125\ 33' = 54^\circ 27'$; ёки $r_2 = \text{ЖШ}_к: 54^\circ 27'$ каби ёзилади ва ҳоказо.

Очиқ полигон бурчакларини тенглаш. Йўл, канал каби чизигий иншоотларни съёмка қилишда очиқ полигон (X.59-шакл) олинади. Ёпиқ полигон ўртасидаги 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 ўнг бурчаклари ўлчанган. Агар PA ни бош томон деб, унинг дирекцион бурчагини α_6 , охириги EN томон дирекцион бурчагини α_0 десак, (IX.8) формулага биноан қуйидагиларни ёзамиз:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_0 + 180^\circ - \beta_1; \\ \alpha_2 &= \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2; \\ . &. \\ \alpha_n &= \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n. \end{aligned} \right\} \quad (\text{XI.5})$$

(XI.5) нинг чап ва ўнг томонидagi ўхшаш ҳадларни едирсак, чап томонда α_0 , ўнг томонда эса $\alpha_6 + 180 \cdot n - \Sigma\beta$ қолади, яъни $\alpha_n = \alpha_6 + 180^\circ \cdot n - \Sigma\beta$ чиқади. Шундан бурчакларнинг назарий йиғиндисин

$$\Sigma \beta_n = \alpha_\delta - \alpha_\theta + 180^\circ \cdot n \quad (\text{XI.6})$$

бўлади. Бунинг ўлчанган қийматлар йиғиндисидан ($\Sigma \beta_n$) фарқи очик полигон бурчакларидаги боғланмаслик хатоси $f_{\text{ба}}$ бўлади:

$$f_{\beta_3} = \Sigma \beta_3 - (\alpha_c - \alpha_0) + 180 \cdot n. \quad (X1.7)$$

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, охирги томон сифатида эса 5—6 томони қабул қилинган. Шунга кўра $\alpha_6 = \alpha_{1-2}$, $\alpha_0 = \alpha_{5-6}$ бўлади. Ўлчанган бурчаклар йиғиндиси $\Sigma\beta_a = 486^\circ 52'$; назарий йиғиндиси $\Sigma\beta_n = \alpha_{1-2} - \alpha_{5-6} + 180^\circ \cdot n$. Ёпиқ полигон жадвали (XI.1) дан маълумки, $\alpha_{1-2} = 63^\circ 26'$, $\alpha_{5-6} = 296^\circ 36'$, ўлчанган бурчаклар сони $n = 4$. Бу қийматлар (XI.6) га қўйилса, $f_{\beta a} = 486^\circ 52' - 63^\circ 26' - 296^\circ 36' (+ 180^\circ \cdot 4) = 486^\circ 52' - 486^\circ 50' = +2'$ чиқади. Диагональ йўлда назарий хато $f_{\beta n} \leq \pm 2l/n$ бўлиши керак. Ўрнига қўйсақ, $f_{\beta n} = \pm 2' / 4 = \pm 4'$ чиқади, амалий хато $+2'$ назарий хатодан кичик, шунга кўра $+2'$ ни 2 ва 7 бурчакларга $-1'$ дан тарқатиб тузатишган бурчаклар ҳисобланади.

Дирекцион ва румб бурчаклар тенгланган учки бурчаклар бўйича юқорнда баён этилган ёпиқ полигондаги каби ҳисобланади.

XI. 3. План чизиш усуллари

Полигон томонларининг дирекцион ва румб бурчаклари аниқ-лангач, томонлар узунлиги ва румблари бўйича полигон планини чизиш мумкин. План асосан икки усул билан чизилади.

Ғипік полигон учқазғининг координаталарини ҳисоблаш ведомости

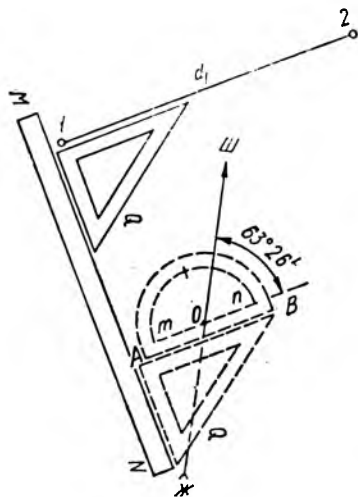
190

Очиқ полигон (диагональ йўл) учларининг координаталарини ҳисоблаш

Бүрчәк үзгәртүнең көчө	Ички бүрчәкләр β				Томонлар-ның да-рекция бүрчәк-лә-ри α				Томонлар-ның да-рекция бүрчәк-лә-ри γ				Томонлар-ның да-рекция бүрчәк-лә-ри δ				Координаталар, м			
	Улчанган		тузатылган		тузатылган		тузатылган		тузатылган		тузатылган		тузатылган		тузатылган		тузатылган			
																			Δx	
	α	β	γ	δ	α	β	γ	δ	α	β	γ	δ	α	β	γ	δ	α	β	γ	δ
1	57	52	486	50	486	50	486	50	486	50	486	50	486	50	486	50	486	50	486	
2	57	52	486	50	486	50	486	50	486	50	486	50	486	50	486	50	486	50	486	
7	215	24	215	23	20	22	20	22	20	22	20	22	20	22	20	22	20	22	20	
8	122	20	122	20	122	20	122	20	122	20	122	20	122	20	122	20	122	20	122	
5	92	03	02	03	208	39	ЖК	28	39	125,30	109,97	—	60,08	—	100,98	—	799,97	+	659,87	
6					296	36														
					63	26	ЖГ	06	22	90,56	90,00	—	10,04	—	90,00	—	1089,97	+	680,01	
					186	22					—1	—	—2	—	—	—	999,97	+	669,98	
					150	59	ЖШК	29	01	102,03	90,01	+	49,03	+	90,02	+	909,95	+	719,93	
					208	39	ЖК	28	39	125,30	109,97	—	60,08	—	100,98	—	799,97	+	659,87	
					296	36														
					63	26	ЖГ	06	22	90,56	90,00	—	10,04	—	90,00	—	1089,97	+	680,01	
					186	22					—1	—	—2	—	—	—	999,97	+	669,98	
					150	59	ЖШК	29	01	102,03	90,01	+	49,03	+	90,02	+	909,95	+	719,93	
					208	39	ЖК	28	39	125,30	109,97	—	60,08	—	100,98	—	799,97	+	659,87	
					296	36														
Σp=	486	52	486	50	486	50				p=318,79	289,98	—	20,19	—	290,00	—	290,00	—	20,14	
											f _x =+0,02									

2. Полигон бурчак учларининг координаталари бўйича (бу усул координаталар бўйича план чизими дейилади).

Қозғалға аввал рамка ясалади; бунинг учун қозғалнинг қарама-қарши бурчакларини туташтирувчи диагоналар кесилган нүктани



X1. 2- шакл.

план масштабида олинган узунлигининг полигон периметри P га нисбати

$$\frac{f_p}{P} \leq \frac{1}{300} \text{ ёки } f_p = \frac{P}{300} \quad (\text{XI.8})$$

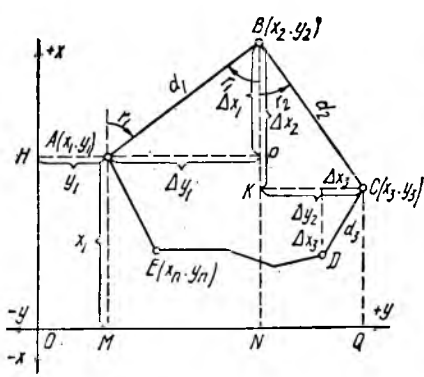
бўлиши керак. Агар f_p йўл қўярли бўлса, f_p қийматини томон узунликларига пропорционал бўлиб тузатмалар берилади. f_p ҳар қайси нуқта ўрнини топишда қилинган хатоларнинг йиғиндиси бўлганидан, у P га тўғри келган хатодир. Биринчи томон хатоси орқали 2 нуқта x_1 қадар сурилган десак, $\frac{f_p}{P} = \frac{x_1}{d_1}$ бўлади; 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 қуйидагича ёзилади:

$$x_i = \frac{f_p}{P} d_i. \quad (\text{XI.9})$$

Охирида I' нуқта f_p га сурилиб, I нуқта устига тушади. $x_1, x_2, \dots, x_n$ лар *чизигий тузатмалар* дейилади. $x_1 + x_2 + \dots + x_n = x_p$ бўлиши керак. Шаклини тузатишда параллел чизиклар усули қўлланилади, яъни ҳамма бурчак учларидан II' чизикқа параллел ўтказилади. Кейин ҳар қайси бурчак учигаги параллел чизикқа нуқтадан $I'I$ йўналиши бўйича, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ қийматлари план масштабида қўйилади (XI.2-шакл). I дан бошлаб топилган 2, 3, ... нуқталар кетма-кет туташтирилса, тузатилган 1, 2, 3, 4, ... полигон чиқади. Диагонал йўл тузатилган 2 дан бошлаб қўйилади. Бундаги боғланмаслик ҳам ёпиқ полигондаги каби тарқатилади.

Чизигий тузатмаларни аналитик ҳисоблаш ўринга 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 бўлади.

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).



XI. 3- шакл.

Шаклга кўра, B нуктанинг 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,

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 + d_1 \cos r_1, \\ y_2 &= y_1 + d_1 \sin r_1, \end{aligned}$$

бўлади. Худди шу тартибда BCK учбурчакликдан $x_3 = CQ = BN - BK = x_2 - BK$ (с); $y_3 = ON + NQ = y_2 + KC$ бўлади. $BK = BC \cos r_2 = d_2 \cos r_2$; $KC = BC \sin r_2 = d_2 \sin r_2$, 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 $d_i \cos r_i$, $d_i \sin r_i$ координаталар орттирмаси дейилади ва Δx , Δy билан белгиланади. Шунда $d \cos r = \Delta x$, $d \sin r = \Delta y$ ёки

$$\begin{aligned} \Delta x_i &= d_i \cos r_i, \\ \Delta y_i &= d_i \sin r_i \end{aligned} \quad (X. 10)$$

бўлади. Агар бу белгиланиши (с), (d) ва (e) ларга қўйиб, Δx ва Δy лар мусбат ишора билан олинса, формула умумий кўринишда қўйидагича ёзилади:

$$\begin{aligned} x_n &= x_{n-1} + \Delta x_{n-1}, \\ y_n &= y_{n-1} + \Delta y_{n-1}. \end{aligned} \quad (XI. 11)$$

яъни кейинги нукта координаталари олдинги нукта координаталарига шу икки нукта орасидаги чизик орттирмасининг қўшилганига

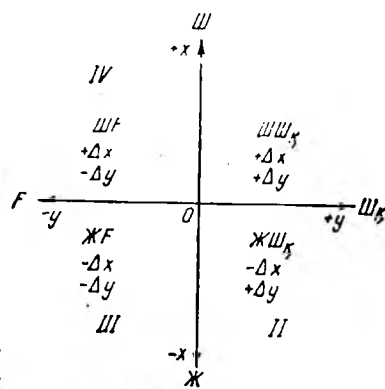
тенг. (XI.11) даги орттирмалар ишораси чизик румбларининг ном-ларига қараб XI.4-шакл асосида тузилган XI.3-жадвалдан аниқ-ланади.

XI.3-жадвал

Орттирмалар ишораси жадвали

Чораклар	Румблар номи	Орттирмалар ишораси	
		ΔX	ΔY
I	ШШ _к	+	+
II	ЖШ _к	—	+
III	ЖФ	—	—
IV	ШФ	+	—

Орттирмаларни ҳисоб-лаш. Чизик uzunлиги d_i ва чизик йўналиши r_i ёрдамида (XI.10) фор-муладан Δx , Δy ларни ҳисоблаш-да номограммалардан, «тўғри бур-чакли координаталар орттирмалар-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-нинг uzunлиги d_i тригонометрик



XI.4-шакл.

жадвалдан олинган $\sin r_i$, $\cos r_i$ қийматларига кўпайтирилса, Δx_i , Δy_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:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 + \Delta x_1 \\ x_3 &= x_2 + \Delta x_2 \\ &\vdots \\ x_n &= x_{n-1} + \Delta x_{n-1} \\ x_1 &= x_n + \Delta x_n \end{aligned} \right\} \quad (a) \quad \left. \begin{aligned} y_2 &= y_1 + \Delta y_1 \\ y_3 &= y_2 + \Delta y_2 \\ &\vdots \\ y_n &= y_{n-1} + \Delta y_{n-1} \\ y_1 &= y_n + \Delta y_n \end{aligned} \right\} \quad (б)$$

(a) ва (б) тенгликларининг айрим ҳолда чап ва ўнг томонларининг йиғиндисини олсак, ўхшашлари ейишганидан кейин қуйидаги чи-қади:

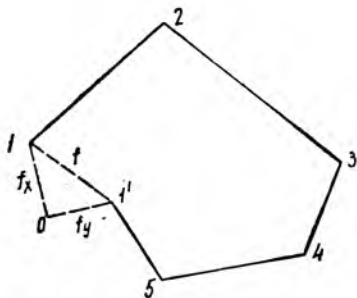
$$\Sigma x = \Sigma x + \Sigma \Delta x; \quad \Sigma y = \Sigma y + \Sigma \Delta y,$$

ёки соддалаштирсак

$$\begin{aligned}\sum \Delta x &= 0, \\ \sum \Delta y &= 0\end{aligned}\quad (\text{XI.12})$$

бўлади, яъни ёпиқ полигонда координаталарнинг орттирмалари 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 бўлади, яъни

$$\begin{aligned}\sum \Delta x &= f_x; \\ \sum \Delta y &= f_y.\end{aligned}\quad (\text{XI.13})$$



XI. 5- шакл.

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:

$$f^2 = f_x^2 + f_y^2, \text{ ёки } f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (\text{XI.14})$$

f полигон периметридаги абсолют хато бўлиб, унинг полигон периметри p га нисбати

$$\frac{f}{p} = \frac{1}{N} \quad (\text{XI.15})$$

нисбий хато бўлади, бу ерда N — чизик ўлчанган жой шаронтига, ўлчаш қуролига қараб турли (1:3000 — 1:1000) қийматга эга бўлади. Ўртача шаронтда

$$\frac{f}{p} \leq \frac{1}{2000} \quad (\text{XI.16})$$

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 бўлади:

$$\frac{f_x}{p} = \frac{v_{xi}}{d_i}, \text{ шу ердан } v_{xi} = \frac{f_x}{p} d_i, \quad (\text{XI.17})$$

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 бўлади: $v_{xi} = m_x d_i$, яъни $v_{x1} = m_x d_1$, $v_{x2} = m_x d_2$, ..., $v_{xn} = m_x d_n$;

$v_{y_1} = m_y d_1$, 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:

$$v_{x_1} + v_{x_2} + \dots + v_{x_n} = \Sigma v_x = f_x,$$

$$v_{y_1} + v_{y_2} + \dots + v_{y_n} = \Sigma v_y = f_y \quad (\text{XI.19})$$

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 бўйича нуқталар координаталари ҳисобланади.

Ёпиқ полигон учларининг координаталарини ҳисоблаш

Полигон учларининг координаталарини ҳисоблаш учун учлардан би.ининг координаталари маълум бўлиши керак. Бу координата бўйича 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 олинди, кейин бошқа нуқталарнинг координаталари шунга нисбатан (XI.11) формула ёрдамида топилади.

XI.5. Орттирмалардаги йўл қўярлимас хатони аниқлаш

Агар (XI. 14) формула бўйича ҳисобланган f қиймати катта бўлиб, (XI.16) шарт бажарилмаса, у ўлчаш вақтида чизик узунлигида ёки томон румбида қўпол хато қилинганини кўрсатади. Бу хато қўғидаги уч ҳолда содир бўлади.

1. Хато чизик узунлигида бўлганида хато чизик (боғланмаслик чизиги) f полигоннинг нотўғри ўлчанган томонига параллел бўлади. Буни 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 $\frac{f_x}{2}$ ва $\frac{f_y}{2}$ 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 манбани аниқлаш учун катта хатонинг ярми ҳисобланиб, чиққан сонга яқин бўлган орттирмага тегишли томон румбининг номи текширилади. (XI.11) формула ёрдамида топилади.

XI. 6. Очiq полигон координата орттирмаларини тенглаш

Очiq полигоннинг (диагонал йўлнинг) бош ва охири нуқта-ларининг координаталари маълум бўлади. Масалан, X.59-шаклдаги A ни бош ва E ни охири нуқталар десак, буларнинг координаталари x_0, y_0 ва x_n, y_n бўлади. A нуқта координатаси x_0, y_0 бўйича (XI.11) формула ёрдамида $B, C, \dots E$ нуқталарнинг 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

$$\begin{aligned}\sum \Delta x &= x_n - x_0, \\ \sum \Delta y &= y_n - y_0\end{aligned}\tag{XI.20}$$

бўлади, яъни очiq полигонда орттирмалар йиғиндисини охири нуқта координатасидан бош нуқта координатасининг айирилганига тенг. Лекин амалда ўлчаш хатолари таъсирида (XI.20) тенглик сақланмайди, яъни

$$\begin{aligned}f_x &= \sum \Delta x - (x_n - x_0), \\ f_y &= \sum \Delta y - (y_n - y_0)\end{aligned}\tag{XI.21}$$

бўлади. Умумий хато эса (XI.14) формула ёрдамида ҳисобланади:

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

Диагонал йўлларни тенглашда нисбий хато маҳражи 1500 деб олинади, яъни

$$\frac{f}{P} \leq \frac{1}{1500}\tag{XI.22}$$

бўлади. Агар f йўл қўярли чиқса, ёпиқ полигондаги каби, f_x ва f_y лар диагонал йўл томонларига пропорционал бўлиниб, орттирмаларга тарқатилади (XI.2-жадвалдаги мисолга қаранг).

Ёпиқ ва очiq полигон учларининг координаталарини ҳисоблаш ведомости тўлдирилгандан кейин, ҳисобланган координаталар бўйича жой планни чизилади.

XI. 7. Тўғри ва тескари геодезик масалалар

Тўғри геодезик масала. AB чизикнинг узунлиги d , йўналиши $\alpha(r)$ ва A нуқтанинг (XI.6-шакл) координаталари x_a, y_a берилган, B нуқтанинг координаталари x_b, y_b ни аниқлаш керак

бўлса, у тўғри геодезик масала дейилади. Юқоридаги (XI.11) формулага биноан:

$$x_b = x_a + \Delta x_{ab}, \quad (XI.23)$$

$$y_b = y_a + \Delta y_{ab}$$

бўлади, бу ерда $\Delta x_{ab} = d \cos r$;
 $\Delta y_{ab} = d \sin r$.

Тескари геодезик масала. Агар A ва B нуқталарнинг координаталари (x_a, x_b, y_a ва y_b)

берилиб шу нуқталарни туташтирувчи чизик узунлиги $AB = d$ ва унинг йўналиши (α ёки r) аниқланса, бу тескари геодезик масала бўлади.

Чизик йўналиши XI.6-шаклга кўра қуйидагича:

$$\operatorname{tg} r = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}. \quad (XI.24)$$

Топилган $\operatorname{tg} r$ нинг қиймати бўйича тригонометрик функциялар жадвалидан румб бурчагининг 90° гача бўлган қиймати топилади. Δx ва Δy ишоралари бўйича XI.3-жадвалдан румб номи аниқланади. Кейин румб бўйича дирекцион бурчак қиймати топилади.

$AB = d$ узунлик иккала нуқтанинг координаталари бўйича қуйидагича бўлади:

$$d = \pm \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \pm \sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2}. \quad (XI.25)$$

Бу формула билан ҳисоблаш анча мураккаб бўлганидан, d ни қуйидагича топиш қулай:

$$d = \frac{\Delta x}{\cos r} = \frac{\Delta y}{\sin r}, \quad (XI.26)$$

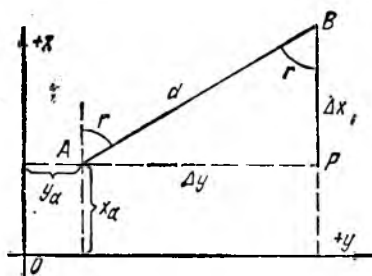
ёки

$$d = \Delta x \sec r = \Delta y \csc r. \quad (XI.27)$$

Тўғри ва тескари геодезик масалалар полигонни таянч нуқталарга боғлашда кўп учрайди.

Геодезик масалаларнинг Берунийча ечилиши. Беруний ўз даврида шаҳарларнинг географик координаталарини, шаҳарлар орасидаги масофани ва бу чизик йўналишининг азимутини аниқлашда тўғри ва тескари геодезик масалаларни ечишдан моҳирона фойдаланди, сферик геодезия назариясига асослаб, бир неча формулалар берди.

Тўғри геодезик масала қондалари бўйича шаҳарлар кенглиги φ ва узоқлиги λ ни аниқлаш йўллари кўрсатди. Масалан, икки шаҳарнинг географик координаталари ва шаҳарлар оралиғи бўйича учинчи шаҳар кенглигини топишда қуйидаги формуладан фойдаланди. Агар φ_1, φ_2 ва φ_3 — уч шаҳар кенглиги, λ_1, λ_2 ва λ_3 — узоқлиги, s — шаҳарлар оралиғи бўлса, иккинчи шаҳар кенглиги φ_2 қуйидагича аниқланади:



XI. 6- шакл.

$$\frac{\cos \varphi_1 \cdot \sin \lambda_{1-3} \cdot \sin s_{2-3}}{\sin s_{1-3}} = \sin B;$$

$$\frac{\cos S_{2-3}}{\cos B} = \sin D;$$

$$(90^\circ - \varphi_3) - (90^\circ - D) = E;$$

$$\sin \varphi_2 = \cos E \cdot \cos B,$$

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:

$$\Delta\lambda = \pm \sqrt{\frac{\bar{S}^2 - \Delta\varphi^2}{\cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2}}$$

бўлади, бу ерда $\bar{S}$, $\Delta\varphi$ ва $\Delta\lambda$ масофа, кенгликлар фарқи ва узоқликлар айирмаси ёйига тўғри келган ватарлар узунлиги. Бу формулани ишлатишда Беруний ёйдан ватарга, ватардан ёйга ўтиш формулаларини берди. Масалан, ватар топишда қуйидаги формулани ишлатди:

$$\bar{S} = 2R \sin \frac{\alpha}{2},$$

бу ерда $R = 60$, α — s масофага тўғри келган бурчак, яъни $\bar{s} = \alpha$. Кейин $\bar{S}$ орқали α ни топишда $\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\bar{S}}{120}$ формуладан фойдаланди. $\Delta\lambda$ ни ҳисоблашда юқоридагидан бошқа 5 формула келтирди.

Тескари геодезик масала. Икки шаҳарнинг географик координаталари бўйича нәҳрлар орасидаги масофа S ни аниқлаш учун ҳам бир неча формула келтирди. Масалан,

$$\bar{S} = \sqrt{\Delta\lambda^2 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 + \Delta\varphi^2}.$$

Икки шаҳар орасидаги чизик йўналишини аниқлашга катта аҳамият берди. Узоқлик λ ва кенглик φ лар орқали азимутни ҳисоблашни назарий жиҳатдан асослаб, мураккаб формулалар берди. Масалан биринчи вариант формулаларини келтирамыз:

$$\cos \varphi_1 \cdot \sin \Delta\lambda = \sin B;$$

$$\frac{\sin \varphi_1}{\sin B} = \sin C;$$

$$\cos(C - \varphi_2) \cdot \cos \beta = \sin F;$$

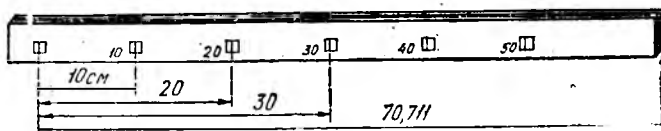
$$\sin A = \frac{\cos \varphi_2 \cdot \sin \Delta\lambda}{\cos F}.$$

бошқа учта вариантнинг формуллари авторнинг «Геодезические работы Беруни» номли асарида келтирилган. Астрономик азимутлар меридианнинг жанубий йўналишидан ҳисобланиши Беруний даврида ҳам маълум эди.

XI. 8. Нуқталарнинг координаталари бўйича полигон чизиш

Координаталар бўйича план чизиш учун аввал қоғозга қуйидаги усуллар билан квадрат катаклар ясалади.

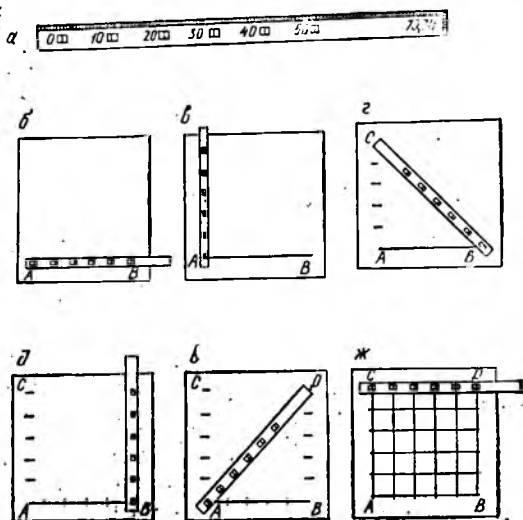
ЛД-1 линейкаси ёрдамида квадрат катаклар ясаш. Ф. В. Дробишев линейкаси (ЛД-1) металлдан эни 5—6 см, қалинлиги 2—3 мм қилиб ишланган линейка бўлиб, катта ва кичик линейкаларга бўлинади. Кичик линейка бир учигаги кесиб очилган тирқиш (дарча) дан бошлаб, яна ҳар 10 см дан 5 та дарча очилган (XI. 7-шакл); дарчанинг бир ёни линейка бўйи



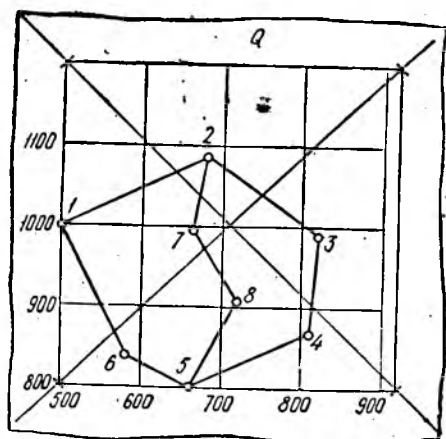
XI. 7- шакл.

бўйича ёй қилиб ясалган. Дарчалар 0, 10, 20, ... 50 см билан белгиланган; α нуқтадан ўнг учигача бўлган оралиқ 70, 711 см га тенг. Дробишев линейкаси Минер учбурчаклиги дейилган қоғозга асосланиб ясалган, яъни унинг бўлакларида $3^2 + 4^2 = 5^2$; $5^2 + 5^2 = 50$ каби қонда 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.

Ўлчагич ва линейка ёрдамида квадрат катаклар ясаш. Дробишев линейкаси бўлмаса, турли квадрат катаклар оддий линейка ва ўлчагич ёрдамида қуйидагича ясалади. Қоғоз Q бурчакларининг учлари диагоналлار воситасида ту-



XI. 8- шакл.



ХI. 9- шакл,

таштирилади. Диагоналлар кесишган нуқтани марказ қилиб олиб, шу марказдан диагоналлар бўйича маълум узунлик ўлчаб қўйилади. Топилган нуқталар кетма-кет туташтирилса (ХI.9-шакл) тўғри тўртбурчакликлар ясалади. Қоғоз чети билан тўғри тўртбурчаклик томони оралиги турлича (3 — 5 см) бўлиши мумкин. Сўнгра чап томондаги пастки учидан ўнг томонга ва юқорига 10 см дан кесмалар ўлчаб қўйилади. Топилган нуқталардан тўғри тўртбурчакликнинг пастки ва чапдаги ён томонига параллел чизиқлар чиқарилса, квадрат катаклар ясалади. Бунинг тўғрилиги ўлчагич ёки циркуль билан томони ва диагоналлариини ўлчаш йўли билан текширилади, бунда фарқ 0,2 мм дан ошмаслиги лозим. ХI.9-шаклда 1:1000 масштабда 10 см ли квадратлар тўри ясаш кўрсатилган.

Координаталар бўйича нуқта топиш. Полигон бурчаклари учларининг координаталарига қараб план қоғозда симметрик жойланадиган қилиб x ва y ўқларнинг йўналиш ўрни белгиланади. Кейин нуқталарининг координаталари бўйича ўрнлар топилиб, улар туташтирилса, ёпиқ полигон ҳосил бўлади (ХI.9-шакл); топилган нуқталар ўрни текширилади.

Ёпиқ полигон ва диагонал йўл чизилгач, бурчак учи ва томонларига асосланиб, съёмка қилинган ички тафсилот планга туширилади.

ХI. 9. Тафсилотни планга тушириш

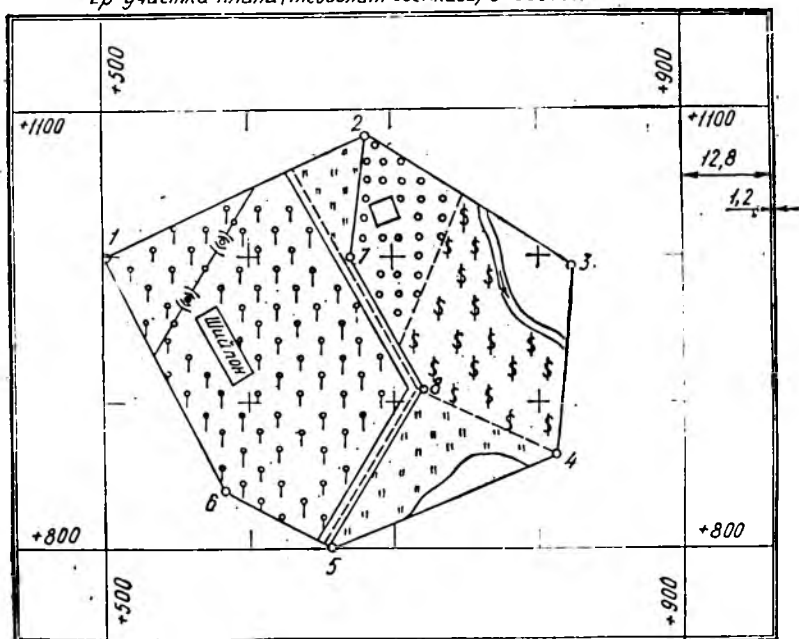
Ситуациялар абрис асосида қуйидагича планга туширилади.

1. Перпендикулярлар усулида съёмка қилинган ситуацияларни планга тушириш. Перпендикуляр усулида съёмка қилинган тафсилот абрислар бўйича съёмкадаги каби томонлар ёнига чизилади (Х.57-шаклга қаранг).

2. Қутб усулида съёмка қилинган ситуациялар ҳам съёмкада ўлчанган бурчак қийматлари ва чизиқ узунликлари орқали планга туширилади.

3. Кестирма усулида съёмка қилинган ситуацияни планга туширишда съёмкада ўлчанган бурчаклар ўз нуқталарида ясалади ва чизиқлар кесишган нуқталар белгиланади.

Планин тахт қилиш. Бунда қалам билан чизилган квадрат катаклар бурчак учи оч ҳаво ранг тушъ билан 0,2 мм йўгонликда ва 6 мм узунликда бир-бирига тик горизонтал ҳамда вертикал чизиқлар билан крест шаклида белгиланади. План масштаби 1:1000 ва 1:500 бўлганда ХI. 10-шакл, а даги каби расмийлаш-



1:1000
Бир см да 10 м

1980 й

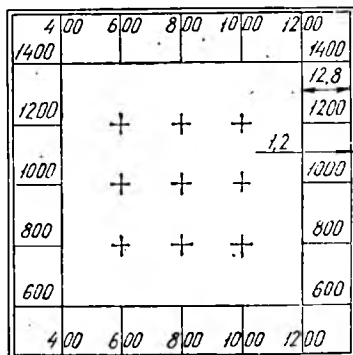
XI. 10- шакл, а

тирилади. План масштаби 1:5000 ва 1:2000 бўлганда квадрат тўр (катак) томонлари рамкада ҳам чизилиб XI.10-шакл, б даги каби расмийлаштирилади.

Рамка учун икки чизик: ички ва ташқи чизиклар чизилади. Ички чизик сифатида, кўпинча, квадрат катакларининг четки чизиги қабул қилинади. Бундан 12,8 мм қолдирилиб, йўғонлиги 1,2 мм бўлган ташқи чизик чизилади. Рамка чизиклари ва бурчакдаги ёзувлар қора туш билан чизилади ва ёзилади.

Полигон учлари 1,5 мм диаметри доирача билан кўрсатилади, доирача сиртига 0,5 мм ли икки горизонтал ва икки вертикал штрихлар чизилади.

Полигон томонлари, ситуациянинг чегара чизиклари (контурлари) қора туш билан ингичка қилиб чизилади. Дарё, кўл ўринлари оч ҳаво ранг бўёқда бўялади, оқим йўналиши 15 мм узунликдаги стрелка билан кўрсатилади. Стрелка дарё номидан кейин



XI. 10- шакл, б

қўйилиши керак. Стрелка иккига бўлиниб, унинг ўртасига суvinнинг 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 тушда 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. Чизғий масштаб чизилмайди.

ХІ.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 кўриниши 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 диагоналар ўтказиш йўли билан учбурчаклик ҳамда трапецияларга бўлинади. Ҳосил бўлган учбурчаклик ва трапеция юзлари геометрик йўл билан ҳисобланиб, бир-бирига қўшилса, полигон юзи чиқади (ХІ.11-шакл). Масалан, $ABCDE$ кўпбурчакликни AC диагональ ABC учбурчаклик билан $ACDE$ трапецияга бўлган. Агар учбурчаклик юзини S_1 , трапеция юзини S_2 , умумий полигон юзини S десак,

$$S = S_1 + S_2 \quad (\text{ХІ.28})$$

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 ХІ.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 (ХІ.12-шакл) учларининг координаталари $A(x_1, y_1)$; $B(x_2, y_2)$; $C(x_3, y_3)$ ва $D(x_4, y_4)$ бурчак учлари-

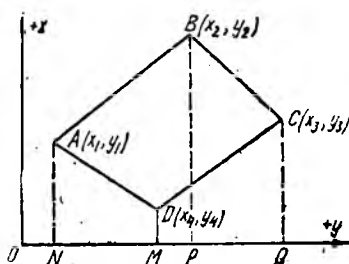
¹ Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. М., «Недра», 1973.

нинг y ўқидаги проекциялари N, M, 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:

$$S = \frac{1}{2} (x_1 + x_2) (y_2 - y_1) + \\ + \frac{1}{2} (x_2 + x_3) (y_3 - y_2) -$$

$$- \frac{1}{2} (x_1 + x_4) (y_4 - y_1) - \frac{1}{2} (x_4 + x_3) (y_3 - y_4)$$



XI. 12- шакл.

ёки умумий махраж бериб соддалаштирсак, қуйидаги чиқадн:

$$2S = x_1 y_2 + x_2 y_2 - x_1 y_1 - x_2 y_1 + x_2 y_3 + x_3 y_3 - x_2 y_2 - x_3 y_2 - \\ - x_1 y_4 - x_4 y_4 + x_1 y_1 + x_4 y_1 - x_4 y_3 - x_3 y_3 + x_4 y_4 + x_3 y_4 = \\ = x_1 y_2 - x_2 y_1 + x_2 y_3 - x_3 y_2 - x_1 y_4 + x_4 y_1 - x_4 y_3 + x_3 y_4$$

Бу ҳадларни гурпулаб, x_i лар қавс олдиға олинса, қуйидаги чиқадн:

$$2S = x_1 (y_2 - y_4) + x_2 (y_3 - y_1) + x_3 (y_4 - y_2) + x_4 (y_1 - y_3)$$

Бу йигиндидаги ҳадлар сонн бурчаклар сонига тенг бўлиб, қавслар олдидаги абсциссалар ва қавслар ичидаги ординаталар айирмаси маълум қондага 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 олдиға 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 юзини ҳисоблашда, махсус жадвал тузилади.

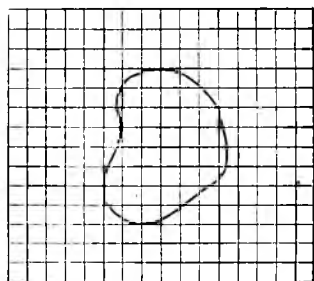
График усул. План ва картада тасвирланган кўл, ўрмон каби эгри чизиқли шакллар юзини график усул билан аниқлашда палетка қўлланилади. Палетка тўғри чизиқли ва эгри чизиқли бўлади. Тўғри чизиқли палетка параллел чизиқли, квадрат катакли бўлиши мумкин.

Квадрат катакли палетка кўпроқ қўлланилади, у восковка, плексиглас, ойна, целлулоид каби шаффоф нарсдан квадрат шаклида тайёрланган варақ бўлиб (XI.13- шакл), унга томон

узулиги 1 мм ёки 2 дан 10 мм гача бўлган квадрат катаклар чизилган бўлади. Агар квадрат томони a мм бўлса бир квадратнинг юзи $s = a^2$ бўлади.

План масштабига қараб, квадрат юзи s жойдаги турли юзга тўғри келади. Агар план масштаби $\frac{1}{M}$ бўлса (M —масштаб махраж), квадратнинг жойдаги юзи

$$s = (Ma)^2 \quad (XI.31)$$



XI. 13- шакл.

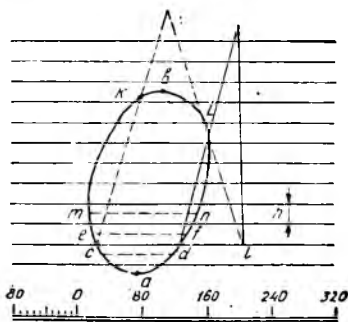
бўлади.

Мисол $a = 2$ мм; план масштаби 1:5000 бўлса, бир катакнинг юзи, (XI.21) га кўра, $s = (2 \cdot 5000)^2 = (10000 \text{ мм})^2 = (10\text{м})^2 = 100 \text{ м}^2$ бўлади.

Берилган эгри чизиқли шакл юзини аниқлаш учун палеткани пландаги эгри чизиқли шакл устига қўйиб, аввал юзиг тўғри келган бутун квадрат сони аниқланади. Кейин шакл эгаллаган ярим катаклардан чамалаб, бир-бирига қўшиб бутун катаклар ясалади ва улар сони ҳам ҳисобга олинади. Агар ҳамма катаклар сони n бўлса, шакл юзи S қўйидагича топилади:

$$S = sn = (Ma)^2 \cdot n \quad (XI.32)$$

Параллел палетка — ҳам плексиглас, целлулоид, восковка каби шаффоф нарсадан 10×10 см ўлчамда тайёрланган варақ бўлиб, унга ҳар 2—3 мм дан параллел чизиқлар чизилган (XI.14-шакл). Палетка эгри чизиқли шакл устига шундай қўйиладикки, шаклнинг a ва b нуқталари параллел чизиқлар ўртасида турсин. Шунда параллел ораси трапеция шаклида. трапеция ўрта чизиқлари (пунктир чизиқлар) эса уларнинг асослари бўлади. Параллел чизиқлар кесмаси ўрта чизиқлар бўлади. Ҳамма трапецияларнинг баландликлари параллел ораликлари бўлади, буни h десак, трапециялар асосларини $cd, ef, mn, \dots kL$ деб, буларнинг узулигини план масштабида аниқлагач, $cd = d_1, ef = d_2, \dots, kL = d_n$ десак, шакл юзи S қўйидагича бўлади:



XI. 14- шакл.

$$S = h(d_1 + d_2 + \dots + d_n) = h \sum d. \quad (XI.33)$$

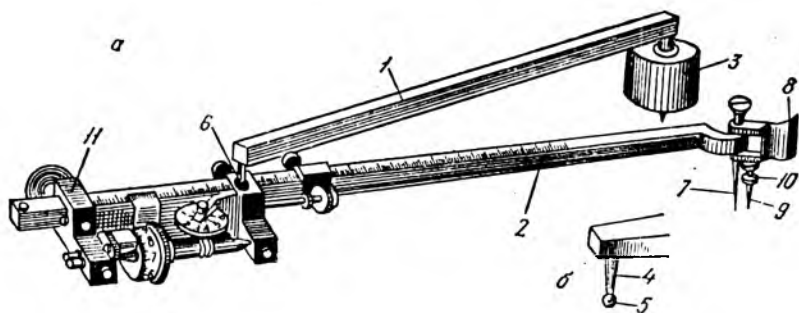
Механик усул. Бу усулда тўғри ва эгри чизиқли шакл юзи турли кўриниш ва тузилишдаги планиметр ёрдамида аниқланади. Планиметр чизигий ва қутблн бўлади.

Чизигий планиметрларда шаклнинг чегараси бўйлаб айланишда асбобнинг ҳамма қисми ҳаракат қилади, роликли ва топорик планиметри шундай планиметр ҳисобланади.

Қутбلى планиметрлар. Қутбلى планиметр энг кўп ишлатиладиган қурол бўлиб, қутбий ва айлантириш ричагларидан иборат. Бу ричаглarning бир-бирига бўлган муносабатига қараб, *оддий* ва *компенсацион* планиметрларга бўлинади. Компенсацион планиметр Амслер-Коради деб аталади. Шаклга нисбатан қутб турли томонда туриши мумкинки, бунда асбобдаги хатолар йўқолади. Қутб ричаги узунлиги ўзгармас, айлантириш ричагининг узунлиги эса ўзгармас ва ўзгарадиган бўлади. Ҳозирги қутбلى планиметрлар ўзгарувчан ричагли қилиб тайёрланади.

XI.11. Планиметрнинг тузилиши

Қутбلى планиметр (XI.15- шакл) асосан қутб ричаги 1, айлантириш ричаги 2 ва ҳисоблаш механизми (каретача) 11 дан иборат. Ҳисоблаш механизми айлантириш ричагининг бир учига ўрнатилган бўлиб, ричаг бўйлаб сурилади ва ричаг узунлиги R ни ўзгартиради.



XI. 15- шакл. Қутбلى планиметр :

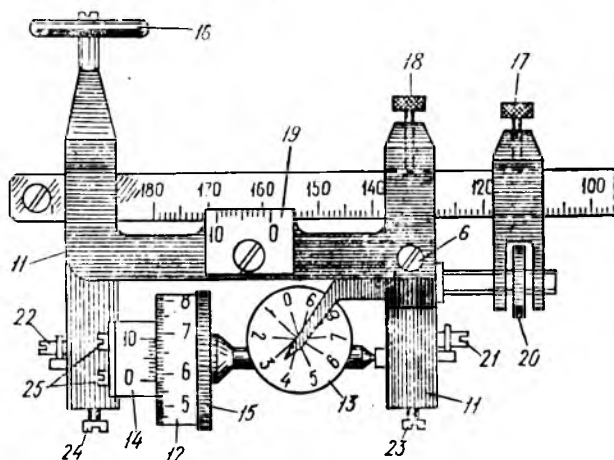
1 — қутбلى ричаг, 2 — айлантириш ричаги, 3 — нинали оғир юк, 4 — штифт каллагли, 6 — штифт чуқурчаси, 7 — айлантириш игнаси, 8 — даста, 9 — штифт, 10 — гайка, 11 — каретача.

Қутб ричагининг бир учига оғир юк 3 бўлиб, қогозда қўзғалмай туриши учун тагига игна ўрнатилган, бу қутб дейилади. Иккинчи учи тўқмоқчасимон штифтли 4 бўлиб, унинг учига айлантириш ричагидаги махсус чуқурча 6 га мосланган каллак 5 бор, бу орқали қутбلى ричаг иш даврида айлантириш ричаги билан бирлашади.

Айлантириш ричагининг бир учига шакл чегараси (контури) бўйлаб юргизилadиган игна 7, ричаг дастаси 8 ва стержень-штифт 9, унинг гайкаси 10 бор, штифт таянч хизматини ўтайди. Иккинчи учига планиметрнинг асосий қисми бўлган ҳисоблаш механизми ўрнатилган. Ричаг учигаги игна 7 дан қутб ричаги бирлашадиган чуқурча 6 гача бўлган оралиқ ричаг узунлиги бўлади. Ричагнинг бор бўйи штрихлар билан бўлақларга бўлинган, ричаг учидан бош-

лаб миллиметр ҳисобидаги қийматлари ёзилган; каретачадаги махсус верньер 19 орқали ричаг узунлиги R аниқланади.

Каретача айлантириш ричагининг бир учига махсус мослама йўли билан ўрнатилиб, ўрнатилиш винтлари ёрдамида маҳкамланади (XI.16 - шакл). Икки стержень орасига циферблат 13, ҳисоблаш ғилдираги 12 ва ғилдирак верньери 14 ўрнатишган. Ғилдиракнинг вертикал текислиги ричаг йўналишига перпендикуляр қилиб ўрнатилади. Айлантириш ричаги санок олиш ғилдираги гардиши 15, ко-



XI. 16- шакл. Қутбли планиметрнинг ҳисоблаш механизми (каретачаси)

12 — ҳисоблаш ғилдираги, 13 — циферблат, 14 — ғилдирак верньери, 15 — ғилдирак гардиши, 16 — ролик, 17, 18 — маҳкамлаш винтлари, 19 — айлантириш ричаги верньери, 20 — микрометрик винт, 24 — 25 — турли винтлар.

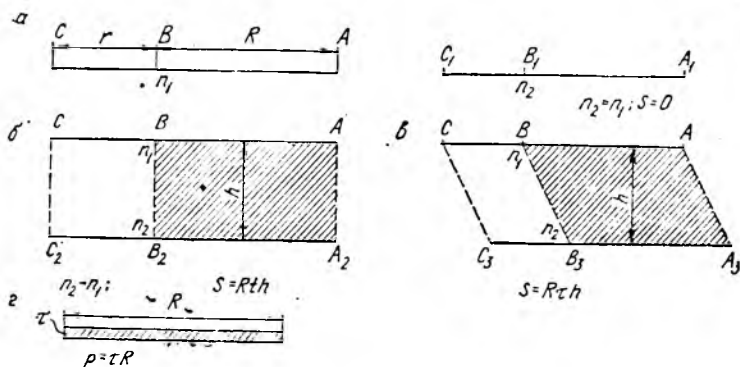
ретача ролиги 16 ва штифт 9 ёрдамида қоғозда туради. Верньер 19 ни маълум санокқа аниқ қўйишда микрометрик винт 20 буралади. Ғилдирак 12 нинг айланаси C 10 бўлакка бўлиниб, штрихлар чизилган ва уларга 0 дан 9 гача рақамлар ёзилган. Ҳар қайси бўлак 10 га бўлинган, шунда ғилдиракдаги бир бўлак (штрихлар ораси) айлана узунлиги C нинг юздан бири бўлади. Бунинг ўндан бири айлана узунлигининг мингдан бири бўлади. Ғилдирак айланасидан санок верньер 14 ёрдамида олинади. Ғилдирак айланасининг узунлиги C нинг 1000 дан бир бўлаги $\tau = \frac{C}{1000}$. Ғилдирак тишли мослама воситасида циферблатга боғланган. Циферблат 10 бўлакка бўлиниб, 0 дан 9 гача ёзилган ва бундан махсус индекс (курсатгич) орқали санок олинади. Ғилдирак бир марта тўла айланганда циферблат индекси бир хона сурилади. Шунга кўра, ғилдирак 10 марта айланганда циферблат бир марта айланади. Санок механизми-дан тўрт рақамли санок олинади: циферблат индекси бўйича бир рақам (шаклда 3), ғилдиракдан икки рақам, бири верньернинг ноль штрихигача рақамлар ёзилган штрихлардан (шаклда 5), иккинчиси

шу саноқ олинган штрихдан верньер полигача бўлган бўлақлар сонини (шаклда 8), кейин верньер бўлақларидан ёилдирак штрихига тўғри келгани (шаклда 1); шунда саноқ 3581 бўладики, бу саноқ ҳеч нарсани билдирмайди. Планиметрни бир шакл чегараси бўйлаб айлантириш олдида ва айлантириб чиққандан кейин олинган саноқлар айирмаси физикавий маънога эга бўлиб, шу саноқлар айирмаси орқали юз ҳисобланади, буни қуйида кўриб чиқамиз.

Планиметрни шакл чегараси бўйлаб айлантиришда игна 7 контурда белгиланган бош нуқтага қўйилади, даста 8 дан ушланиб игна соат стрелкасининг айланмиш йўналиши бўйича чегара чизигидан бош нуқтага томон юргизилади. Бошда олинган саноқ n_1 дан охириги олинган саноқ n_2 катта бўлиши керак; агар кичик бўлса, унга 10 қўшилади. Сихчани чегара бўйлаб бир хил тезликда оҳисталик билан юргизиш керак.

Х1.12. Қутбли планиметр назарияси

Қутбли планиметр билан юз ҳисоблаш мураккаб назарияга асосланади. Айлантириш ричаги R ўзининг турли ҳаракатида ўз йўлида ҳар хил юз ҳосил қилиши мумкин. Масалан, Х1.15-шаклдаги игна 7 ни Х1.17-шаклда A , нуқта 6 ни шаклда B , Х1.16-шаклдаги ёилдирак гардиши 15 ни C ва бунинг B дан узоқлигининг r деб, бош саноқни n_1 дейлик. Кейин планиметрни қуйидагича ҳаракат қилдирайлик (Х1.17-шакл). Ричаг CA ўз йўналишини бўйича ҳара-



Х1. 17- шакл.

катланганда (a ҳоли) ричаг йўлида юз S ҳосил бўлмайди ва ёилдирак айланмай, ёлғиз сурилади, шунинг учун саноқ ҳам ўзгармайди, яъни $n_2 = n_1$, $S = 0$ бўлади. Агар CA ўзига параллел ҳаракат қилиб (b ҳоли) C_2A_2 ҳолатини эгалласа, BA ричаг ўз йўлида тўғри тўртбурчаклик $BA A_2 B_2$ нинг юзи S ни ҳосил қилади; ёилдиракнинг юрган йўли $BB_2 = AA_2 = h$ бўлади. Баланглик h саноқ ва бир бўлақнинг қиймати орқали аниқланса, $h = (n_2 - n_1) \tau$ бўлади. Шунда тўртбурчаклик юзи,

$$S = Rh = R\tau (n_2 - n_1) \quad (\text{Х1.35})$$

ёки $R\tau = P$ десак,

$$S = P (n_2 - n_1) \quad (\text{Х1.36})$$

бўлади; бу ерда P — планиметр бир бўлагининг қиймати, у баландлиги t , томони R бўлган тўғри тўртбурчаклик юзига тенг (XI.17-шакл, z), n_1 — айлантиришдан олдинги санок, n_2 — айлантирилгандан кейинги санок.

Агар ричаг ўзига параллел ва CA нинг йўналиши бўйлаб ҳаракатланса (в ҳоли), ғилдирак қисман айланади ва қисман сурилади, натижада ричаг йўли параллелограмм ҳосил қилади. Унинг юзи S ҳам $S = hR$ ёки $S = P(n_2 - n_1)$ бўлади.

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 ричагининг йўли BAA_1B_1 параллелограмм юзи бўлади, кейин B_1 нуқтада 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 бўладикки, бу радиан ўлчовида $CC_1' = \alpha r$ га тенг. Бунда ғилдиракнинг ҳамма айланиши $h - \alpha r = r(n_2 - n_1)$ ёки $h = r(n_2 - n_1) + \alpha r$ бўлади.

Параллелограммнинг юзи $S_1 = Rh = Rr(n_2 - n_1) + Rr\alpha$ бўлади. Қутб ричагининг узунлигини R_1 десак, у ҳам OB дан OB_1 га ўтишда 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 ричаглариининг юришидан ҳосил бўлган ҳамма юз $S = S_1 + S_2 + S_3$ бўлади. $BB_1 = R_1\beta$; $A_1A'_1 = R\alpha$ эканини эсласак, секторлар юзи $S_2 = \frac{1}{2} \alpha R^2$; $S_3 = \frac{1}{2} \beta R_1^2$ бўлади. Бу қийматларни S ифодасига қўйсак ва $R'\tau = P$ эканини эсласак,

$$S = P(n_2 - n_1) + Rr\alpha + \frac{1}{2} \alpha R^2 + \frac{1}{2} \beta R_1^2 \quad (a)$$

чиқади.

Агар ричагларни юқоридагидек ўнг томонга айлантирсак, ҳар қайси элементар суришга мос (a) каби бир неча тенглик чиқади. Буларнинг йиғиндисини олсак,

$$S = P(n_2 - n_1) + Rr \sum \alpha + \frac{1}{2} R^2 \sum \alpha + \frac{1}{2} R_1^2 \sum \beta \quad (b)$$

бўлади. Агар айлантиришни шаклдаги M нуқтадан бошлаб, шакл чегараси бўйича айланиб чиқсак, планиметр қутби O нинг шаклга нисбатан туриш жойига қараб, қўйидаги икки ҳол бўлади.

1. Агар қутб O шакл ичида турса, бутун чегарани айланиб чиққанда $\sum \alpha = \sum \beta = 2\pi$ бўлади. Бунини (b) га қўйсак,

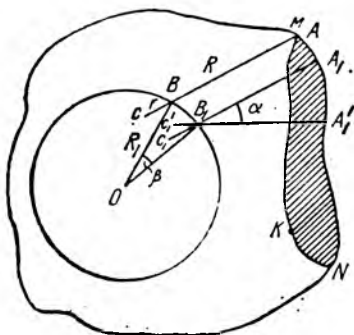
$$S = P(n_2 - n_1) + 2\pi Rr + \pi R^2 + \pi R_1^2 \quad (в)$$

чиқади. Ўзгармас миқдорлар йиғиндиси $\pi(R^2 + R_1^2 + 2Rr) = Q$ десак,

$$S = P(n_2 - n_1) + Q \quad (XI.37)$$

чиқади. Q планиметрнинг константаси дейилади. Бу формула планиметр қутби шакл ичида турганда қўлланилади.

2. Агар қутб O шакл ташқарисига ўрнатилиб, шакл чегараси бўйлаб айлантриб чиқилса, масалан, XI.18-шаклда штрихланган участка чегараси бўйича A дан бошлаб N нуқтагача юргизишда α ва β бурчаклар қиймати ошиб боради; N дан чапга NKM бўйича юрганда эса камаяди ва бош нуқта M га келганда ноль, яъни $\sum \alpha = \sum \beta = 0$ бўлади. Шунда (б) нфода қуйидагича ёзилади:



$$S = P(n_2 - n_1), \quad (\text{XI.36}) \quad \text{XI. 18- шакл.}$$

яъни планиметр қутби шакл ташқарисига турганда шаклнинг юзи планиметр бир бўлаги қийматининг саноқлар айирмасига кўпайтирилганига тенг.

Планиметр билан юз ҳисоблашдан аввал унинг бир бўлак 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 кўра, R қиймати ўзгартирилади.

P ни аниқлаш. Агар R ва t қийматлари ва план масштаби маълум бўлса, P қуйидагича топилади:

$$P = M^2 R t, \quad (\text{XI.38})$$

бу ерда M — масштаб махражи. Одатда, M ва R маълум бўлса ҳам t қиймати маълум бўлмайди. Шунга кўра P қиймати план масштабига қараб амалий йўл билан топилади. (XI.36) формуладан:

$$P = \frac{S}{n_2 - n_1}. \quad (\text{XI.39})$$

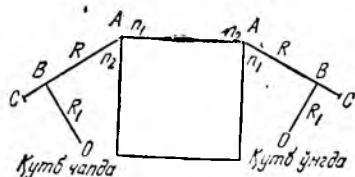
Бу формула ёрдамида P ни аниқлаш учун пландаги квадратлардан бири ёки бир нечтаси олинади ва унинг юзи план масштаби бўйича математик усулда ҳисоблаб топилади. Катак томонининг узунлиги 5 см бўлса, план масштаби 1:2000 бўлганда, бу узунлик жойдаги 100 м га тўғри келади. Шунинг учун бир катакнинг юзи $S = 100 \times 100 = 10000 \text{ м}^2$ бўлади.

Планиметр олинади, унинг номери ва айлантриш ричагининг узунлиги R (верньер бўйича олиниб) ведомость тепасига ёзилади. Кейин планиметр қутби квадратнинг чап томонига (ҚЧ) ўрнатилиб, айлантриш нинаси (синчаси) квадрат томонида белгиланган бир нуқтага қўйилади-да, саноқ олинади; бу n_1 бўлади. Сўнгра нинга катак томонидан соат стрелкасининг юриш йўли бўйича юргизиб, белгиланган нуқтага қайтилади ва саноқ олинади; бу n_2 бўлади (XI.19-шакл).

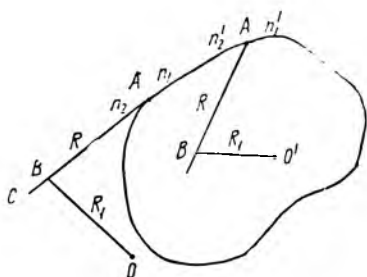
Шу ҳилда айлантриб саноқ олиш уч марта такрорланади, олинган саноқлар махсус жадвалга ёзилади. Бунда биринчи марта айлантришдаги саноқлар айирмаси билан иккинчи айлантришдаги

саноқлар айырмиси орасидаги фарқ, шакл юзининг катта-кичиклигига қараб, 3—5 бирликдан ошмаслиги керак.

Сўнгра планиметр қутбини квадрат катакнинг ўнг томонига (ҚЎ) қўйиб, бунда ҳам уч марта айлантириб саноқлар олинади ва айырмалари топилади. Кейин барча айырмаларнинг ўртача қиймати топилиб, (XI.39) формула ёрдамида P нинг қиймати аниқланади.



XI. 19- шакл.



XI. 20- шакл,

Лекни (XI.39) формулага саноқлар айырмаларининг 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 қўйсак,

$$S = P(n_2 - n_1) + Pq = P(n_2 - n_1 + q) \quad (a)$$

бўлади. Ихтиёрий 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,

$$S = P(n_2 - n_1) \quad (b)$$

бўлади.

Кейин қутбни шакл ичидаги O' га қўйиб, айлантириб $n_1'; n_2'$ саноқлар олинади. Бунда (a) га биноан шакл юзи,

$$S = P(n_2' - n_1' + q) \quad (b)$$

бўлади. (b) ва (b) нинг чап томонлари тенг бўлганидан, ўнг 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 топишгач, $Q = Pq$ бўйича Q топилади.

XI.13. Қутбли планиметрни синаш ва текшириш

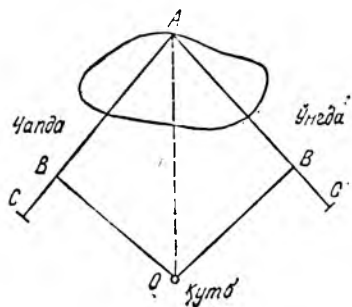
Бошқа асбоблар каби планиметр ҳам қўйидаги шартлар бўйича синалади ва текширилади.

1. Ҳисоблаш механизмининг ғилдираги (ролиги) эркин ва теб-ранмай бир текис айланиши керак. Буни синаш учун планиметр-нинг айлантириш ричагини бир қўлга олиб, иккинчи қўл билан ғилдиракни айлантирганда у 3—4 секунд бир текис айланиши керак. Верньер билан ғилдирак орасида ёзув қозони сиғадиган тир-

қиш бўлиши лозим. Агар шарт ба-
жарилмаса стопор винтлар 23 ва
24 бўшатилиб, кейин 21 ва 22
винтлар билан түзатилади.

2. Верньер юзаси ғилдирак юзаси билан бир текисликда ётиши керак. Агар част ёки баланд бўлса, 25 винтлар билан тузатилади.

3. Верньер ва ғилдирак бўлаклари тўғри бўлиши лозим. Бу теодолит лимби ва верньеридаги каби текширилади. Бундан кейин геометрик шартлар текширилади.



XI. 21- шакл.

4. Саноқ олиш ёлдирагининг вертикал текислиги айлантириш ричагига перпендикуляр бўлиши керак. Буни текшириш учун бир ихтиёрый шакл олинади-да, планиметр қутбининг шаклдаги каби (XI.21- шакл) ўрнатиб, каретача шаклга нисбатан ўнг ва чап томонга ўрнатилади; бунда ричаглар орасидаги бурчак 30° дан кичик, 150° дан катта бўлмайдиган қилиб қўйилади. Икки туришда шаклни айлантириб саноқлар олинади. Қутбнинг айлантириш ричагидан ўнгидagi (ҚЎ) саноқлар фарқи қутбнинг чапидagi (ҚЧ) саноқлар фарқига тенг бўлиши ёки ораларидаги айирма улар арифметик ўрта миқдорининг 1:250 дан катта бўлмаслиги (3 бўлакдан ошмаслиги) лозим. Агар катта бўлса, планиметр қутбининг икки туришда ишлаш керак. Бунда юқоридаги хато ўзаро ейишиб, натижага таъсир этмайди. Шунинг учун у планиметр *компенсацион* дейилади.

Бу текширишнинг планиметрнинг контрол линейкаси орқали амалга ошириш маъқул.

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 шаклининг ташқарисида турганда $K\bar{U}$ ва $K\bar{C}$ ҳолатида уч мартадан айлантриб олинган саноқлар айирмасининг арифметик ўрта 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 планиметр ричаглари таъмин этолмаса, қутбни полигон ичида ўрнатиб, (XI.37) формула ёрдамида ҳисоблашда аввал Q аниқланиши керак. Бунинг ўрнига Q ни аниқламай, полигон юзини ихтиёрий диагональ чизиқлар билан бир неча бўлакка бўлиб, ҳар қайси бўлакнинг юзи $S_1, S_2, \dots, S_n$ ни (XI.36) бўйича топиш, кейин эса улар йиғиндисини олиш ҳам мумкин. Бунда шаклнинг умумий юзи S бўлакларнинг юзлари йиғиндисига тенг бўлади:

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

План, картада йўл, канал, дахлсиз полосалари каби тор жойлар бўлса, бундай жойларнинг юзини ҳисоблаш учун шу жойда

тик чизиклар ўтказиб, тўғри тўртбурчакликлар ясалади. Тўртбурчакликлар бўйи ва эни пландан масштаб бўйича олинди, юзи тўғри бурчакли тўртбурчакликники каби топилади. Бунда ортиган ёки камайган жойлар ҳисобга олинади.

XI. 15. Юз ҳисоблаш аниқлиги

Геометрик усулда геометрик шаклнинг асоси ва баландлигининг қийматлари масштаб бўйича пландан олинганида хато ошади. Шунинг учун, кўпроқ, 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 чўзиқ майдон (дарё, йўл) юзларини график ёки геометрик усулда ҳисоблаган маъқул.

Юзни планиметр билан ҳисоблашда ричаглар орасидаги бурчак 90° га яқин олинishi керак.

Проф. Волков Н. М. аниқлашча, шаклни тўрт марта айлантириб юзини ҳисоблашнинг ўрта квадратик хатоси қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$m_s = \pm (0,38 + 0,44 \sqrt{n_2 - n_1}); \quad (XI.41)$$

(XI.36) ва (XI.38) формулалардан:

$$n_2 - n_1 = \frac{S}{m^2 R \tau}$$

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. Планди 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

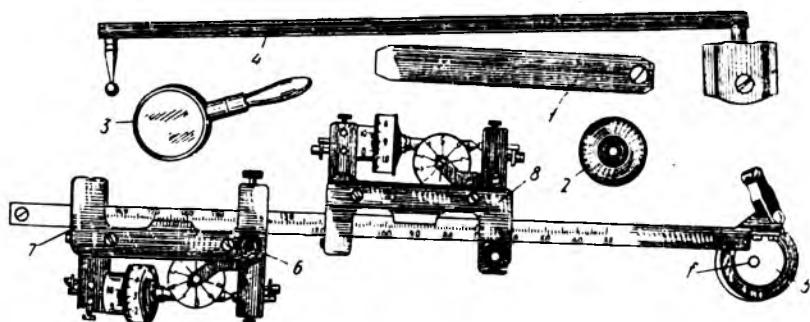
Агар полигон тўғри чизикли ва бурчак учларининг координатлари маълум бўлса, унинг юзи S_k (XI.29) формула ёрдамида ҳисобланади. Полигон ичидаги айрим участкалар (экин, бино, йўл ўринлари) юзини планиметр билан ҳисоблаб, уларни $S_1, S_2, \dots, S_n$ десак, планиметр билан ҳисобланган юзлар йиғиндиси $\sum S$ 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

бўлмай, ораларида фарқ f_s бўлади, яъни $S_n - S_k = f_s$. Бу фарқ юзлардаги боғланмаслик хатоси дейилади. $\frac{f_s}{S_k} \leq \frac{1}{250}$ бўлиши керак. Шарт бажарилса, f_s нинг қиймати S_i ларга пропорционал тарқатилади, яъни $\frac{f_s}{S_k} = \frac{\Delta S_1}{S_1}$; бундан $\Delta S_1 = \frac{f_s}{S_k} S_1$; $\Delta S_2 = \frac{f_s}{S_k} S_2$; ... умумий кўринишда $\Delta S_i = \frac{f_s}{S_k} S_i$ бўлади; ΔS_i лар *тузатма* дейилади. $\sum \Delta S_i = f_s$ бўлиши керак. ΔS_i лар f_s га тескари ишора билан S_i ларга тарқатилгач, тузатилган юзлар топилади, яъни $S_{mi} = S_{n_2} + \Delta S_i$. Шунда $\sum S_{mi} = S_k$ бўлади.

XI.16. ПП-2К планиметри

Проф. А. В. Маслов таклифига кўра, 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 ўрнатилган. Айлантириш ричагининг учидаги сикча ўрнига ишчадан ишланган доғравий ойна 5 қўйилган, унинг марказидаги белги f (нуқта) шакл чегараси бўйлаб айлантирилади. Белгининг пландаги нуқта устида тўғри туриши ёндан қараб эмас, балки устидан қараб нуқтага тўғрилаш керак, бунда чизикдан юргазилш аниқлиги ошади (XI.22- шакл).

Бу планиметр МИИЗ (Москва ер тузиш инженерлари институти) планиметри деб ҳам аталади. Кареткача иккита бўлганидан юз ҳисоблашда қутб икки томонга қўйилмай, ёлғиз бир томонга қўйиб айлантирилади, лекин иккала кареткачадан саноқ олинади. Бунда асбоб хатолари йўқолади. Чандагиси асосий, ўнгдагиси эса қўшимча дейилади; булар бир-бирини текширишга имкон беради. Бу планиметрининг назарияси ва ундан фойдаланиш юқорида кўриб ўтилган планиметрдаги кабилар. Агар иккала ёлдиракнинг диаметрлари бир хил бўлганда ричагининг узунлиги R бир хил бўлгани

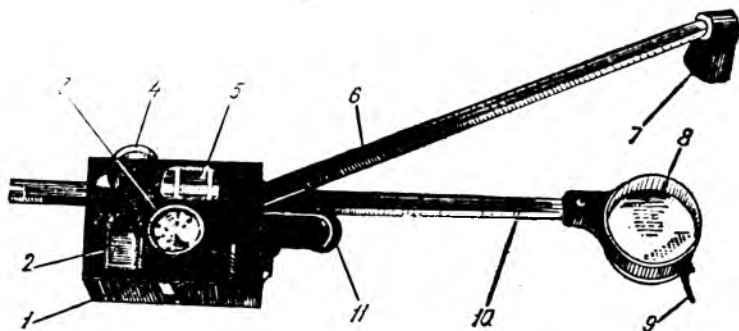


XI. 22- шакл.

учун бир бўлакнинг қиймати P ҳам бир хил бўлиши керак. Лекин ғилдирақлар турли бўлганидан, шккала каретачанинг P лари айрим-айрим топилади, кейин уларнинг арифметик ўртаси олинади.

XI.17. ПП-М планиметри

ПП-М планиметри (қутбли планиметрнинг такомиллашгани) — компенсацион ва бир каретачали (XI.23- шакл). Айлантириш ричаги 10 учида сикча ёки айлантириш лупаси 8 бўлади. Буларни алмаштириш мумкин, бунинг учун махсус винт бўшатилади-да бири



XI. 23- шакл.

олиниб, иккинчиси қўйилади. Лупа икки бўлакдан иборат бўлиб, тагидаги шиша ўртасига доирача чизилган, унинг марказида нуқта белгиланган. Устки қисми қабарик линза бўлиб, у лупа каби катталаштириб кўрсатади. Лупа шаклнинг чегараси бўйлаб даста 9 ёрдамида юргизилади. Каретача ричаг 10 бўйлаб махсус микрометрик винт 11 воситасида сурилади. Ҳисоблаш механизми кирланмаслиги учун ёпиқ қилинган, ғилдирак ва унинг верньери 2 ҳамда ричаг верньери 5 лупасимон линза билан қонланган, булар катталаштириб кўрсатади. Циферблат 3 нинг усти ярим очик бўлиб, стрелкаининг учи кўринади. Планиметр қутби махсус тўртбурчаклик юк 7 билан таъминланган. Планиметрни текшириш ва ишла-тиш юқорида кўриб ўтилгани каби бажарилади.

XII боб. Полигонни таянч пунктларга планий боғлаш

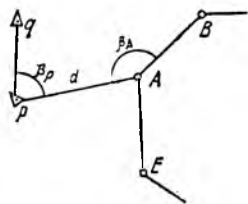
XII. 1- §. Боғлашдаги ҳоллар. Ҳисоблаш тартиби

Геодезик ишларни бир системада олиб бориш учун полигон ёки трасса ўқ чизилишининг бурчак учларидан бирининг координаталари таянч пункт координаталари асосида ҳисобланади ва полигон бир томонининг йўналиши ҳам аниқланади; бу иш *боғлаш* дейилади. Шу йўналиш бўйича бошқа томонлар йўналиши, координатаси бўйича 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 бўйича аниқланади; агар очиқ бўлса, бош ва охириги бурчак учларининг координаталари ҳамда бош ва охириги томонлар дирекцион бурчаги аниқланади. Бу боғлаш ишида дала ўлчаш ишлари билан бир қаторда, ҳисоблаш ишлари ҳам катта ўрин тутати. Энди боғлашга доир қуйидаги ҳолларни кўриб чиқамиз.

1- ҳол. Полигон $ABC \dots$ нинг A учи p пунктга яқин бўлиб, p дан q пункт кўринадиган ва p пунктга асбоб ўрнатиш мумкин. p ва q пунктларнинг координаталари бўйича A нуқтанинг 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 нуқталарда 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 бўйича 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 бўйича тригонометрик функциялар жадвалидан α_{pq} топилади;

3) α_{pq} бўйича 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 нуқта координаталари ҳисобланади:

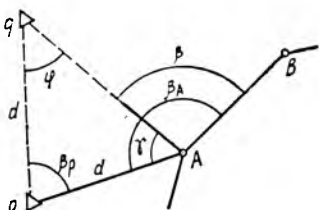
$$X_A = X_p + \Delta X_{PA};$$

$$Y_A = Y_p + \Delta Y_{PA};$$

2- ҳол. Агар A нуқта яқинидаги p нуқтадан q кўринмай, β_p бурчакни ўлчаб бўлмаса, лекин A дан q кўринса, қуйидагича ишланади (XII.2- шакл):

1) $AP = d$ масофа ўлчанади; A нуқтада туриб, β, β_A бурчаклар ўлчанади;

2) APq учбурчакликдаги γ бурчак аниқланади: $\gamma = \beta_A - \beta$;



XII. 2- шакл,

3) P ва q координаталари бўйича тескари геодезик масала асосида α_{pq} топилади:

$$\operatorname{tg} \alpha_{pq} = \frac{y_q - y_p}{x_q - x_p};$$

4) тескари геодезик масала асосида pq оралиги d_{pq} топилади:

$$d_{pq} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_{pq}} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{pq}}; \quad d_{pq} = \sqrt{(x_q - x_p)^2 + (y_q - y_p)^2};$$

5) APq учбурчакликдан синуслар теоремаси ёрдамида φ бурчак топилади:

$$\frac{d}{\sin q} = \frac{d_{pq}}{\sin \gamma} \quad \text{ёки} \quad \sin \varphi = \frac{d \sin \gamma}{d_{pq}},$$

бу нфоладан φ қиймати топилади;

6) APq учбурчаклининг β_p бурчаги топилади:

$$\beta_p = 180^\circ - (\gamma + \varphi);$$

7) PA йўналиши α_{pA} аниқланади: $\alpha_{pA} = \alpha_{pq} + \beta_p$;

8) AB томонининг йўналиши қуйидагига тенг:

$$\alpha_{AB} = \alpha_{pA} + \beta_A - 180^\circ;$$

9) кейин A нуқтанинг координаталари қуйидагича бўлади:

$$X_A = X_p + \Delta X_{pA};$$

$$Y_A = Y_p + \Delta Y_{pA}.$$

3- ҳол. Масалан, бирор $ABCD \dots$ полигон берилган бўлсин. Бу полигоннинг BC томони тригонометрик тармоқларнинг P ва q нуқтлари яқинида жойлашган. P ва q нуқтларнинг маълум координаталари бўйича полигоннинг бурчак учи бўлган C нуқтанинг координаталари X_C ва Y_C ҳамда полигон томони CD нинг йўналиши α_{CD} аниқлансин (XII.3- шакл).

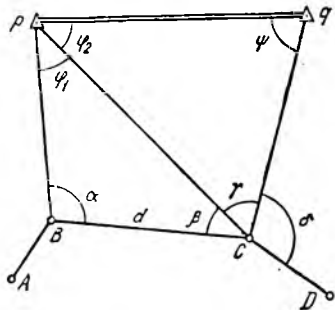
Масала B ва C нуқталарда туриб, α, β, γ ва δ бурчакларни ўлчашдан бошлаб ечилади. BC томон полигон томони ёки трасса чизиги бўлгани учун унинг узунлик қиймати d маълум.

C нуқта координаталарини аниқлаш. C нуқтанинг координаталари P ва q нуқтларининг координаталари бўйича айрим-айрим аниқланади. Масалан, P бўйича:

$$X_C = X_p + \Delta X_{pC}, \quad (XII.I)$$

$$Y_C = Y_p + \Delta Y_{pC}$$

бунда X_p, Y_p — P нуқтанинг координаталари, ΔX_{pC} ва ΔY_{pC} — PC томонининг координата орттирмалари; q бўйича



XII. 3- шакл.

$$\begin{aligned} X_C &= X_q + \Delta X_{qC}; \\ Y_C &= Y_q + \Delta Y_{qC} \end{aligned} \quad (XII.2)$$

бунда X_q, Y_q — q нуқтанинг координаталари, $\Delta X_{qC}, \Delta Y_{qC}$ лар qC томонининг координата орттирмалари. (XII.1) асосий формула бўлиб, (XII.2) текшириш формуласи бўлади.

Орттирмалар:

$$\begin{aligned} \Delta X_{PC} &= PC \cos \alpha_{PC}; \\ \Delta Y_{PC} &= PC \sin \alpha_{PC}, \end{aligned} \quad (XII.3)$$

худди шунга ўхшаш:

$$\begin{aligned} \Delta X_{qC} &= qC \cos \alpha_{qC}, \\ \Delta Y_{qC} &= qC \sin \alpha_{qC} \end{aligned} \quad (XII.4)$$

бунда, PC, qC — томонлар узунлиги, α_{PC} ва α_{qC} — шу томонларнинг дирекцион бурчаклари.

Бу орттирмаларни ҳисоблаш учун PC ва qC томонларнинг узунлиги ва йўналишини аниқлаш керак. Бунинг учун жойда ўлчанган бурчаклар α, β, γ ва BC томон узунлиги d бўйича ёрдамчи φ_1, φ_2 ва ψ бурчаклар ва PC, qC томонлар узунлиги аниқланади.

Бу номаълум миқдорлар қуйидаги тартибда аниқланади:

- 1) $\varphi_1 = 180^\circ - (\alpha + \rho)$;
- 2) PC синуслар теоремасига биноан:

$$\frac{PC}{\sin \alpha} = \frac{BC}{\sin \varphi_1}; \quad PC = BC \frac{\sin \alpha}{\sin \varphi_1}$$

3) PCq учбурчакликда PC ва γ бурчаги маълум. Пунктлар оралиғи тескари геодезик масала бўйича P ва q координаталар орқали топилади:

$$Pq = \pm \sqrt{(x_q - x_p)^2 + (y_q - y_p)^2};$$

- 4) Учбурчаклик PCq дан:

$$\frac{PC}{\sin \psi} = \frac{Pq}{\sin \gamma} \quad \text{ёки} \quad \sin \psi = \frac{PC \cdot \sin \gamma}{Pq};$$

- 5) учбурчаклик PCq дан: $\varphi_2 = 180^\circ - (\gamma + \psi)$;
- 6) Cq қуйидаги пропорциядан топилади:

$$\frac{Cq}{\sin \varphi_2} = \frac{Pq}{\sin \gamma}; \quad Cq = \frac{Pq \sin \varphi_2}{\sin \gamma};$$

7) PC ва qC масофалар йўналишини аниқлаш учун аввал Pq чизиқ йўналишини аниқлаш керак; бунинг P ва q пунктлар координаталари бўйича тескари геодезик масала каби ечсак,

$$\operatorname{tg} \alpha_{pq} = \frac{Y_q - Y_p}{X_q - X_p}$$

бўлади;

8) PC ва qC томонларнинг дирекцион бурчаклари α_{PC} ва α_{qC} қуйидагича:

$$\alpha_{PC} = \alpha_{pq} + \varphi_2$$

$$\alpha_{qC} = \alpha_{pq} + 180^\circ - \psi$$

9) юқорида аниқланган миқдорлар орқали (IV.1) ва (V.2) формулалар ёрдамида C нуқтанинг координаталари топилади.

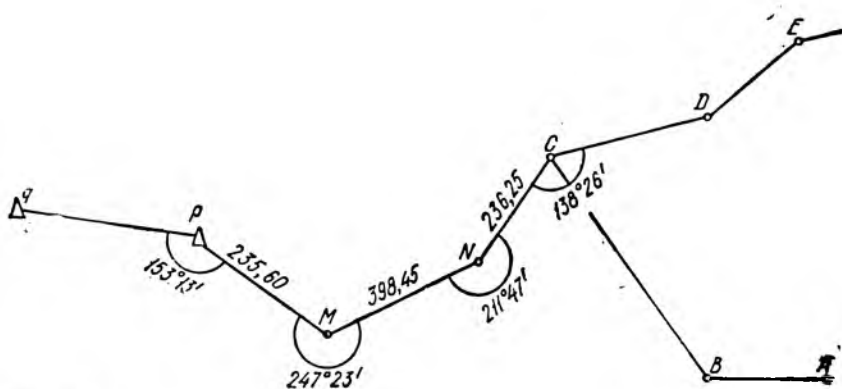
CD чизиқнинг йўналишини аниқлаш. pC ва qC чизикларнинг аниқланган дирекцион бурчаклари ва ўлчанган γ ва δ бурчаклар орқали CD чизиқнинг дирекцион бурчаги қуйидагича аниқланади (нуқталар орасидаги масофа кичик бўлганидан меридианлар яқинлашиш бурчаги ҳисобга олинмаган).

α_{PC} бўйича: $\alpha_{CD} = \alpha_{PC} + \gamma + \delta - 180^\circ$, α_{qC} бўйича: $\alpha_{CD} = \alpha_{qC} + \delta - 180^\circ$.

Икки чизик йўналиши бўйича топилган дирекцион бурчакнинг ўзаро тенглиги ҳисоблашнинг тўғрилигини кўрсатади.

Топилган α_{CD} ва X_C Y_C орқали полигоннинг қолган томонлари йўналиши (IX.8) ёки (IX.9) формулалар ёрдамида, бурчак учларининг координаталари эса (XI.11) формула ёрдамида топилади.

4- ҳол. Полигон учларидан таянч пунктлари кўринмаган ҳолда алоҳида боғлаш йўли-деб аталадиган теодолит йўли олинади (XII.4-шакл). Масалан, $ABCDE \dots$ полигонни P ва q таянч пунктларга боғлаш учун $CNMP$ теодолит йўли олинади. Агар P ёки q



XII. 4- шакл.

пунктларда асбоб билан туриш мумкин бўлмаса, юқорида айтилганидек, маълум бир чизик олинади ва полигон шу чизик асосида боғланади. Агар P пунктда асбоб билан туриш мумкин бўлса, боғлашдаги ҳисоблаш иши осонлашади. XII.4- шаклга кўра, ўлчанган бурчаклар қиймати ва томонлар узунлиги орқали P пунктнинг берилган координаталари асосида C нуқтанинг координаталари ва CD чизиқнинг дирекцион бурчаги аниқланган. Ўлчанган миқдорлар қиймати XII.4- шаклда берилган. P ва q пунктларнинг координаталари асосида Pq томоннинг дирекцион бурчаги α_{pq} (XI.13) формула ёрдамида топилади.

Полигоннинг қолган томонларининг йўналиши ва учларининг координаталари (XI.11) формула ёрдамида аниқланади.

5- ҳол. Агар жойдаги C нуқтани координаталари маълум A ва B нуқталарга боғлаб, C нуқта координатаси аниқланса (XII.5-шакл), бу *тўғри кестирма* дейилади. $AB = d$ маълум бўлиб, β ва γ бурчаклар ўлчанса,

$$\alpha_{AC} = \alpha_{AB} - \beta; \quad \alpha_{BC} = \alpha_{BA} + \gamma \quad (\text{XII.5})$$

бўлади. Тескари геодезик масала татбиқ этилса,

$$\operatorname{tg} \alpha_{AC} = \frac{Y_C - Y_A}{X_C - X_A}; \quad \operatorname{tg} \alpha_{BC} = \frac{Y_C - Y_B}{X_C - X_B} \quad (\text{XII.6})$$

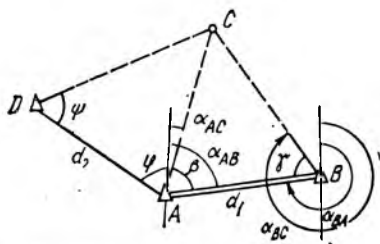
бўлади. Бу ердан:

$$Y_C = Y_A + (X_C - X_A) \operatorname{tg} \alpha_{AC}; \quad Y_C = Y_B + (X_C - X_B) \operatorname{tg} \alpha_{BC}. \quad (\text{XII.7})$$

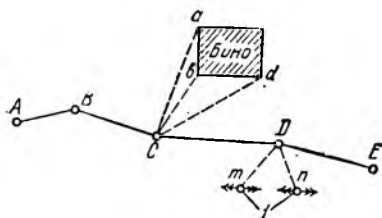
Бу икки номаълумли икки тенглама соддалаштирилса,

$$X_C = \frac{X_A \cdot \operatorname{tg} \alpha_{AC} - X_B \operatorname{tg} \alpha_{BC} + (Y_B - Y_A)}{\operatorname{tg} \alpha_{AC} - \operatorname{tg} \alpha_{BC}} \quad (\text{XII.8})$$

бўлади. Бу (XII.8) формуладан X_C аниқлангач, X_C ни (XII.7) формулага қўйиб, Y_C топилади. Бу ҳисоблашни жадвалда олиб бориш ҳам мумкин. Агар аниқликни ошириш керак бўлса, координатаси маълум D нуқта олиниб, унинг X_D , Y_D координаталари ва φ бурчак орқали юқоридагидек ҳисоблаш ишлари олиб борилади.



XII. 5- шакл.



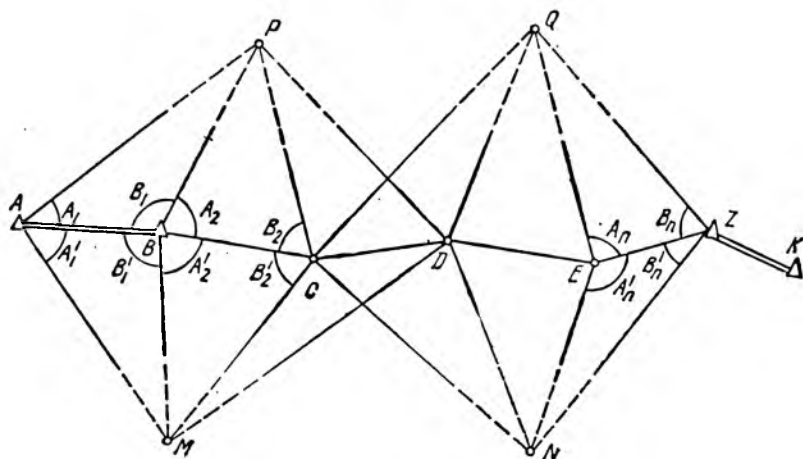
XII. 6- шакл.

6- ҳол. Баъзан теодолит йўли жойдаги мустаҳкам бино, километр ва телеграф столбалари каби доимий объектлар ёнидан ўтса, йўлнинг маълум нуқтаси ўрнини осон аниқлаш мақсадида у шу объектларга боғланади. Бунда унинг координаталари ҳисобланмай, ёлғиз жойда геометрик ўрнашуви аниқланади ва бу боғлашни *геометрик ёки чизигий* боғлаш деса бўлади. Масалан, $ABCDE$ теодолит йўли (XII.6-шакл) мустаҳкам бино atd ёнидан ўтса, C нуқтани бинонинг учта бурчагига *чизигий* боғлаш мумкин. Бунинг учун C нуқтадан бино бурчаклари a, b ва d гача бўлган масофа ca, cb, cd лар лента билан ўлчанади. Бино ва унинг бурчак учлари, C нуқтанинг ўрни кўрсатилган абрис чизилиб, ўлчаш на-

тижалари ёзиб қўйилади. Худди шунга ўхшаш D нуқта электр симлари столбаларига боғланган (mD ва nD) оралиқлар ўлчаниб, абрис чизилади.

ХII. 2. Геодезик кестирмалар

Теодолит йўли маълум йўналиш бўйича талаб қилинган (300—400 м) кенгликда олиб борилади. Сўёмкани катта майдонда ба-жаришда теодолит йўлидаги бор пунктлар кифоя қилмайди. Теодолит йўлини кенгайтириш мақсадида, икки ёнидан қўшимча нуқталар олишга тўғри келади. Бу қўшимча нуқталар ўрни асосий теодолит йўли пунктларига боғланади, яъни ёрдамчи нуқталар ўрни пунктларга нисбатан аниқланади. Бунда проф. А. И. Дур-



ХII. 7-шакл.

нев усули қўлланилади; бу усул *геодезик кестирма* дейилади. Масалан, тригонометрик пункт A ва B га асосланиб олиб борилган теодолит йўли $BCDE \dots$ нинг чап ёнида (ХII.7-шакл) ёрдамчи P, Q нуқталар, ўнг ёнида $M, N \dots$ нуқталар олинган. Бу нуқталар ён *пунктлар* дейилади. Булар яхши кўриниши учун 5—8 м ли вежа мустаҳкам ўрнатилади ёки белги сифатида айрим катта дарахт, столба қабул қилинади.

Ён пунктлар ўрни тўғри кестирма усулида аниқланади. Масалан, P нуқтанинг ўрни (координаталари) APB учбурчакликка нисбатан аниқланади. Чап томондаги учбурчакликларнинг базис AB ёнидаги бурчакларини йўлнинг йўналиши бўйича A_1 ва B_1 , ўнг томондаги учбурчакларникини A_1' , B_1' десак, биринчи учбурчаклик томонни BP базис бўйича қуйидагича бўлади:

$$BP = AB \sin A_1 \cdot \operatorname{cosec} (A_1 + B_1). \quad (\text{ХII.9})$$

Худди шунга ўхшаш, AP ни ҳам топиш мумкин. A ва B координаталари бўйича α_{AB} ни топиб, кейин $\alpha_{BP} = \alpha_{AB} + 180^\circ - \beta_1$

ҳисобланади. x_p ва y_p лар эса қуйидагича топилади: $x_p = x_B + \Delta x_{BP}$; $y_p = y_B + \Delta y_{BP}$; бу ерда $\Delta x_{BP} = BP \cos \alpha_{BP}$; $\Delta y = BP \sin \alpha_{BP}$. Ёрдамчи нуқта $P, Q, M, N, \dots$ лар ўрни каминда уч нуқтадан кестириб топилади. Шаклда P ўрни тўрт нуқта (A, B, C ва D) дан аниқланган.

Ўнг томондаги $M, N, \dots$ нуқталарнинг ўринлари ҳам P каби аниқланади. Ҳаммасида ҳисоблаш ишлари P ни аниқлашдаги каби бўлади. Бу ишда аввал асосий йўлнинг бурчак ва координаталари тенгланган бўлиши керак. Асосий йўл $ABCDE$ $\dots$ нинг охирида I ва K пунктлар бўлса, ўлчанган A_i ва B_i ҳамда A'_i ва B'_i бурчаклар йиғиндиси (XI.6) бўйича текширилади ва йўл бурчаклари тенгланади, яъни

$$\Sigma(B_i + A_{i+1}) = \alpha_{LR} - \alpha_{AB} + 180^\circ n$$

бўлиши керак.

Худди шунга ўхшаш,

$$\Sigma(B'_i + A'_{i+1}) = \alpha_{AB} - \alpha_{LK} + 180^\circ n$$

бўлиши керак.

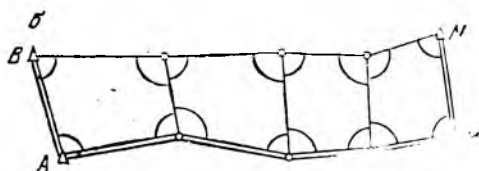
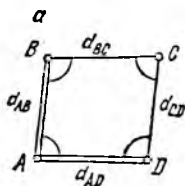
Координата орттирмалари (XI.25) формула бўйича текширилиб тузатилгач, шу тузатилган координаталарга кўра ёрдамчи нуқталарнинг координаталари ҳисобланади.

Бу усулда асосий йўл томонлари ($BC, CD, \dots$) ни ўлчаш ўрнига, уларни бош томон AB асосида ўлчанган бурчаклар ёрдамида учбурчаклик томони қилиб ҳисоблаб топнишга имконият туғилади.

ХII. 3. Диагоналсиз тўртбурчаклик

Геодезик кестирманинг бир тури диагоналсиз тўртбурчакликлар тармоғини ясаш бўлиб, бу усулни проф И. В. Зубрицкий таклиф қилган. Бунда тўртбурчакликнинг ҳамма бурчаклари ва икки қўшни томони маълум бўлади; қолган икки томони узунлиги аниқланади (ХII. 8- шакл, а). Масалан, шаклдаги $ABCD$ тўртбурчакликда AB ва AD маълум, бурчаклар ўлчанган; BC ва CD томонлар узунлиги қуйидагича топилади:

$$d_{BC} = \frac{d_{AD} \sin D + d_{AB} \sin (B + C)}{\sin C}, \quad (\text{XII. 10})$$



ХII, 8- шакл,

$$d_{CD} = \frac{d_{AB} \sin B + d_{AD} \sin (C+D)}{\sin C} \quad (\text{XII. 11})$$

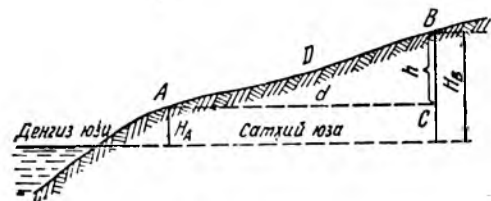
Бу усул икки учбурчакликни ечишга қараганда анча мураккаб ва аниқлиги кам, лекин ёпиқ жойларда, яъни шаҳар кварталлари орасида ва ўрмонли жойларда съёмка қилиш пунктлари ўрнатишда қулай. Масалан, XII. 8-шакл, б да тўртбурчакликлар қатори олинган, буларга бош томон AB ва охириги томон IN таъин базис бўлади.

УЧИНЧИ БЎЛИМ. ВЕРТИКАЛ СЪЁМКА

ХIII БОБ. ВЕРТИКАЛ СЪЁМКАДАГИ ГЕОДЕЗИК ИШЛАР

ХIII. 1. ВЕРТИКАЛ СЪЁМКА ВА УНИНГ МОҲИЯТИ

Нивелирлаш ва унинг турлари. Инженерлик ишларига доир масалаларни ечишда нуқталарнинг бир-бирига нисбатан фақат горизонтал текисликдаги ўринларини белгилашнинг ўзи кифоя қилмайди, уларнинг вертикал текисликдаги вазиятини, яъни жойнинг баланд-пастлигини аниқлаш ва қоғозда тасвирлаш ҳам талаб қилинади. Горизонтал съёмкада $AB=D$ чизиқнинг горизонтал қўйилиши d аниқланади, вертикал съёмкада эса D чизиқнинг вертикал



ХIII. 1-шакл.

текисликка бўлган проекцияси h аниқланади. Нуқталарнинг вертикал текисликда эгаллаган ўринларини аниқлашга доир ўлчаш ишларининг йиғиндиси **вертикал съёмка** дейилади. Ер юзасидаги нуқталарнинг баландлиги асосан денгиз юзига нисбатан аниқланади. Бу баландлик **абсолют баландлик** деб, агар у сон билан ифодаланса, **абсолют отметка** деб аталади ва H билан белгиланади. Масалан, ХIII. 1-шаклдаги A ва B нуқталарининг абсолют баландлиги H_A ва H_B , буларнинг айирмаси $H_B - H_A = h$ **нисбий баландлик** дейилади. Агар H_A ва h маълум бўлса, B нинг отметкаси H_B қуйидагича бўлади:

$$H_B = H_A + h, \quad (\text{XIII. 1})$$

яъни иккинчи нуқта отметкаси биринчи нуқта отметкасига шу нуқталар орасидаги нисбий баландликнинг қўшилганига тенг.

Нуқтанинг отметкасини топиш учун аввал нисбий баландлик аниқлашнинг керак. Нисбий баландликни аниқлаш **нивелирлаш** дейилади.

Нивелирлаш ишлатиладиган асбоб ва нивелирлаш усулига қараб **астрономик** ва **геодезик** бўлади. Агар нисбий баландлик **гравиметрик** (Ернинг оғирлик кучини аниқлаш) карта ёрдамида шо-

вун чизигининг оғишини аниқлаш йўли билан топилса, бу усул *астрономик нивелирлаш* дейилади. Агар нисбий баландлик математик, физикавий йфодалар ёрдамида аниқланса, *геодезик нивелирлаш* дейилади. Геодезик нивелирлашда қуйидаги усуллар: геометрик, тригонометрик, физикавий, механикавий, аэронивелирлаш усуллари қўлланилади. Тригонометрик нивелирлаш иккига: тахеометрик ва геодезик нивелирлашга бўлинади; физик нивелирлаш ҳам барометрик, гипсотермометрик, гидростатик нивелирлашга бўлинади.

Бу китобда геодезик нивелирлаш усуллари билан танишилади.

ХIII. 2. Геометрик нивелирлаш

Нисбий баландлик горизонтал кўриш нури ёрдамида аниқланса, *геометрик нивелирлаш* дейилади ва *нивелир* деб аталадиган асбоб билан бажарилади.

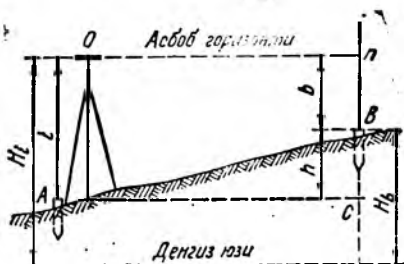
Нивелирлаш, асбобнинг икки нуқтага нисбатан турниш (ўрнатиш) жойига қараб, *олдинга нивелирлаш* ва *ўртадан нивелирлаш*га бўлинади.

Олдинга нивелирлаш. А ва В нуқталар орасидаги (ХIII. 2-шакл) нисбий баландликни аниқлаш учун асбобни А нуқтага ўрнатиб, горизонтал ҳолатга келтиргач, А нуқтадан трубаининг кўриш ўқигача бўлган баландлик AO ўлчанади, бу *асбоб баландлиги* дейилади ва i билан белгиланади. Кейин В нуқтага вертикал қўйилган рейкага қараб, b саногин олинади. Шунда AC чизик кўриш ўқи On га параллел бўлганидан қуйидагини ёзиш мумкин:

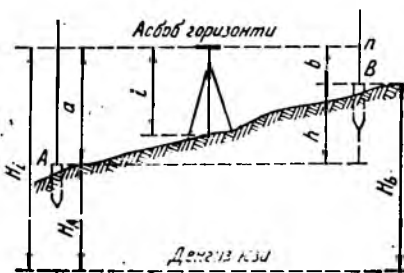
$$h = i - b, \quad (\text{ХIII.2})$$

яъни олдинга нивелирлашда нисбий баландлик асбоб баландлигидан рейка саногининг айрилганига тенг. Агар $i > b$ бўлса, h мушбат бўлиб, жой кўтарилади, $i < b$ бўлганда эса h манфий бўлиб, жой пастлашади.

Ўртадан нивелирлаш. Бу энг кўп қўлланиладиган усул бўлиб, нивелир А ва В нуқталар ўртасига ўрнатилади (ХIII. 3-шакл); нивелир горизонтал вазиятга келтирилгач, А ва В нуқталарга қўйилган рейкалардан аввал a , кейин b саноқлар олинади, шунда нисбий баландлик қуйидагича бўлади:



ХIII. 2-шакл.



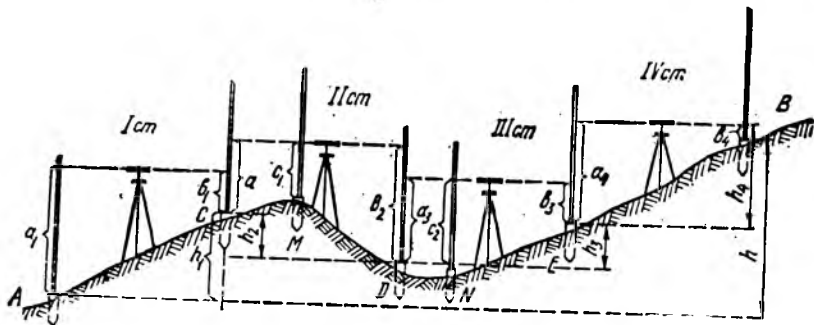
ХIII. 3-шакл.

$$h = a - b, \quad (\text{XIII.3})$$

яъни ўртадан нивелирлашда нисбий баландлик орқадаги рейкадан олинган санокдан олдинги рейкадан олинган санокнинг айрилганига тенг (a — кетинги санок, b — олдинги санок), a ва b санокларнинг қийматига қараб, h мусбат ёки манфий бўлади. Нивелирлашда нивелирнинг ҳар ўрнатилиши *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 ихтиёрый 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

$$\begin{aligned} h_1 &= a_1 - b_1, \\ h_4 &= a_4 - b_4. \end{aligned} \quad (\text{XIII.4})$$

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 қўйсак, $h = (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) - (b_1 + b_2 + b_3 + b_4) = \sum a - \sum b$ бўлади. Станция сони n та бўлганда ҳам шу қонда 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 $\sum b$ ничг айрилганига тенг.

Маълум йўналиш бўйича мураккаб нивелирлаш олиб борилган чизиқ *нивелирлаш йўли* дейилади.

Мураккаб нивелирлашда боғловчи ва оралиқ нуқталар бўлади. Агар бир нуқтага икки қўшни станциядан қараб, кетинги (a) ва

олдинги (в) саноклар олинса, бу нуқта *боғловчи нуқта* дейилади, чунки у қўшни станцияларни боғлайди.

Икки боғловчи нуқта орасида бўлган, отметкаси аниқланадиган жойнинг баланд-пастлигини билдирувчи нуқта *оралиқ нуқта* дейилади ва бу нуқтага қўйилган рейкадан олинган санок *оралиқ санок* дейилиб, *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 натижаларни асосида ҳисоблаш ишларини бажарганда асбоб баландлиги билан асбоб горизонти деган тушунчалар кўп учрайди, уларни бир-биридан ажрата билиш керак.

Ҳамма геодезик асбобларда асбоб ўрнатилган нуқтадан труба-нинг айланиш ўқиғача (теодолит, кипрегелларда) ёки труба-нинг кўриш ўқиғача (нивелирларда) бўлган вертикал масофа (баландлик) *асбоб баландлиги* деб аталади ва *i* ҳарфи билан белгиланади (XIII. 2 ва 3- шакллар). Асбобнинг ҳар туринида ўзига хос баландлиги бўлади, 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 кўриш ўқининг денгиз сатҳидан бўлган баландлиги (отметкаси) *асбоб горизонти* деб аталади ва H_i билан белгиланади, унинг қиймати ҳисоблаб топилади. Асбоб горизонти рейка қўйилган нуқта отметкасига шу нуқтадаги рейка саногининг қўшилганига тенг. Ҳар станциянинг ўз асбоб горизонти бўлади. Одатда асбоб горизонти кетинги нуқта саногини орқали ҳисобланади. Шунга кўра, кетинги нуқта отметкасини H_a десак,

$$H_i = H_a + a \quad (\text{XIII.6})$$

бўлади; олдинги нуқта отметкаси H_B бўлса,

$$H_i = H_B + b$$

бўлади.

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,

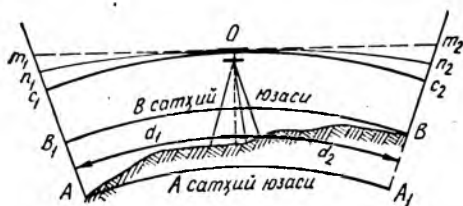
$$H_c = H_i - c \quad (\text{XIII.8})$$

бўлади, 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 мураккаброқ 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 ўтган сатҳий юзалар AA_1 ва BB_1 орасидаги айрма $B_1B = \Delta B_1 = h$ бўлади. A ва B да вертикал ўрнатилган рейкаларга O нуқтадан қаралганда кўриш нури Om_1 ва Om_2 бўйича кетиши керак, лекин ҳавода синиши тўғрисида нур On_1 ва On_2 эгри

чиқиқ бўйича кетади; рейкадаги $m_1, n_1 = r_1, m_2, n_2 = r_2$ лар вертикал рефракция таъсиридаги хато бўлади.

Агар O дан сатҳий юза ўтказилса, AA_1 билан BB_1 га параллел e_1e_2 ҳосил бўлади. $m_1e_1 = P_1; n_2e_2 = P_2$ 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

$Be_2 = Bn_2 - n_2e_2 = b - (m_2e_2 - m_2n_2) = b - (P_2 - r_2)$ (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 кўринишда,

$$P - r = f \quad (XIII.9)$$

деб белгилаб, f_1, f_2 қийматларини (б) ва (в) га қўйсак, $Ae_1 = a - f_1; Be_2 = b - f_2$ бўлади. Бу Ae_1, Be_2 ларнинг қийматларини (a) га қўйсак, $h = (a - f_1) - (b - f_2)$ ёки

$$h = a - b - (f_1 - f_2) \quad (XIII.10)$$

чиқади.

Ер эгрилигининг баландликка таъсири P (II.2) формулага кўра $\Delta h = p = \frac{d^2}{2R}$ бўлади.

С Вертикал рефракция устида жаҳон олимлари олиб борган тадқиқот ишларидан аниқланишича, r ҳам P каби ўзгаради, улар орасида қуйидагича боғланиш бор:

$$r = kP = k \cdot \frac{d^2}{2R}, \quad (\text{XIII. 11})$$

K — рефракция коэффициентини:

$$K = \frac{R}{R_1}, \quad (\text{XIII. 12})$$

бу ерда R — ернинг радиуси, R_1 — рефракция эгри чизигининг радиуси. $\frac{R}{R_1} = \frac{1}{6} - \frac{1}{7}$ бўлади. Агар $R_1 = 6R$ десак, $K = 0,16$ бўлади. Буни (XIII. 11) га қўйсак, $r = 0,16p$ бўлади. r қийматини (XII. 9) га қўйсак, $f = P - r = P - 0,16P = 0,84P$ бўлади, қийматини қўйсак, ер эгрлиги ва рефракция таъсиридан келган йигинди ҳа-то f қуйидагича ифодаланган:

$$f = 0,42 \frac{d^2}{R}. \quad (\text{XIII. 13})$$

Агар $R = 6371$ км деб олиб, d га турли қийматлар қўйиб f ҳисобланса, XIII. 1-жадвал чиқади.

XIII. 1-жадвал

$d, \text{м}$	50	100	250	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 оралиги 100 м дан ошганда f ни ҳисобга олиш керак. Ўртадан нивелирлашда асбобдан кетинги ва олдинги рейкаларгача бўлган масофалар d_1 ва d_2 ($d_1 = d_2$) бўлса, $f_1 = f_2$ бўлади, (XIII. 10) даги f_1 , f_2 лар ейиниб, $h = a - b$ бўлади. Шунга кўра, нивелирлашда асбобни икки рейка ўртасига ўрнатиш керак. d_1 билан d_2 қийматидаги фарқ 5 м дан ошмаслиги лозим.

XIII. 5. Нивелирлар ва уларнинг турлари

Нивелир нисбий баландлиқни горизонтал кўрини нури орқали аниқлашда ишлатиладиган геодезик асбобдир. ГОСТ 10528-69 га биноан, нивелир аниқлиги жиҳатдан *жуда аниқ*, *аниқ* ва *техник* нивелирларга бўлинади. Тузилиши жиҳатидан уч танда чиқарилади:

- 1) кўриш ўқи цилиндрик адилак ёрдамда горизонтал ҳолатга келтириладиган нивелирлар (Н1, Н2, Н3, НТ каби);
- 2) ўзича ўрнашувчи нивелирлар (НС2, НС3, НС4, НТС каби);
- 3) қия кўриш нузли нивелир (НЛ3).

Нивелирлар турин қабул қилинган шифрга қараб аниқланади. Шифрдаги «Н» нивелир—сўзидан, «Н» дан кейинги рақам шу асбоб нивелирлашнинг қайси классига мўлжалланганлигини кўрсатади. Масалан, III классда ишлатиладиган нивелир шифри Н3 бўлади.

Нивелир типн ишфрига рақам билан бирга қўшиб ёзиладиган ҳарфга қараб ажратилади. Ҳатта ўрнашувчи нивелирларга «С» ҳарфи қўшиб ёзилади; масалан, IV классда ишлатиладиган ўзича ўрнашадиган нивелир ишфри ИС4 бўлади. Техникавий нивелирга «Т» ҳарфи қўшиб ёзилади. Масалан, ИТС — ўзича ўрнашувчи техникавий нивелир. XIII.2-жадвалда ГОСТ 10528-69 га биноан чиқариладиган нивелирлар типн, бир километр масофани нивелирлашдаги ўрта квадратик хатолар кўрсатишган.

XIII. 2-жадвал

Нивелирлашнинг аниқлиги ва тузилиши жиҳатидан бўлиниши

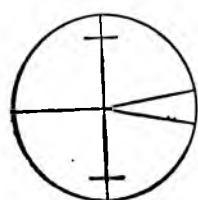
Нивелир ишфри	Аниқлик жиҳатидан	Ишлатилиш жойи	Ўрта квадратик хатоси m_n	Тузилиши
Н1	энг аниқ	I класс нивелирлашда	$\pm 0,5$ мм 1 км да (гўгри ва тескари юришда)	адиллакли
Н2	«	II «	± 1 мм «	«
НС2	«	«	« «	ўзича ўрнашувчи
Н3	аниқ	III «	± 4 «	адиллакли
НС3	«	«	« «	ўзича ўрнашувчи
НС4	«	IV «	± 8 бир юришда	« «
НТ	техникавий	техникада	± 15 «	адиллакли
ИТС	«	«	« «	ўзича ўрнашувчи
ИЛС	«	«	± 30 »	қия нузли

Адиллакли нивелирлар ГОСТ 10528-76 га кўра Н—05, Н—3 ва Н—10 ишфрлар билан чиқарилади.

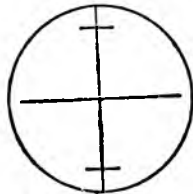
Компенсаторли нивелир ишфрига К ҳарфи қўшилади. Масалан, Н—05К, Н—3К, Н—10К каби. Н—3, Н—10 ва Н—10 К нивелирлари ҳам горизонтал бурчак ўлчаш учун лимбли қилиб ишланган, уларнинг ишфрига Л ҳарфи қўшилади. Масалан, Н—10К.Л (Н—10 нивелирли компенсаторли, лимбли). ГОСТ 10528-76 га биноан, нивелирдаги ишлар тўри XIII.6-шаклдагича ишланиб, Н—3 ва Н—10 да горизонтал иш учлари айланадан радиуснинг камда тўртдан бир қисмига 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 ишфрли (лазерий нивелир) ва ЛВ—5 ишфрли (лазерий визир) асбоблар ҳам ишлатилмоқда.



Н-05 даги тўр



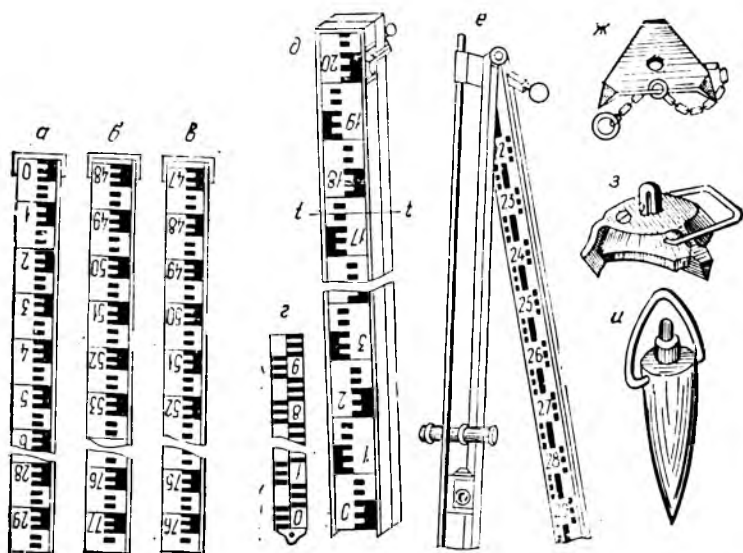
Н-3 ва Н-10 даги тўр

XIII. 6-шакл.

Нивелир асосан тағлиқ, цилиндрик адылак ва кўриниш трубасидан иборат бўлиб, илгари бу бўлақларининг бир-бирига бўлган муносабатига қараб: қуйма, адылак ва трубаси тағлиқдан олинадиган, трубаси олинми, адылаги тағлиқда турадиган нивелирларга бўлинган. Ҳозирги нивелирлар қуйма қилиб чиқарилади. Буларда адылак, труба ва тағлиқ бир-биридан ажрамай қилиб ишланган бўлади. Нивелирлар ёрдамида саноқ махсус ишланган нивелир рейкаларидан олинади.

ХIII.6. Нивелир рейкалари ва саноқ олиш

ГОСТ 11158-76 га биноан нивелир рейкалари РН-05; РН-3 ва РН-10 каби белгилар билан чиқарилади. Бу белгиландиғи охириги рақам—1 км дағи нивелирланди хатосининг қиймати. РН-05 бир томонли штрихли бўлиб, I, II класс нивелирларда ишлатилади. РН-3 икки томонли, шкалати бўлиб, III ва IV класс нивелирларда ишлатилади. РН-10 техникавий нивелирларда қўлланилади. ГОСТ 15096-69 га кўра РН1, РН2, РН3, РН4 ва РНТ белгилан рейкалар ҳам чиқарилади. Рейкалар 1500, 3000 ва 4000 мм ли бўлади. РН-10 да 4000 мм ли рейка ишлатилади. Рейкалар йиғма (ХIII-7-шакл, е) ва бутун (ХIII-шакл, а) қилиб ишланади. Йиғма рейка белгисинда С ҳарфи қўшиб ёзилади. Ёзувлар тўғри ва тескари бўлади. Тўғри рейка белгисига П ҳарфи қўйилади. Масалан, РН-3П 4000 С, яъни (III) класс нивелирларда ишлатиладиган, тўғри, 4000 мм ли нивелир рейкаси, йиғма. Маркага есылдиган рейка 1200 мм ли бўлиб, у осма рейка дейилади (ХIII.7-шакл, з).



ХIII. 7- шакл. Нивелир рейкалари, башмаклар, темир қозиқ:

а — рейканинг қора томони, б — ва в — қизилтомони, г — осма рейка, д — ва е — бир томонлама қўшалок рейкалар, ж, з — башмаклар, и — темир қозиқ (костиль).

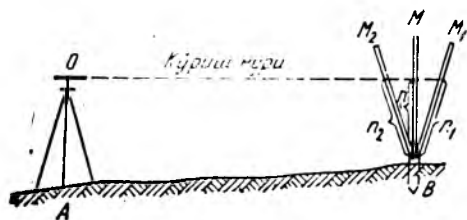
Техник нивелирларда бутун ва йиғма рейкалар ишлатилади; уларнинг бўйи 2—4 м, эни 8—10 см, қаллиғи 2—3 см бўлади ва қуруқ қараайдан ясалади. Рейка бир томонли ёки икки томонли бўлади. Бир томонли рейкада ёзув ва бўлақлар бир томонда бўлиб, ҳар метр оралиғида қизил ва қора рангда ёзилади. Икки томонли рейкада бир томонга ёлғиз қора рангда, иккинчи томонига эса қизил рангда ёзилади. Шунга кўра, бу томонлар рейканинг қора ва қизил томонлари деб юритилади. Қора томонда рейка тагидан бошлаб, сантиметрли оқ ва қора бўлақларга бўлинади. 3 м ли рейкада ёзувлар 0 дан бошланиб, 3000 га тугайди. Бўлақларнинг ҳар дециметри E шаклидаги белгидан бошланади ва қиймати dm бирликда ёзилади. Ҳар метр 10 дециметрга, дециметр 10 см га бўлинган. Бир бўлақ (шашка) қиймати 1 см. Қизил томонда ёзувлар 0 дан бошланмай, балки бошқа бир катта сондан, масалан, 4687 мм дан (бутун рейкада) ёки 4468 мм дан (йиғма рейкада) бошланади. XIII.7-шаклда 4800 ва 4700 дан бошланган. Бу рейкалар жуфт рейкалар дейилади. Труба тескари тасвир берганидан рейка ёзувлари тескари бўлади. Қора ва қизил томон саноғи 100 мм га фарқ қиладиган рейкалар ҳам ишлатилади. Баъзан қора ва қизил ёзувлар рейканинг бир томонида бўлади. Баъзи рейкаларда қора ва қизил томон ёзувлари 0 дан бошланади, лекин қизил томон бўлақларининг қиймати 1 см эмас, балки 1,1 см бўлади. Саноқлар текширилганда қизил томон саноғи 1,1 га кўпайтирилади.

Рейкадан саноқ олиш. Нивелирлашда рейкалар эзилмайдиган қаттиқ жой ёки ерга мустаҳкам қоқилган ёғоч ёки темир қозىқлар устига вертикал ҳолда қўйилади. Нивелир йўлини пунктларга боғлашда ерга қозىқ қоқилмай, кўтариб юриб керакли жойга қўйиладиган махсус мослама (*башмак*) (XIII.7-шакл ж, з) устидаги бўртмага қўйилади. Юмшоқ жойларда нивелирлашда ерга *костиль* дейиладиган муваққат темир қозىқ қоқилади (XIII.7-шакл, и).

Техникавий нивелирлашда рейка бўлақларидан саноқ тўрнинг ўрта ишидан миллиметр аниқлигида олинади. Бунда кўриш майдонининг тепасидан ластга томон ўрта илгача авват ёзувли метр ва дециметр, кейин ёзувсиз сантиметр бўлақларининг сони аниқланади, охирида сантиметрнинг ўндан бири кўзда чамалаб олинади. Шакл бўйича tt_1 даги саноқ 1770 мм.

Рейкани тебратиш. Саноқ олишда рейка вертикал ҳолатда туриши керак. Шунинг учун аниқ нивелирлашда рейка ёнига

махсус доғравий адилак ўриатилади, ана шу адилак воситасида рейка вертикал ушланади. Техникавий нивелирлашда рейкада адилак бўлмайди, унда: вертикал ҳолатда саноқ олиш учун рейка қозىқ устида кетинга ва олдинга секин, бир текисда тебратилади (XIII.8-шакл). Тебратишда



XIII. 8-шакл.

трубадан қаралганда саноқ бир ошиб, бир камаяди, энг кичик саноқ рейканинг вертикал ҳолатига тўғри келади ва шу саноқ олинади. Шаклда *Вм* рейканинг вертикал ҳолати. Вертикал ҳолатда олинган *n* саноқ рейка оғандаги n_1 , n_2 саноқлардан кичик, яъни $n < n_1$, $n < n_2$ бўлади.

Рейкани синаш ва текшириш. Нивелир рейкалари ишлатишдан олдин қуйидаги шартлар бўйича текширилади:

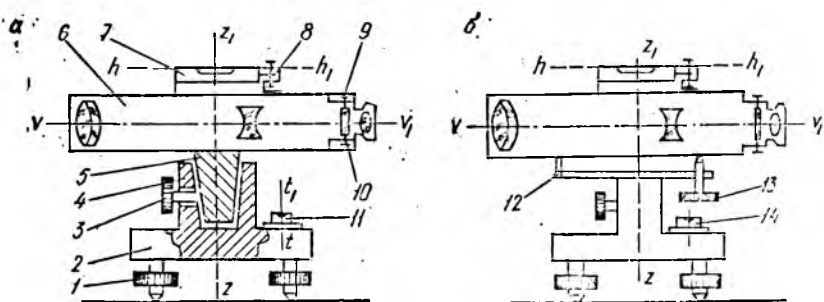
1. Рейканинг бўлақларга бўлинган юзаси тўғри текислик бўлиши, яъни рейка эгилмаган ва буралмаган бўлиши керак. Бунни аниқлаш учун рейка юзасининг икки учи ўртасига таранг қилиб иш тортिलाди; агар ипнинг рейка билан оралиғи бор бўйича бир хил бўлса ёки 15 мм дан ошмаса, рейка ишга яроқли, акс ҳолда устахонага бериш керак.

2. Рейка бўлақлари тўғри бўлиши керак. Бу контрол линейка (*КЛ*) ёки компарланган миллиметрли рулетка ёрдамида текшириб кўрилади.

КЛ линейка йўналган қиррали бўлиб, бир томони миллиметрларга, иккинчи томони эса 0,2 мм дан қилиб бўлинган. Линейка икки четки шкаласининг оралиғи 1 м. Текширишда саноқ суриладиган лупа ёрдамида олинади. Рейка текис жойга ётқизилиб, *КЛ* билан аввал метр бўлақлар, кейин дециметр бўлақлар олинади. Метрлардаги хато *РНЗ* рейкасида $\pm 0,5$ мм, *РН4* да $\pm 0,75$ мм, *РНТ* да ± 1 мм дан ошмаслиги керак.

3. Жуфт рейкаларнинг ноль штрихлари ўрнидаги фарқни аниқлаш. Бунни текшириш учун нивелир ўриатилиб, горизонтал ҳолатга келтиргач, 20 м масофага қозиқ қоқилганда, қозиққа галмагал рейкани қўйиб саноқ олинади. Иккита рейка саноқлари бир хил бўлса, рейкалар тўғри, акс ҳолда бўйлама нивелирлигида боғловчи нуқталарга рейка қўйинида бунни назарда тутиб, бир нуқтадаги *a* ва *b* саноқ бир рейкадан олинсини керак.

Йиғма рейкаларнинг очилиши ва йиғилиши қулай бўлиши ва очганда бўлақлар тўғри келиши керак. Рейкаларни синаш ва тек-



Х. 9- шакл. Адилакди нивелирлар схемаси:

a — элевацион винтсиз нивелир схемаси; *б* — элевацион винтли нивелир схемаси; 1 — кўтаргич винт, 2 — таглик (трөггер), 3 — сиқувчи винт, 4 — втулка, 5 — нивелир айланиш ўқи, 6 — кўриш труба, 7 — цилиндрик адилак, 8 — адилак тузатгич винти, 9, 10 — тўр тузатгич винти, 11, 14 — дойравий адилаклар, 12 — трубанинг горизонтал айланиш ўқи, 13 — элевацион винт, *VV*₁ — труба кўриш ўқи, *zz*₁ — асбоб вертикал ўқи, *hh*₁ — цилиндрик адилак ўқи.

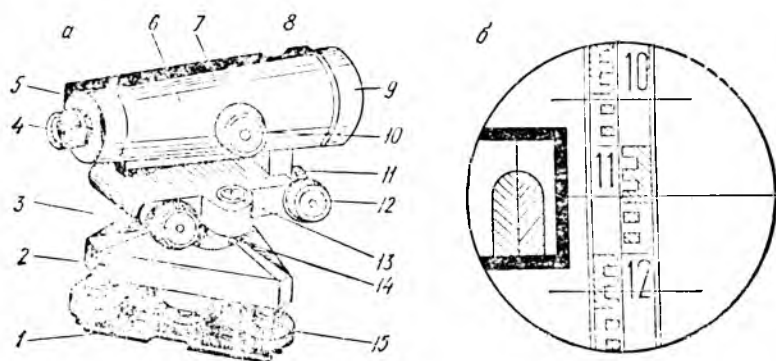
ширини тартиби I, II, III ва IV класс нивелирлашга доир ин-
струкцияда тўла берилган.

ХIII.7. Адилакли нивелирлар

ХIII. 9-шаклда ҳозирги адилакли нивелирнинг тузилиш схе-
маси ва бўлаклари кўрсатилган. Нивелирлашда цилиндрик адилак
7 билан бирга, тахминий горизонтал ҳолатга келтириш учун дои-
равий адилак 11, 14 ҳам ўрнатилади. Баъзи Н2, НТ, НЗ нивелир-
ларда сиқилиш қаратилиш винтидан ташқари, цилиндрик адилак
пуфакчаси ҳолатини билиқарадиган элевацион винт 13 ҳам ўрнати-
лади. Бу винтнинг бўлиш-бўлмаглигига қараб, нивелир бўлак-
ларининг тузилиш ва улар муносабати турлича бўлади. ХIII. 9-
шакл, *a* да элевацион винт йўқ, *б* да эса элевацион винт 13 ёр-
дамида труба вертикал текисликда ҳаракат қилади.

ХIII.8. НЗ нивелири ва уни текшириш

НЗ нивелири илгариги НВ-1 нинг такомиллашгани бўлиб, қўйма
ва контакт адилакли нивелир, анча ихчам ва қўлай бўлганидан
кўпроқ ишлатилади. Нивелир бўлаклари ХIII.10-шаклда кўрсати-
лган. Нивелир трубаesi ички фокусланадиган, объектив ва оку-
ляр линзаларидан ташқари, объективли тирсакда фокуслаш лин-
заси ҳам бўлиб, у объективли тирсакдаги махсус винт 10 орқали
ҳаракат қилади. Нивелирда доиравий ва цилиндрик адилаклар
бор, доиравий адилак 13 асбобнинг юқори қисмига ўрнатишган,
таг томонида тузатилиш винтлари 14 бўлиб, адилак труба билан
бирга айланади, шу адилак орқали труба тахминий горизонтал
вазиятга келтирилади. Цилиндрик адилак 7 трубанинг чап ён то-
монида ўрнатишган, унинг пуфакчасининг ҳолати призмалар сис-



ХIII. 10-шакл. НЗ нивелири: *a*—умумий кўриниши;

1—пластик пластина, 2—тақлақ, 3—элевацион винт, 4—окуляр, 5—
цилиндрик адилак, 6—труба, 7—адиллаш, 8—мушка, 9—объектив, 10—
фокуслаш винти (кормашера), 11—сиқилиш винти, 12—қаратилиш винти, 13—доиравий адилак,
14—доиравий адилак тузатилиш винти, 15—кўтаргич винти, б—НЗ ниве-
лирнинг кўриш майдони, санок 1144 мм.

темаси орқали икки ярим палла кўринишида труба кўрини май-
донида рейканинг чап ёнида рейка билан бирга кўринади (XIII. 10-
шакл, б); бу ҳол саноқ олишда адилак тўғри турганини билишга
имкон беради. Окулярнинг ўнг томонида унга яқин қилиб таг-
ликда элевацион винт 3 ўрнатилган; бу цилиндрлик адилакни вер-
тикал текислик бўйича ҳаракат қилишига имкон беради, бу винт
билан пуфакчалар ярим палласи бирлаштирилади ва адилак аниқ
горизонтал вазиятга келтирилади. Элевацион винтни буришда қу-
йидагини эслаш керак. Агар пуфакча окуляр томонга қочса, винт
соат стрелкаси юрадиган томоннинг тескарисига, объектив томон-
га қочса, винт соат стрелкаси юрадиган томонга айлантирилади.
Асбоб нарсага мушқа 8 орқали қаралиб, винт 11 билан маҳкам-
лангач, қаратиш винти 12 воситасида аниқ қаратилади. Окуляр-
нинг чап ёнида цилиндрлик адилак корпусида 5 адилакнинг ту-
затиш винтлари бўлиб, улар махсус пластина билан беркитил-
ган, бу тузатиш винтлари орқали адилак тузатилади.

XIII. 10-шаклнинг ўнг томонида труба кўриниш майдони
таъсирланган бўлиб, унда адилакнинг горизонтал ҳолатида рейка
саногини 1144 мм.

Нивелирнинг синаш.
Нивелирнинг ҳам теодолит
каби (X.23-параграфга қар-
ранг) механика-технологик
ва оптик ҳолатлари қуйи-
даги шартлар бўйича си-
налади:

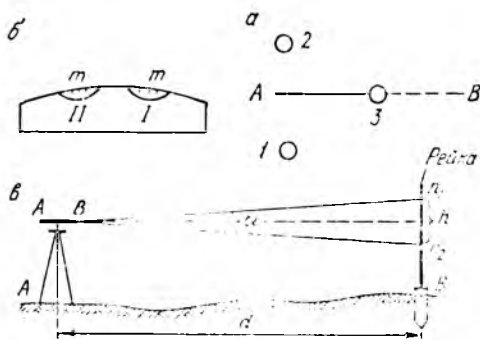
1. Цилиндрлик ади-
лакнинг бир бўлаги
қийматини аниқлаш.
Бунинг учун нивелир А
нуқтага ўрнатилиб гор-
изонтал ҳолатга келтирилган,
бир кўтариш винти 3 йў-
налишида олишган 40—60 м

ли масофа — аниқ ўлчаниб, тегишган В нуқтага қозик қўқи-
лади. Кейин қозикда вертикал қўйилган рейкага қараб (XIII.
11-шакл, а) 3 винт соат стрелкаси йўналишида бурашиб, пу-
факча ўнг учига m бўлак сурилади (XIII.11-шакл, б) тўғриси
ўрта шидан n_1 саногини олинади (XIII.11-шакл, в). Кейин яна 3
винт соат стрелкаси йўналишига тескари томон бурашиб, пуфакча
чап учига томон m бўлак сурилиб, тўғриси ўрта шидан n_2 са-
ногини олинади. Шунда XIII.11-шакл, в дан $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{h}{2d}$ бўлади, ёки

α кичик бўлганидан, $\frac{\alpha}{2} \cdot \sin 1' = \frac{h}{2d}$;

$$\alpha = \frac{h}{d \sin 1'} = \frac{266265'' h}{d} \quad (a)$$

бўлади; бу ерда $h = n_1 - n_2$; α — рейка пуфакчаси ўнг ва чапга
сурилганда ҳосил бўлган h нинг А нуқтадаги буриак қиймати;



XIII. 11-шакл.

d — A билан B нуқта оралиғи. Адилакнинг бир бўлағи қиймати τ бўлса, $\alpha = n\tau$ бўлади. n —нуфакча ўнг ва чап томонга сурилганди бўлаклар сони, яъни, $n=2m$. Бу қийматларни (а) га қўйсак,

$$n\tau = \frac{206265''h}{d}, \text{ ёки } \tau = \frac{206265''h}{nd} \quad (\text{XIII.14})$$

бўлади. $d=50$ м; $h=5$ см; $n=6$ бўлса, $\tau=34''$ бўлади. τ қийматини махсус мослама экзаменаторларда аниқлаш ҳам мумкин.

2. Адилакнинг бир бўлағи қиймати τ трубанинг катталаштиришига мос бўлиши керак. Трубанинг катталаштириши асбоб паспортидан маълум ёки (X.10) формула ёрдамида тегилади. Адилакнинг бир бўлағи τ билан трубанинг катталаштириши орасида қуйидаги математик боғланиш бор:

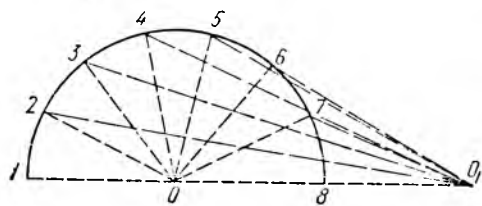
$$\tau v = 600'' \quad (\text{XIII.15})$$

Техник нивелирда $v=20^\circ$, шунга кўра цилиндрик адилак бир бўлағининг қиймати $\tau=30''$ бўлади. $v=30^\circ$ бўлса $\tau=20''$ бўлади. НЗ каби контактли адилаклар, горизонтал ҳолатга 2—4 марта аниқ келтирилади. Шунга кўра, бундай нивелирларда,

$$\tau v = 1200'' \quad (\text{XIII.16})$$

бўлади. Масалан, НЗ да $v=30^\circ$, шунга кўра $\tau=40''$ бўлади.

3. Труба турли узоқликдаги нарсага қаратилиб фокусланганда кўриш ўқининг ҳолати ўзгармаслиғи керак. Маълумки, труба турли узоқликдаги нуқтага қаратишда фокусловчи линза кремальер винт ёрдамида олдинга ёки орқага сурилади. Узоқ нуқтага қараганда кремальер винт



XIII. 12- шакл.

соат стрелкаси йўналишида (ўнгга), яқин нуқтага қараганда унга тескари йўналишда (чапга) буралади. Шартин аниқлаш учун текис жойда O нуқта атрофидан O дан бир хил масофада, масалан, 40 м да 1, 2, ..., n нуқталар қозиқлар билан белгиланади (XIII.12- шакл). Кейин O га нивелир ўрнатилиб бир фокуслашда ҳамма нуқталарга бир рейка қўйиб қаралиб, $a_1, a_2, \dots, a_n$ саноқлар олинади ва нуқталар орасидаги нисбий баландликлар 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 ўрнатилиб, яъна 1, 2, ..., n нуқталарга қараб, $b_1, b_2, \dots, b_n$ саноқ-

лари олинади. Бунда ҳам нуқталар орасидаги нисбий саландликлар ҳисобланади:

$$\begin{aligned} h'_1 &= b_1 - b_2; \\ h'_2 &= b_2 - b_3; \\ &\dots \dots \dots \\ h'_{n-1} &= b_{n-1} - b_n. \end{aligned} \quad (\text{XIII.18})$$

Агар $h_1 = h'_1$, $h_2 = h'_2$, $\dots$, $h_{n-1} = h'_{n-1}$ бўлса, ёки орааларидаги фарқ ± 5 мм дан ошмаса, асбобдаги шарт бажарилган бўлади, аке ҳолда асбоб устахонада тузатилади.

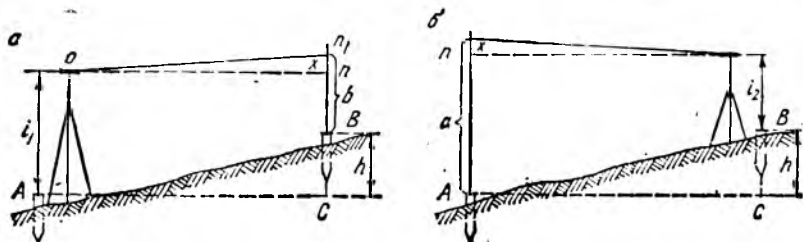
Нивелирнинг текшириш. ИЗ нивелири қуйидаги шартлар бўйича текширилади:

1. Доиравий адилак ўқи нивелирнинг айланани ўқиға параллел бўлиши керак, яъни $ll_1 \perp zz_1$ (XIII.9-шакл, а). Бунн текшириш учун учта кўтариш винти буралиб, пуфакча адилак марказидаги доирача ўртасига келтирилади, кейин у 180 айлантирилади. Агар пуфакча доирача марказидан четга чиқмаса, шарт бажарилган бўлади, аке ҳолда адилак тагидаги тузатиш винтлари 14 востисида пуфакча марказидан сурилганининг ярми қадар тескарига сурилади.

2. Иплар тўрининг горизонтал нини нивелирнинг айланани ўқи zz_1 га перпендикуляр бўлиши керак. Текшириш учун горизонтал ипининг бир учн 40—50 м масофадаги қўзғалмас нуқтага қаратилиб, труба қаратиш винти востисида ўнг ва чапга сурилади, агар шунда ип қаратилган нуқтадан силжимаса, шарт бажарилган бўлади, аке ҳолда тўр қопқонини олиб, трубанинг окуляр қисминн объектив тирсагига маҳкамлайдиган тўртта шурунни отвортка билан бўшатиб, окуляр қисми бир оз буралади-да, ип горизонтал қилинади. Бу шарт, кўпинча, завод гарантия берганлигидан текширилмайди.

3. Кўриш ўқи vv_1 цилиндрик адилак ўқи hh_1 га параллел бўлиши керак ($vv_1 = hh_1$). Бу нивелирнинг энг зарур шартн 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 l_1 ўлчанади, кейин 50—60 м масофадаги В нуқтага қўйилган рейкадан санок в олинади. Агар кўриш ўқи адилак ўқиға



XIII. 13- шакл,

параллел бўлмаса, кўриш нури горизонтал йўналишда кетмай (пунктир чизик), қия on_1 чизик бўйлаб кетади-да, санокни x қадар охиради, шунда нисбий баландлик қуйидагича бўлади:

$$h = i_1 - (b - x). \quad (a)$$

Кейин нивелир B га кўчирилиб, горизонтал вазиятга келтирилгач, асбобнинг баландлиги i_2 ўлчанади, ва A даги рейкадан a санок олинади (XIII.13-шакл, б). Шунда

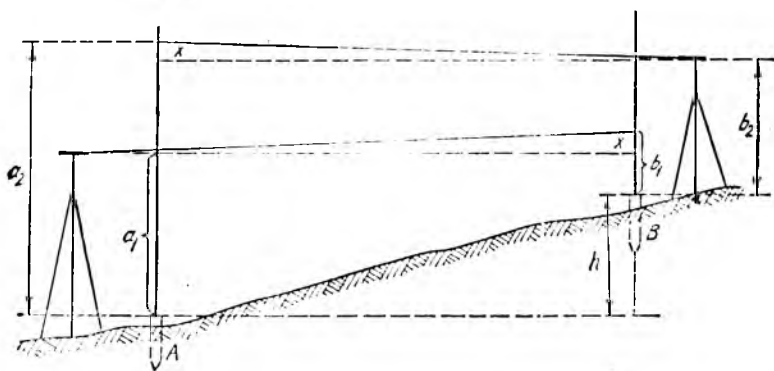
$$h = a - x - i_2 \quad (б)$$

бўлади. Агар (а) дан (б) айрилса, параллел бўлмаслик хатоси x чиқади:

$$x = \frac{a + b}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}. \quad (XIII.19)$$

Агар $x \leq 4$ мм бўлса, хато йўл қўярли ҳисобланади, акс ҳолда асбоб қуйидагича тузатилади: аввал $n = a - x$ бўйича тўғри санок қиймати топилади, кейин элевацион винт ёрдамида тўғрининг ўрта илп n санокқа тўғриланади. Шу вақт адилак пуфакчасининг паллалари бир-биридан ажралади. Буни тузатиш учун 5 даги пластинка сурилиб, адилакнинг вертикал тузатиш винтлари буралади ва паллалар бирлаштирилади. Асбобнинг тузатишга ишонч ҳосил қилиш учун текшириш такрорланади.

2-усул. ИЗ нивелирининг 3-шартини (XIII.19) формула ёрдамида аниқлашда асбоб баландлиги i ўлчанади, буни етарли даражада аниқ қилиш қийин. Шунга кўра, асбоб баландлигини



XIII. 14- шакл.

ўлчамасдан, қуйидагича текшириш қулай. Бир-биридан 70 м ча масофада A ва B нуқталарни олиб, қозиклар билан белгиланади. A дан 3—4 м олдинга (XIII.14-шакл) нивелирини ўрнатиб, горизонтал ҳолатга келтиргач, A ва B нуқталарга қўйилган рейкалардан a_1 ва b_1 саноклар олинади. Бунда ҳам параллел бўлмаслик хатоси x таъсир этиб, нисбий баландлик қуйидагича бўлади:

$$h = a_1 - (b_1 - x). \quad (a)$$

Кейин нивелир B дан 3—4 м нарига ўрнатилади-да, горизонтал ҳолатга келтирилиб, A ва B даги рейкалардан a_2 ва b_1 саноклар олинади. Шунда,

$$h = a_2 - x - b_2 \quad (б)$$

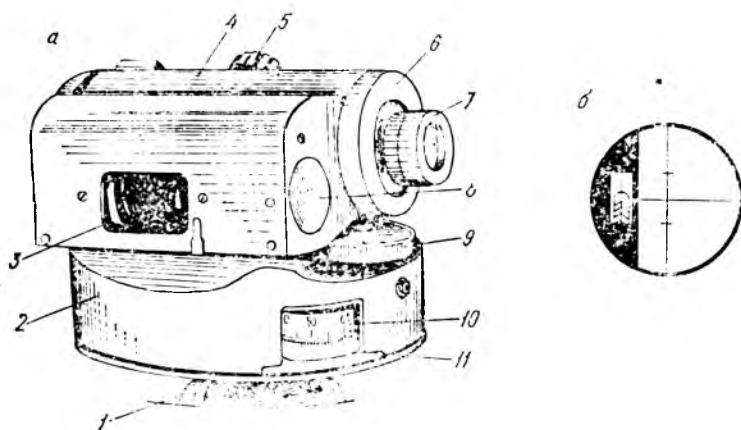
бўлади; (а) дан (б) ни айирсак, қуйидаги чиқади:

$$x = \frac{a_2 - a_1}{2} - \frac{b_2 - b_1}{2}. \quad (XIII.20)$$

x нинг қиймати ± 4 мм дан катта бўлса, $a - a_2 - x$ бўйича a ни ҳисоблаб, труба шу санокқа элевацион винт ёрдамида тўғриланади, кейин адилак палласарининг бир-биридан қолгани 5 даки вертикал тузатиш винти воситасида бирлаштирилади.

XIII.9. НТ нивелири

ГОСТ 10528-69 га бинсан чикариладиган *НТ* нивелири адилакли бўлиб (XIII.15- шакл), труба^{си} 4 қатта, труба^{нинг} ён томони^{на}, НЗ даги каби, ёниқ контактли цилиндрик адилак 3 ўрнатилган; унинг тузатиш винтлари окулярнинг чан ёнида турган адилак корпусидаги пластинка 8 билан беркитилган. Нивелир доиравий ади-



XIII. 15- шакл. НТ (Н — 10 да) нивелири. а — ушундан аниқлаш.

1 — тизим, 2 — ёлди, 3 — цилиндрик адилак, 4 — кўриш труба^{си}, 5 — кўриш винт, 6 — кўриш, 7 — окуляр, 8 — цилиндрик адилак пластинка, 9 — кўриш винт, 10 — кўриш, 11 — горизонтал доира, 12 — вертикал доира, 13 — труба кўриш майдони.

лак билан горизонтал ҳолатга тахминан келтирилади. Кейин цилиндрик адилакнинг палласари элевацион винт 9 билан бирлаштирилади. Адилак палласари кўриш майдонининг чан томонида кўринади. Нивелирларда кўриш винтлари ўрнига парсимон таглик (мослама) бўлиб, нитативла оғини (қийнайини) турғизини нитидаги даста орқали бошқарилади. Нивелирларда сўғини ва қаратиш винтлари бўлмагачдан нивелир парсага қўл билан қаратилади.

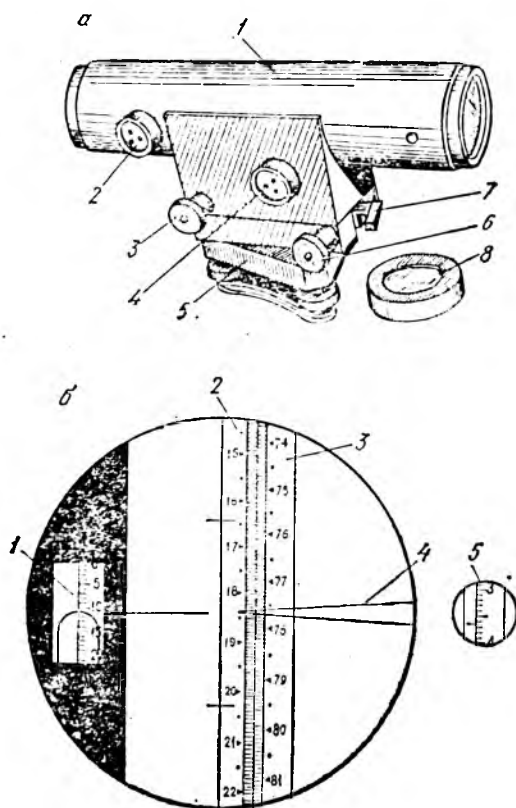
Труба горизонтал доира 10 устига ўрнатилган бўлиб, унинг бўлаклари ён томонидаги маълум кенгликдаги дарчадан кўринади. Лимб бўлакларининг қиймати 1', верньер 11 ёрдамида 6' аниқлик билан саноқ олинади. НТ нивелири билан горизонтал бурчакларни ўлчаш ҳам мумкин.

НТ нивелири НЗ каби текширилади ва тузатилади.

ХIII.10. Н2 ва Н1 нивелирлари

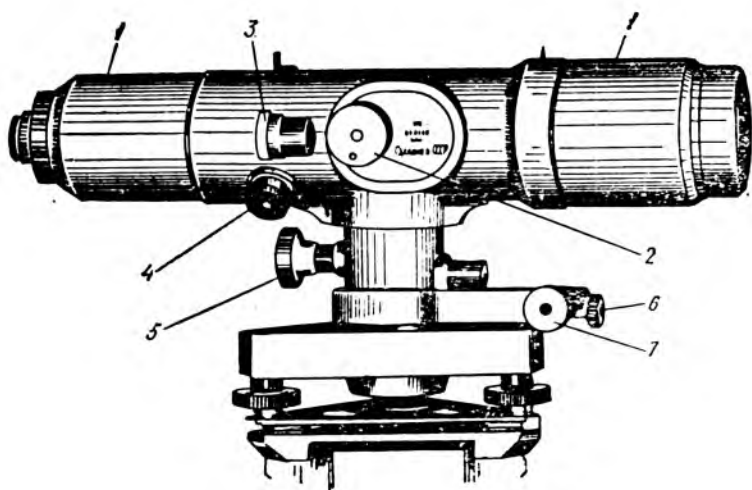
Н2, Н1 нивелирлари НА-1, НБ-3 нивелирлари асосида яратилган бўлиб, ГОСТ 10528-76 га биноан чиқадиган энг аниқ Н-05 нинг намунаси ҳисобланади.

Н2 нивелири. ГОСТ 10528-69 га кўра, II класс нивелирлашда ишлатилади. Бўлаклари ХIII.16-шакл, а да келтирилган. Н2 нивелири горизонтал вазиятга, НЗ нивелири каби, доиравий адилак билан тахминан, труба ёнидаги контактли цилиндрик адилак билан эса аниқ келтирилади. Н2, Н1 ларда кўриш трубасининг ишлар тўри 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. Н2 нивелири. а — умумий кўриши:

1 — труба телескопа, 2 — кремальерный винт, 3 — элевационный винт, 4 — оптический микрометрический механизм, 5 — таглик, 6 — қаратиш винти, 7 — сиқувчи винт, 8 — қўшимча линза, 6 — труба кўриш майдони: 1 — контакт адилак ярим паллаларининг тасвири, 2 — рейканинг асосий қисми, 3 — ёрдамчи шкалалар, 4 — биссектор, 5 — оптический микрометр шкаласининг тасвири, саноқ: 161, 367.



ХIII. 17- шакл. III нивелири:

1 — кўриш труба, 2 — ясси-параллел пластинка барабани, 3 — лупа, 4 — кре-
мальер винт, 5 — элевацион винт, 6 — маҳкамлаш винти, 7 — қаратиш винти.

Рейка махсус ишланган, ҳар бир бўлакнинг қиймати 5 мм. Рейкада икки қатор шкала бўлиб, ўнгдагиси ҳар 5 см дан бўлинган, бўлакнинг қийматлари 0 дан 60 гача ёзилган; бу асосий шкала дейилади. Чап томондагиси 2 ёрдамчи шкала бўлиб, унга 60. дан 119 гача ёзилган. Шкалалар рейкага ёпиштирилган инвар полосага чизилган. Ўнгдаги шкала чапдагидан 2,5 мм силжитилган, рейка доғравий адиллак билан таъминланган.

Баъзан инженерлик ишларида кўриш нури баландлигига шка-
лали марка ёпиштирилган рейкалар ишлатилади.

Н2 нивелирининг объективи олдида ясси-параллел пластинкали насадка ва унинг олдида оптик пона ўрнатилган, у кўриш нури-
ни $\pm 40''$ гача ўзгартиради, унга оптикавай микрометр ишланган. Қисқа масофаларга қараш учун объективга ёрдамчи линза 8 (ХIII.16- шакл, а) ўрнатиладиги, бунда 1 м гача масофани кўриш мумкин.

Н1 нивелири ҳам энг аниқ нивелир бўлиб, I класс нивелир-
лашда ишлатилади (ХIII.17- шакл). Трубанинг катталаштириши 45° , массаси 7 кг, дальномер коэффициентини $K = 100$. Бунда ҳам Н2 даги рейка ишлатилади. Кўриш майдони ҳам ХIII.16- шакл, б даги каби. Нивелир термозолацион, яъни цилиндрлик атилак, ясси-параллел пластинка ва призмалар блокти кўриш труба, яъни ичига жойланган, шунинг учун унга ҳаводаги ўзгариш таъсир этмайди. Ясси-параллел пластинка $\pm 15''$ гача айлана олади, бунда рейка штрихларининг тасвири вертикал текислик бўйлаб силжийди, бу билан улар труба биссекторига тўғриланади. Рейка тасвири окулярдан қараладиган тўрда ҳам кўринади. Ясси-параллел пла-
стинка нивелир ўнг томондаги барабани маховик 2 ёрдамида бу-

раш орқали қийшайтирилади. Барабанини айлантирганда ясси-параллел пластинка горизонтал ўқда айланади. Бу пластинка кўриш ўқиға перпендикуляр бўлганда барабан саноғи 50 бўлади, пластинканинг қанча оғини барабандан олинадиган саноқ билан белгиланади. Саноқ олти барабанининг айланаси 110 бўлакка бўлинган, бу бўлаklarнинг 100 таси асосий бўлиб, уларнинг ҳар 10 тасига қиймаглар белинган; булардан таңқари, шкалаларнинг икки учидан белинган ёрдамчи бўлаklar чизилган. Бўлаklarдан чап томондаги думалоқ учли индекснинг ўнг учи бўйича саноқ олинади. Саноқни аниқроқ олти учун лупа 3 дан қаралади. Асбобда деярлий адилак ўрнида ўзаро перпендикуляр ўриятилган иккита кичик цилиндрлик адилак жойлашган, булар ёрдамида тахминий горизонтал ҳолатга келтирилади, бу адилаклар *ўриятиши адилак-лари* дейилади.

Асбоб ўриятиши адилаги ёрдамида горизонтал ҳолатга келтирилган, труба рейкага қаратилиб, элевацион винт билан контакт адилак паллалари бириктирилади. Кейин ясси-параллел пластинка барабани 4 ни бураб, тўрнинг горизонтал иши бессектори рейкадаги яқин штрихга тўғриланади (XIII.16-шакл, б да 18 дан кейинги 4 штрих). Саноқ барабани бир бўлагининг қиймати рейка бир бўлагининг 0,01 узунлига тенг бўлганидан 0,05 мм га тенг. Шунга кўра, ясси-параллел пластинка барабани 100 бўлакка айлантирилса, кўриш нури рейкада бир бўлакка, яъни 5 мм га силжийди. Саноқ олтига бессекторни рейка штрихига қаратиб, рейка ва барабандан саноқ олинади, рейка саноғи рейка штрихининг номери бўлади, бу номер рейкадаги ярим дм ва ярим см сонини кўрсатади. XIII.16-шакл, б да 184. Кейин рейканинг ўндан бир ва юздан бир бўлаги барабандан олинади, бу кўриш майдонининг ўнг томондаги дарча 5 дан кўрилади. Ўндаги индекс бўйича саноқ 367 га тенг. Шунда ҳамма саноқ 184, 367 бўлади. Рейка бўлаги 5 мм га тенг бўлганидан, у саноқ 5 га кўнайtirилса, олган саноқ мм да нфдаланади ва $184, 367 \times 5 = 921, 835$ мм бўлади.

Нивелирланда қаратилиш усули ва тўғрилаш усули қўлланилади. Қаратилиш усули билан ишларда ярим паллалар бир-бирига тўғриланмай, улар учидан шкала бўйича саноқ олинади, саноқлар фарқи учун рейка саноғига тузатма киритилади. Аммуладаги шкала бир бўлагининг қиймати 4", фарқ бир бўлак бўлганда кўриш ўқи горизонтал ҳолатдан 2" оған бўлади. Тўғрилаш усули билан ишларда ярим паллалар бир-бирига тўғрилانганидан фарқ бўлмай, шунинг учун саноқ олинмайди.

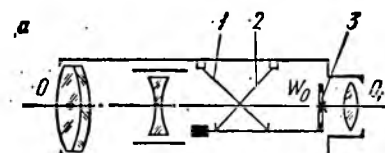
Ёрдамчи шкаладан ҳам саноқ юқоридаги каби олинади. Бунда саноқ олишни қулай қилиш учун тўрнинг вертикал чизиги бир оз ўнгга сурилиши керак.

XIII.11. Компенсаторли нивелирлар

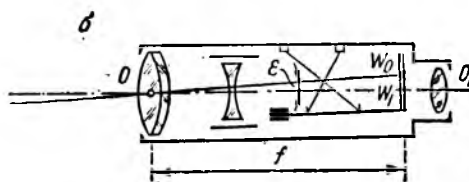
Бу нивелир ўзича, яъни адилаксиз компенсатор ёрдамида горизонтал ҳолатга келади. Буларда икки хил — иплар тўри силжийдиган ва кўриш нури оғадиган компенсатор ишлатилади,

ХIII. 18- шакл. Тўри силжийдиган компенсатор схемаси:

a — трубанинг горизонтал ҳолати, 1, 2 — кесилувчи иллар тўри, OO_1 — труба оптикавий ўқи, W_0 — OO_1 нинг горизонтал ҳолатдаги итрих ўрни, O — трубанинг қийшайган ҳолати.



Иллар тўри силжийдиган компенсатор (ХIII.18-шакл, а) шаклдаги схемадагидек ясалади. Иллар тўри 3 Г шаклдаги пластинкага ўрнатилган бўлиб, у бир-бирини кесиб ўтадиган 1 ва 2 иллар билан



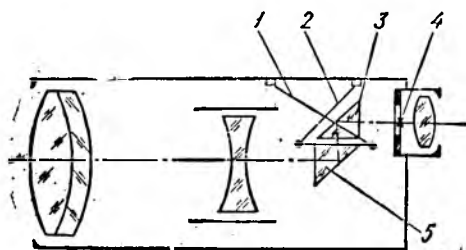
осилган. Трубанинг оптикавий ўқи OO_1 горизонтал турганда тўрининг горизонтал итрихи (ниш) W_0 ҳолатда турлади ва кўриш нури W_0O горизонтал бўлади, тўр иш бўйича рейкадан олинган саноқ тўғри бўлади.

Агар кўриш трубаи горизонтал ҳолатдан ϵ бурчак қадар қийшайса, (ХIII.18-шакл, б), у ҳолда иллар ёрдамида осилган компенсаторнинг туриши ўзгаради, бу билан тўрининг горизонтал итрихи ҳам оптикавий ўқ OO_1 га нисбатан W_1 дан W_0 га силжийдики, бу кўриш нурининг горизонтал ҳолатига тўғри келади; бунда ҳам олинган саноқ тўғри бўлади. Бу компенсаторни ясаида 1 ва 2 иллар узунлиги ва компенсатор осилган нуқталар ўрни ҳисобланиб, ҳаминша тўғри саноқ олинган мосланган.

Кўриш нури оғадиган компенсаторнинг схемаси ХIII.19-шаклда кўрсатилган, унда призма 3 ва иллар тўри 4 қўйғудмас қилиб ўрнатилган. Бунда нурнинг йўли бир-бирини кесиб ўтадиган призма 5 орқали ўзгаради.

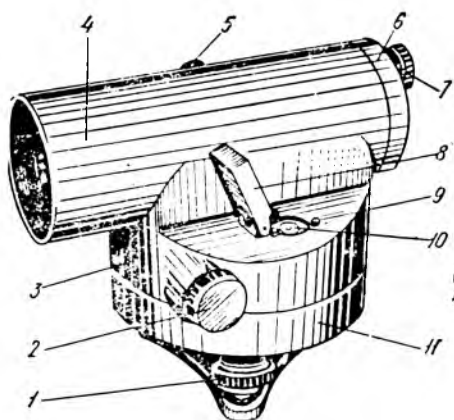
5 призма труба корпусига бир-бирини кесиб ўтадиган икки металл сим воситасида осилган. Трубанинг ҳолати ўзгарганда ҳам призма 5 кўриш нурини горизонтал ҳолатда сақлайди. Компенсатор бўлақларининг тебранишини тезда тузатиш учун магнитавий, ҳавоний демпферлар ишлатилади.

НС-4 нивелири. Бу нивелир ўзича ўрнатишви компенсаторли бўлиб, 1970 йилдан чиқарила бошлади (ХIII.20-шакл). Кўриш трубаи призмали оғадиган компенсаторли қилиб тилланган. Нивелир IV класс ва техникавий нивелирларида ишлатилади. Ас-



ХIII. 19- шакл. НС-4 нивелири компенсаторининг схемаси. Кўриш нури қийшайдиган компенсатор:

1, 2 — металл иллар, 3 — призма 4 — тўр, 5 — призма.



ХНЦ. 20-шакл. НЦ — 4 нивелирининг умумий кўрinishи:

1 — кўтаргич винти, 2 — маховик (микрометр винти), 3 — кўриш трубаcининг асоси, 4 — кўриш трубаcи, 5 — кремальер винти, 6 — тур қонқони, 7 — окуляр, 8 — кўру, 9 — адилак тузатгич винти, 10 — доиравий адилак, 11 — таглик.

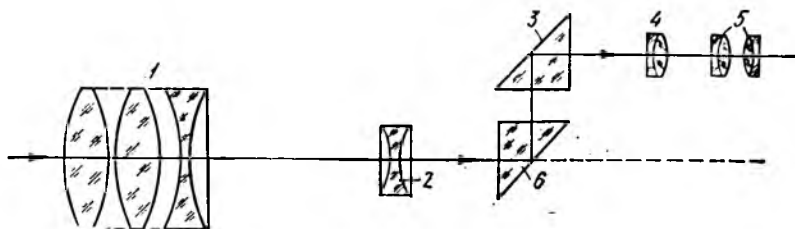
боб доиравий адилак 10 ёрдамида горизонтал ҳолатга келтирилади, унинг нуфакчаси 8 кўзгуда кўринади. Нивелирда махсус маҳкамлаш винтлари йўқ, кўриш трубаcи қўл билан айлантйрилиб, нарсга қаратилади. Трубаcи нарсга аниқ қаратиш учун винт ўрнидаги чексиз айланувчи маховик 2 айлантйрилади. Кремальер винт 5 билан фокусланади.

1974 йили компенсаторнинг сезувчанлигини ошириб, НСЗ шифри билан чиқарила бошлади ва III класс нивелирлашга мўлжалланди.

Нивелирининг асбобга горизонтал доира ўрнатиб, НСК4 шифри билан чиқариладиган тури ҳам ишлатилади. Бу нивелирларда кўриш трубаcи $\pm 15'$ қийшайганда ҳам кўриш нури компенсатор ёрдамида горизонтал ҳолатда туради.

НС-4 нинг оптик схемаси ХНЦ.21-шаклда берилган. Уч линзалы объектйв 1 га тушган нур фокуслаш линзаси 2 дан ўтиб, призма 6 га тушиб қайтгач 3 призмага тушади, унда сингач, тур 4 га, кейин окуляр 5 га тушади. 6 ва 3 лар — компенсатор призмалари.

Техник нивелир (Н-10 КЛ). Бу нивелир ГОСТ 10528-69 га бйноан НТСК шифри билан чиқарилади, 1 км масофани нивелирлашдаги ўрта квадратик хатоси 8 — 10 мм.



ХНЦ. 21-шакл. НС-4 нивелирининг оптикавий схемаси:

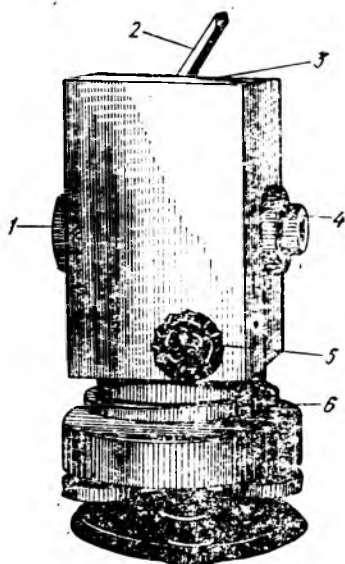
1 — объектйв, 2 — фокуслаш линзаси, 3 ва 6 — тўғри бурчакли призма, 4 — иллар тури, 5 — окуляр.

Нивелир ўзича ўрнашувчи компенсаторли бўлиб, ташқи томондан кўриниш вертикал ўрнатилган цилиндр шаклидадир (ХИИ. 22-шакл). Нивелирнинг оптик схемаси ХИИ.23-шаклда берилган.

Нивелирнинг компенсатори иккита катта 2 ва кичик 4 икки—пентапризмадан иборат бўлиб (ХИИ.23-шакл), улар бир-бирига ёпиштирилган ва кўриш трубаси корпусига маҳкамланган. Булардан ташқари, қуйи томонида рамкага ўрнатилган тўғри бурчакли ҳаракатчан призма 3 ҳам жойланган. Рамка фокусловчи маховик 5 ёрдамида (ХИИ.22-шакл) вертикал текислик бўйича ҳаракатга келтирилади ва бунда компенсаторнинг ҳаракатчан призмасининг ҳолати ва туриши ўзгаради ҳамда кўриш трубаси фокусланади. Ҳаракатчан призманинг тебраниши ҳаво демпфери билан йўқотилади.

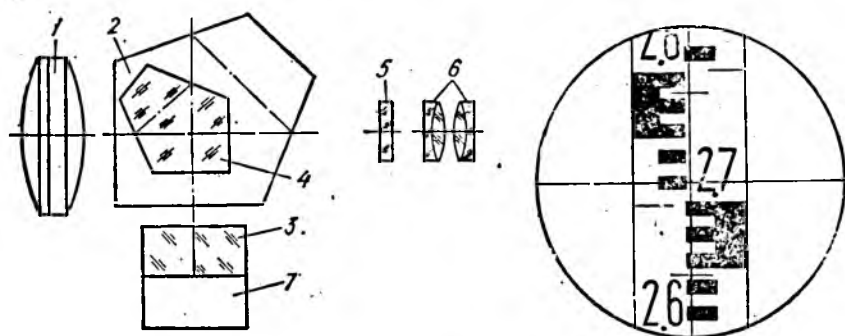
Кўриш трубаси ер трубаси бўлиб, тўғри тасвир беради. ХИИ.23-шаклда рейкадан саноқ олиш кўрсатилган. Саноқ пастдан юқорига олинганидан саноқ 23-шаклга кўра, 2716 бўлади.

НТ-6 нивелири. Бу нивелирни ВНИМИ лойиҳалаган бўлиб, вертикал труба кўринишида ясаладиган, ўзича ўрнашувчи техник нивелирdir; горизонтал доира ва дальномер иплари ўрнатилгани-



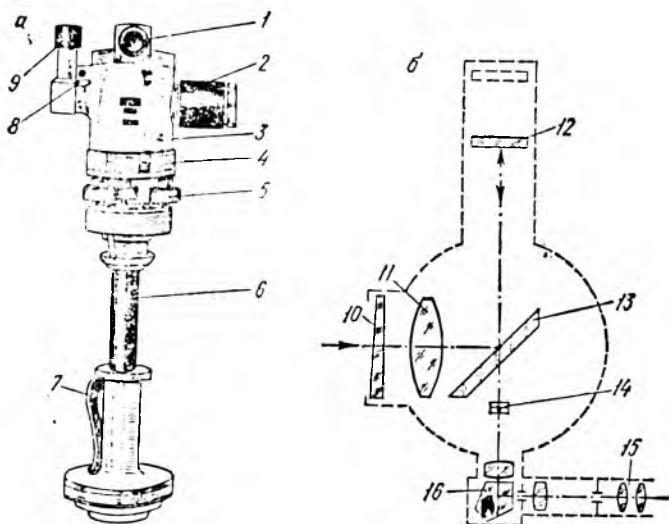
ХИИ. 22- шакл. НТСК (Н-10КЛ) нивелири:

1 — объектив, 2 — адилак қопқоғи, 3 — доврайий адилак, 4 — окуляр, 5 — фокусловчи вентил, 6 — горизонтал доира.



ХИИ. 23- шакл. НТСК нивелири кўриш трубасининг оптикавий схемаси:

1 — объектив, 2 — катта пентапризма, 3 — призма, 4 — кичик пентапризма, 5 — окуляр, 6 — окуляр, 7 — рамка, 8 — труба кўриш майдони, саноқ 2716 мм.



ХШ. 24- шакл. НТ-6 нивелири:

a — умумий кўриниш, *б* — оптиквий схемаси (юқоридан кўриниши) ва нур йўли. 1 — доиратан адилак, 2 — кремальер ҳалқа, 3 — вертикал цилиндр, 4 — горизонтал доира, 5 — кўтарғич винт, 6 — штанга, 7 — стопар рычаги, 8 — визир, 9 — окуляр, 10 — оптиквий пона, 11 — объектив, 12 — фокусловчи ойна, 13 — кўзгу, 14 — айналар тўри, 15 — окуляр, 16 — пентапризма.

дан уни тахеометр ўрнида ҳам ишлатиш мумкин (ХШ.24- шакл, *a*). Нивелир вертикал цилиндр 3 кўринишида ишлатиб, устига кўзгули адилак 1 ўрнатилган. Асбобни тахминий қаратиш учун окуляр 9 ёнига қолқимачик тиндаги визир 8 жойланган. Асбобда маҳкамлани ва қаратилиш винтлари бўлмай, қўл билан айлантирилади. Кўриш трубаesi ениқ бўлиб, у иштатган йўналишида ўқларнинг бир-бирига ниқаталаниш ҳисобига қимирламай туради. Кўриш ўқининг турғунлиги горизонтал ўққа осилган объектив 11 (ХШ.24- шакл, *б*), нур йўлини ўзгартувчи кўзгу 13 ва айналар тўри 14 блокидан ясалиб, шарикли подшпинник ёрдамида сақланади. Компенсатори тебранишдан магнитавий йўл билан тўхтайдн. Фокусловчи ойна 12 кремальер ҳалқа 2 ёрдамида ҳаракат қилади. Окулярни тирсак шаклида ишлатган, у асосий окуляр 15 ва айлантирувчи биризма 16 системадан ясалиб, тўғри тасвир ҳосил қилади. Окулярни айланувчан, кўзатувчи асбобнинг ўнг ёки чап ёнида туриб ёхуд тепадан қараб саноқ олини мумкин. Нивелирининг асосий шартини (кўриш ўқининг горизонтал бўлишини) текширишда кўриш ўқининг турнини ўзгартиш учун оптик пона 10 объективнинг оптик ўқиға перпендикуляр бўлган текисликда айлантирилади. Нивелир стопар рычаг 7 га ўрнатилган штанга 6 ёрдамида кўтарилади ва туширилади; бу билан асбоб горизонтини 500 мм га ўзгартиш мумкин. Нивелирининг туби пластинкали бўлиб, ҳар қандай штативга тўғри келади.

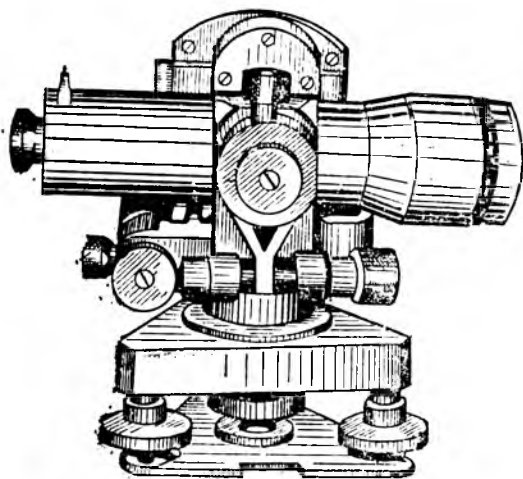
Бу нивелир, кўпроқ, айни асбоб горизонти билан вертикал текислик бўйича лойиҳавий отметкаларни жойга кўчиришда, станция•

даги нивелирлаш натижаларини асбоб баландлигини ўлчаш орқали текширишда, узоққа чўзилган кўтарилиш ёки пасайишда рейка кўринмаган ҳолларда ишлатилади.

ХIII.12. Қия кўриш нузли нивелирлар

Рельефи мураккаб жойларда ишлатишга мўлжалланган *НЛ-3* шифрли нивелир ҳам чиқарилган.

НЛ-3 (НЛС) нивелири — ташқи кўриниши ва бўлаклари ХIII.25-шаклда тасвирланган; нивелирнинг юмшоқ тупроқли (ботқоқлик) жойларда топографик съёмка ва инженерлик ишларида ишлатиш мумкин. Бунда қия ва горизонтал кўриш нури билан иш-



ХIII. 25-шакл.

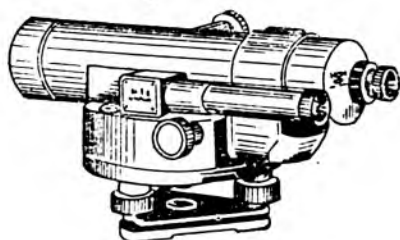
вेलитрланади. Кўриш трубасида қўшимча линза ва призмалар ўрнатилган бўлиб, булар орқали оптикaviй баландлик ўлчагич системаси яратилади, бу орқали қия кўриш нури билан нисбий баландлик аниқланиши мумкин. Нивелир аниқлигига онд тадқиқот ишлари давом этмоқда.

Демократик республикалар нивелирлари. Кейинги вақтда демократик республикаларда чиқадиған нивелирларнинг баъзилари билан танишайлик.

МН-ВЗ нивелири. — Бу нивелирнинг Венгрия демократик республикасидаги МОМ заводи чиқаради. III ва IV класс нивелирлашда, техникада ишлатилади. Нивелирнинг умумий кўриниши ва оптикaviй схемаси ХIII.26-шакл, *а*, *б* да келтирилган. Асбобда сиқиш винти бўлмай, нарсаларга қўл билан айлантриб қаратилади, аниқ қаратиш учун чексиз айланишни қаратиш винти буралади. Нивелирнинг лимби бўлиб, унда бўлак қиймати $1'$, санок микроскоп орқали олинади.

Нивелирга оптика-механик маятникли компенсатор ўрнатилган бўлиб, ўзгармас призма (ХIII.26-шакл, *б*) ва ёр оправага ўрна-

а



б



ХIII. 26- шакл.

тилган ҳаракатчан икки призмалардан иборат. Икки призма чизик бўйича тўртта пўлат сым воситасида осилган. Компенсатор $\pm 8'$ оралиғида ишлайди. Маятникнинг тебранишини 0,6 — 0,8 секунд орасида ҳаво демифери тўхтатади.

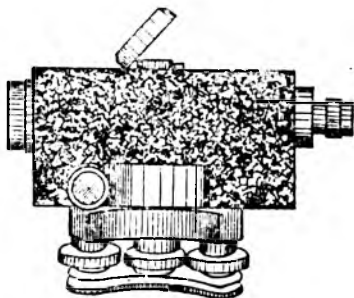
Асбобдан аниқ ишларда фойдаланишда ясси-параллел пластинкали насадка ўрнатилади.

МОН заводи $Li-B3$ нинг ўзгарган тури — $Li-B4$, $Li-B5$, $Li-B6$ ларини ҳам чиқаради.

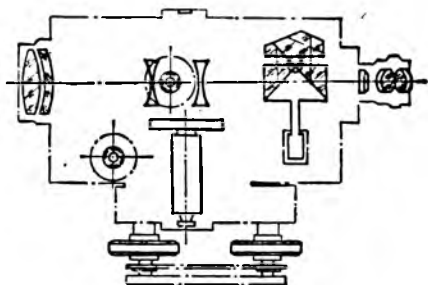
$Li-025$ нивелири — Германия демократик республикасидаги машҳур «Карл Цейсс» заводи чиқаради, ундан аниқ ишларда фойдаланилади. Асбоб ихчам ва енгил бўлиб, топографик ва инженерлик ишларида кўп ишлатилади. ХIII.27-шакл, а, б да унинг умумий кўриниши ва оптик схемаси берилган.

Асбобда ер трубаesi бор, у тўғри тасвир ҳосил қилади. Труба рейкага қўл билан қаратилади, чексиз айланувчи қаратиш винти билан аниқ тўғриланади.

а



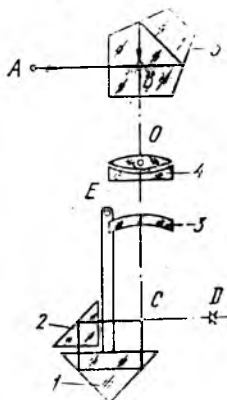
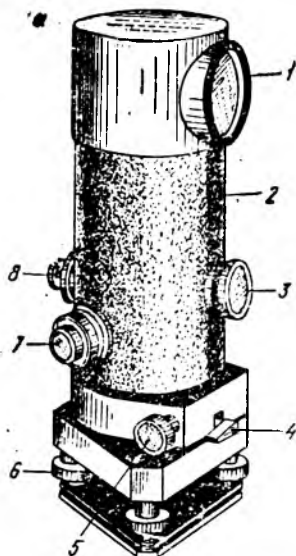
б



ХIII. 27- шакл.

ХIII. 28- шакл. Ni-007 (кони—007) нивелири. а — умумий кўриниши:

1 — объектив қопқоғи, 2 — кўриш труба, 3 — кремальер винти, 4 — маҳкамлаш рычаги, 5 — қаратиш винти, 6 — кўтаргич винти, 7 — пентапризмани айлантириш винти, 8 — окуляр, 9 — компенсаторнинг иш-лаш схемаси: 1 — ҳаракатчи-чии призма, 2 — ҳаракат-сиз призма, 3 — фокуслов-чи линза, 4 — объективи, 5 — пентапризма D — ил-лар тўғрining маркази.



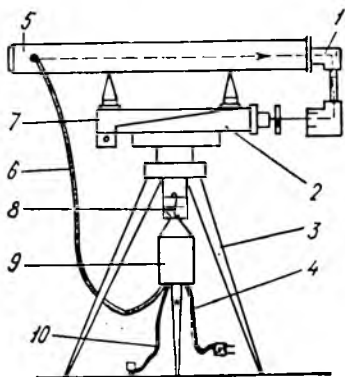
Нивелирда призмани компенсатор (ХIII.27-шакл, б) ма-ятникка ўрнатилган, труба корпусига призма маҳкамланган. Компенсатор $\pm 10'$ орасида ишлайди. Компенсаторнинг тебраниши ҳаво демпфери ёрдамида тўхтатилади.

Ni-007 нивелири — «Қарл Цейсс» корхонасида чиқари-лади, техникавий ва аниқ нивелирлашда ишлатилади. Нивелирнинг умумий кўриниши ва оптик схемаси ХIII.28-шакл а, б да келти-рилган. Аниқ нивелирлаш бажарилганда махсус ясалма ўрнатилиб, санок окуляр 8 тагидаги микрометр ёрдамида олиниши

Компенсатор E нуқтага осил-ган тўғри бурчакли призма 1 дан иборат бўлиб, $\pm 10'$ гача оғса, кўриш нури горизонтал ҳолатда туради. Бунинг учун доғравий адилакни горизонтал ҳолатга кел-тириш керак. Нивелирнинг труба-си перископик (бир томони қавар-иқ, бир томони ботиқ, ёни ясси бўлиб, атрофни кўрадиган), синиқ ва тўғри тасвир берадиган қилиб ишланган.

Лазерий нивелирлар — бу нивелирлар нисбий баландликни аниқлаш, нуқта отметкаларини белгилаш, йўналиш ва маълум ни-шабликдаги чизик ва текисликни жойга кўчириш каби ишларда қўл-ланилади.

Ёруғлик нуруни горизонтал ҳо-латга келтиришга қараб, адилак-



ХIII. 29- шакл. Нивелирга ўр-натилган лазервий қўйма:

1 — оптиквий насадка, 2 — нивелир, 3 — штатив, 4 — таъминлаш шнури, 5 — лазернураги, 6 — юқори вольтли ка-бель, 7 — қўришпейи, 8 — илгак, 9 — таъмин манбаи, 10 — ерлаш шнури.

ли ва компенсаторли бўлади. Ўз горизонтал ҳолатини ўзгартирмайдиган ёки горизонтал текислик бўйича айланадиган лазерий визирлар ҳам ишлатилади. СССР да ЛН-56 нивелири ва ЛВ-5 визирни кўплаб чиқарилади.

Насадкали КР2 шифрли ўзича ўрнашувчи лазерий нивелирлар ҳам ишлатилади. Лазерий қўйма нивелир ХН.29-шаклда келтирилган.

1981 йилги Москва халқ хўжалиги кўргазмасида «Вильд» фирмасининг НАК1, НАК2, НАКД, N2, N3 шифрли нивелирлари ҳам намоён қилинган, булар сўнгги техника ютуқлари асосида донрали ва компенсаторли қилиб ишланган.

ХН.13. Геометрик нивелирлашдаги хатолар

Нивелирлаш ҳам ўлчашнинг бир тури бўлганидан, нивелирлаш натижаларига қуйидаги хатолар таъсир этади:

- 1) трубаини қаратиш хатоси, m_k ;
- 2) адилак пуфакчасини ноль нуқтага келтириш хатоси, m_n ;
- 3) рейка бўлақларидаги хато, m_a ;
- 4) адилак ўқининг параллел бўлмаслиги хатоси, m_d ;
- 5) санокни яхлитлаш хатоси, m_s ;
- 6) рейканинг оғишидаги хато, m_p ; —
- 7) шаронт хатоси, $m_{ш}$.

Бу хатоларнинг ҳар бири санокқа мустақил равишда таъсир этгани туфайли, рейка санокнинг хатоси m_c (IV.25) формулага биноан, қуйидагича бўлади:

$$m_c = \pm \sqrt{m_k^2 + m_n^2 + m_a^2 + m_d^2 + m_s^2 + m_p^2 + m_{ш}^2} \quad (\text{ХН.1.21})$$

Қаратиш хатоси масофа d га тўғри, трубаининг катталаштириши ν га тескари пропорционал ошади. Трубаининг катталаштириши $\nu = 30''$ бўлса, критик бурчакни $60''$ десак, қаратиш хатоси $60:30 = 2''$ бўлади. Асбобдан рейкагача бўлган масофа $d = 100$ м бўлса, бу хато узунлик бирлигида қуйидагича бўлади:

$$m_k = \frac{2''}{206265''} \cdot 100000 \text{ мм} \cong 1,0 \text{ мм.}$$

Адилак пуфакчасини ноль пунктга қўйишдаги хато m_n ни бўлакнинг $0,1$ улушига тенг десак, у $0,1$ т бўлади; $\tau = 30''$ бўлганда $3''$ чиқади; бу хато орқали санок хатоси $d = 100$ м бўлганда

$$m_n = \frac{3''}{206265''} \cdot 100000 \cong 1,5 \text{ мм бўлади.}$$

Рейканинг дециметр бўлагидagi хато 1 мм бўлса, бунинг ўрта квадратик хатоси $m_a = \pm 0,33$ мм бўлади. Рейкадан санок олишдаги яхлитлаш хатосини $\pm 0,5$ мм дейиш мумкин. Асбобдан кетинги ва олдинги рейкагача бўлган масофа бир-бирига тенг бўл-

ганда адиллақ ўқининг кўриш ўқиға параллел бўлмаслигидан келган хато ва шаронт хатоларини эътиборга олинмаса бўлади.

Агар рейка вертикал тургандаги тўғри санок n , оғандаги санок $n_1 = n_2$ (XIII.8-шакл) бўлса, $\Delta n = n_1 - n$ бўлади. Бу хато кўриш нурунининг ердан баландлиги n ва рейка қалинлиги q орқали қуйидагича ифодаланади:

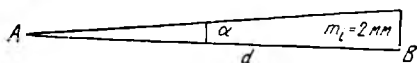
$$\Delta n = \frac{q^2}{2n} \quad (\text{XIII.22})$$

Агар $n = 2000$ мм, $q = 30$ мм бўлса, $\Delta n = 0,2$ мм бўлади, яъни кўриш нури ердан баланд бўлганда Δn хато кичик, n кичик бўлганда эса хато катталашади. Шунинг учун кўриш нури ердан 1 м атрофида баланд бўлганда рейкани тебратмасдан тик ушлаш керак. Агар (XIII.21) даги ҳар қайси хато ҳисобга олиниб, санок хатосини ҳисобласак, $m_c = \pm 2,0$ мм чиқади. Нивелирлаш шаронти аниқликка катта таъсир этганидан, очиқ ва тинч ҳавода нивелирлаш керак.

XIII.14. Нивелирдан рейкагача бўлган маъқул масофа

Трубанинг катталаштириши v , адиллақ бир бўлагининг қиймати τ ва асбобдан рейкагача бўлган масофа d билан рейка саногининг аниқлиги орасида чамбарчас боғланиш бэрлигини кўрдик. Нивелирлашда v ва τ га қараб, d ни белгилаш мумкин. Масалан, $\tau = 20''$, $v = 20^\circ$ бўлиб, пуфакчани ўртага келтириш хатоси $\pm 0,15$ τ бўлса, бу кўриш ўқининг горизонтал ҳолатдан $0,15 \cdot 20'' = \pm 3''$ ўзгартиради. Қараш хатоси $\pm \frac{60''}{v} = \frac{60''}{2} = \pm 3''$ бўлади. Шунда кўриш

нури икки хато таъсирида $\alpha = \pm 3'' \cdot \sqrt{2} = \pm 4''$ га ўзгаради. Агар d масофадаги рейкадан санок олиш хатоси $m_c = 2$ мм бўлса, кўриш нурунининг оғиши $4''$ билан 2 мм орасида (XIII.30-шакл)



XIII. 30- шакл.

қуйидаги боғланиш бўлади: $\frac{m_c}{d} = \operatorname{tg} \alpha$ ёки $\frac{2 \text{ мм}}{d} = \alpha'' \cdot \sin 1''$ ёки $\frac{2 \text{ мм}}{d} = \frac{4''}{206265}$. Бундан $d = \frac{2 \cdot 206265''}{4''} = 103$ м бўлади. Агар $v = 30^\circ$, $\tau = 20''$ бўлса, $d = 150$ м чиқади. Санок хатосини 1 мм қилиш учун $d = 50$ м бўлиши керак.

XIII.15. Геометрик нивелирлашни бажариш

Нивелирлаш ишлари қўйилган мақсад ва ишлаш усулига қараб учга бўлинади: 1) бўйлама нивелирлаш; 2) кўндаланг нивелирлаш; 3) юзани нивелирлаш.

Бўйлама нивелирлаш иши бир неча юз метр ёки километр масофада қуриладиган тош йўл, темир йўл ёки канал каби чизилгй иншоотлар қуриладиган жойининг ўрта чизиги бўйича олиб

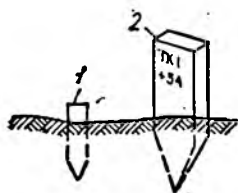
борилади ва бу чизик *иншоотнинг ўқ чизиги* дейилади. Бу ўқ чизик ўтадиган бўйлама жой *трасса* деб аталади.

Кўндаланг нивелирлашда трасса ўқ чизигининг икки ёнидаги рельефдаги характерли нуқталарнинг ўрилари ўқ чизикқа нисбатан аниқланиб, баландликлари бўйлама нивелирлаш вақтида нивелирланади.

Юзани нивелирлашда станция, стадион, аэропорт каби иншоот қуриладиган майдон юзасининг рельефи аниқланади ва горизонталлар билан тасвирланади. Бўйлама ва кўндаланг нивелирлаш натижалари бўйича бўйлама ва кўндаланг профил чизилади, юзани нивелирлаш натижаси бўйича план чизилиб унда жой рельефи тасвирланади.

Бўйлама нивелирлаш. Инженерлик ишларида асосан бўйлама техникавий нивелирлаш қўлланилади. Аввал жойда нивелирланадиган трасса белгиланиб, нивелирлашга тайёрланади. Қуриладиган иншоотнинг тури ва даражасига қараб, техникавий талабларини ва жой шароитини эътиборга олган ҳолда трасса ўрни (ўқ чизик) топографик катталарда белгиланади (лойиҳаланади). Кейин бу лойиҳаланган иншоотни жойга кўчириш керак бўлади. Картада ўқ чизик ўрни белгилангач, бош ва охири томонлар йўналиши (азимутлари) карта тўрлари бўйича аниқланади. Картада лойиҳаланган трасса асосий нуқталарининг ўринини жойда белгилашда жой шаронтига қараб съёмка усулларидан фойдаланилади. Бу иш таянч пунктларга асосланиб олиб борилиши керак, албатта. Жойда трасса ўтадиган ўринини белгилаш, съёмка учун керакли объектларни аниқлаш ва зарурий нуқталарни мустаҳкамлаш каби ишлар мажмун қидириш ишлари дейилади. Трасса ўринини белгилашда олиб бориладиган дала ишлари *трассалаш* дейилади. Трассалашда қуйидаги ишлар қилинади: а) трасса ўқ чизигининг йўналиши ва бурилишдаги бурчак учлари белгиланади ва маҳкамланади, б) бурилиш бурчаклари қиймати ўлчанади, в) трасса ўқ чизиги ўлчаниб пикетларга бўлинади, г) трасса съёмка қилинади, д) аниқлаш учун чизик қайтадан ўлчанади. Бу ишлардан кейин нивелирлаш бошланади.

Пикетлаш. Трассалашда ўқ чизик узунлиги ўлчаниб, маълум оралиқларга бўлинади ва ўқ чизикнинг баландлик бўйича характерли нуқталарининг ўрни белгиланадики, бу иш *пикетлаш* дейилади. Пикетлашда нуқталар пикет ва плюс нуқталарга бўлинади. Ҳар юз метр масофа *пикет* дейилиб, *ПК* белгиси билан кўрсатилади. Трасса бош нуқтаси *0* дан бошланиб, бу нолинчи пикет деб *ПК 0* шаклида белгиланади. Икки қўшн пикет орасидаги жойнинг баланд-пастлик бўйича характерли нуқтаси *плюс нуқта* дейилади ва ўрни олдинги пикетга нисбатан ўлчаб топилади. Ўринини белгилашда пикет номеридан кейин плюс ишораси қўйиб, унинг пикетдан узоқлигини кўрсатувчи сон ёзилади. Ҳар нуқтага икки қозик қоқилади, бири ер юзасидан 1,5 — 2 см чиқарилиб қоқилади ва *нуқта 1* деб аталади (ХIII.31-шакл), нивелирлашда рейка шу



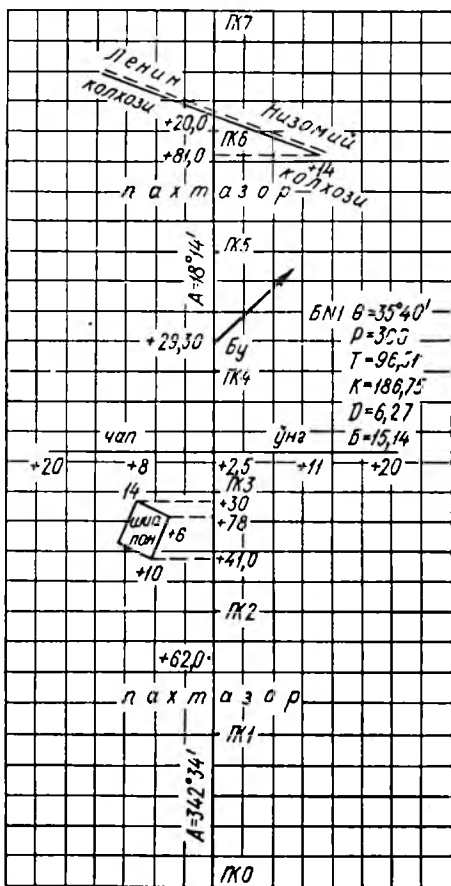
ХIII, 31- шакл.



ХIII. 32- шакл.

қозық устига қўйилади. Иккинчи нукта қозықдан 15 — 20 см олдинда ердан 10 — 15 см чиқариб қоқилади ва қоровул қозық дейилади: бу «нукта» ўрнини топишга ёрдам беради. Қоровул қозықнинг бир ёни текисланган бўлиб, бунига пикетлашдаги нукта ўрнини кўрсатувчи сси ёзилади (ПК 1 + 54). Ёғоч қозықлар узунлиги ернинг қаттиқ-юмшоқлигига қараб, 15 — 30 см гача бўлади. Ёз пайтларда ёғоч қозық ўрнига темир қозық ишлатилади. ХIII.32-шаклда трасса ўқ чизигини пикетлаш кўрсатган. Жой ПК 0 дан

+ 65,00 м гача кўтарилиб, кейин пасаядики, + 65,00 жойининг характерли нуктаси бўлганидан плюс нукта қилиб олинади. Ўрни қоровул қозыққа ПК 0 + 65,00 каби ёзилади. + 65,00 дан 35 м ўлчанса, ПК 1 ўрни тегилади; қозық қоқиб шаклдаги каби маҳкамланади. Кейинги плюс нукта ПК 1 дан 54,00 м масофада бўлиб, ўрни ПК 1 + 54,00 каби кўрсатилади. Пикетлашда ўқ чизигининг плани, яъни ўнг ёки чапга бурилиши, икки ёнидаги жой тафсилоти миллиметрли қоғоздан тайёрланиб, ёнига эмас, бўйиша очиладиган махсус дафтарчага чизилади ва чизмалар ёнига ўлчаш натижалари ёзилади, бу пикетлаш дафтарчаси дейилади. Тафсилот характерли нукталарининг ўрни ўқ чизыққа нисбатан перпендикуляр усули билан аниқланади, пикет ва плюс нукталар ўрни дафтарчага масштаб бўйича қўйилади ва қийматлари ёзилади; мисол учун

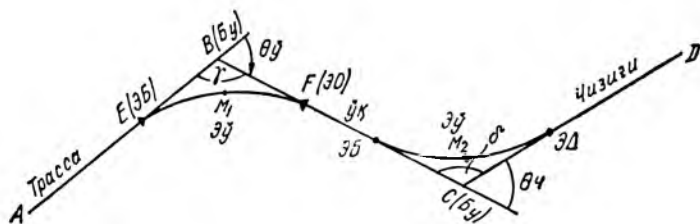


ХIII. 33- шакл.

дафтарчининг бир бети келтирилган (XIII.33-шакл), унда ПК 3 + 30,00 да қўдаланган чизик (поперечник) олингани, шийшон ўрни перпендикуляр усули билан съёмка қилингани кўрсатилган. Йўл ўқ чизик ПК 4 + 29,30 да ўнгга бурилган, бурилиш бурчаги ва эгри чизик элементлари кўрсатилган. Жойдаги экин турлари ҳам ёзиб қўйилган. Пикетлаш дафтарчасидан нивелирлаш ва профиль чизишда фойдаланилади.

XIII.16. Эгри чизиклар ва уларни режалаш

Чизикни нишоотлар ҳамма вақт бир йўналишда тўғри кетмай, балки жой шаронти ва бошқа сабабларга биноан бош йўналишга нисбатан ўнг ёки чапга бурилади (XIII.34-шакл). Масалан, $ABCD$... трассаси A дан бошланиб, B нуқтада ўнгга θ_y бурчак билан бурилади, кейин C нуқтада чапга θ_4 бурчак билан бурилади. Бу θ_y ва θ_4 лар *бурилиш бурчаги* дейилади. Бурилиш бўлган жойлар-



XIII. 34- шакл.

да нишоот (йўл, канал) эгри чизик бўйича қурилмай, шаклдаги каби эгри чизик бўйича қурилади. Бурилиш бўлган B ва C нуқталар *Бу* (бурчак учи) билан белгиланади. Эгри чизик бурчак учини B нинг чап томонидаги E дан бошланиб, ўнгдаги F нуқтада тугайди. E ни $ЭБ$ (эгри чизик боши), F ни эса $ЭО$ (эгри чизик охири) билан кўрсатилади. Эгри чизикнинг ўртаси M эса $ЭЎ$ ҳарфлари билан белгиланади. $ЭБ$, $ЭО$ ва $ЭЎ$ эгри чизикнинг *бош нуқталари* дейилади. Трассадаги ҳар қайси бурилишнинг ўзига хос бош нуқталари бўлади.

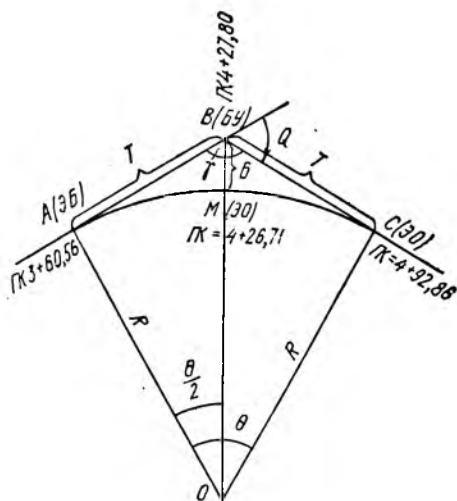
Эгри чизик бурилиш бурчагининг катталиги ва техникавий талабларга қараб турли радиус ва турли усулда ўтказилади. Бурилишдаги эгри чизик бош нуқталарини лойиҳага биноан жойда белгилашдаги геодезик ўлчаш ишларининг мажмун *эгри чизикни режалаш* дейилади.

Қуриладиган нишоотнинг талабига қараб, эгри чизик икки хил режаланади: а) доиравий эгри чизик бўйича; б) ўтма эгри чизик бўйича. Тош йўл ва каналларни режалашда кўпроқ доиравий эгри чизик усули қўлланилади, лекин темир йўллар, кўпроқ, ўтма эгри чизик билан режаланади.

Эгри чизик икки босқичда режаланади: 1) эгри чизикни бош нуқталарда режаланади; 2) эгри чизик мукамал режаланади.

Доиравий эгри чизик ва унинг элементлари. Агар эгри чизик бошидан охиригача бир радиус бўйича ўтказилса, до-

иравий эгри чизик бўлади. Масалан, XIII.35- шаклда трасса В нуқтада θ бурчак билан ўнгга бурилди, дейлик. А ва С нуқталар эгри чизик боши (ЭБ) ва охири (ЭО) бўлсин. А ва С нуқталардан АВ ва ВС ларга чиқарилган перпендикуляр О нуқтада кесинишда ва бу нуқта эгри чизикнинг маркази, $OM=AO=OC=R$ эгри чизикнинг радиуси бўлади. В ни О билан туташ тирилса, VO — γ бурчакининг биссектрисаси бўлади. $BA=BC=T$ — эгри чизикнинг тангенсин. $BM=B$ — эгри чизикнинг биссектрисаси. Эгри чизикнинг боши (ЭБ) ва охири (ЭО)



XIII. 35- шакл.

ни топиш учун T қийматини, ЭЎ ни топиш учун эса B қийматини аниқлаш керак. ABO учбурчакликда $AB=T=AO \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}$ ёки

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \quad (\text{XIII.27})$$

бўлади.

$$B = BM = OB - MO = \frac{OA}{\cos \frac{\theta}{2}} - MO = \frac{R}{\cos \frac{\theta}{2}} - R \quad \text{ёки}$$

$$B = R \left(\sec \frac{\theta}{2} - 1 \right) \quad (\text{XIII. 28})$$

бўлади. Йўл $AMC=K$ эгри чизик бўйича қурилади, бу ёй эгри чизикнинг узунлиги бўлади; 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 $\rho = 180^\circ:\pi$ бўлиб, қиймати $3438' = 206265''$ га тенг.

Пикетлаш ABC чизик бўйича олиб борилади, $ABC = 2T$ бўлиб, унинг эгри чизик 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 чизик элементлари дейилади. Бу эгри чизик элементларини ҳисоблаш учун бурилиш бурчаги θ ва R маълум бўлиши керак. R нинг қиймати иншоот талабига қараб, техникавий қондалар бўйича берилади, лекин бу-

риллиш бурчаги θ нинг қийматини жойда теодолит ёрдамида ўлчаш керак.

Бурилиш бурчагини ўлчаш. Теодолитни бурчак учи B га ўриштириб, A ва C га қаралади-да, тўлиқ приём усулида ўнг бурчак γ ўлчанади, шунда $\theta_\gamma = 180^\circ - \gamma$ бўлади. Агар бурилиш чапга бўлса (XIII.34-шакл), C нуқтадан D ва B га қараб, δ бурчак ўлчанади, кейин $\theta_\delta = 180^\circ - \delta$ бўлади. Катта аниқлик талаб қилинмаганда θ нолларни тўғрилаш усулида қуйидагича ўлчанади. $D\gamma$ ҳолида I верньер нолини лимб нолига тўғрилаб, алидада маҳкамланади. Лимбни бўшатирилиб, труба бош йўналиш бўйича A га қаратилади ва лимб маҳкамланади. Кейин трубани зенит орқали айлантирилиб, алидада бўшатилади-да, C га қаратилади. Шу турришда I верньердан олинган саноқ n ўнгга бурилиш бурчаги θ_γ қиймати $n = \theta_\gamma$ бўлади. Агар бурилиш чапга бўлса, юқоридагидек ишланади, лекин чапга бурилиш бурчаги θ_δ қиймати I верньердан олинган саноқнинг 360° дан айирилганига тенг бўлади, яъни $\theta_\delta = 360^\circ - n$ (n — олинган саноқ).

Эгри чизик элементларини ҳисоблаш. T , K , B ва D қийматлари R ва θ бўйича (XIII.27—30) формулалар ёрдамида ҳисобланади. Лекин амалий ишларда XIII.27—30 формулалар асосида тузилган махсус жадваллардан фойдаланилади¹.

Жадвалдан фойдаланиш қондалари жадвал аввалида берилган бўлади. Агар жадвалда мисолдаги бурчак ва радиус қийматлари бўлса, элементлар қиймати ҳеч қандай ҳисобсиз жадвалдан олинди. Агар жадвалда мисолдаги радиус ва бурчак қиймати бўлмаса, интерполяция йўли билан аниқланади. Кўпинча $R = 1000$ м бўлганда элементлар қиймати ҳар минутдан берилади. Бу жадвалдан фойдаланганда жадвалдан олинган қийматлар $0,001 R$ га кўпайтирилади, яъни $R = 300$ бўлса, $0,3$ га, $R = 400$ бўлса, $0,4$ га кўпайтирилади. Қуйида мисол учун $R = 1000$ бўлиб, элементлар қиймати ҳар $10'$ да берилган жадвалдан намуна кўрсатилган².

Доиравий эгри чизик элементларининг жадвали

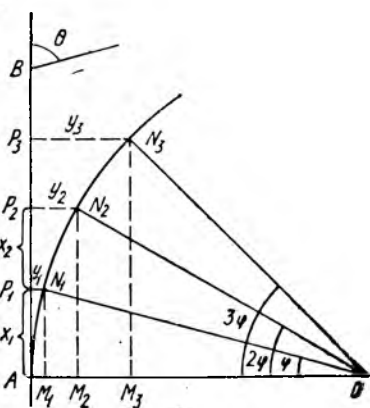
XIII.3-жадвал

$R = 1000$

Бурчак		Элементлар қиймати							
0	'	$T, м$	ΔT см	$K, м$	ΔK см	$D, м$	ΔD см	$B, м$	ΔB см
25	00	221,69	15	436,33	29	7,05			
	10	223,22	15	439,24	29	7,20			
	20	224,75	15	442,15	29				
	30	226,28	15	445,06					
	40	227,81	15						
26	50	229,34							
	00								

Мисол. $T = 67,24$ м, $K = 132,30$ м ва $D = 2,19$ м бўлиб,
 $B\gamma = 4 + 27,80$ бўлганда, бш нуқталар шикет ўрнилари қуйи-
 дагича бўлади:
 $B\gamma = 4 + 27,80$
 $T = 67,24$
 $3 + 60,56$
 60,56 да бўлади. Эгри

AB тангенс эса X ўқи бўлсин. Эгри чизиқда ҳар «к» метрда ётувчи $N_1, N_2, N_3, \dots$ нуқталар ўрнини аниқлаш керак. Бунинг учун аввал N_i нуқталарнинг координаталари x_i, y_i , яъни $x_1, x_2, \dots$ ва $y_1, y_2, \dots$ лар аниқланиши лозим. Шакл бўйича $AP_1 = x_1, AP_2 = x_2, \dots, AM_1 = y_1, AM_2 = y_2, \dots$; $AN_1 = N_1N_2 = N_2N_3 = \kappa$ бўлсин. κ қиймати радиус узунлигига қараб, 10 ёки 20 м бўлади. Шакл бўйича: $AO = N_1O = N_2O = N_3O = R$. κ га тўғри келган марказий бурчакни φ десак, у қуйидагича бўлади:



ХII. 36 шакл.

$$\varphi = \frac{180^\circ}{\pi R} \cdot \kappa = \frac{\rho}{R} \kappa. \quad (\text{XIII.36})$$

Учбурчаклик M_1N_1O дан $x_1 = AP_1 = M_1N_1 = N_1O \sin \varphi$ ёки $x_1 = R \sin \varphi$; $y_1 = P_1N_1 = AM_1 = AO - M_1O = R - N_1O \cos \varphi = R(1 - \cos \varphi) = 2R \sin^2 \frac{\varphi}{2}$. Худди шунга ўхшаш M_2N_2O учбурчакликдан $x_2 = R \sin 2\varphi$; $y_2 = 2R \sin^2 \varphi$; M_3N_3O учбурчакликдан $x_3 = R \sin 3\varphi$; $y_3 = 2R \sin^2 \frac{3\varphi}{2}$. Шу тартибда ишланганда x_n, y_n қийматлари қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned} x_n &= R \sin n\varphi, \\ y_n &= 2R \sin^2 \frac{n\varphi}{2}. \end{aligned} \quad (\text{XIII.37})$$

Режалашда T узунлиги ва κ қийматига қараб, координаталар сопи $n = \frac{T}{\kappa}$ ёрдамида аниқланади. Масалан, $T = 67,24$; $\kappa = 10$ бўлганда $n = \frac{67,24}{10} = 6$ бўлади, яъни x, y нинг 6 та қиймати топилади. Режалаш 20 м дан бўлганда эса x, y нинг 3 та қиймати топилади.

Координаталар асосида режалаш ҳам махсус жадвал бўйича олиб берилган. Масалан, юқорида айтиб ўтилган жадвалдан намуна келтирилган (XIII.4-жадвал). Унда κ қиймати 10 м дан ошиб боради; ўнгдаги графаларда κ га тегишли ($\kappa - x$) ва y лар қиймати берилган. $\kappa - x$ қиймати орқали x қийматини ҳисоблаш мумкин, лекин амалда 20 м ли лента билан ишлашда қуйидагича қилинади.

Доиравий эгри чизиқни мукаммал 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 бўлган A нуқтадаги сихчага лентанинг O учи илиниб, кейин лента тангенс чизиғи бўйлаб таранг тортилади, 20 м ли учи сихчага илиниб, сихча ерга қадалади. Кейин жадвалнинг κ қаторидан тегишли радиус қийматига қараб κ — x ва y қийматлари олинади. Масалан, жадвалда R = 300 м, κ = 10 м бўлганда κ — x = 0,00, яъни κ — x = 10; y = 0,17 м. Шунга кўра, лентанинг 10 м белгисидан чиқарилган перпендикуляр бўйича y = 0,17 м ни ўлчаб қўйилса, эгри чизиқдаги N₁ нуқта топилади; кейин жадвалдан κ = 20 м га тегишли κ — x = 0,01 ва y = 0,67 м олинади. Лентанинг 20 м ли учи илинган сихчадан орқага, яъни N₁ нуқта томон κ — x = 0,01 м ўлчаб қўйилади ва топилган нуқтадан перпендикуляр чиқариб унга y = 0,67 м ўлчаб қўйилса, N₂ нуқта топилади. Кейин лентани тангенс чизиғи бўйлаб давомига қўйиб, яъни лента O учини 20 м ли учи илинган сихчага илиб, лентани таранг тортиб 20 м ли учига бошқа сихча қадалади. Жадвал бўйича κ = 30 бўлганда κ — x = 0,05, y = 1,50 м олинади. ЭБ дан 30 м ёки лента учидан 10 м бўлган нуқтадан орқага κ — x = 0,05 м ни ўлчаб қўйилади ва топилган нуқтадан чиқарилган перпендикуляр бўйича y = 1,50 м ни ўлчаб қўйилса, N₃ нуқта топилади; режалаш шу тартибда давом эттирилади. Шу вақт топилган N₁, N₂, N₃, ... нуқталар ҳар 10 м да эгри чизиқда ётувчи нуқталар бўлади.

ЭО дан ҳам бурчак учига томон режалашда юқоридаги каби ишланади.

Координата усули текис ерда ва y қиймати 20 м дан катта бўлмаганда тўғри 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 чизигидан эгри чизиққа кўчириш. Трассани пикетлашда бурчак учи эгри чизиқнинг бош ва охириги нуқталарининг пикет ўрнилари тангенс чизиқларида аниқланган бўлади. Шу асосий нуқталар орасида пикет нуқта учраса, унинг ўрни ҳам тангенс чизиқларида белгиланади. Йўл ва канал эгри чизиқ бўйлаб қурилганидан, тангенс чизигидаги пикетни ҳам эгри чизиққа кўчириш керак бўлади; бу иш пикетни тангенсдан эгри чизиққа кўчириш дейилади.

Пикетни кўчириш координаталар усули билан бажарилади: бунинг учун пикет нуқтанинг координаталари ҳисобланиши керак.

монларида керакли нуқталар қуйидагича аниқланади. Масалан, A нуқта $ЭБ$, AB тангенс бўлсин (XIII.38-шакл). A дан бошлаб, ватар узунлиги S бир хит бўлган $N_1, N_2, N_3, \dots$ нуқталар ўрнини топиш керак. $AN_1 = N_1N_2 = \dots = S$ бўлсин; $S = 10$ ёки 20 м бўлади. Агар $N_1, N_2, \dots$ нуқталар марказ O билан туташтирилса, бир-бирига тенг φ бурчаклар ҳосил бўлади.

Уринма AB билан кесувчи AN_1 чизик орасидаги бурчак $\frac{\varphi}{2}$ га тенг. Тенг ёнли AN_1O учбурчакликдан $AO = N_1O = N_2O = \dots = R$ — радиус эканини эсласак, қуйидагини ёзамиз:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{S}{2R} \quad (\text{XIII.40})$$

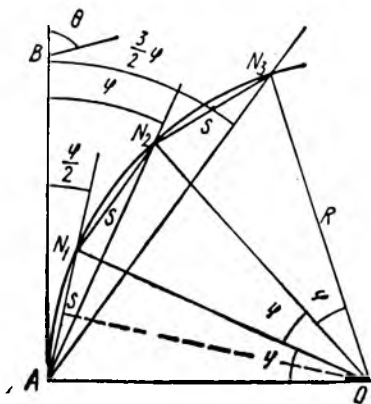
S ва R қиймати берилганда φ аниқланади, кейин қуйидагича режаланади.

A га теодолит ўрнатилади ва I верньер нолини лимб нолига тўғрилаб, алидада маҳкамланади, лимб айлантирилиб, труба B га қаратилади ва маҳкамланади. Алидадани бўшатиб, I верньер $\frac{\varphi}{2}$

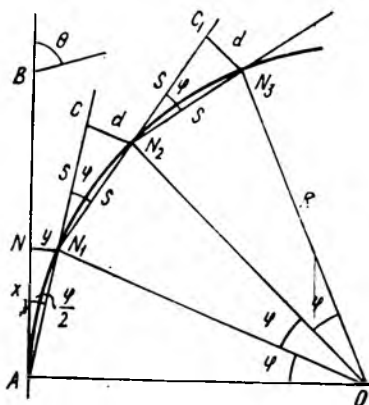
саноққа қўйилади, шу вақт AN_1 йўналиш ҳосил бўлади. Трубадан қараб, AN_1 йўналишига S қиймати ўлчаб қўйилса, N_1 нуқта топилади. Кейин алидадани бўшатиб, I верньер φ саноққа қўйилади. Бунда AN_2 йўналиш ҳосил бўлади. N_2 ни топиш учун лентанинг бир учини N_1 да ушлаб, иккинчи учини (агар $S = 20$ м бўлса) трубадан қарагандаги AN_2 йўналиш билан кесиштирилса N_2 чиқади. Шу тартибда давом эттирилади. Топилган нуқталар қознқлар билан маҳкамланади.

Бу усулда кейинги нуқталарни топишга олдинги нуқталарни топишдаги хато таъсир этади, шунинг учун аниқлиги унча бўлмайди.

Кетма-кет ватар усули. Бу усулда эгри чизикда ётувчи $N_1, N_2, \dots$ нуқталар ўрнини бир хил S узунликдаги ватарни кетма-кет қўйиш орқали аниқланади. S нинг узунлиги 10 ёки 20 м бўлади. Биринчи нуқта N_1 ўрни (XIII.39-шакл) x, y орқали ко-

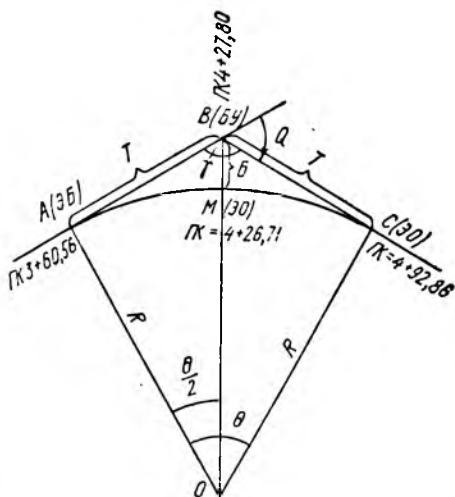


XIII. 38- шакл.



XIII. 39- шакл.

иравий эгри чизик бўлади. Масалан, XIII.35- шаклда трасса В нуқтада θ бурчак билан ўнгга бурилди, дейлик. А ва С нуқталар эгри чизик боши (ЭБ) ва охири (ЭО) бўлсин. А ва С нуқталардан АВ ва ВС ларга чиқарилган перпендикуляр O нуқтада кесинида ва бу нуқта эгри чизикнинг маркази, $OM = AO = OC = R$ эгри чизикнинг радиуси бўлади. В ни O билан туташ тирилса, VO — γ бурчакнинг биссектрисаси бўлади. $VA = VC = T$ — эгри чизикнинг тангенсин. $BM = B$ — эгри чизикнинг биссектрисаси. Эгри чизикнинг боши (ЭБ) ва охири (ЭО)



XIII. 35- шакл.

ни топиш учун T қийматини, ЭЎ ни топиш учун эса B қийматини аниқлаш керак. ABO учбурчакликда $AB = T = AO \lg \frac{\theta}{2}$ ёки

$$T = R \lg \frac{\theta}{2} \quad (\text{XIII.27})$$

бўлади.

$$B = BM = OB - MO = \frac{OA}{\cos \frac{\theta}{2}} - MO = \frac{R}{\cos \frac{\theta}{2}} - R \quad \text{ёки}$$

$$B = R \left(\sec \frac{\theta}{2} - 1 \right) \quad (\text{XIII.28})$$

бўлади. Йўл $AMC = K$ эгри чизик бўйича қурилади, бу ёй эгри чизикнинг узунлиги бўлади; 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 $\rho = 180^\circ: \pi$ бўлиб, қиймати $3438' = 206265''$ га тенг.

Пикетлаш ABC чизик бўйича олиб борилади, $ABC = 2T$ бўлиб, унинг эгри чизик 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 чизик элементлари дейилади. Бу эгри чизик элементларини ҳисоблаш учун бурилиш бурчаги θ ва R маълум бўлиши керак. R нинг қиймати иншоот талабига қараб, техникавий қондалар бўйича берилади, лекин бу-

рилиш бурчаги θ нинг қийматини жойда теодолит ёрдамида ўлчаш керак.

Бурилиш бурчагини ўлчаш. Теодолитни бурчак учи B га ўрнатиб, A ва C га қаратади-да, тўлиқ приём усулида ўнг бурчак γ ўлчанади, шунда $\theta_\gamma = 180^\circ - \gamma$ бўлади. Агар бурилиш чанга бўлса (XIII.34-шакл), C нуқтадан D ва B га қараб, δ бурчак ўлчанади, кейин $\theta_\delta = 180^\circ - \delta$ бўлади. Катта аниқлик талаб қилинмаганда θ нолларни тўғрилаш усулида қуйидагича ўлчанади. $D\bar{U}$ ҳолида 1 верньер нолини лимб нолига тўғрилаб, алидада маҳкамланади. Лимбни бўшатилиб, труба бош йўналиш бўйича A га қаратилади ва лимб маҳкамланади. Кейин трубани зенит орқали айлантирилиб, алидада бўшатилади-да, C га қаратилади. Шу тўришда 1 верньердан олинган саноқ n ўнгга бурилиш бурчаги θ_γ қиймати $n = \theta_\gamma$ бўлади. Агар бурилиш чапга бўлса, юқоридагидек ишланади, лекин чапга бурилиш бурчаги θ_δ қиймати 1 верньердан олинган саноқнинг 360° дан айрилганига тенг бўлади, яъни $\theta_\delta = 360^\circ - n$ (n — олинган саноқ).

Эгри чизик элементларини ҳисоблаш. T , K , B ва D қийматлари R ва θ бўйича (XIII.27—30) формулалар ёрдамида ҳисобланади. Лекин амалий ишларда XIII.27—30 формулалар асосида тузилган махсус жадваллардан фойдаланилади¹.

Жадвалдан фойдаланиш қондалари жадвал аввалида берилган бўлади. Агар жадвалда мисолдаги бурчак ва радиус қийматлари бўлса, элементлар қиймати ҳеч қандай ҳисобсиз жадвалдан олинади. Агар жадвалда мисолдаги радиус ва бурчак қиймати бўлмаса, интерполяция йўли билан аниқланади. Кўпинча $R = 1000$ м бўлганда элементлар қиймати ҳар минутдан берилади. Бу жадвалдан фойдаланганда жадвалдан олинган қийматлар $0,001 R$ га кўпайтирилади, яъни $R = 300$ бўлса, $0,3$ га, $R = 400$ бўлса, $0,4$ га кўпайтирилади. Қуйида мисол учун $R = 1000$ бўлиб, элементлар қиймати ҳар $10'$ да берилган жадвалдан намуна кўрсатилган².

Доиравий эгри чизик элементларининг жадвали

XIII.3-жадвал

$R = 1000$

Бурчак		Элементлар қиймати							
0	'	$T, м$	$\Delta T, см$	$K, м$	$\Delta K, см$	$D, м$	$\Delta D, см$	$B, м$	$\Delta B, см$
25	00	221,69	15	436,33	29	7,05		24,28	
	10	223,22	15	439,24	29	7,20	1	24,61	3
	20	224,75	15	442,15	29	7,35	1	24,94	3
	30	226,28	15	445,06	29	7,49	1	25,28	3
	40	227,81	15	447,97	29	7,64	1	25,62	3
26	50	229,34	15	450,88	29	7,80	1	25,96	3
	00	230,87		453,79		7,95	1	26,30	3

¹ Ганьшин В. Н., Хренов Л. С. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых. Киев, 1971.

² Нарходжаев К. Н. Таблицы по разбивке кривых, Т. 1977.

Мисол. $R = 300$ м, $\theta = 25^\circ 16'$ бўлганда элемент қийматлари қуйидагича топилади. XIII.3-жадвалдаги ΔT , ΔK , ΔD ва ΔB графалардаги сон элементларнинг $1'$ га ўзгариши бўлиб, минут сонига кўпайтирилгандан кейин элемент қийматига қўшилади. Мисолдаги $25^\circ 16'$ жадвалда йўқ, жадвалдан $25^\circ 10'$ га тўғри келган қийматни олиб, унга $1'$ га тўғри келган қиймат 6 га кўпайтирилади-да, қўшилади. Масалан $10'$ да $T = 223,22$ м, $\Delta T = 15$ см. Шунда $25^\circ 16'$ нинг тангенси $T = 223,22 + 0,15 \cdot 6 = 224,12$ м бўлади. Худди шунга ўхшаш, $K = 439,24 + 0,29 \cdot 6 = 439,24 + 1,74 = 440,98$ м, $D = 7,20 + 0,01 \cdot 6 = 7,26$ ва $B = 24,61 + 3 \cdot 6 = 24,79$ м бўлади. $R = 300$ м бўлганидан бу қийматларни $0,3$ га кўпайтирсак, $T = 67,24$ м, $K = 132,29$ М, $D = 2,18$ м ва $B = 7,44$ м бўлади.

Жойда эгри чизик бош нуқталарининг ўрнини белгилаш (режалаш). Эгри чизик бош нуқталари ўрнини белгилаш учун бурчак учи B дан BA ва BC йўналишлар бўйича лента ёрдамида T қиймати ($67,24$ м) ўлчаб қўйилади (XIII.35-шакл); шунда эгри чизик боши ($\mathcal{E}B$) ва охири ($\mathcal{E}O$) топилади. Бу нуқталарга қозىқлар қоқилиб, номи ёзилади. Эгри чизик ўртасини белгилаш учун B нуқтага теодолитни ўрнатиб 1 верньерининг нолли лимб нолга тўғриланади, алидада маҳкамланади, лимбни бўшатилиб, A ($\mathcal{E}B$) га қаратилади ва лимб маҳкамланади. Труба ни зенит орқали айлангириб, алидада бўшатилади; бурилиш ўнгга бўлса, алидадани айлангириб, 1 верньер $n = \frac{0 + 180^\circ}{2}$ санокқа, агар бу-

рилиш чапга бўлса, 1 верньер $n' = 180^\circ + \frac{180^\circ - 0}{2}$ санокқа қўйилади. Шунда биссектриса йўналиши BM топилади. Кейин B нуқтадан BM йўналиши бўйича B қиймати ($7,44$ м) ўлчаб қўйилса, эгри чизик ўртаси M ($\mathcal{E}U$) топилади ва қозик қоқилади. Бу билан эгри чизикни бош нуқталарда режалаш тугайди.

Бош нуқталарининг пикет ўринларини ҳисоблаш. Трассанинг ўқ чизигини пикетлашда бурилиш бурчагининг пикет ўрни маълум бўлади, кейин бу орқали $\mathcal{E}B$, $\mathcal{E}O$ ва $\mathcal{E}U$ нуқталарининг пикет ўринлари ҳисобланади. Агар нуқтанинг пикет ўрнини шартли равишда ПК билан белгиласак, бурчак учининг пикет ўрни — $B_{\text{ПК}}$, эгри чизик бошининг пикет ўрни — $\mathcal{E}B_{\text{ПК}}$, охириники — $\mathcal{E}O_{\text{ПК}}$ ва ўрта нуқтаники — $\mathcal{E}U_{\text{ПК}}$ шаклида ёзилади. Эгри чизик бош нуқталарининг пикет ўринлари XIII.35 шаклга биносан қуйидаги формулалар ёрдамида топилади:

$$\mathcal{E}B_{\text{ПК}} = B_{\text{ПК}} - T, \quad (\text{XIII.31})$$

$$\mathcal{E}O_{\text{ПК}} = \mathcal{E}B_{\text{ПК}} + K, \quad (\text{XIII.32})$$

$$\mathcal{E}O_{\text{ПК}} = B_{\text{ПК}} + T - D \quad (\text{XIII.33})$$

$$\mathcal{E}U_{\text{ПК}} = \mathcal{E}B_{\text{ПК}} + 0,5 K, \quad (\text{XIII.34})$$

$$\mathcal{E}U_{\text{ПК}} = B_{\text{ПК}} - 0,5 D. \quad (\text{XIII.35})$$

(XIII.33) ва (XIII.35) формулалар текшириш формулалари дейилади.

Мисол. $T = 67,24$ м, $K = 132,30$ м ва $D = 2,19$ м бўлиб, $БУ_{пк} = 4 + 27,80$ бўлганда, бсш нуқталар пикет ўрнилари қуйидагича бўлади:

$$\begin{array}{r} БУ_{пк} = 4 + 27,80 \\ - T = 67,24 \\ \hline ЭБ_{пк} = 3 + 60,56, \end{array}$$

яъни эгри чизиқ бошининг ўрни пикет $3 + 60,56$ да бўлади. Эгри чизиқ охириининг пикет ўрни (XIII.32) га биноан

$$\begin{array}{r} ЭБ_{пк} = 3 + 60,56 \\ + K = 1 + 32,30 \\ \hline ЭО_{пк} = 4 + 92,86 \end{array}$$

бўлади. Бу (XIII.33) формула ёрдамида текширилади:

$$\begin{array}{r} БУ_{пк} = 4 + 27,80 \\ + T = 67,24 \\ \hline БУ_{пк} + T = 4 + 95,04 \\ - D = 2,19 \\ \hline ЭО_{пк} = 4 + 92,85 \end{array}$$

$ЭО_{пк}$ қийматидаги 1 см фарқ яхлитлаш хатоси бўлиб, 2 см гача бўл қўйилади.

Эгри чизиқ ўртасининг пикет ўрни (XIII.34) формула асосида ҳисбланади:

$$\begin{array}{r} ЭБ_{пк} = 3 + 60,56 \\ + 0,5 K = 66,15 \\ \hline ЭЎ_{пк} = 4 + 26,71, \end{array}$$

бу қиймат (XIII.35) ёрдамида текширилади:

$$\begin{array}{r} БЎ_{пк} = 4 + 27,80 \\ - 0,5D = 1,095 \\ \hline ЭУ_{пк} = 4 + 26,705 \end{array}$$

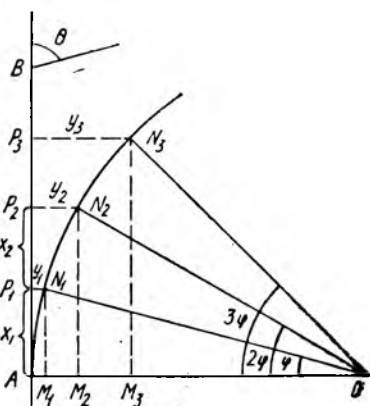
ёки яхлитласак, $4 + 26,70$ бўлади.

XIII.17. Доиравий эгри чизиқни мукамал режалаш

Жойда доиравий эгри чизиқ ўтадиган ўринни ҳар 5, 10 ёки 20 м да белгилашга мукамал режалаш дейиладик, бу йўл ва канал қуришда асосий ишлардан ҳисобланади. Жой шаронти ва қўйилган талабга қараб, қуйидаги усулларнинг бири билан мукамал режаланади.

1. Тўғри бурчакли координаталар усули. Бу усул *абсцисса — ординаталар усули* деб ҳам юритилади. Бунда эгри чизиқ боши ёки охирини координаталар боши деб, тангенс чизигини абсциссалар, унга перпендикуляр чизиқларни эса ординаталар деб қабул қилинади (XIII.36-шакл). А нуқта эгри чизиқнинг боши,

AB тангенс эса X ўқи бўлсин. Эг-
ри чизиқда ҳар «к» метрда ётувчи
 $N_1, N_2, N_3, \dots$ нуқталар ўрнини
аниқлаш керак. Бунинг учун аввал
 N_i нуқталарнинг координаталари
 x_i, y_i , яъни $x_1, x_2, \dots$ ва $y_1,$
 $y_2, \dots$ лар аниқланиши лозим.
Шакл бўйича $AP_1 = x_1, AP_2 = x_2,$
 $\dots, AM_1 = y_1, AM_2 = y_2, \dots$;
 $AN_1 = N_1N_2 = N_2N_3 = \kappa$ бўлсин.
 κ қиймати радиус узунлигига қа-
раб, 10 ёки 20 м бўлади. Шакл
бўйича: $AO = N_1O = N_2O = N_3O =$
 $= R$. κ га тўғри келган марказий
бурчакни φ десак, у қуйидагича
бўлади:



XIII. 36 шакл.

$$\varphi = \frac{180^\circ}{\pi R} \cdot \kappa = \frac{\rho}{R} \kappa. \quad (\text{XIII.36})$$

Учбурчаклик M_1N_1O дан $x_1 = AP_1 = M_1N_1 = N_1O \sin \varphi$ ёки $x_1 =$
 $= R \sin \varphi$; $y_1 = P_1N_1 = AM_1 = AO - M_1O = R - N_1O \cos \varphi = R(1 -$
 $- \cos \varphi) = 2R \sin^2 \frac{\varphi}{2}$. Худди шунга ўхшаш M_2N_2O учбурчаклик-
дан $x_2 = R \sin 2\varphi$; $y_2 = 2R \sin^2 \varphi$; M_3N_3O учбурчакликдан $x_3 =$
 $= R \sin 3\varphi$; $y_3 = 2R \sin^2 \frac{3\varphi}{2}$. Шу тартибда ишланганда x_n, y_n қий-
матлари қуйидагича бўлади:

$$x_n = R \sin n\varphi,$$

$$y_n = 2R \sin^2 \frac{n\varphi}{2}. \quad (\text{XIII.37})$$

Режалашда T узунлиги ва κ қийматига қараб, координаталар
сонини $n = \frac{T}{\kappa}$ ёрдамида аниқланади. Масалан, $T = 67,24$; $\kappa = 10$
бўлганда $n = \frac{67,24}{10} = 6$ бўлади, яъни x, y нинг 6 та қиймати то-
пилади. Режалаш 20 м дан бўлганда эса x, y нинг 3 та қиймати
топилади.

Координаталар асосида режалаш ҳам махсус жадвал бўйича
олиб борилади. Масалан, юқорида айтиб ўтилган жадвалдан наму-
на келтирилган (XIII.4-жадвал). Унда κ қиймати 10 м дан ошиб
боради; ўнгдаги графаларда κ га тегишли ($\kappa - x$) ва y лар қиймати
берилган. $\kappa - x$ қиймати орқали x қийматини ҳисоблаш мумкин,
лекин амалда 20 м ли лента билан ишлашда қуйидагича қилинади.

Доиравий эгри чизиқни мукаммал режалаш учун координаталар жадвали

$\kappa, \text{ м}$	$R = 300$		$R = 400$		$R = 500$		$R = 600$	
	$\kappa - x$	y	$\kappa - x$	y	$\kappa - x$	y	$\kappa - x$	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 бўлган A нуқтадаги сихчага лентанинг O учи илиниб, кейин лента тангенс чизиги бўйлаб 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 бўлганда $\kappa - x = 0,00$, яъни $\kappa - x = 10$; $y = 0,17$ м. Шунга кўра, лентанинг 10 м белгисидан чиқарилган перпендикуляр бўйича $y = 0,17$ 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 чизиги бўйлаб давомига қўйиб, яъни лента O учини 20 м ли учи илинган сихчага илиб, лентани таранг тортиб 20 м ли учига бошқа сихча қадалади. Жадвал бўйича $\kappa = 30$ бўлганда $\kappa - x = 0,05$, $y = 1,50$ м олинади. ЭБ дан 30 м ёки лента учидан 10 м бўлган нуқтадан орқага $\kappa - x = 0,05$ м ни ўлчаб қўйилади ва топилган нуқтадан чиқарилган перпендикуляр бўйича $y = 1,50$ 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 бўлади.

ЭО дан ҳам бурчак учига томон режалашда юқоридаги каби ишланади.

Координата усули текис ерда ва y қиймати 20 м дан катта бўлмаганда тўғри 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 чизигидан эгри чизиққа кўчириш. Трассани пикетлашда бурчак учи эгри чизиқнинг бош ва охириги нуқталарининг пикет ўринлари тангенс чизиқларида аниқланган бўлади. Шу асосий нуқталар орасида пикет нуқта учраса, унинг ўрни ҳам тангенс чизиқларида белгиланади. Йўл ва канал эгри чизиқ бўйлаб қурилганидан, тангенс чизигидаги пикетни ҳам эгри чизиққа кўчириш керак бўлади; бу иш пикетни тангенсдан эгри чизиққа кўчириш дейилади.

Пикетни кўчириш координаталар усули билан бажарилади: бунинг учун пикет нуқтанинг координаталари ҳисобланиши керак.

монларида керакли нуқталар қуйидагича аниқланади. Масалан, A нуқта $ЭБ$, AB тангенс бўлсин (XIII.38-шакл). A дан бошлаб, ватар узунлиги S бир хил бўлган $N_1, N_2, N_3, \dots$ нуқталар ўрнини топиш керак. $AN_1 = N_1N_2 = \dots = S$ бўлсин; $S = 10$ ёки 20 м бўлади. Агар $N_1, N_2, \dots$ нуқталар марказ O билан туташтирилса, бир-бирига тенг φ бурчаклар ҳосил бўлади.

Уринма AB билан кесувчи AN_1 чизиқ орасидаги бурчак $\frac{\varphi}{2}$ га тенг. Тенг ёнли AN_1O учбурчакликдан $AO = N_1O = N_2O = \dots = R$ — радиус эканини эсласак, қуйидагини ёзамиз:

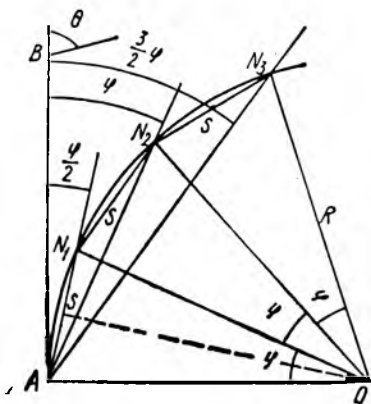
$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{S}{2R} \quad (\text{XIII.40})$$

S ва R қиймати берилганда φ аниқланади, кейин қуйидагича режаланади.

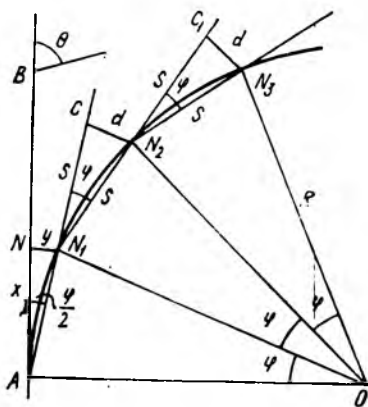
A га теодолит ўрнатилади ва I верньер нолини лимб нолга тўғрилаб, алидада маҳкамланади, лимб айлантрилиб, труба B га қаратилади ва маҳкамланади. Алидаданни бўшатиб, I верньер $\frac{\varphi}{2}$ саноққа қўйилади, шу вақт AN_1 йўналиш ҳосил бўлади. Трубадан қараб, AN_1 йўналишига S қиймати ўлчаб қўйилса, N_1 нуқта топилади. Кейин алидаданни бўшатиб, I верньер φ саноққа қўйилади. Бунда AN_2 йўналиш ҳосил бўлади. N_2 ни топиш учун лентанинг бир учини N_1 да ушлаб, иккинчи учини (агар $S = 20$ м бўлса) трубадан қарагандаги AN_2 йўналиш билан кесиштирилса N_2 чиқади. Шу тартибда давом эттирилади. Топилган нуқталар қозиқлар билан маҳкамланади.

Бу усулда кейинги нуқталарни топишга олдинги нуқталарни топишдаги хато таъсир этади, шунинг учун аниқлиги унча бўлмайди.

Кетма-кет ватар усули. Бу усулда эгри чизиқда ётувчи $N_1, N_2, \dots$ нуқталар ўрнини бир хил S узунликдаги ватарни кетма-кет қўйиш орқали аниқланади. S нинг узунлиги 10 ёки 20 м бўлади. Биринчи нуқта N_1 ўрни (XIII.39-шакл) x, y орқали ко-



XIII. 38- шакл.



XIII. 39- шакл.

ординаталар усули билан аниқланади. x, y лар қиймати қуйидагига тенг:

$$x = S \sqrt{1 - \frac{S^2}{4R^2}}, y = \frac{S^2}{2R} \text{ ёки } y = \frac{d}{2}, x = S - \frac{y^2}{2S} \quad (a)$$

ХIII.39-шаклдаги d оралиқ сурилма, y эса четки сурилма дейилади ва d' билан белгиланади; R — радиус.

Эгри чизиқнинг боши A дан тангенс бўйича x қийматини қўйиб, топилган нуқтадан чиқарилган перпендикулярга y қиймати ўлчаб қўйилса, N_1 чиқади. Кейин AN_1 ни давом эттириб, N_1 дан S қиймати қўйилса, C топилади. N_1 ни марказ, S ни радиус қилиб, C дан чизилган ёй эгри чизиқни N_2 нуқтада кесади. Шунда AON_1 га ўхшаш, асоси $CN_2 = d$ бўлган тенг ёнли N_1CN_2 учбурчаклик ясалади. Бу учбурчакликлар ўхшашлигидан

$$\frac{d}{S} = \frac{S}{R} \text{ ёки } d = \frac{S^2}{R} \quad (\text{ХIII.41})$$

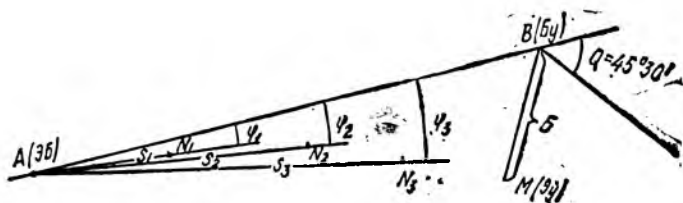
бўлади. S ва R қийматлари маълум бўлганидан оралиқ сурилма d қиймати топилади, кейин d орқали (а) формула ёрдамида x, y аниқланади.

Режалаш иши қуйидагича бажарилади. x, y қийматлар бўйича N_1 топилгач, лентани AN_1 йўналиши томон тортиб, N_1 дан S қиймати ўлчаб қўйилади-да, топилган C нуқтага рулетка учи маҳкамланади. Сўнг рулеткада сурилма қиймати d белгиланади, бу нуқта билан бир уч N_1 да ушланган S узунликдаги лентанинг иккинчи учи бирлаштирилиб, таранг тортिलाди, шунда N_2 нуқта ҳосил бўлади. N_3 нуқта ўрни ҳам $N_1 N_2$ чизик давомида N_2 нуқта топилгандаги каби топилади.

Қутбий координаталар усули. Бу усулда эгри чизиқнинг боши A қутб деб, тангенс чизиги эса қутб ўқи деб қабул қилинади; қутб бурчаги φ нинг қиймати $\varphi = \frac{p}{R} \cdot \kappa$ формуладан топилади; бунда κ — ёй узунлиги бўлиб, 10 м ёки 20 м га тенг, $\rho = 206265''$;

R — радиус.

A нуқтага теодолит ўрнатилиб, I верньернинг нолли лимб нолга тўғрилانгач, труба B нуқтага визирланади ва лимб маҳкамланади. Кейин алидада бўшатилиб, I верньер φ саноғига тўғриланади; ҳосил бўлган йўналиш бўйича A нуқтадан ватар узунлиги S_1 қўйилса, N_1 нуқта топилади. Эгри чизиқнинг иккинчи нуқтаси N_2 ни топиш учун, алидада бўшатилиб, I верньер 2φ саноғига



тўғриланади ва ҳосил бўлган йўналиш бўйича A нуқтадан иккинчи ватар қиймати S_2 қўйилади. Учинчи нуқта N_3 ни аниқлаш учун алидада бўшатилиб, 1 верньер 3ϕ саноғига тўғриланади ва ҳосил бўлган йўналиш бўйича S_3 қиймати қўйилади (XIII.40- шакл): қолган нуқталар ҳам шу йўл билан аниқланади. Ватарлар қиймати S қуйидаги формуладан топилади:

$$S_n = 2R \sin n\varphi. \quad (\text{XIII.42})$$

Масалан, $R = 200$ м, $K = 20$ м бўлганда $\varphi = 2^\circ 52' 53''$ бўлади. n га турли қийматлар (1, 2, 3, ...) қўйиб, керакли $S_1, S_2, \dots S_n$ қийматларини ҳисоблаш мумкин.

Бу усулда олдинги нуқта ўрнини топишдаги хато кейинги нуқта ўрнини аниқлашга таъсир этмайди. Жой текис бўлмаганда ватар узунликларини қўйишда лента ўрнига авторедукцион дальномерлар ёрдамида S_i қийматини ўлчаб қўйиш ҳам мумкин.

XIII.18. Вертикал эгри чизиқни режалаш

Темир йўлларда лойиҳавий чизиқни бўйламасига ўтказишда унинг бир нишаб i_1 дан иккинчи нишаб i_2 га ўтиш ерида (XIII.41-шакл) вертикал текисликла лойиҳавий чизиқ синиб ўтади. Техни-



XIII. 41- шакл.

кавий қоидаларга кўра олдинги ва кейинги нишаблар фарқи $\Delta i = i_1 - i_2 = 0,003$ дан катта бўлса, йўл равон қурилиши учун, икки қўшни нишаб ўзаро вертикал эгри чизиқлар билан туташтирилади ва йўл ҳам шу вертикал эгри чизиқ бўйича қурилади. Бунинг учун аввало вертикал эгри чизиқ тангенс $T_{\text{в}}$ қуйидаги формуладан аниқланади:

$$T_{\text{в}} = \frac{1}{2} R_{\text{в}} \Delta i, \quad (\text{XIII.43})$$

бунда $R_{\text{в}}$ — вертикал эгри чизиқ радиуси; бу радиус йўл категориясига қараб, ҳар хил узунликда бўлади. Масалан, 1- ва 2- категориядаги йўлларда $R_{\text{в}} = 10000$ м, 3- категориядаги йўлларда $R_{\text{в}} = 5000$ м қилиб олинади; Δi — нишаблар айирмаси бўлиб, нишаблар бир хил ишорада бўлганда $\Delta i = i_1 - i_2$, турли ишорада бўлганида эса $\Delta i = i_1 + i_2$ бўлади.

Вертикал эгри чизиқни режалаш ҳам горизонтал эгри чизиқни режалашдаги каби олиб борилади. Бунинг учун синиш нуқтаси B ни бурилиш нуқтаси деб олиб, ундан (XIII.41- шакл) иккала

лойнҳавий чизик бўйича T_0 қиймати ўлчаб қўйилади, шунда вертикал эгри чизикнинг боши A ва охири C топилади; бу нуқталарга қозик қоқилади.

Эгри чизикни мукаммал режалаш иши координаталар усули билан бажарилади, бунинг учун аввал абсциссалар қиймати x орқали ординаталар қиймати y қуйидаги формуладан топилади:

$$y = \frac{x_i^2}{2R_0}. \quad (\text{XIII.43}')$$

Режалаш ҳар 5 ёки 10 м да олиб борилади. T_0 , x , y ларнинг қийматларини юқоридаги формулалар ёрдамида ҳисоблаб топилиши ёки R_0 ва Δi лар асосида тузилган махсус жадвалдан олиниши мумкин.

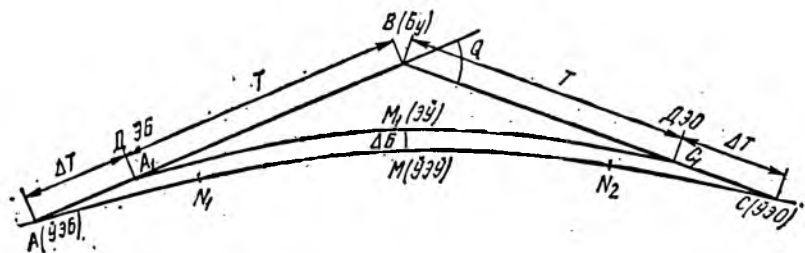
Жойда вертикал эгри чизикни режалаш учун унда ётувчи нуқталарнинг отметкалари H_0 ни аниқлаш керак. Агар эгри чизик ботиқ бўлса (XIII.41- шакл), $H_0 = H_n + y$; қавариқ бўлганда эса $H_0 = H_n - y$ бўлади (H_n — лойнҳавий чизикнинг отметкаси, H_0 — эгри чизикдаги нуқтанинг отметкаси).

Топилган отметкаларга кўра, нивелир ёрдамида нуқталар баландлиги аниқланади ва шу баландликларга қозиклар қоқилади.

Нивелир бўлмаган ҳолларда эгри чизикнинг боши A ва охири C дан x қиймати ўлчаб қўйилиб, топилган нуқталардан шовун чизик бўйича y қийматлари қўйилади ва шу баландликларга қозиклар қоқилади.

XIII.19. Ўтиш эгри чизиги ҳақида тушунча

Темир йўлда поезд чексиз радиусли тўғри чизикдан маълум тезликда келиб, бурилишда R радиусли доиравий эгри чизикқа ўтишида урилиб силкинади. Бу камчиликни йўқотиш учун темир йўлларда эгри чизикнинг боши ва охири ўтиш эгри чизикли ($\mathcal{U}\mathcal{E}$) қилиб қурилади. $\mathcal{U}\mathcal{E}$ нинг боши ва охири доиравий эгри чизикнинг боши A_1 ва охири C_1 дан бирмунча орқага (A га) ва кейинга (C га) суриладик (XIII.42- шакл), бу нуқталар ўтиш эгри чизигининг боши ($\mathcal{U}\mathcal{E}\mathcal{B}$) ва ўтиш эгри чизигининг охири ($\mathcal{U}\mathcal{E}\mathcal{O}$) дейилади. Эгри чизик $\mathcal{U}\mathcal{E}\mathcal{B}$ A ва $\mathcal{U}\mathcal{E}\mathcal{O}$ C лардан N_1 , N_2 нуқталаргача AN_1 ва N_2C ораликда чексиздан R гача камаювчи радиус билан ўтказилади. Фақат эгри чизик ўртасидаги N_1N_2 қисми R радиусли дои-



XIII. 42- шакл.

равий эгри чизик билан ўтказилади. Шаклдаги ўзгарувчан радиусли эгри чизик $AN_1 = N_2C$ ўтиш чизиги uzunligи дейилади ва l билан белгиланади. l узунлик жойга қараб, 20—120 м қилиб олинади. Ўтиш эгри чизигини режалаш учун доиравий эгри чизикнинг боши (ДЭБ) ва доиравий эгри чизикнинг охири (ДЭО) дан илгари ва кейинга ΔT қиймати (ХIII.42- шакл), эгри чизикнинг ўртаси (ЭЎ) дан эса ΔB қиймати биссектриса бўйича марказ томон ўлчаб қўйилади. Ўтиш эгри чизигини режалаш учун доиравий эгри чизик 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. $\Delta D = 2 (\Delta T - 0,5 l)$ бўлади. Ўтма эгри чизик 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 $B_y = B + \Delta B$ бўлади. Режалаш схемаси ХIII.42- шаклда келтирилган. Бош нуқталар топилгач, ЭЎБ ва ЭЎО дан координаталар усули билан махсус жадвал бўйича мукамал режаланади.

Нуқталарнинг пикет ўринлари (ХIII.31, 32 ва 34) формулалар ёрдамида ҳисоблаб топилади.

ХIII.20. Нивелирлаш йўлини реперга боғлаш

Нивелирлаш йўлидаги бирор (бош) нуқтанинг отметкасини репер ёки марка отметкаси асосида ҳисоблаш *нивелирлаш йўлини репер ва марказга боғлаш* деб аталади. Топилган йу отметка асосида трассадаги пикет ва плус нуқталар отметкаси ҳисобланади.

Боғлашда бир рейка реперга қўйилиб a саноқ олинса, иккинчи рейка трассадаги нуқтага қўйилиб b саноқ олинади. Репер билан нуқта орасидаги нисбий баландлик $h = a - b$ бўлади. Шунда трассадаги нуқта отметкаси $H_T = H_R + h$ бўлади (H_R — репер отметкаси). Маркада ҳам шундай ишланади.

Репернинг нивелирлаш йўлига нисбатан жойланишига қараб, нивелирлаш шу репердан бошланади. Репер нивелирлаш йўли ўртасида бўлса, йўлдаги бир пикет реперга боғланади. Агар репер нивелирлаш йўлидан узоқда бўлса, репердан нивелирлаш йўлигача алоҳида бир неча станцияли нивелирлаш йўли олинади ва у *боғлаш йўли* дейилади. Боғлаш йўли ўлчанмайди, шунинг учун унда пикет, плус нуқталар бўлмайди, ҳамма нуқта боғловчи бўлади.

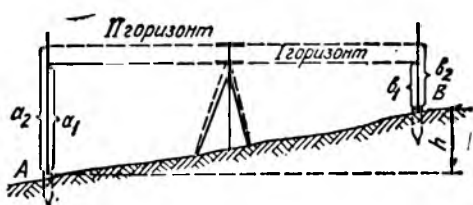
ХIII.21. Рейка саноғини текшириш усуллари

Геометрик нивелирлашда рейкалардан олинган саноқларнинг тўғрилигини текшириб бориш учун икки йўл билан: а) бир томонли рейка билан икки горизонтда; б) икки томонли рейка билан бир горизонтда нивелирланади.

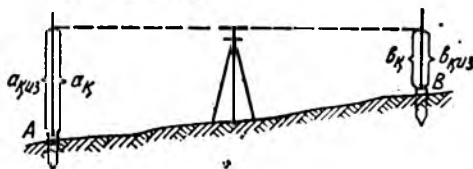
Бир томонли рейка билан нивелирлаш. Бунда нивелир A ва B ўртасига ўрнатилиб (ХIII.43- шакл), асбоб горизонтал

¹ Нарходжаев К. И. Таблицы по разбивке кривых. Т., 1977.

ҳолатга келтирилади, бу биринчи горизонт бўлади. А ва В даги рейкалардан a_1 , v_1 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 ва v_2 саноқлар олинади. Шунда $a_2 - a_1 = -B_2 - B_1$ ёки $(a_2 - a_1) - (v_2 - v_1) \leq 4$ мм бўлиши керак, акс ҳолда нивелирлаш такрорланади.



ХIII. 43- шакл.



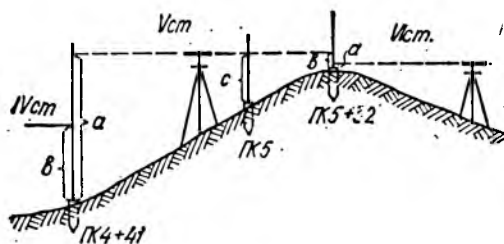
ХIII. 44- шакл.

Икки томонли рейка билан нивелирлаш. Асбоб А ва В нуқталар ўртасига ўрнатилиб (ХIII.44- шакл), горизонтал ҳолатга келтирилгач, рейкаларнинг қизил томонидан $a_{қиз}$, $v_{қиз}$ саноқлар олинади. Кейин асбобнинг туришини бузмай, рейкаларнинг қора томонидан $a_{кор}$, $v_{кор}$ саноқлар олинади. Бунда $a_{қиз} - a_{кор} = v_{қиз} - v_{кор}$ ёки $(a_{қиз} - a_{кор}) - (v_{қиз} - v_{кор}) \leq 4$ мм бўлиши керак. Фарқ катта бўлса, нивелирлаш такрорланади.

Бир томонли рейкада саноқни текшириш. Нивелирлашда бир томонли рейка ишлатилганда рейка саноғини, асбоб горизонтини ўзгартмай, қўйидагича текшириш ҳам мумкин. Асбобни иш ҳолатига келтиргач, узунликлари l бўлган рейкалардан a ва v саноқлари олинади. Кейин рейкаларни ўз ўрнида бўйига 180° айлантириб қўйиб, 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 тежалади.

ХIII.22. Боғловчи ва оралиқ нуқталар

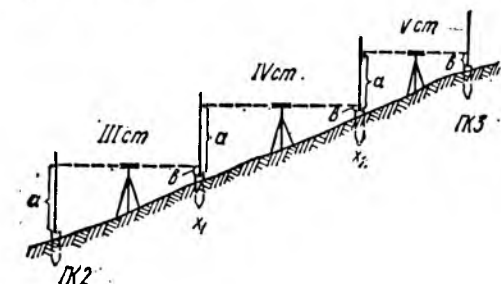
Пикетлашда нуқталар иккига: пикет ва плюс нуқталарга бўлинади. Нивелирлашда эса нуқталар боғловчи ва оралиқ нуқталарга бўлинади. Агар бир нуқтага икки қўшни станциядан қараб, кетинги a ва олдинги v саноқлар олинса, бу боғловчи нуқта дейилади. Нуқтага бир станциядан бир марта қараб, бир саноқ s олинса, бу нуқта оралиқ нуқта бўлади. Икки горизонтда нивелирланса, оралиқ саноқ иккинчи горизонтда олинади; икки томонли рейка ишлатилганда эса оралиқ саноқ қора томондан олинади. Агар нивелирланганидан жой текис бўлса (ХIII.4- шакл), пикет нуқталарини боғловчи, плюс нуқталарини эса оралиқ нуқта қилиб нивелирлаш қулай бўлади, лекин ҳамма вақт бу мумкин бўлавермайдиган. Жой шаронти (рельефи) га қараб, пикетлар оралиқ нуқта, плюс нуқталар эса боғловчи нуқта бўлиши мумкин. Масалан,



XIII. 45- шакл.

XIII.45- шаклда жойнинг тузилиши бўйича ПК 4 + 41,00 ва ПК5 + 32,00 лар боғловчи, ПК5 эса У станцияда оралиқ нуқта бўлган ва с саноғи 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 икки пикет орасида бир ёки, жой нишабига қараб, бир неча ёрдамчи ихтиёрий нуқта олинади (XIII.46- шаклда 2 — X нуқта олинган), уларнинг ўрни ўлчаб топилабди, улар ёлғиз нивелирлашда боғловчи нуқта бўлади.



XIII. 46- шакл.

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 бўйлама 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:

$$\sum h = H_o - H_c, \quad (\text{XIII.44})$$

бу ерда H_c — бош репер отметкаси; H_o — охирги репер отметкаси. Бунда нивелирлаш йўлидаги боғланмаслик хатоси f_h қуйидагича бўлади:

$$f_h = \sum h - (H_o - H_c) \quad (\text{XIII.45})$$

2. Тўғри ва тескари юриш билан нивелирлаш. Бу усул нивелирланадиган жойда репер ёки марка бўлмаган тақдирда қўлланилади. Бунда нивелирлаш трасса бош нуқтасидан бошланиб, охириги нуқтасигача давом эттирилади; бу *тўғри йўл* (юриш) дейилади. Сўнгра шу трассанинг охириги нуқтасидан бош нуқтагача тескари юриб нивелирланади, бу *тескари йўл* деб аталади.

Бу усулда тўғри йўлдаги нисбий баландликлар йиғиндис $\sum h_{\text{тўғ}}$, тескари йўлдаги нисбий баландликлар йиғиндисининг $\sum h_{\text{тес}}$ тескари ишора билан олинган қийматига тенг бўлиши керак:

$$\sum h_{\text{тўғ}} = - \sum h_{\text{тес}} \quad (\text{XII.46})$$

ёки нивелирлаш хатоси

$$f = \sum h_{\text{тўғ}} + \sum h_{\text{тес}} \quad (\text{XIII.47})$$

бўлади.

3. Икки нивелир билан нивелирлаш. Бу усулда икки киши икки нивелир билан кетма-кет юриб нивелирлайди. Биринчи нивелирловчи боғловчи ва оралиқ нуқталарни тўла нивелирлаб боради, иккинчиси эса ёлғиз боғловчи нуқталарни нивелирлаб боради. Бунда иккала нивелирлаш нисбий баландликларининг йиғиндисини тенг бўлиши керак:

$$\sum h_1 = \sum h_2 \quad (\text{XIII.48})$$

ёки нивелирлаш хатоси

$$f_h = \sum h_2 - \sum h_1 \quad (\text{XIII.49})$$

бўлади, бу ерда $\sum h_1$, $\sum h_2$ биринчи ва иккинчи нивелирловчиники аниқлаган нисбий баландликлар йиғиндисини.

4. Ёпиқ йўл бўйича нивелирлаш. Бунда нивелирлаш бир нуқтадан бошланиб, бутун йўлни айланиб чиқилади, охирида бош нуқтада тугатилади. Бунда нисбий баландликларнинг йиғиндисини нолга тенг бўлиши керак:

$$\sum h = 0 \quad (\text{XIII.50})$$

ёки нивелирлаш хатоси

$$f_h = \sum h \quad (\text{XIII.51})$$

бўлади.

Нивелирлашнинг юқоридаги 2- ва 3- усулларда нивелирлаш йўли реперга боғланмаганидан, осма йўл дейилади.

XIII.24. Нивелирлаш йўлидаги йўл қўярли хато

Нивелирлаш классларига қараб, нивелирлашда қилинадиган хатонинг чеки турлича бўлади. Қўйилган чеккача бўлган хато *йўл қўярли хато* дейилади. Нивелирлаш йўлидаги хатони f_h десак, бу

хато қиймати нивелирлашга онд 1974 йилги давлат инструкцияси бўйича 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 кирмасдан, турли идоранинг талабига кўра, турли аниқликда олиб борилади. йўл, канал трассаларини нивелирлаш, инженерлик иншоотларини қуриш каби ишларда қўлланилади. Кўрсатилган 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.

ХIII.25. IV класс нивелирлаш

Инструкцияга биноан IV класс нивелирлаш топографик съёмка ва инженерлик ишларида баландликка асос бўлувчи реперлар отметкасини аниқлашда қўлланилади. Нивелирлаш йўли йирик масштабдаги топографик картада белгиланади; жойини рекогносцировка қилиш вақтида нивелирлаш режаси тузилади, репер ва марка ўрни белгиланади ва ўрнатилади. 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 нигичка сим билан ўлчанади; 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 кистига қўйилади; кейин қуйидаги тартибда саноқ олинади: а) кетинги нуқтага қараб, рейканинг қора томонидан турний юқори ишдан (1384), ўрта ишдан (1834) саноқлар олиб жадвалга ёзилади (ХIII.5- жадвал); б) кейин нивелирнинг айлантириб, олдинги нуқтадаги рейкага қараб, қора томондан юқоридагидек (686) ва (1135) саноқлари олинади, в) олдинги рейкага қараб, 1834 га айлантирилган рейканинг қизил томонидан ўрта иш бўйича (5921) саноқ олинади; г) кейин кетинги нуқтага қараб, қизил томонидан ўрта иш бўйича (6521) саноқ олинади. Ҳар саноқ олишдан олдин адилак горизонтал ҳолатга келтирилади. Юқори ва ўрта ишлардан олинган саноқлар орқали дальномер масофаси топилади. Масалан, кетинги рейкагача $1834 - 1384 = 450$, олдинги рейкагача $1135 - 686 = 449$. ХIII.3- жадвалда бир станциядаги иш тартиби келтирилган.

IV класс нивели лаш жадвали

Станция номери	Нуқталар номери	Кетинги, олдинги нуқталарнинг дaль-номер масофаси	Рейкалар саноғи		Нисбий баландлик h , мм	Нисбий баландликнинг ўрта си h_o , мм
			кетинги a	олдинги b		
I	0—1	450 (7) 449 (8)	1384 (1)	686 (3)		
			1834 (2)	1135 (4)	+ 699 (11)	
			6521 (6)	5921 (6)	+ 698 (12)	+699 (13)
			4647 (9)	4786 (10)	— 99 (14)	

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 туршиш шарт.

Бир томонли рейка билан ишларда саноқлар қуйидагича олинади: а) кетинги рейканинг ўрта ва юқори ипидан саноқлар олиб ёзилади; б) олдинги рейкадан ҳам юқоридагидек саноқлар олиб ёзилади; в) асбоб баландлиги камда 100 мм ўзгартрилиб, 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

Бўйлама нивелирлаш. Техникавий нивелирлаш ишхоналарнинг қидирув ишларида, топографик съёмкаларда, инженерлик қурилишларда қўлланилади. Бунда бир вақтда бўйлама ва кўндаланг нивелирлаш бажарилади. Бўйлама нивелирлаш қондалари IV классга яқин бўлиб, аниқлиги нивелирлашнинг ташкил қилган идора талабига биноан белгиланади. Нивелирлаш иши ИЗ, ИСА, И10 нивелирлари ёрдамида бажарилади. Рейкаларда адилак бўлмайди, 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 онд ҳисоблаш ишлари кейинги параграфларда келтирилган.

Кўндаланг нивелирлаш. Йўл ва канал, катта-кичикларига қараб, маълум кенгликда қурилади. Шунга кўра, пикетлашда трасса ўқ чизигининг икки ёнидан 20—50 метргача жойи ситацияси ва рельефини съёмка қилинади; баландлик жиҳатидан характерли нуқталар ўрни трасса ўқ чизигига чиқарилган перпендикулярга нисбатан аниқланади, кейин булар бўйлама нивелирлаш вақтида нивелирланади. Бу перпендикулярлар кўндаланг чизиклар (поперечниклар) деб, уларни нивелирлаш эса кўндаланг нивелирлаш деб аталади. Кўндаланг чизик нуқталарига, оралиқ нуқта-

да бажарилган. Жойнинг тузилишига қараб, х, ПК 1 ва ПК 2 лар боғловчи нуқталар. ПК1 + 62,00 оралиқ нуқта бўлган. Шаклда рейкалардан саноқ олиш тартиби, нуқталар отметкаси IV станциядаги асбоб горизонти. Бу орқали + 62,00 нуқтанинг отметкасини ҳисоблаш йўли кўрсатилган. XIII.6- жадвалда нивелирлаш журналининг бир бети ва унда ёзиш, ҳисоблаш тартиби келтирилган.

XIII.6 - жадвал

Техникий нивелирлаш журнали

Станциялар номери	Пикетлар номери	Рейка станоклари, мм					Нисбий баландлик		Асбоб горизонти, м H_i	Отметкалар $H, м$
		Ўқилгани			Ўртачаси					
		кетинги a	оралиқ- даги c	олдинги a	кетинги a_y	олдинги a_y	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I по- пе- реч- ник	P—12	418 462 270			440					443,656
	I X ₁	252		2086 2130	261	2108		1668		441,988
		788		1550				1281		
	II ПК 0	742		1531	765	1542				440,707
	III ПК 1	1276		2106				+0,5		
		1332		2061	1304	2083,5		1318,5	440,721	439,389
	IV + 62 ПК2	310	3261	221	357	250	1054			437,460
		374		279						440,443
	V ПК3 +30	1563		951	1531	969		612	441,330	439,831
		1499	2938	987						438,392
	VI +2,5 +11		1015							440,315
			2765							438,565
	+20 +8		3138							438,192
			840							440,490
	+20 ПК4	320		1593	300	1562		031		439,800
		290		1531						
VII X ₂	414		2354	418	2348		2043		437,757	
	422		2332							
VIII ПК6	750		2902	759	2907		2489		435,268	
	768		2912		2808		2049		433,219	
		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 чизик радиуси $R_1 = 300$ м; иккинчиси ПК11 + 69,16 да чапга бурилган, бурилиш бурчаги $\theta_2 = 40^\circ 30'$, эгри чизик 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 бўлган чизикнинг дирекцион бурчаги $\alpha_6 = 342^\circ 34'$ га тенг.

Жадвалнинг 1—5- графалари нивелирлаш вақтида далада тўлғазилди, қолган графалари эса камерал иш вақтида (уйда) тўлғазилди.

Нивелирлаш жадвалини тўлдирдиш. XIII.6- жадвални тўлдирдиш учун қуйидаги ишлар бажарилади:

1. Ҳар қайси бетдаги кетинги (a) ва олдинги (σ) саноқлар йиғиндисини $\sum a = 12270$ ва $\sum \sigma = 33145$ ҳисобланиб, ўз графаси тагига ёзилади. $\sum a - \sum \sigma = -20875$ ҳисобланиб, 3—5 графалар тагига чизилган чизик тагига ёзилади.

2. Кетинги ва олдинги саноқларнинг арифметик ўрта қиймати топилиб, 6,7-графаларга ёзилади. Масалан, I станциядаги саноқлар $a_y = \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{418 + 462}{2} = 440$ ва $\sigma_y = \frac{b_1 + b_2}{2} = \frac{2086 + 2130}{2} = 2103$ каби.

3. Кетинги ва олдинги ўрта саноқлар йиғиндисини ($\sum a_y$ ва $\sum \sigma_y$) ҳисобланиб, бет тагига, ўз графасига ёзилади ва ($\sum a_y - \sum \sigma_y$) топилади. Мисолда $6135 - 16572,5 = -10437,5$. Бу айирма 3- ва 5-графалар йиғиндисини айирмасидан икки марта кичик бўлиши керак, яъни $\sum a_y - \sum \sigma_y = \frac{\sum a - \sum \sigma}{2}$; 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 саноқлар бўлишига ҳисобланади:

$$h = a_y - \sigma_y. \quad (\text{XIII.52})$$

Мисолда $h = 440 - 2103 = -1663$.

5. 8- ва 9- графалар йиғиндисини ва уларнинг айирмасини ҳисобланиб графалар тагига ёзилади. Биринчи бет ПК6 нинг олдинги саноғи билан тугаган, дейлик; шунда нисбий баландликлар йиғиндисининг айирмасини $\sum (+h) - \sum (-h) = 1054 - 11491,5 = -10437,5$ бўлади. Бу ерда ҳам $\sum (+h) - \sum (-h) = \sum a_y - \sum \sigma_y$ бўлиши керак; мисолда: $-10437,5 = -10437,5$.

Шунинг эса 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 бўлган нивелирлаш натижа-

лари юқоридагича ишлаб чиқилади. Кейин ҳар бет тагидаги $\Sigma (+h)$ ва $\Sigma (-h)$ ларни қўшиб, нивелирлаш йўлидаги умумий йиғиндис $\Sigma (+h)_y$ ва $\Sigma (-h)_y$ лар топилади; буларнинг йиғиндис 12 репер билан 7 марка орасидаги нисбий баландлик h бўлади, яъни $h = \Sigma (+h)_y - \Sigma (-h)_y$. Бу нивелирлаш йўлидаги станцияларда аниқланган нисбий баландликлар йиғиндис бўлганидан уни Σh билан белгиласак, (XIII.44) формулага кўра қуйидагича бўлиши керак:

$$\Sigma h = H_0 - H_6 = H_m - H_p, \quad (\text{XIII.53})$$

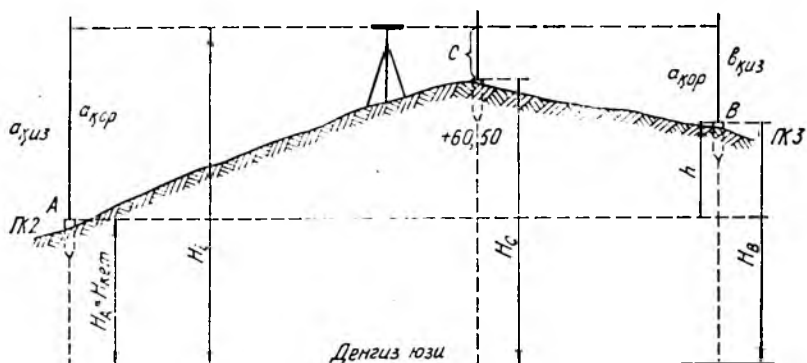
бу ерда H_m , H_p — марка ва репер отметкалари. Нивелирлаш йўлидаги боғланмаслик хатоси (XIII. 45) га кўра қуйидагича бўлади:

$$f_h = \Sigma h - (H_m - H_p). \quad (\text{XIII.54})$$

Мисолда нивелирлаш йўлидаги $\Sigma (+h)_y = 16393$ мм, $\Sigma (-h)_y = 20350$ мм, шунга кўра, $\Sigma h = -3957$ мм ёки $-3,957$ м. Мисолда $H_p = 443,656$, $H_m = 439,702$ м. (XIII.54) га кўра, нивелирлаш йўлидаги амалий хато $f_{ha} = -3,957 - (439,702 - 443,665) = -3,957 - (-3,954) = -0,003$ м $= -3$ мм бўлади. Мисолда нивелирлаш йўлининг узунлиги 2,5 км га тенг. Йўл қўярли (чекли) хато $f_{hq} = \pm 30 \sqrt{L}$, формулага кўра $f_{hq} = \pm 30 \sqrt{2,5} = \pm 48$ мм бўлади, яъни $f_{ha} < f_{hq}$ 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 нисбасига тескари ниспада бўлиб, қийматлари 1 мм дан кичик бўлмаслиги керак. Агар нивелирлаш йўлидаги нисбий баландлик (станция) сонини 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 беришмай, оралатиб берилади. Аввал 0,5 мм дан m та нисбий баландликларга, 0,5 мм дан берилади, кейин қолган хато $f_h - 0,5m$ нисбий баландликлар сонини 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 сонини 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 беговчи 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 (ХIII.49-шакл).

Нисбий баландлик усули. Бу усулда кейинги боғловчи нуқта отметкаси олдинги боғловчи нуқта отметкасига шу нуқталар орасидаги нисбий баландлиكنи қўшиш орқали топилади:

$$H_n = H_{n-1} + h_{n-1} \quad (\text{XIII.55})$$

Бу ХIII.48- шаклда ҳам сонлар билан кўрсатилган. Масалан,

$$H_x = H_{p_{12}} + h_1 = 443,656 + (-1668) = 441,988 \text{ м};$$

$$H_{\text{пко}} = H_x + h_2 = 441,988 + (-1281) = 440,707 \text{ м}$$

ва ҳоказо.

Нисбий баландлик бўйича отметкани ҳисоблашда нисбий баландлик ва унга берилган тузатма ишораси эътиборга олинади, масалан, ПК1 отметкасини ҳисоблашда нисбий баландлик—1318,5 мм, тузатма +0,5 мм, яъни улар турли ишорада бўлганидан нисбий баландликдан тузатма айрилади, кейин чиққан сон $H_{\text{пко}}$ га алгебраик қўшилади, яъни $H_{\text{пк1}} = H_{\text{пко}} + h_3 = 440,707 + (-1318) = 439,389 \text{ м}$.

Асбоб горизонти усули. Боғловчи нуқталарнинг отметкалари ҳисоблангач, шу отметкаларга асосланиб, станциядаги ораліқ нуқталар отметкаси асбоб горизонти усули билан ҳисобланади. *Кўриш нури отметкаси асбоб горизонти* дейилади. Асбоб горизонти ораліқ нуқталар олинган станциялардагина ҳисобланади. Ораліқ саноқлар бир томонли рейкаларда иккинчи горизонтида, икки томонли рейкаларда эса қора томондан олингани учун, шу асбоб горизонтининг отметкаси ҳисобланади. Асбоб горизонти (АГ) отметкаси H_i кетинги боғловчи нуқта отметкаси ($H_{\text{пк2}}$) га шу

нуқтадан олинган саноқнинг қўшилганига 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 кўрсатилган. 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 c 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 кўрсатилган. 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 йўлини нисбий баландликлар усули билан тенглашни кўрдик. Баъзан, айрим сабабларга кўра аввал бош репер отметкаси бўйича боғловчи нуқталар отметкаси тузатилмаган нисбий баландликлар орқали топилади. Бунда охириги 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_h йўл қўярли бўлса, ҳисоблаб теппилган отметкалар қуйидагидек тенгланади (тузатилади). Аввал 1 мм хато неча станцияга тўғри келиши $n' = \frac{n}{f_h}$ бўйича аниқланади. Масалан, 1 мм хато уч нисбий баландликка тўғри келсин. Бунда охириги репернинг ҳисобланган отметкаси ва ундан илгариги икки боғловчи нуқта отметкалари f_h га тузатилади. Бу уч отметкадан илгариги уч боғловчи нуқта отметкаси ($f_h - 1$) га, булардан илгариги уч боғловчи нуқталар отметкаси ($f_h - 2$) га тузатилади ва ҳоказо. Бўлиб берилган тузатмалар f_h 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 теппилади.

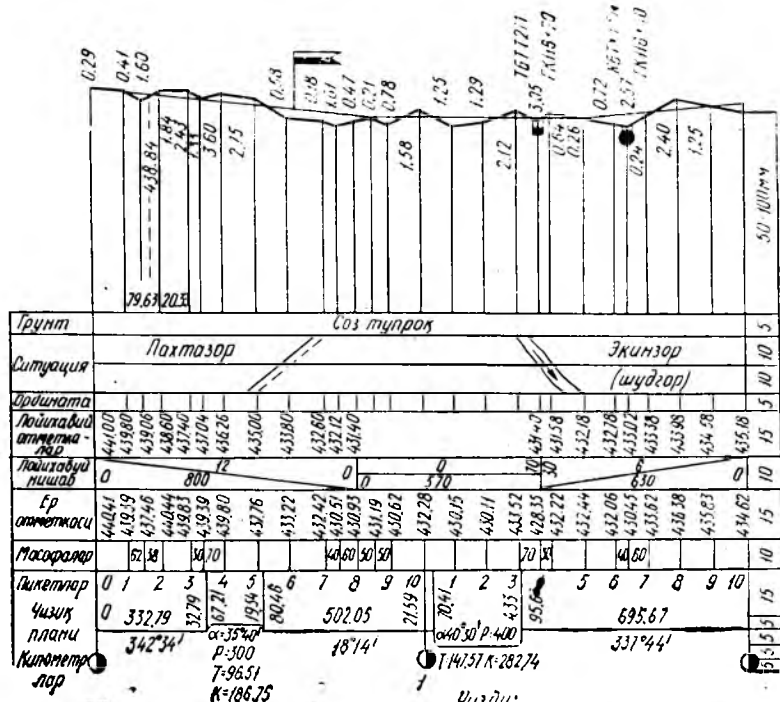
ХIII. 29. Бўйлама профиль чизиш

Ер юзасидаги бир йўналиш вертикал кесимининг кичрайтилган тасвири профиль дейилади. Профиль бўйлама ва кўндаланг бўлади. Профиллар нуқталарининг нивелирлаш журналидаги ҳисобланган отметкалари бўйича чизилади. Темир йўл, тош йўл ва канал каби чизилган ишхотларнинг бўйлама профиллари бири-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.

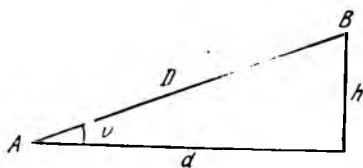
Бўйлама профиль чизиш учун, йўлнинг узунлиги ва профиль масштабига қараб, маълум ўлчамда миллиметрли қоғоз олинади. Темир йўл профилини чизишда горизонтал масофа масштаби 1:10000 (1 см да 100 м), вертикал масофа масштаби эса горизонтал масштабдан ўн марта йирик, яъни 1:1000 (1 см да 10 м) қилиб олинади. Қоғоз тагидан 10 см қолдириб, горизонтал чизик чизилади, бу чизик тагига пикетлар номери ёзилганидан у *пикет чизиши* дейилади. Қоғознинг чап томонидан 5 см қолдириб, вертикал чизик чизилади. Горизонтал, вертикал чизиклар бош чизиклардир, булар асосида *профиль тўғри* чизилади (ХIII. 50-шакл). Тўғри яеаш учун бош горизонтал чизикдан 10 мм юқорида чизик чизилади, бу икки чизик ораси *масофалар графаси* дейилади ва номин чап томонга ёзилади. Бош чизиклар кесилган нуқта ПК0 деб қабул қилиниб, горизонтал чизикқа 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 чизикдан 15 мм қолдириб учинчи чизик чизилади. Бу чизиклар орасига ер отметкалари ёки *қора отметкалар* деган сўзлар ёзилади; пикет ва плюс нуқталарнинг ҳисоб-



XIII. 50- шакл.

ланган отметкалари журналдан сантиметргача яхлитлаб олиниб, ўз нуқталарининг тепасига вертикал ҳолда ёзилади. Яна 10 мм қолдириб чизик чизилади ва оралиққа *лойиҳавий нишаб* сўзлари ёзилади. Кейин 15 мм юқоридан чизик чизиб, орасига *лойиҳавий отметкалар* ёки *кизил отметкалар* деган сўзлар ёзилади. 5 мм юқоридан чизик чизиб, орасига *ординаталар* сўзи ёзилади; бунга шикет ва плюс нуқталар ўрни белгиланган чизикнинг давомини чизилади. Кейин 20 мм юқорида еттинчи горизонтал чизик чизилиб, орасига *трасса плани* деб ёзилади; бу графага ўқ чизик иккинчи ёнидаги *жой* ситуацияси чизилади. Кейин беш миллиметр юқорида охириги чизик чизилади ва хонасига *грунт* (*тупроқ*) деб ёзилади ва бу оралиқда тупроқ тури кўрсатилади. Кейин шу охириги чизикдан 7—10 см юқорида жой *профили* чизилишини керак. Профиль чизилиш учун охириги чизик отметкаси сифатида шартли бир сон қабул қилинади; мисолда 370,00 м қабул қилинган. Сўнг «ер отметкалари» графасидаги шикет ва плюс нуқталар ўрни охириги чизикка нисбатан ўз отметкаларига биноан 1:1000 масштабда топилади. Кейин топилган нуқталар кетма-кет туташтирилса, нивелирланган ўқ чизик *профили* ясалади.



ХIII. 51- шакл.

нишот қуриладиган ўринни 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* дейилган 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

$$i = \frac{H_0 - H_6}{d} \quad (\text{ХIII.61})$$

бўлади. h нинг ишорасига қараб нишаб манфий ёки мусбат бўлади. Тони ва темир йўлларда, жой шаронтига қараб, нишаб мусбат ва манфий бўлади, 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 $i = \frac{h}{d} = \frac{+5}{1000} = +0,005$ бўлади ва шундай ёзилади. Агар $h = -3$ м, $d = 500$ м бўлса, $i = \frac{-3}{500} = \frac{-6}{1000} = -0,006$ бўлади.

Қўшимча нишаби «мингдан беш» ёки «мингдан саккиз» дейиш ўрнига нишаб беш ёки саккиз деб ҳам айтилади. Юқоридаги қондалар кўпроқ йўл ва канал қуриш ишларида учрайди.

Мисолларда 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

$$i_1 = \frac{H_{\text{пк8}} - H_{\text{пк0}}}{800} = \frac{431,40 - 441,00}{800} = \frac{-9,60}{800} = -\frac{12}{1000} = -0,012$$

бўлади. Иккинчи лойиҳавий чизиқ лойиҳавий отметкаси 431,40 м бўлган ПК8 дан бошланиб, ПК13 + 70,00 даги 431,40 отметкали нуқтада тугаган. Бунинг нишаби

$$i_2 = \frac{431,40 - 431,40}{570} = \frac{0,00}{570} = 0,000$$

бўлади, яъни бу лойиҳавий чизикда нишаб йўқ бўлиб, йўл горизонтал ўтади; бундай жой майдонча дейилади, яъни нишабсиз горизонтал лойиҳавий чизик майдонча бўлади.

Учинчи лойиҳавий чизик ПК13+70,00 дан бошланиб, ПК20да тугайди, чизик $i_3 = +0,006$ нишаб билан ўтказилган. ПК20нинг лойиҳавий отметкасини аниқлаш учун ПК13+70,00 билан ПК20 орасидаги нисбий баландлик h топилиши керак. (ХIII.61) формуладан:

$h = di = 630,00 \cdot 0,006 = +3,78$ м. Бу сон ПК13+70,00 отметкасига қўшилса, ПК20 отметкаси чиқади, яъни $H_{\text{ПК}20} = 431,40 + 3,78 = 435,18$ м бўлади.

Бу нишаб қийматлари «лойиҳавий нишаб» графасига шаклдаги каби ёзилади, яъни нишабнинг боши ва охири туташтирилиб, чизик устига нишаб қиймати касрсиз ёзилади, тагига шу нишабдаги чизик узунлиги ёзилади. Масалан, $\frac{12}{800}$, $\frac{0}{570}$ ва $\frac{6}{630}$.

Лойиҳавий чизик охирида вертикал чизилган чизикнинг икки ёнига шу нуқтанинг икки ёнидаги пикетдан бўлган узоқлиги вертикал ҳолда ёзилади. Мисолдаги 0/0 ва 70/30 каби.

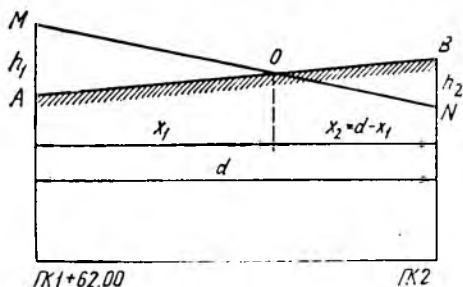
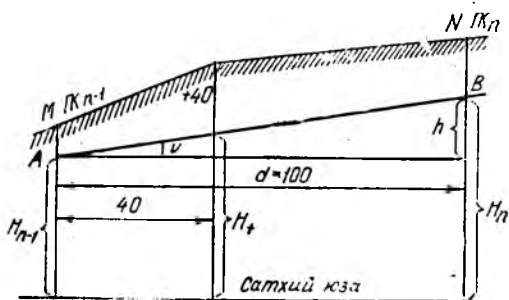
Пикетларнинг лойиҳавий отметкаларини ҳисоблаш. Лойиҳавий чизиклар ўтказилиб, уларнинг нишаби аниқлангач, аввал пикет нуқталарнинг лойиҳавий отметкалари ҳисобланади. ХIII.52-шакл, a га кўра, қуйидагиларни ёзамиз: $H_n = H_A + h$ ёки $H_{\text{ПК}n} = H_{\text{ПК}n-1} + h$; АВ лойиҳавий чизик унинг вертикал бурчаги v бўлса, $h = d \operatorname{tg} v$, $\operatorname{tg} v = \frac{h}{d} = i$ ёки $h = di$ эканини эслаб, ўрнига қўйсак,

$$H_{\text{ПК}n} = H_{\text{ПК}n-1} + di \quad (\text{ХIII.62})$$

чиқади. Пикетлар оралиғи $d = 100$ м бўлганидан,

$$H_{\text{ПК}n} = H_{\text{ПК}n-1} + 0i \quad (\text{ХIII.63})$$

бўлади. Бу формула билан пикетларнинг лойиҳавий отметкалари ҳисобланади. Мисолдаги ПК0 нинг лойиҳавий отметкаси маълум бўлганидан, ПК1 нинг отметкаси қуйидагича:



ХIII. 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 ҳоказо. Ҳисобланган бу «лойнҳавий отметка» графасига шаклдаги каби ёзилади.

Плюс нуқталар лойнҳавий отметкасини ҳисоблаш. Пикетлар орасидаги плюс нуқталар отметкаси H_+ илгариги пикет отметкаси 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. Мисолдаги ПК1—62,00 нинг лойнҳавий отметкаси 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 ўрмон турлари ва экинлар турини ёзилади. Ўқ чизигининг бурилиш ўринлари ҳам стрелка билан кўрсатилади.

Грунт графасига шивелирланган жойдаги тупроқ турини ва чегараларини ёзилади.

Иш отметкаларини ҳисоблаш. Бир вертикал чизикдаги лойнҳавий ва ер отметкаларининг фарқи *иш отметкаси* дейилади. Иш отметкалари ер қазини чуқурлиги (қазилма) ва тупроқ тўкиш баландлиги (кўтарма) қийматини кўрсатувчи сондир. Ер отметкаси H_e , лойнҳавий отметка H_d бўлса, иш отметкаси h_u қуйидагича топилади:

$$h_u = H_e - H_d \quad (\text{XIII.65})$$

h мусбат бўлса—қазилма, манфий бўлса—кўтарма бўлади. Иш отметкалари лойнҳавий чизикнинг икки ёнига 10 мм узоқликда қўйиладиги (вертикал ҳолда) ёзилади. Агар ер юзасининг отметкаси лойнҳавий отметкадан катта бўлса, айирма қазилма чуқурлигини кўрсатади ва лойнҳавий чизикнинг сстига ёзилади. Агар лойнҳавий отметка ер сатҳи отметкасидан катта бўлса, айирма кўтарма баландлигини кўрсатади ва лойнҳавий чизикнинг устига ёзилади.

Лойнҳавий чизик, нишаб ва лойнҳавий отметка ёзилган графаларнинг ён чизиклари ҳамда нишабни кўрсатувчи чизик ва ситуация графасидаги трасса ўқ чизиги профилда қизил тушъ билан чизилади. Нишаб графасидаги ёзувлар, лойнҳавий отметкалар ва иш отметкалари ҳам қизил тушъ билан ёзилади.

Қанат профилиларида қазилма чуқурлиги ва кўтарма баландлигини кўрсатувчи сонлар темир йўл профилидаги каби ёзилмай, балки профиль тўрида алоҳида чизилган графага ёзилади. Бу графаларга «*кўтарма баландлиги*» ва «*қазилма чуқурлиги*» деган сўзлар ёзилади.

Полиинчи нуқта масофасини аниқлаш. Ер сатҳи чизиги билан лойнҳавий чизикнинг кесилган нуқтасида иш отметка-

си 0 га тенг бўлганидан, у *нолинчи нуқта* дейилади. Баъзан бу нуқтанинг икки ёнидаги пикетдан бўлган узоқлиги аниқланади ва профилда кўрсатилади. Бунинг учун нолинчи нуқта икки ёнидаги иш отметкалари h_1 , h_2 ва шу отметкаларга тегишли нуқталар орасидаги масофа d маълум бўлиши керак. Агар нолинчи нуқтанинг олдинги нуқтадан узоқлиги X_1 бўлса, XIII.52-б шаклга кўра қуйидагини ёзамиз:

$$\frac{x_1}{h_1} = \frac{d - x_1}{h_2} \text{ ёки } x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} d. \quad (\text{XIII.66})$$

Бунинг кейинги нуқтадан бўлган ораллигини 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 тушъ билан 0 рақами ёзилади, шу нуқтадан шартли горизонт чизилгача кўк тушъ билан пунктир чизиқ чизилади ва шу чизиқнинг икки ёнига шартли горизонт устига ҳисобланган масофалар қиймати кўк тушъ 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 турли профиль чизиги устида шартли белгилар билан кўрсатилади. Масалан, мисолда 6- ва 7- пикетлар орасида ўқ чизиқ тош йўлини 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 м 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 кўрсатиладигани, бу

чизиқ плани дейилади. Бу тўғри ва эгри чизиқ планини чизиш учун радиус ва бурилиш бурчаклари бўйича жадвалдан эгри чизиқ 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 дала материаллари бўйича тўлдирилади. 4 ва 5-графалардаги бурчаклар йиғиндиси аниқланиб, тегишли графа тагига, уларнинг айрмалари чиқарилиб, ўртароққа ёзилади. Мисолда:

$$\Sigma \theta_g - \Sigma \theta_n = 35^{\circ}40' - 40^{\circ}30' = -4^{\circ}50'.$$

6-графадаги радиус қиймати, йўл класс ва техник шартларга кўра қабул қилинади. Мисолда биринчи эгри чизиқ радиуси $R_1 = 360$ 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 бўйича жадвалдан топилиб, тегишли қаторларга ёзилади. 7, 8 ва 10-графалар йиғиндиси ўз графалари тагига ёзилади ва айрма $2\Sigma T - \Sigma K$ топилиб, 7,8-графалардаги йиғиндилар ўртасига ёзилади.

11,12-графалардаги эгри чизиқнинг боши (ЭБ), охири (ЭО) нинг пикет ўрни (XIII.31;32) формулалар ёрдамида топилади.

Эгри чизиқнинг бош ва охириги нуқталарининг пикет ўрнини аниқлагандан кейин шу нуқталар орасидаги «тўғри киритма» деб аталадиган тўғри чизиқлар узунлиги «Р» ҳисобланади ва унинг қиймати метр билан ифодаланиб, бурчаклар номери ўртасига ёзилади. Бош тўғри киритма қиймати Р, ПК0 дан биринчи эгри чизиқ бошининг пикет ўринигача бўлган масофага тенг бўлади. Масалан, $P_1 = ЭБ_{\text{пк}} = 332,79$ м.

Икки чизиқ ўртасидаги тўғри киритма қиймати қуйидагича топилади:

$$P_n = ЭБ_{\text{пк}_n} - ЭО_{\text{пк}_{n-1}} \quad (\text{XIII.68})$$

Мисолда:

$$P_2 = ЭБ_2 - ЭО_1 = (\text{ПК } 10 + 21,59) - (\text{ПК } 5 + 19,54) = 1021,50 - 519,54 = 502,05 \text{ м.}$$

Охириги тўғри киритма қиймати P_0 қуйидагича ифодаланади:

$$P_0 = L - ЭО_{\text{пк}_n};$$

буида L — инвентрлаш йўлининг узунлиги, $ЭО_{\text{пк}_n}$ — энг кейинги эгри чизиқ охирининг пикет ўрни.

Мисолда: $P_0 = L - ЭО_{\text{пк}_n} = 2000,00 - (13 + 4,33) = 2000,00 - 1304,33 = 695,67$ м.

13-графадаги P_i лар йиғиндиси топилиб, графа тагига ёзилади:

$$\Sigma P_i = 1530,51 \text{ м.}$$

Шу графа тагига $\Sigma P_i + \Sigma K$ қиймати ҳам ёзилади; мисолда: $1530,51 + 469,49 = 2000$ м.

Тўғри ва эгри чизиклар ведомости

Бурчаклар номери		Бурчак		Эгри чизиклар										Тўғри чизиклар				
		Учнинг пикет ўриши		қиймати		элементи					пикет ўриш.ли		узунлиги	аънадиши				
		БУ	3	4	5	ра-дус R	тағиене T	эгри чи-зиқ K	биссек-триса B	домер D	эгри чизик боши $ЭБ$	эгри чизик охири $ЭО$		тўғри ки-ритма P	бурчак уч-лари ўрта-сидаги ма-софа S	дирекцион бурчак α	румб	
1	2					6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	номи	о	р
0	0	0÷00,00											332,79	429,30	342°34'	ШФ	17°26'	
1	0	4÷29,30	35°40'		300	96,51	183,75	15,14	6,27		3÷32,79	5÷19,54	502,05	746,13	18°14'	ШШ _к	18°14'	
2	1	11÷69,16		40°30'	400	147,57	282,74	26,75	12,39		10÷21,59	13÷4,33	635,67	843,24	337°14'	ШФ	22°16'	
													$\Sigma P =$ 1530,51	$\Sigma S =$ 2018,67	$\alpha_n - \alpha_1 =$ -4°50'	$r_1 - r_n =$ -4°50'		
													$\Sigma P + \Sigma K =$ 1530,51 + 469,49 = 2000,00	$\Sigma S - \Sigma D =$ 2018,67 - 18,66 = 2000,01				
													$\Sigma 0_y =$ 35°40' - 40°30' = -4°50'					

14-графага бурчак учларининг орасидаги масофа S бурчак учлари орасига ёзилган. Биринчи масофа S_1 бош пикет ПК0 дан биринчи бурчак учигача бўлган масофага тенг, misолда:

$$S_1 = 429,30 \text{ м.}$$

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. Misолда:

$$S_2 = T_1 + P_2 + T_2 = 96,51 + 147,57 + 502,05 = 746,13 \text{ м.}$$

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. Misолда:

$$S_2 = BY_2 - BY_1 + D_1 = (\text{ПК} 11 + 69,16) - (\text{ПК} 4 + 29,30) + 6,27 = 746,13 \text{ м.}$$

14-графадаги сонлар йиғиндисини $\sum S$ топилади: $\sum S = 2018,67 \text{ м.}$

8,10, 13 ва 14-графалардаги қийматларининг йиғиндиларини орасида қуйидаги шарт бўлиши керак:

$$\sum P + \sum K = \sum S - \sum D,$$

misолда $\sum P + \sum K = 1530,51 + 469,49 = 2000,00 \text{ м;}$

$$\sum S - \sum D = 2018,67 - 18,66 = 2000,01 \text{ м;}$$

бу ердаги 1 см фарқ яхлитлаш хатосидан келиб чиққан.

Тўғри киритмалар йўналишини ҳисоблаш. 15-графада нивелирлаш йўлидаги томонларининг (тўғри киритмаларининг) дирекцион бурчаклари ёзилган. Бош томоннинг дирекцион бурчаги берилганда, қолган томонларининг дирекцион бурчаклари бурилиш бурчаги орқали қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_n &= \alpha_{n-1} + \theta_s \\ \alpha_n &= \alpha_{n-1} - \theta_q \end{aligned} \right\} \quad (\text{XIII.71})$$

бунда α_{n-1} , α_n — олдинги ва кетинги тўғри киритмаларининг дирекцион бурчаклари, θ_s , θ_q — ўнг ва чап бурилиш бурчаклари.

Ўқ чизиқ планини чизиш. Тўғри ва эгри чизиқлар жадвали тўлдирилгандан кейин профль тўрнининг бош горизонтал чизигидан 20 мм пастдаги горизонтал чизиқда эгри чизиқнинг бош ва охири нуқталарининг аниқланган пикет ўрнлари XIII.7-жадвал асосида белгиланади. Масалан, биринчи эгри чизиқнинг боши ПК3 + 32,79 да, охири эса ПК5 + 19,54 да бўлганлиги, гори-

зонтол 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 йўналиши 342°34' ёзилади. Иккинчи эгри чизиқнинг бош ва охи-ри нуқталари жадвалга кўра белгиланади, тўғри киритмалар узунлиги ва йўналишлари 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 чи-зиқлар устига бурилиш элементларидан θ , R , T , K қийматлари ёзилади.

Белгиланган ЭБ, ЭО нуқталаридан пикет чизигигача перпен-дикуляр чиқарилади, бу чизиқларнинг икки ёнига эгри чи-зиқнинг бош ва охирининг икки ёнидаги пикетдан бўлган масо-фаси 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 донавий эгри чизиқ билан бирга, ўтма эгри чизиқ ҳам кўрсатилади.

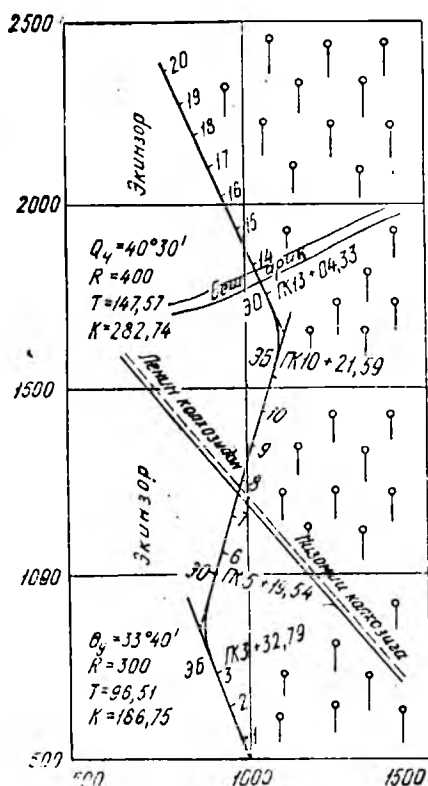
Ўқ чизиқ планида километрлар ўрнини кўрсатиш учун пикет белгиланган нуқтадан пикетлаш чизигидан пастга томон 3,5 см узунликда перпендикулярлар чиқарилади ва унинг учига диаметри 5 мм ли доирача ясалади. Донраннинг ўнг ярми қора тушъ билан бўя-лади ва тагига километр номери ёзилади (ХIII.50-шакл).

ХIII. 31. Тўғри трасса планини чизиш

Чизиний нишоот қуриладиган жойнинг ўқ чизигининг профи-лини чизиш билан бирга, трасса ўтган жойнинг плани ҳам чизи-лади. Трасса плани тўғри ва эгри чизиқлар ведомости ҳамда пи-кетлаш дафтарчасидаги маълумотлар асосида чизилади. Талабга ва трасса ўтган жой шароитига қараб, план турли масштабда чизи-лиши мумкин. Масалан, текис ва бир оз баланд-паст бўлган жой-ларда 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 мум-кин. Мисолимиздаги трасса плани бурилиш бурчаги учларининг координаталари (асосида 1:10000 масштабда чизилган (ХIII.53-шакл).

Эгри чизиқнинг боши ва охиридан чиқарилган радиуслар ёни-га шу нуқталарнинг пикет ўрнлари ёзилади. Бу чизиқ ва ёзув-лар қизил тушъ билан чизилади ва ёзилади. Эгри чизиқ элемент-



XIII. 53- шакл.

софа графиги дейлади ва бунга кўндаланг чизикдаги нуқталарнинг ўқ чизикдан узоклиги ёзилади. Мисолда жой рельефига қараб, кўндаланг чизик $PK3 + 30,00$ да олинган (нивелирлан журналга қаранг). Бу нуқтанинг пикет ўрни бош горизонтал чизик ўртасига (тагига) ёзилади. Ўқ чизикнинг ўнг томонида $+2,5$ м,

ларитан Q, R, T, K қийматларини ҳам ҳар қайси эгри чизик ёнига ёзилади.

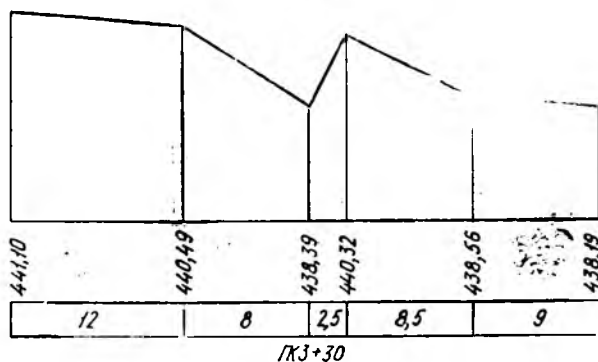
Трасса ўқ чизигининг икки ёнига пикетлаш дафтарчасидаги жой ситуацияси чизилади.

XIII. 32. Кўндаланг профиль чизиш

Кўндаланг профиль ўқ чизикнинг икки ёнидаги жой рельефини кўрсатиши учун чизилади ва кўпинча, кўндаланг чизиклар деб аталади.

Ер қазини нилари ҳажминини аниқлаш осон бўлиши учун кўндаланг профиль йирик (1:200 каби) масштабда чизилади, горизонтал ҳамда вертикал масштаби бир хил бўлади.

Профиль чизиш учун бирор горизонтал чизик чизилади ва у бош чизик деб қабул қилинади (XIII.54-шакл). Шундан юқорида 1 см ташлаб, иккинчи чизик ўтказилади. Бу 1 см ли оралиқ ма-



XIII. 54- шакл.

+ 11,00 м ва 20,00 м масофаларда, чап томонда эса + 8,0 м ва + 20,00 м масофаларда жойнинг характерли нуқталари нивелирланган. Бу нуқталар ўрни масштабда масофа графасида белгиланади. Масофа графасидаги сонлар ҳар қайси нуқтанинг бир-бирига нисбатан бўлган узоқлигини кўрсатади. Масофа графасидан кейин, 15 мм юқорида горизонтал чизиқ чизилади, бу графага кўндаланг чизиқдаги нуқталарнинг журналдаги отметкалари см гача яхлитланиб ёзилади. Сўнгра охириги чизиқ шартли горизонт сифатида қабул қилиниб, шу чизиқдан 7 — 10 см юқорида профиль чизилади. Кейин кўндаланг чизиқ нуқталарининг ўрни отметкаларига қараб, масштаб бўйича бўйлама профилдаги каби топилади ва туташтирилади.

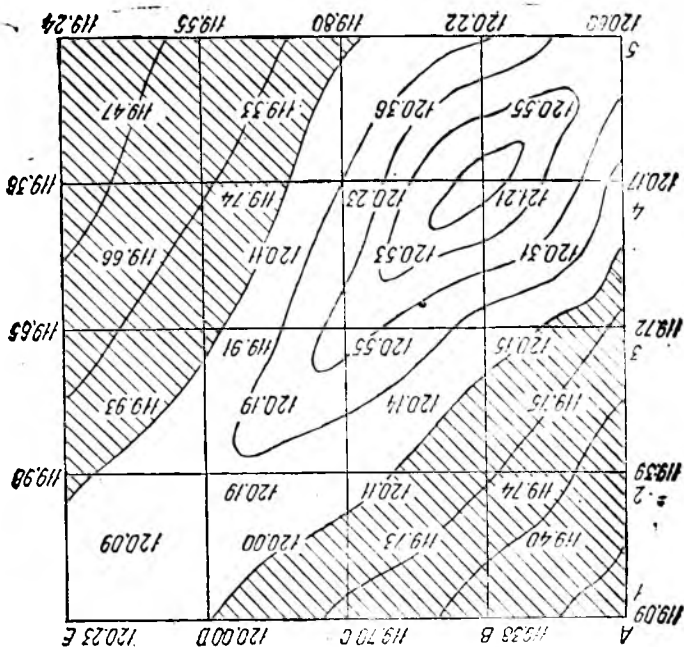
Шартли горизонт отметкаси кўндаланг нуқталар отметкасига қараб аниқланади. Мисолда шартли горизонт отметкаси 435,00 м деб олинган.

ХIII. 33. Юзаларни нивелирлаш ва унинг усуллари

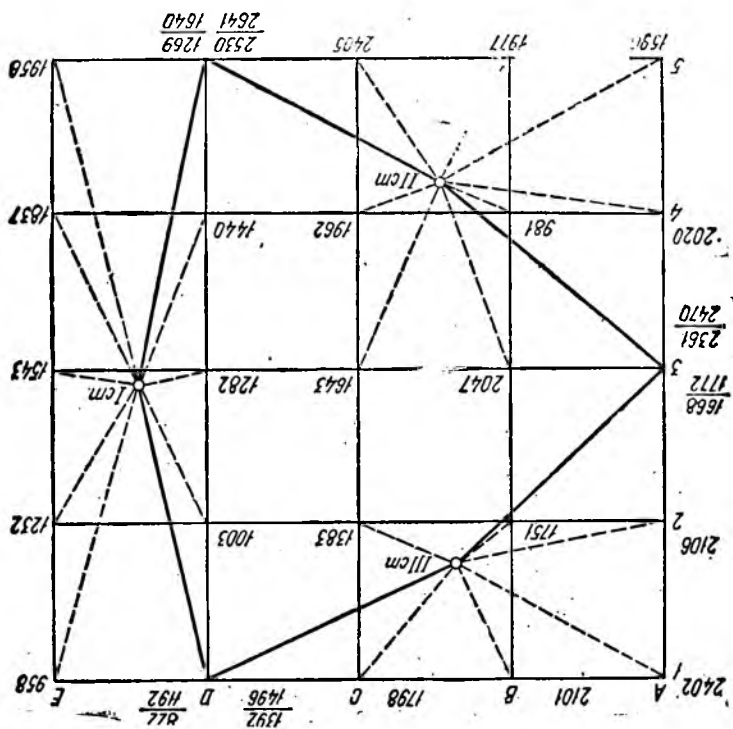
Аэродром, стадион, темир йўл станцияси каби инженерлик иншооти қуриш мўлжалланган майдон юзасининг рельефини аниқлаб, ундан мақсадга мувофиқ фойдаланиш учун аввал шу жойнинг рельефи тасвирланган планни чизилади. Ихтиёрий майдон юзасини нивелирлаб, уни қоғозда горизонталлар билан тасвирланган юзани нивелирлаш деб, план эса *горизонталли план* деб аталади. Бундай план инженерлик ишларида кўп ишлатилади; қурилаётган иншоот шу планда лойиҳаланиб, кейин амалга оширилади.

Берилган жойнинг контури (чегаралари), рельефининг кўриниши, жойнинг очиқ ёки ёпиқ эканлиги каби ҳолларга қараб, юза нивелирлашда қуйидаги усуллар қўлланилади: 1) квадрат катаклар усули; 2) параллел чизиқлар усули; 3) полигон усули. Булардан энг кўп қўлланиладигани квадрат катаклар усулидир.

Квадрат катаклар усули. Бу усулда теодолит ёрдамида, жой қиялигига қараб, томон 20 ёки 40 м ли квадрат катаклар қуйидагича ясалади (ХIII.55-шакл). *A* нуқтага теодолит ўрнатилиб, *I* верньер нолли лимб ноллига тўғриланади-да, алидада маҳкамланиб, лимб бўшатилади, *E* нуқтага қаратилиб эса, лимб маҳкамланади. *AE* чизиқда ҳар 20 ёки 40 м дан *B*, *C*, ... нуқталар белгиланиб, қозиқ қоқилади; кейин алидада бўшатилиб, *I* верньер 90 га тўғриланса, *AE* га перпендикуляр *I—5* чизиқ ясалади. Бу ерда ҳам *I—5* бўйича 20 — 40 м дан ўлчаб, 2, 3, ... нуқталар белгиланади-да, қозиқла қоқилади. Нуқталар *A—2*, *A—3*, ... *B—2*, *B—3*, ... каби белгиланади ва қоқилган қозиқларга ёзилади. Шунда квадрат катаклар ясалган бўлади. Нивелирлаш олдида квадрат катаклар схемаси алоҳида қоғозга чизилади, бунда нивелирлашда рейкадан олинган саноклар ҳар қайси нуқта ёнига ёзилади. Томон узунлигига қараб, боғловчи нуқтанинг асбобдан узоқлиги 50 м дан ошмаслиги кўзда тутилиб, станциялар белгиланади ва шаклдаги каби нивелирланади. Агар жойнинг нишаби кичик бўлса, квадрат томонлари 100 м дан олинади. Бунда ҳар квадратда станция олинади. Квад-



XIII. 50-100K.



рат томони ёки ўртасида баландлик бўйича характерли нуқта бўлса, унинг ўрни томонларга нисбатан аниқланади ва нивелирланади.

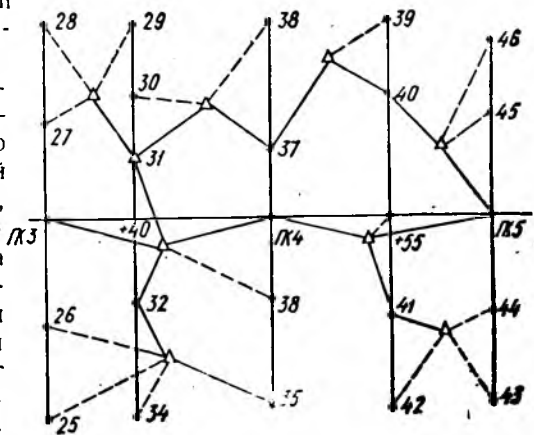
Томон узунлиги 40 м дан бўлган квадрат катакнинг 1:1000 масштабда чизилган схематик плани мисол тариқасида ХIII.55-шаклда келтирилган. Чизмада бурчак учларининг номерланиши қабул қилинган қоидага биноан ёзилган; станциялар номери рим рақами билан кўрсатилган. Нивелирлаш тартиби ҳам схема тарзида берилган; 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 тулдирилади 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. ХIII.55-шаклдаги квадрат учларининг ҳисобланган отметкалари сантиметргача яхлитлаб олиниб, бурчак учлари номери ёнига ёзилади (ХIII.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 усуллари 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 очик ва ёпиқ бўлиб, рельефи ўртача бўлганда қўлланилади. Бунда жой ўртасидан ўтказилган магистрал чизик ёки трасса ўқ чизигидаги керакли нуқталарнинг планний ўрни ва баландликларни аниқланади. Нивелирланиши керак нуқ-



ХIII. 57- шакл.

талар белгиланиб, уларнинг ўринлари магистрал чизикқа нисбатан перпендикуляр ёки маълум бурчак бўйича чиқарилган чизик 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 чизик ёпиқ ёки очик кўпбурчаклик томонларидан иборат бўлади. Бу усулни рельефи мураккаб бўлган жойла га ҳам татбиқ этиш мумкин бўлиб, магистрал чизик тизма тоғ, сой каби характерли ўринлардан ўтказилади, бунга нисбатан чиқарилган перпендикуляр ёрдамида нуқталар ўрни аниқланади; кейин бир неча станцияда туриб нивелирланади. Боғловчи ва оралик 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 жойини турли нишаб билан текислаш керак бўлади. Бунда иншоотнинг вазифаси ва техник шаронгларга қараб, нуқталарнинг лойиҳавий отметкалари бўйича ер ишлари ҳажми, яъни тупроқ қазиниш ва тупроқ солиниш 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:

$$H_0 = \frac{4\sum H_{\text{и}} + 2\sum H_{\text{ч}} + \sum H_{\text{б}}}{4n}, \quad (\text{XIII.73})$$

унда $\sum H_{\text{и}}$ — ички квадрат бурчак учлари (мисолда 9 та, XIII.56-шакл) отметкаларининг йиғиндиси; $\sum H_{\text{ч}}$ — четки квадратлардаги четки бурчак учлари (мисолда 12 та) отметкаларининг йиғиндиси; $\sum H_{\text{б}}$ — тўртбурчаклик учларининг (мисолда 4 та) отметкаларининг йиғиндиси; n — квадратлар тўридаги 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 отметкаларни лойиҳавий отметкага тенг нуқталар эгри ёки тўғри чизиқ билан туташтирилса, *ноль чизиқ* ҳосил бўлади; бу чизиқ қазилиш ва тупроқ тўкилиши керак бўлган майдон чегарасини кўрсатади ва кўпинча, кўк тушъ билан чизилади. Панда тупроқ тўкиладиган (кўтарма) майдон юзаси оч яшил ранг билан бўялади ёки турли штрихлар билан белгиланади. Лойиҳавий чизиқ қизил тушъ билан чизилади. Бундай чизма *ер ишлари картограммаси* дейилади.

Агар нивелирланган майдонда горизонтал юза лойиҳаланмай, балки маълум нишабдаги юза лойиҳаланса, бунда ҳар қайси бурчак учидаги лойиҳавий отметка эса масофа ҳамда нишаб орқали топилади. Ҳисобланган лойиҳавий отметкалар ўз квадрат учларига (лойиҳавий отметка чизик устига, ер сатҳининг отметкаси эса чизик остига) ёзилади.

XIII. 35. Иш отметкаларини аниқлаш

Лойиҳавий отметкага нисбатан аниқланадиган квадрат учларидаги тупроқ қазини чуқурлигини ва тупроқ тўкиши баландлигини кўрсатувчи сон *иш отметкаси* дейилади. Иш отметкаларини аниқлаш учун нуқтанинг лойиҳавий отметкасидаан ҳисобланган ер отметкаси айрилади; айрма манфий бўлса, бу қазилма чуқурлиги, мусбат бўлса кўтарма баландлиги бўлади. Масалан, A1 учида $120,00 - 119,09 = +0,91$ м сони кўтарма қиймати бўлади; C2 учида $120,00 - 120,11 = -0,11$ м эса қазилма чуқурлиги бўлади. Ҳисобланган иш отметкалари махсус ер ишлари жадвалига (XIII.8-жадвал) ёзилади.

XIII.8-жадвал

Ер ишлари жадвали

Нуқталар номери	Иш отметкалари, м		Нуқталар номери	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 кўринади.

Лойиҳаланган текисликни жойда режалаб, уни амалга ошириш учун қилинадиган умумий иш ҳажминини 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 юзнинг 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 *аэро nivelirлаш*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.

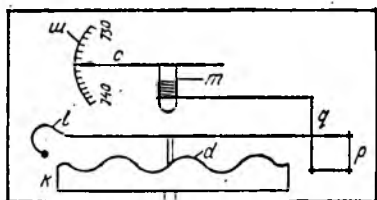
Симобли барометр нозик бўлганидан нивелирлашда анероид номли ихчам металл барометр ишлатилади (XIV.1-шакл). Анероиднинг ички тузилиш схемаси XIV.2-шаклда кўрсатилган. Анероид асосан ҳавоси тортиб олинган қути K дан иборат бўлиб, қути қопқоғи d нинг босимни сезувчанлигини ошириш учун у пружиналанадиган қилиб ишланган; унинг ўртасига устунга ўрнатилиб, унга q, p ричаглар маҳкамланган. Босимнинг ўзгариши билан d қопқоқ кўтарилади ёки пасаяди; бу ўзгариш p, q ричаг-

лар орқали катталашиб, t нинг айланиши билан s стрелканинг ҳолати ўзгаради, стрелка бўйича $Ш$ шкаладан босим қиймати олинади. Шкаладан олинган саноқ *анероиднинг кўрсатиши* дейлиб, A ҳарфи билан кўрсатилади. Анеронд ўртасида термометр ўрнатилган бўлиб, бу анеронд температурасини кўрсатади ва t_A билан белгиланади.



XIV. 1- шкл.

Анеронддан олинган A саноқ симобли барометр саноғи B га тўғри келмайди. Шунинг учун (XIV.1) формула билан h ни ҳисоблашдан аввал анероиднинг кўрсатиши A симобли барометрнинг кўрсатиши B га қуйидагича келтирилади:



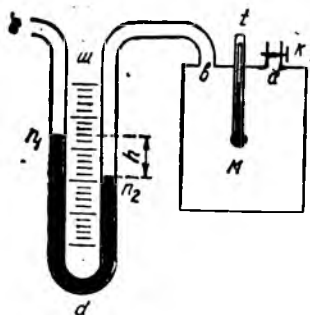
XIV. 2- шкл.

$$B_0 = A + a + \sigma t_A + c(760 - A); \quad (\text{XIV.2})$$

бунда B_0 — нормал босимда 0° даги симобли барометрнинг кўрсатишига келтирилган босим, a — анероиднинг қўшимча тузатмаси; $t_A = 0^\circ$, $A = 760$ мм бўлса, $a = B_0 - A$ бўлади, σ — температура коэффиценти, σt_A — температура тузатмаси, $c(760 - A)$ — шкала тузатмаси, 760 мм — денгиз сатҳида ҳавонинг ўртача босими. a , σ ва $c(760 - A)$ лар қиймати анеронд аттестатида берилган бўлади, t_A — анеронддан олинади.

Нисбий баландлиқни аниқлаш учун M ва N нуқталарда туриб анеронддан A_1 ва A_2 саноқлар олинади, t_1 ва t_2 ўлчаб олинади. Кейин (XIV.2) бўйича B_1 , B_2 лар ҳисобланиб, (XIV.1) бўйича h ҳисоблаб топилади. Ҳисоблашни кетма-кет маълум тартибда олиб бориш учун махсус «барометрик журнал» тўлдирилади. Анеронддан саноқ 0,1 мм аниқлик билан олинади. Босимнинг 1 мм ўзгаришига тахминан 12 м тўғри келади, барометрик нивелирлаш хатоси 2—3 м атрофида бўлади. Янги топографик висотометр (баландлик ўлчагич) ёрдамида анча аниқ нивелирлаш мумкин. Ҳозир пружинасиз Б.А.М.М анероиднинг такомиллашгани МД-49-2 ва МД-49-А шифри билан чиқариладиган анерондлар аниқ анерондлардир. Оптик О.М.Б-1 шифрли микробарометр 0,10—0,30 м аниқликда нивелирлашга имкон беради.

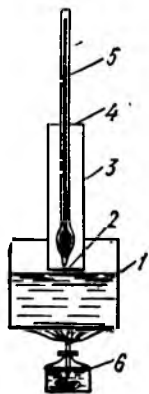
Барометрик нивелирлаш аниқлиги унча бўлмаганидан, қурилишнинг қидириш ишларида, рекогносцировкада ишлатилади. Ба-



XIV. 3- шакл.

шиша трубка ўрнатилган. Трубкага ярим қилиб енгил суюқлик қуйилган. Агар $к$ крани очилса, $М$ идиш ҳаво билан тўлади, $е$ очик 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 қисмдаги босим камайганидан, суюқлик юзаси кўтарилади, ed эса пасаяди. Икки трубкадаги суюқлик горизонтининг фарқи $ш$ шкаладан олинган n_1, n_2 саноқларининг айырмаси $n_1 - n_2 = n$ 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 қўлланилади. Кейинги вақтда ОМБ-1, ОМБ-3П каби микробарометрлар қўлланади.



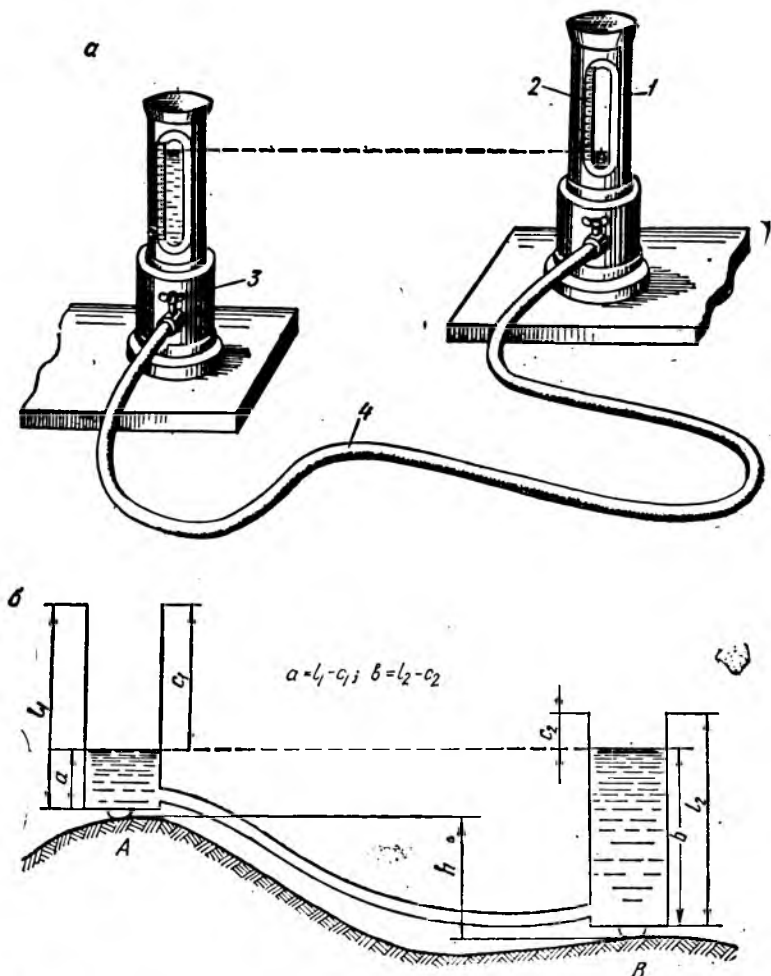
XIV. 4- шакл.
Гипсотермометр:

1 — суви идиш,
2 — тўр, 3 — сури-
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° 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 симобли барометрнинг кўрсатиши топилади, сўнгра барометрик нивелирлашдаги каби баландлик аниқланади.

рометрик нивелирлаш билан нуқталар баландлиги аниқланса, бу нуқталарнинг планий ҳолати *чамалаш съёмкаси* билан аниқланади. Шунга кўра, барометрик нивелирлаш ва чамалаш съёмкаси 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 очиклиги (тешиги) бўлган цилиндрик идиш $М$ дан ясалиб, a га кран $к$, b тешигига ede



XIV. 5-шакл, а, б

Барометрик, гипсотермометрик нивелирлаш усули геологик ишларда, жойини съёмка қилишда ҳам кенг қўламда қўлланилади.

Гидростатик нивелирлаш. Бу, баъзан, *шлангавий нивелирлаш* деб ҳам аталади. Гидростатик нивелирлашнинг аниқлиги юқори бўлганидан бу усул иншоотларни монтаж қилишда, бино ва турли иншоотларнинг чўкишини 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) яслиб, бу идишлар юмшоқ резина ёки пластмассада ясалган турли

узунликдаги шланг орқали туташтирилади. Стаканлар бир хил шишадан цилиндрлик қилиб ишланиб, металл филофга жойланган. Филофнинг бир томони очик бўлиб, шу томондаги шишага миллиметрли шкала ясалган. Шишага ярим қилиб суюқлик солинади, кейин шишанинг усти бекитилади. Суюқлик горизонтини белгилаш учун цилиндр ичига енгил ғилдирак (доправий) қалқович қўйилади. Суюқлик буғланмайдиган ва тоза бўлиши керак. Қор, ёмғир ва водопровод сувларини ишлатиш мумкин. Иккала стакан тагига очиб ёпиладиган кран 3 ўрнатишган.

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 саноқлар олинади. Шунда $h = a - b$ бўлади. Шакл бўйича $a = l_1 - c_1$, $b = l_2 - c_2$ десак ва ўрнига қўйсак, $h = (l_2 - l_1) - (c_2 - c_1)$ (а) келиб чиқади; бу ерда $l_2 - l_1 = k$ стаканлар баландлигидаги фарқ, $(c_2 - c_1)$ — стаканнинг юқорисидан сув юзигача бўлган узунликлар фарқи.

Агар А нуқтага 2, В нуқтага 1 стаканни қўйиб c'_1 ва c'_2 саноқлар олиб нивелирланса, қуйидагини ёзиш мумкин:

$$h = (c'_2 - c'_1) - (l_2 - l_1). \quad (б)$$

(а) ва (б) дан қуйидаги чиқади:

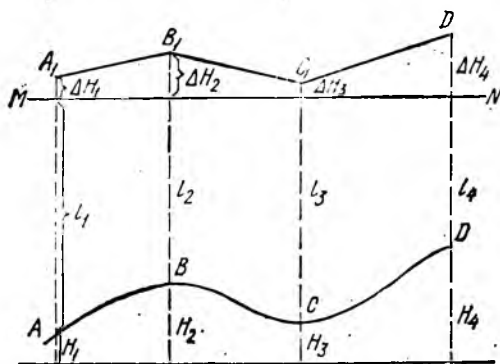
$$h = \frac{(c'_2 - c'_1) - (c_2 - c_1)}{2}. \quad (XIV.3)$$

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 узунлиги 16 м бўлганда нисбий баландлик $\pm 0,2$ мм аниқлик билан топилади.

Ҳозирги даврда қурилмиш майдонларида олиб бориладиган



XIV. 6- шакл.

аниқ ишларда гидро- статик нивелирлаш кенг қўлланилади, шунинг учун бунинг бир неча тури бор. Масалан, икки суюқликли нивелир майдонни нивелирлашда ишлатилади. Қурилмишнинг гидро-статик ади- лаги номли, энг аниқ гидро-статик қурол ва бошқа номдаги нивелирлар ҳам кўп ишлатилади.

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:

$$H_2 = H_1 + l_1 + (\Delta H_2 - \Delta H_1) - l_2;$$

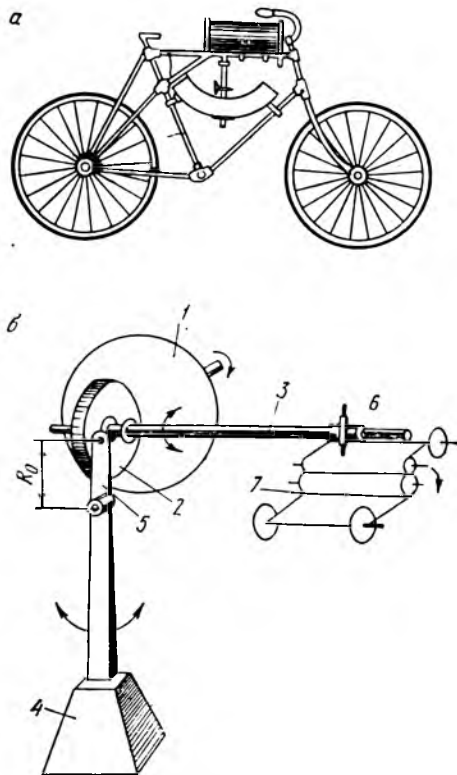
$$H_3 = H_1 + l_1 + (\Delta H_3 - \Delta H_1) - l_3;$$

$$H_n = H_1 + l_1 + (\Delta H_n - \Delta H_1) - l_n.$$

Агар бош нуқта A нинг абсолют отметкаси H_1 маълум бўлса, қолган нуқталар отметкаси юқоридаги формула ёрдамида ҳисоблаб топилади.

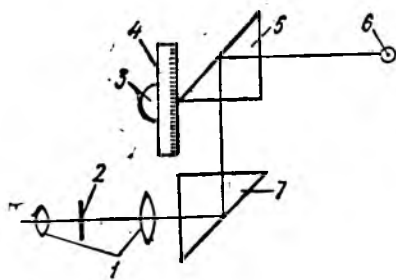
Механик нивелирлаш. Бўйлама нивелирлаш ишини автомат нивелир ёрдамида бажариб, нивелирлаш йўлининг чизилган профилнинг олиш *механик нивелирлаш* дейилади. Бунда профиль чизилганидан, асбоб *профилограф* деб ҳам юритилади. Бу усул кўпроқ қидириш ишларида қўлланилади.

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 нивелирни 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 (биркаш), 2 — диск — ролик, 3 — айланувчи ўқ, 4 — маятниклик юк, 5 — маятник рычаги, 6 — қалам, 7 — барабан



XIV. 8- шакл. Рейкасиэз нивелирлаш асбобиининг схемаси:

1 — линзалар, 2 — тўр, 3 — айлантирувчи винт, 4 — шкала, 5 — қўзғалувчи линза, 6 — лампа, 7 — қўзғалмас линза.

бирлаштирилган. Гилдирак айланиши билан ўтилган йўлнинг узунлиги, баланд-пастлиги мураккаб механик боғланиш орқали барабанда айланувчи қоғоз лентага берилди ва унда гилдирак 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 тўғри келади.

В. И. Шиллингир ва бошқалар автомашинага ўрнатиладиган

ВА — 51, ВА — 1М, АВА шифрли электрон ҳисоблашга мослашган нивелирлар ишлаб чиқдиларки, улар бир соатда 30 км йўлнинг нивелирлашга имкон беради. АВА асбобида фотолентага йўл профили чизилиб, жойнинг характерли нуқталари белгиланади.

Рейкасиэз 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 лампочкани ўрнатма марка 6 ишлатилади. Қўриш нурининг параллел сурилиши шкала 4 ёрдамида ўлчанади. Асбобнинг АР — 90 шифрли типинда 5 ва 7 призмалар шундай ўрнатилганки, уларнинг қайтарувчи юзаларига перпендикуляр (нормал) тушган нурлар параллел бўлиб, қўриш 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; сўнгга 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 нуқталарининг горизонтал текисликка бўлган проекциялари аниқланиб жойнинг контурли плани чизилади, съёмка, ассосан теодолит билан қилинади.

Вертикал съёмкада ер юзасидаги нуқталарнинг ўринлари баландлик бўйича аниқланиб, 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.

Қурилиш ишларида ҳар қандай ишшоот 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 планни 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 ишлан 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.

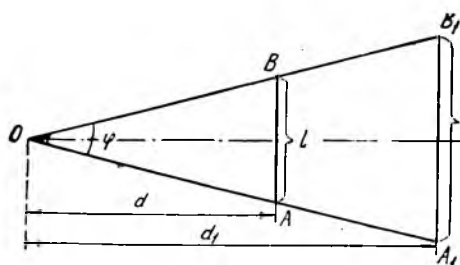
XV. 2. Тахеометрик съёмка ва унинг моҳияти

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 ўлчанади, 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 ишлар тўридаги махсус эгри чизиқлар ёрдамида, ҳисоблашсиз топилади, яъни эгри чизиқлар бўйича рейкадан олинган саноқлар масофа ва нисбий баландлик бўлади.

Доиравий тахеометр. Буссоль, дальномер ишлари ҳамда вертикал доира билан таъминланган *такрорий теодолит доиравий тахеометр* дейилади. Вертикал доиранинг тузилиши ва вертикал бурчак ўлчаш билан Х. 32, параграфда танишдик. Буссоль ва ундан фойдаланиши Х. 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 сым каби ўлчаш воситалари ёрдамида ўлчаш кўп вақт олади, жой рельефи



XV. 1-шакл.

2) ёруғлик ва радио дальномерлар.

Оптик дальномерларда масофа кўрчи трубадаги ўрнатилган оптик системалар орқали ўтадиган кўрчи нурлари ҳисил қиладиган бурчак ва оралиқ орқали аниқланади.

Ёруғлик ва радио дальномерларда эса масофа ёруғлик нурини ёки радиотўлқинининг шу масофадан ўтиш вақтининг биллиши йўли билан аниқланади.

Оптик дальномерлар назарияси. Жойдаги O ва W нукталар орасидаги масофани d десак (XV. 1-шакл), тенг ёнли OAB учбурчакликдаги қуйидагиларни ёзиш мумкин:

$$\frac{l}{2d} = \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}. \quad (a)$$

Бундан:

$$d = \frac{1}{2} l \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}. \quad (XV.1)$$

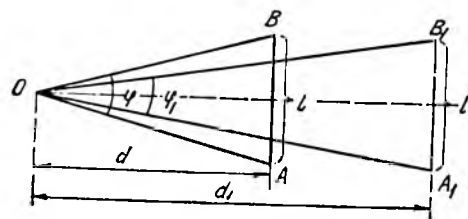
Кўрамизки, d икки ўзгарувчи миқдор (аргумент) — l ва φ ларнинг функцияси, яъни $d = f(l, \varphi)$ бўлади. Булардан қай бири (l ёки φ) ўзгармас бўлишига қараб, дальномер *ўзгармас бурчакли* ва *ўзгармас базисли* бўлади.

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,

$$d = Kl \quad (XV.2)$$

бўлади. Бу ерда K — дальномер коэффициенти, l — рейкада дальномер иллари орасидаги масофа бўлиб, иллар бўйича олинган саноқлар айирмаси орқали аниқланади. Агар рейка O нуктадан d_1 масофага узоқланса, 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-



XV. 2-шакл.

фа 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 $\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{\varphi}{2} \sin 1' = \frac{\varphi}{2} \cdot \frac{1}{3438'} = \frac{\varphi}{2\rho}$ эканини эс-

ласак ва $\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$ қийматини ўрнига қўйсак, $d = \frac{1}{2} l \frac{2\rho}{\varphi}$ бўлади. $l\rho$ ўзгармас, шунинг учун $l\rho = K$ десак,

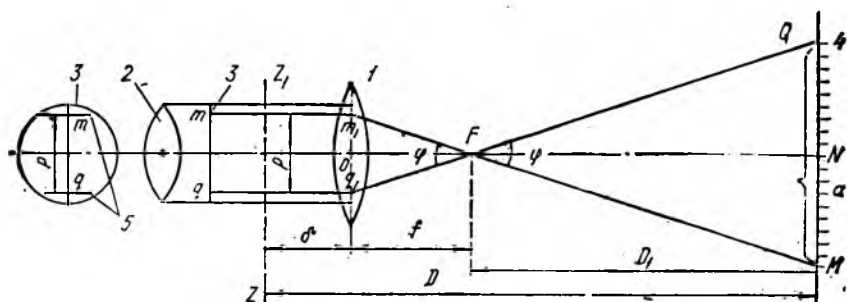
$$d = \frac{K}{\varphi} \quad (\text{XV.4})$$

бўлади, бу дальномернинг иш формуласи дейилади. K — дальномер коэффициент. Дальномер базиси горизонтал ёки вертикал бўлади.

Инженерлик ишларида қўлланиладиган геодезик асбобларнинг кўпиди ўзгармас бурчакли дальномер ўрнатилган бўлиб, *яъни дальномер* дейилади. Ўзгармас базисли дальномерлар кўпинча айрим мосламага жойланиб, улар асбоб объективига ўриатилади 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 йўли XV. 3-шаклда кўрсатилган. Асбобнинг вертикал ўқи ZZ_1 дан рейка 4 гача бўлган масофа D ни аниқлаш керак бўлсин. Дальномер иплари m ва q дан ўтган нурлар объективда m_1 ва q_1 нуқталарда синиб, I рейкадаги M ва Q нуқталарга проекцияланади. Шакл бўйича

$$D = D_1 + f + \delta \quad (a)$$

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,

$$D = D_1 + c \quad (b)$$

бўлади. m_1q_1F ва FQM учбурчаклар тенг ёнли ва ўхшаш бўлганидан қуйидагини ёзиш мумкин:

$l \propto \frac{OF}{m_1q_1}$; бунда $FN = D_1$, $MQ = l$, $OF = f$ ва $m_1q_1 = p$ эканлини эсласак ва ўринга қўйсак (p — иплар тўридаги дальномер ипларининг оралиғи), қуйидаги чиқади:

$\frac{D_1}{l} = \frac{f}{p}$, $D_1 = \frac{f}{p}l$ бўлади. $\frac{f}{p}$ ўзгармас бўлганидан $\frac{f}{p} = K$ десак,

$$D_1 = K l \quad (b)$$

бўлади. Буни (b) га қўйсак,

$$D = Kl + c \quad (r)$$

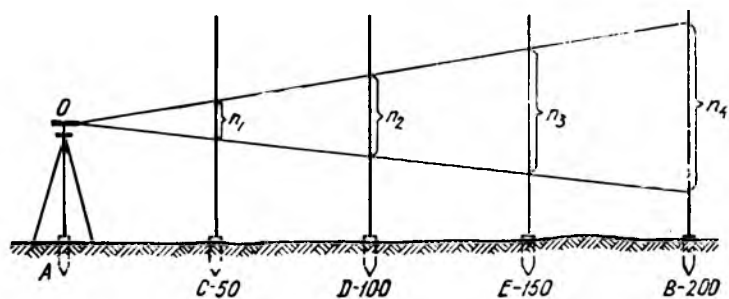
чиқади. Рейка бўлаклари қийматини a , $MQ = l$ оралиқдаги бўлаклар сонини n та десак, $l = an$ бўлади, буни (r) га қўйсак,

$$D = Kna + c \quad (XV. 5)$$

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 рейкасида фойдаланилади. Бунда $a = 1$ см бўлганидан, (IX. 5) формула қуйидагича ёзилади:

$$D = Kn + c, \quad (XV.6)$$

бунда n — дальномер саноғи бўлиб, дальномернинг юқори ва қуйи иплари бўйича рейкадан олинган n_1 ва n_2 саноқларнинг айирмасига тенг: $n = n_2 - n_1$; n сантиметр ҳисобда фойдаланади. Дальномер билан масофа ўлчашидаги ҳисоблаш ипларини осонлаштириш учун кўринган юқори ил 1000 га қаратилиб, қуйи илдан 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 топши учун K ва c маълум бўлиши керак. K ва c трубаини тузилишига қараб, турлича аниқланади.

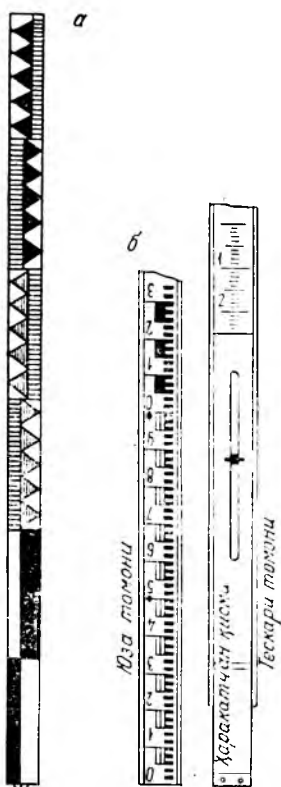
Танқи фокусланадиган трубаларда $c = \delta + f$ бўлганидан, δ ва f бевасита труба бўйича ўлчанади. Бунинг учун трубаини узоқ нуқтага қаратиб, объективдан асбобнинг вертикал ўқигача бўлган δ масофа чизғич битни ўлчанади. Кейин объективдан иллар тургача бўлган масофа ўлчанади. Булар йиғиндиси c бўлади.

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) сановлар олинади. Кейин $K = \frac{D-c}{n}$ формуласи ёрдамида K_1, K_2, K_3 ва K_4 топилади: K ларининг арифметик ўрта қиймати K_0 дальномер коэффициентни бўлади.

Ҳозирги ички фокусланадиган трубаларнинг дальномери Италия инженери Пэрра яратган ва Гаммер тахеометрида ишлатилган дальномер каби ишлайди. Буларда объектив ва фокуслатвчи линзаларнинг фокус масофалари ва улар орасидаги масофа шундай олинганки, дистиметрик бурчак φ нинг учи асбобнинг вертикал ўқи ZZ_1 устида ётади, бу нуқта *аниалитик нуқта* дейилади. Бундай труба *аниалитик труба* деб аталади, уларда c қиймати амалий жиҳатдан нолга тенг ($c = 0$) бўлади.

Агар (XV. 2) формуладаги дальномер коэффициентни $K = 100$ деб олиб, φ қийматини аниқласак, қуйидаги чиқади: $100 = \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}$ бундан $\operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} = 200$ бўлади. Бунда аргумент қиймати тригонометрик функциялар жадвалидан $0,5^\circ \varphi = 0^\circ 17', 19'$ ёки $\varphi = 0^\circ 34', 38' = 0^\circ 34' 22,6''$ бўлади, яъни илти дальномерда $K = 100$ бўлиши учун дистиметрик бурчак $\varphi = 34', 38'$ бўлиши керак.

ГОСТ 10529-79 га кўра, теодолитлардаги илти дальномер коэффициентининг қиймати $K = 100 \pm 0,5\%$, нивелирларда эса (ГОСТ 10528-76) $K = 100 \pm 1\%$ қилиб ишланган. Шунинг учун илти дальномер коэффициентини $K = 100$, константасини



ХV. 5-шакл.

лар ҳам ишлатиладик, уларнинг баъзилари ХV. 5-шаклда кўрсатилган: чапдагиси доғравий тахеометр, ўнгдагилари ТА-2 ва Дальта тахеометрлари учун тайёрланган.

ХV. 5. Дальномерда ўлчанган қия масофанинг горизонтал қўйилиши.

Жойда турли балеандликда ётувчи A ва B нуқталар орасидаги чизиқ AB (ХV. 6-шакл) қия бўлганидан, унинг дальномер орқали топиладиган қиймати ON ҳам қия масофа бўлади. Дальномер формуласи (ХV.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 γ 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 оралиги $ON = D = Kn' + c$ бўлади; лекин рейкадан n санок олинади. Энди n орқали n' нинг ифодаланишини кўрайлик.

$c = 0$ деб олсак бўлади. Шунда дальномер формуласи (ХV.6) қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$D = Kn \text{ ёки } D = 100 n, \text{ (ХV.7)}$$

яъни рейкадан олинган 1 см санок жойдаги 1 м га тўғри келади.

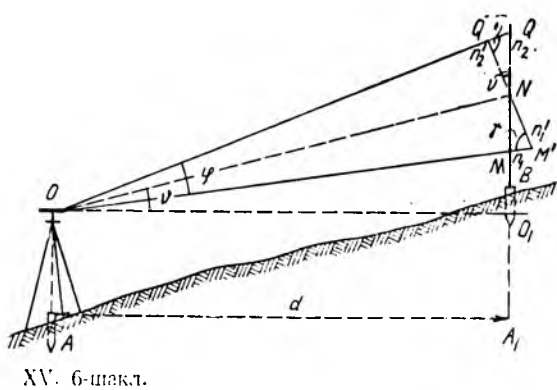
Мисол: $n_1 = 1000$, $n_2 = 1875$ бўлса, $n = n_2 - n_1 = 1875 - 1000 = 875$ мм = 87,50 см бўлади. Бунини (ХV.7) га қўйсак, $D = 100 \cdot 87,5 \text{ см} = 8750 \text{ см} = 87,50 \text{ м}$ чиқади.

Дальномер коэффициентни ва константасини аниқлаш. Ички фокусланган трубалардаги K ва c қийматларини амалий йўл билан топиш ҳам мумкин. Бунинг учун текис жойда ХV.4-шаклдагича ишлаб, кейин ҳар қайси масофа учун (ХV.6) формула каби тенглама ёзилади: $50 = Kn + c$, $100 = Kn + c$ ва ҳоказо. Бу икки номалумли 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 ишларда см бўлакли нивелир рейкаларидан ташқари, махсус тайёрланган тахеометрик рейка-

NQQ' ва NMM' уч-
бурчакликларнинг Q'
ва M' учларидаги α
бурчаклар 90° га
яқин, чунки $\gamma = 90^\circ$ —
 $-\frac{\varphi}{2} = 90^\circ - 0^\circ.17$,

$19' = 89^\circ 42' 41'$
бўлгандан бир оз
хато билан γ ни
тўғри бурчак десак
бўлади, шунда бу
тўғри бурчакли уч-



бурчакликлар бўйича қуйидагини ёзиш мумкин: $NQ' = NQ \cos \nu$,
 $NM' = NM \cos \nu$; буларни қўшсак, $NQ' + NM' = (NM + NQ) \cos \nu =$
 $= MQ \cos \nu$, яъни $M'Q' = MQ \cos \nu$ бўлади. Агар бу кесмалар-
ни саноқ орқали нодаласак, $MQ = n_2 - n_1 = n$; $M'Q' = n'_2 - n'_1 =$
 $= n'$ 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
қўйишлиши d шакл жиҳатидан $d = ON \cos \nu = D \cos \nu$ бўлади,
ўрнига қийматини қўйсак, $d = (Kn \cos \nu + c) \cos \nu$ чиқади,
қавс очилса,

$$d = K n \cos^2 \nu + c \cos \nu \quad (\text{XV.8})$$

бўлади. Бу қия чизикнинг дальномер масофасининг горизонтал қў-
йишлишини аниқлашда асосий формула бўлса ҳам, ишлатиш ноқулай
бўлганидан уни қуйидагича соддалаштирамыз. Тенгликнинг ўнг
томониغا $c \cos^2 \nu$ ни қўшамиз ва айирамыз. $d = Kn \cos^2 \nu + c \cos \nu +$
 $+ c \cos^2 \nu - c \cos^2 \nu$; 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
дейилади), 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 қуйидагича
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 қуйидагича 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 чиқиқ қиялиғига киритиладиган тузатма дейилиб, унинг қиймати жадвалдан топилади. Вертикал бурчак $\psi \leq 2^\circ$ бўлганда ΔD қиймати кичик бўлиб, уни эътиборга олмасак, $d = D = Kn + c$ бўлади. Агар (XV.9) даги ўрнига (XV.7) даги қийматини қўйсак,

$$d = K n \cos^2 \psi \text{ ёки } d = 100 n \cos^2 \psi \quad (\text{XV.11})$$

чиқади.

XV.6. Илли дальномер билан вертикал рейкада масофа ўлчаш аниқлиғи

Илли дальномер билан масофа ўлчашда кўпроқ сантиметр бўлакли вертикал рейка ишлатилади. Масофа (XV.6) ёрдамида ҳисобланганда масофа аниқлиғига 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 топсак,

$$m_D^2 = (nm_K)^2 + (K m_n)^2 \quad (\text{XV.12})$$

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 нидан санок олиш хатосини m десак, дальномер саногини $n = n_2 - n_1$ бўлганидан саноклар айырмасининг хатоси m_d (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 нп саногининг нисбий хатоси бўлиб, бу трубанинг катталаштириши ψ билан қарашдаги кўриш бурчагининг чекли қийматига ($1' = 60''$) мос бўлиши керак, яъни: $\frac{m}{d} = \frac{\text{tg } 1'}{\psi} = \frac{1' \sin 1'}{\psi} = \frac{1'}{3438' \psi}$.

Икки нп саногининг айырмаси бўлган n орқали топиладиган масофанинг нисбий хатоси $\frac{md}{d}$ қуйидагича:

$$\frac{md}{d} = \frac{100 \sqrt{2}}{3438' \psi} = \frac{1}{24,3 \psi}$$

Агар $\psi = 20''$ бўлса,

$$\frac{md}{d} \approx \frac{1}{450}$$

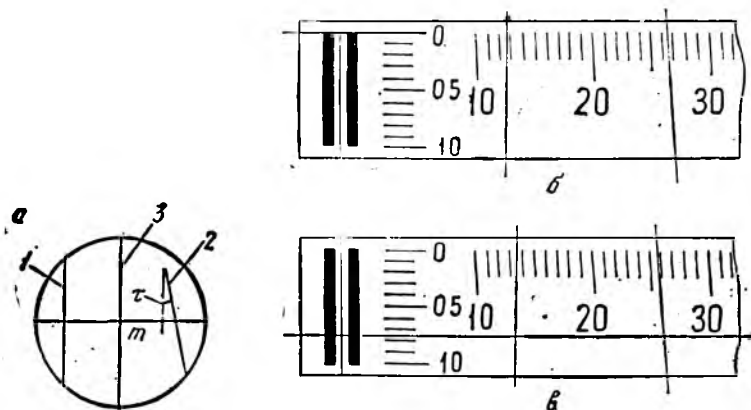
бўлади.

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 олинамаслик, юқори ва қуйи иплардаги рефракциянинг турлилиги, иплар йўғонлиги, саноқни яхлитлаш, рейканинг оғини каби ҳоллардан келадиған 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 ошмаслиги, 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 келадиған 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 аниқлигига ошириш учун унинг бўлақлари ва штрихлар турлича ишланган. Масалан, Гекман (1930 й.) дальномерида иплар тўртининг ўрта вертикал ипи 3 нинг бир ёнида (XV.7 шакл, а) вертикал ип 1, иккинчи ёнида (ўнгда) вертикал чизиқ билан $\tau = 5^\circ 42,7'$ бурчак ҳосил қилувчи қия чизиқ 2 чизилган, бунда $\operatorname{tg} \tau = 0,1$ бўлади. Шунга мослаб, рейканинг чапига биссектор шаклида икки вертикал чизиқ чизил-

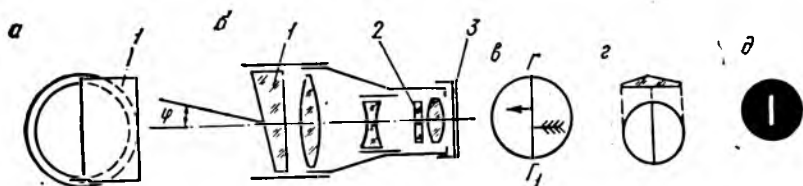


XV. 7- шакл.

ган; ундан ўнгдаги вертикал чизиқнинг ўнг томонига шкала ясалган. Бу шкаладан ўнг томонига $tg \tau = 0,1$ бўлган қия чизиқлар чизилган. Масофа ўлчаш учун тўртинг горизонтал ипи вертикал шкаланинг ноль штрихига тўғриланади, тўғрининг вертикал ипи эса биссектор ўртасига келтирилади (XV.7-шакл, б), кейин ўнгдаги қия чизиқдан бутун бўлақлар саноғи олинади, шаклда у 26 га тенг. Кейин трубаининг 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 дальномери ёрдамида 150 м масофани 1:1500 аниқлик билан ўлчаш мумкин.

Ўзгармас бурчакли ва базисли дальномерлардаги камчиликларни йўқотиб, дальномер аниқлигини ошириш учун «иккиланма тасвир-ла» дейиладиган ва мураккаб оптикавий системалардан ясаладиган дальномерлар ишлатилади, булар қуйидагича ясалди (XV. 8-шакл, а). Труба объективи 1 олдига 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 нарсдан 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 ф бурчак ҳосил қилиб синиб ўтган нур орқали ҳосил бўлади. Бу нурларни тўла ажратиш учун трубага иплар тўри пластинкаси ўрнига би prizma номли мослама (XV.9-шакл, а) ўрнатилади, окулярга эса тирқишли диафрагма (тўсиқ) қўйилади (XV. 9-шакл, б). Шунда кузатувчи окулярнинг кўриш майдонида нарсанинг би prizma қирраси орқали иккига ажратилган ва бир оз жилган икки-

XV. 8- шакл. Иккиланма тасвири дальномер ва ясаилиш:



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-биридан l қадар (ХV.8-шакл, а) ситжишни дальномер рейкасидан олинган саноқ орқали белгиланади. Ситжишнинг рейка бўлагининг қиймати ва бўлақлар сони бўлган саноқ n билан кўрсатсак, $l = na$ бўлади. Шаклда $l = 13,5$. Саноқ рейкадаги индекс i бўйича олинади.

A ва B нуқталар орасидаги масофа D (ХV.8-шакл, а) қиймати қуйидагича аниқланади. Шаклга кўра, $D = D_1 + c$. ЕКМ учбурчакликдан $D_1 = l \operatorname{ctg} \varphi$ бўлади. φ ўзгармас бўлганидан $\operatorname{ctg} \varphi = K$ десак,

$$D = Kl + c \quad (\text{ХV.13})$$

бўлади. K — дальномер коэффициентини бўлиб, φ бурчак ва иншанинг таркиби ҳамда синдириш коэффициентини n' га боғлиқ. φ ва n' қийматлари шундай танлаб олиндики, $\varphi = 34, 36'$ бўлади, шунда $K = 100$ бўлади. Дальномер формуласи эса

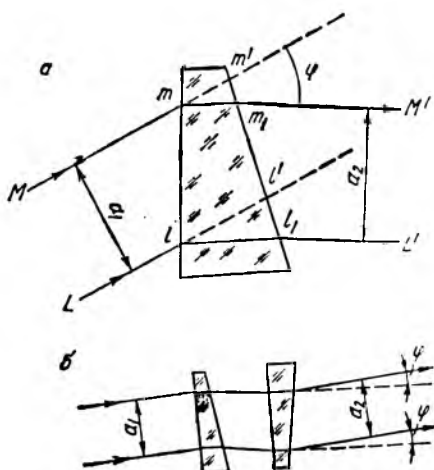
$$D = 100l + c \text{ ёки } D = 100 na + c \quad (\text{ХV.14})$$

бўлади.

Агар объектив олдида икки шиша пона ўрнатилса, ўлчанадиган чизикқа 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 чизик катталаштиришига асосланади. Масалан, M ва L нуқталардан ўтган Mm ва Ll



ХV. 10- шакл. Оптикавий понанинг чизик катталаштириши: а — бир пона бўлганда, б — иккиланма пона бўлганда

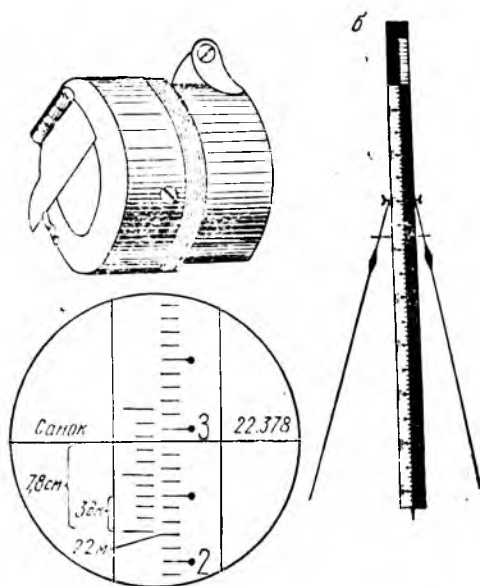
параллел нурлар оралиги (XV. 10- шакл) a_1 бўлса, бу нурлар оптиквийи понада икки марта сингач $m_1 M_1$ ва $l_1 L_1$ йўналиш бўйича бирмунча катталашиб, a_2 оралиқ билан кетади. Юқори қиррага тушган Mm нур понадан чиқишда $m_1 M_1$ йўналиш бўйича, қуйи қиррага тушган нур Ll эса $l_1 L_1$ бўйича кетади ва улар параллел бўлади. Шакл бўйича $l_1 l_1 > m_1 m_1$ ёки $a_2 > a_1$ бўлади.

Шунга кўра оптик понанинг катталаштириши: $v = \frac{a_2}{a_1}$.

Дальномер икки оптиквийи 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

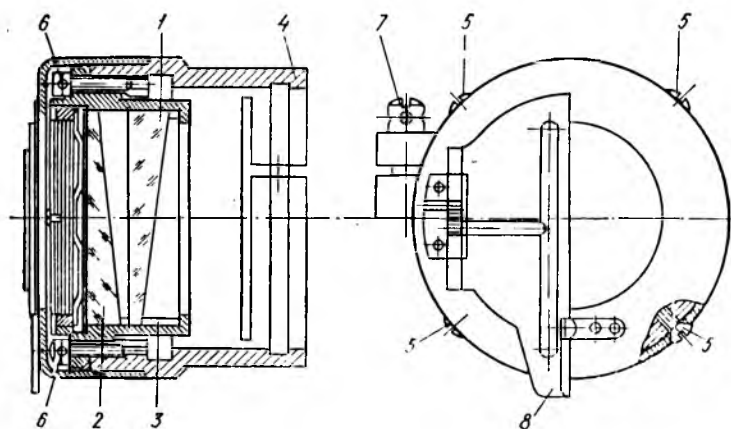
Бу дальномер объективининг ташқи диаметри 46 мм бўлган ТТ-5 каби теодолитлар объективига ўрнатиладиган мослама насадка бўлиб (XV.11- шакл, а), икки оптик пона 1 ва 2 дан ясалади (XV.12 - шакл). Булар трубадан қаровчига нисбатан объективнинг ўнг томонига жойлашган, чапига эса параллел пластинка қўйилган. Бу пона ва ясси пластинкалар бир филоф 3 га жойланиб, насадка танаши 4 га тўртта винт 5 билан маҳкамланган. Дальномер коэффициент K нинг қиймати 100 дан фарқ қилганда у винт 6 билан тузатилади. Насадка трубага винт 7 билан маҳкамланади. Поналар жойланган кўриш майдонининг ярмини очиладиган металл



XV. 11- шакл. ДД-3 дальномер насадкаси.

парда 8 бекитиб туради, чизик ўлчаш вақтида парда очилади, бурчак ўлчашда эса бекитилади. Трубага насадка ўрнатишга, унинг мувозанатини сақлаш учун окулярга уч винт ёрдамида махсус мослама (посонги) ўрнатилади, трубага 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, $K=100$ бўлади.



ХV. 12- шакл. ДД-3 насадкасининг кесими:

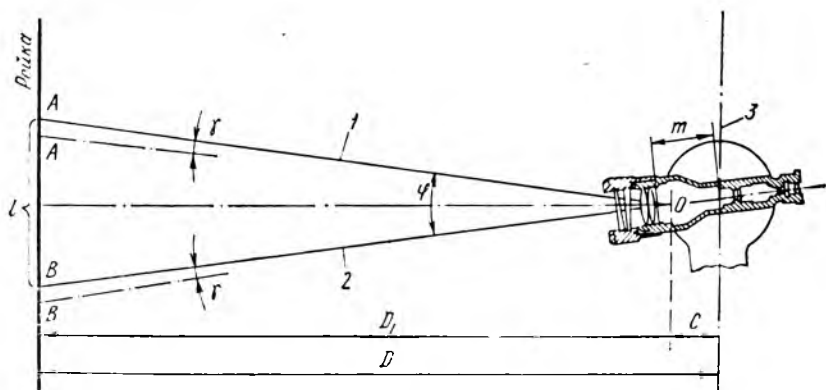
1, 2 — оптиквий поналар, 3 — оправа (филоф), 4 — насадка корпуси, 5 — винт, 6 — тузатгич винт, 7 — маҳкамлаш винти, 8 — парда.

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 бўраб 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 (ХV.11-шакл, б), 3 м 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, иккинчисиди 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 доправий адилак бўлиб, рейка икки тиргак ва бўйи 0,5 м ли таглик билан ерга ўрнатилади. Адилакни текшириш учун рейка ёнида илгакли сичча жойлашган. Тиргакларнинг бўйи икки дастанни бураш йўли билан ўзгартирилади. Бу орқали адилак горизонтал ҳолатга келтирилади.

ХV. 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 (ХV. 13- шакл). Иккинчи тасвир эса оптик пона таъсирида OB



XV. 13- шакл. Массофа ўлчашда нурлар йўлининг схемаси:

1 — поёдин ўрта нур, 2 — труба кўриш ўқи, 3 — асос вертикал ўқи

билан φ бурчак ҳосил қилиб ўтадиган OA ўқда ётади. Тўрнинг горизонтал ишида бир вақтда A ва B тасвирлар кўринади. Агар A верньерининг ноль штрихиغا тўғри келса, A ва B дан олган саноклар фарқи l ни ифодалайди. Бунда $D = D_1 + c$; шаклдан $D_1 = \frac{l}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}}$ десак ва ўрнига қўйсак, $D = \frac{l}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} + c$ бўлади.

Ўзгармас бўлганидан $\frac{1}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} = K$ десак (K — дальномер коэффициенти),

$$D = Kl + c \quad (\text{XV. 15})$$

бўлади. Бу икки нур орасидаги оралиқ l рейкадан верньер орқали олинадиган саноклар 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, $an = b(n + 1)$ (а) бўлади. Верньернинг аниқлиги $t = a - b$ (б) бўлади. (а) тенгликдан $b = \frac{an}{n + 1}$ (в); буни

(б) га қўйсак, $t = a - \frac{an}{n + 1} = \frac{a}{n + 1}$ (г) бўлади. Верньер бўлакларини $n + 1 = 10$ бўлса, $t = 0,1 a$ бўлади. Санок 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 иши верньернинг учбурчаклик шаклидаги ноль штрихиغا яқин қўйилади (XV-11-шакл, в). Трубанинг қаратқич винтини бураб, верньернинг бир штрихи рейканинг штрихиغا тўғриланади. Лекин тўрнинг горизонтал иши верньер шкаласидан чиқиб кетмаслиги керак.

Саноқ қуйидагича олинади: верньер шкаласидан пастдаги рс. штрихи қиймати ёзилган рақам (шаклда 2) олинади; кейин верньер нолигача бўлган рейка бўлақлари 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 саноқ 22, 378 бўлади. Агар рейка бўлагининг қиймати $a = 2$ см бўлса, саноқ $n = 22,378 \cdot 2 = 44, 756$ бўлади. $K = 100$, $c = 0$ бўлганда масофа $D = Kn = 44,756$ м бўлади. Одатда, икки марта (икки ярим приёмда) ўлчанади. Биринчи ўлчашда тўр ипи верньер нолидан юқорига сурилган бўлса, иккинчи ўлчашда пастга сурилади. Масалан, биринчи ўлчашдаги саноқ 22,378; иккинчида эса 22,374 бўлса, масофа иккала саноқ йиғиндисига тенг, яъни $D = 22,378 + 22,374 = 44,752$ м бўлади.

Рейканинг сариқ томонидан ўлчанса, икки саноқ йиғиндисига $c = 11,111$ м қўшилади. 5 сантиметрли рейка ишлатилганда биринчи томон билан ўлчанса, масофа беш марта олинган саноқлар йиғиндисига тенг. Ўлчаш сонини камайтириш учун рейканинг бир бўлаги қийматини шартли табишда 10 м деб олиб, кейин саноқни 2 га бўлиш керак. Агар XV. 11- шаклдаги рейка бўлагини 5 см деб олсак, саноқ 223,78 бўлади. Иккинчи ўлчашда саноқ 223,74 бўлса, саноқларнинг 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 схиридаги рақам, шу асбоб билан 100 м масофани ўлчашдаги ўрта квадратик хатонинг сантиметрдаги қийматини кўрсатади.

ДН-10 дальномерни. ТОМ теодолитига мосланган ДД5 нинг такомиллашгани бўлиб, 20 дан 200 м гача бўлган масофаларни икки томонлама вертикал рейка орқали 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 чизикни ўлчаш мумкин.

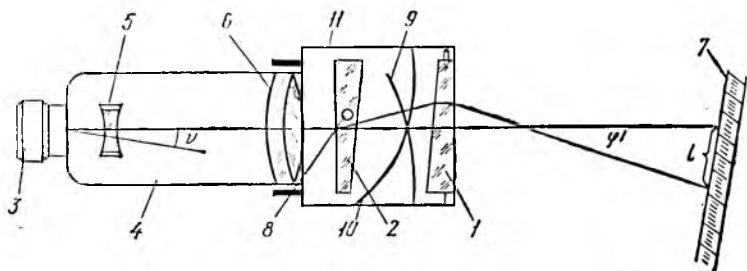
ДН-04 дальномерни. Бу дальномерда икки томонли горизонтал рейка ишлатилади. Бир томонидаги 1 сантиметрли шкала билан 10 дан 50 м гача, орқа томонидаги 2 сантиметрли шкала билан 50 дан 125 м гача бўлган масофа ўлчанади. 2 см ли шкалада 2 та верньер бўлиб, бири иккинчисидан бигмунча сурилган. Саноқ олиш ДД-3 даги каби бўлади.

Юқоридаги ДН-04 ва ДН-10 дальномерлари билан икки нуқта орасидаги масофа аниқланади, лекин чизик қия бўлганда унинг горизонтал қўйилиши вертикал бурчак орқали тригонометрик формулалар ёрдамида алоҳида тегилади. Кейинги вақтда рейкадан олинган саноқ ўлчанадиган чизикнинг горизонтал қўйилишини нифдаловчи дальномерлар яратилдики, булар *авторедукцион*, яъни чизикнинг горизонтал қўйилишини автоматик равишда кўрсатувчи дальномерлардир.

XV. 12. Авторедукцион ДНР-06 (ДАР-100) дальномери

Штмий ходим Г. К. Бесчасный таклиф қилган ДНР-06 шифрли дальномер мураккаб оптик система ёрдамида чизикнинг горизонтал қўйилишини ҳеч қандай ҳисобсиз рейка саноқлари орқали автоматик аниқлашга имкон беради. Дальномер насадкаси Т2, Т5, Т15, ТТ5 каби теодолит трубасининг объективга ўрнатилдиган, ўзгармас бурчакли, иккинчи тасвирли бўлиб, вертикал рейка шикатиллади.

Дальномер шундай шикланганки, трубаининг оғиши билан қиялик бурчаги ν ўзгаришига қараб диастиметрик бурчак φ қиймати ҳам ўзгаради, бу орқали қия чизик узунлигининг автоматик равишда горизонтал қўйилиши ҳосил бўлади. Дальномер насадкаси (XV. 14- шакл) икки ахроматик понадан ясалиб, бири 1 дальномер по-



XV. 14- шакл. ДНР-06 (ДАР-100) дальномер насадкасининг оптиквий схемаси:

1 — дальномер понаси, 2 — редукцияловчи пона, 3 — труба окуляри, 4 — кўриш труба, 5 — фокусловчи линза, 6 — труба объективи, 7 — рейка, 8 — шарикли таянч, 9, 10 — компенсацияловчи линзалар, 11 — насадка корпуси

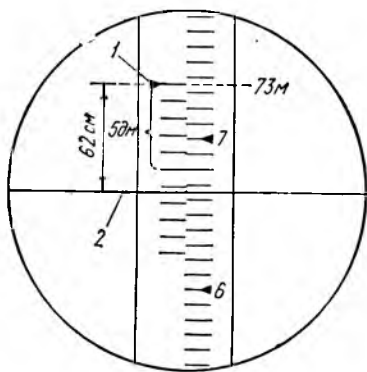
наси, иккинчиси 2 редукцияловчи. Булар кузатувчига нисбатан кетма-кет объективнинг чап томонига ўрнатилган. Иккинчи ярмига (ўнг томонига) телескопик микрометр линзаси ва ясси параллел пластинка ўрнатилган. Пона 2 ва ясси параллел пластинка оғирлик марказидан юқоридаги шарикли таянч 8 га осилганидан, трубаининг қийишайишига қарамай, ҳаминша асбоб вертикал ўқиға нисбатан бир хил ҳолатни сақлайди, яъни линза 2 нинг ҳолати кўриш ўқиға 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 q' нинг қиймати камаяди. Асбобнинг қиялиқ бурчаги 0° дан $\pm 14^\circ$ гача бўлганда чизиқнинг горизонтал қўйилишини 1:2000 нисбий хато билан аниқлаш мумкин бўлади. Асбобнинг ишлаш чеклини 14° дан ошириш учун лист пружина номли мослама 9 ва 10 ўрнатилади, бу компенсацион система ёрдамида 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 доғравий адилтак ўрнатилиб, тиргак билан таъминланган. Рейкага тескари верньер ишланган, яъни верньер шкала бўлакларининг қиймати рейка бўлакларининг қийматидан катта қилинган. Шунга кўра верньер бўлакларининг сони рейка бўлакларининг 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, бўлаклар сони $n - 1$ десак, қуйидагини ёзамиз: $an = (n - 1)b$, бундан $b = \frac{an}{n-1}$ бўлади. Верньер аниқлиги $t = b - a$ бўлади, бунга b қийматини қўйиб, соддалаштирсак, $t = \frac{a}{n-1}$ бўлади. Рейкада $n = 11$, верньер бўлакларининг 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 ёзувигача тескари олинади. Масалан, верньернинг ноль штрихи (учбурчакли шаклидаги штрих) бўйича рейка бўлагидан метр олинади. XV. 15- шаклда 73 м; кейин верньер нолдан бошлаб, верньер штрихининг рейка бир штрихига тўғри келган бўлакларининг ҳисоблаб олинади. XV. 15- шаклда верньернинг 5 бўлаги тўғри келган, бу 5 дециметр бўлади; охирида верньер нолдан тўр ўрта ипигача бўлган бутун бўлаклар, шаклда 6 (бу см бўлади) ва бўлакнинг ўндан бири чамалаб олинади, шаклда 2 (бу мм бўлади); шунинг учун рейка саноғи 73,562 мм бўлади. ДАР-100 да s қиймати автоматик ҳисобга олинади. Дальномерда $K = 100$.

Шкаланинг қиймати 2 см бўлганда икки марта саноқ олиниб, саноқлар қўшилади. Дальномер билан 20 дан 200 м гача масофани 1:1500 — 1:2000 нисбий хато билан аниқлаш мумкин.



XV. 15- шакл. ДНР-06 нинг кўриш майдони:

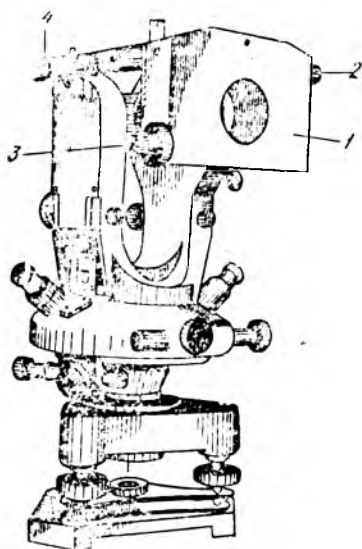
1 — тескари верньер нол, 2 — тўр ўрта ипи, рейка саноғи: 73, 562 м.

XV. 13. ДНТ-2 (ДН - 08) дальномери

ДНТ-2 ёки ДН-08 дальномери иккиланма тасвирли ўзгармас ба-
зисли дальномер бўлиб, 50 м дан 700 м гача бўлган масофани
1:1500 нисбий хато билан ўлчашига имкон беради.

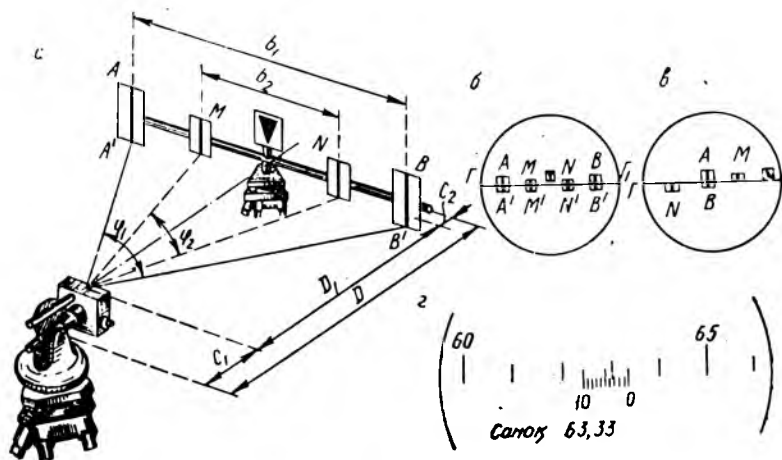
Дальномер комплекти насадка, бишризма, тирқиштли диафрагма ва горизонтал ўрнатиладиган икки рейкадан иборат.

Дальномер пасадкаси параллактик бурчак ўлчашга мосланган бўлиб, компенсатор ва микроскопдан иборат. Насадка ТТ5 каби теодолитлар объективига ўриатилади (XV, 16-шакл).



XV. 16. м.к.л.

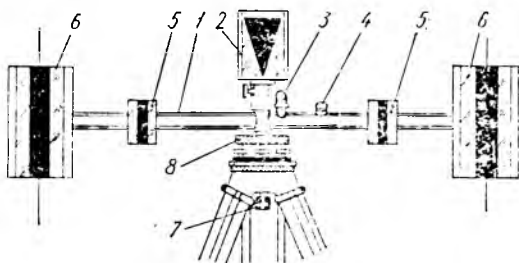
XV. 17- шаклда теодолитга ўрнатилган насадка билан рейкага қараш, ўнг томонда эса микроскопнинг кўриш майдони келтирилган. Микроскоп шкаласи ва саноқ олиш XV.17-шакл, а да кўрсатилган. Дальномер шкаласида 120 бўлак бўлиб, уларнинг қиймати ҳар 5 бўлакдан ёзилган (XV.17-шаклда 60,65). Бу бир бўлакнинг ўндан ва юздан бир қисмлари 0—10 ёзилган микроскоп шкаласи бўйича олинади. Шаклда дальномер шкаласи бўйича саноқ 63, микроскоп шкаласи бўйича —33, шу вақт тўла саноқ 63,33 бўлади. Микроскоп бўйича параллактик бурчакни 2400 гача ўлчаш мумкин, микроскоп катталаштириш $v = 48^x$.



XV. 17- шакл. ДИТ-2 билан массафга ўлчаш, шкала саноғи: 63,33.

Бипризма. Дальномер билан ишлашда кўриш трубасининг иппар тўри олтиниб, ўрнига махсус бипризма, окуляр резъбасига тирқишли диафрагма ўрнатилади. Бипризма рейканинг компенсатор орқали 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 имкён беради.

Дальномер рейкаси. Базис хизматини бажарувчи рейка (XV. 18- шакл) катта ва кичик қисмларга бўлинади. Узунлиги 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. Штаंगा уч оёқ тағлик 8 га ўрнатилиб, турғазлиш винт 7 билан маҳкамланади, доправий адилак 4 воситасида горизонтал ҳолатга, сптик визир 3 воситасида ўлчанадиган чизикқа перпендикуляр ҳолатига келтирилади. Бурчак ўлчашда махсус бурчак ўлчаш маркаси 2 ўрнатилади.



XV. 18- шакл. ДНТ-2 (ДН-08) дальномернинг рейкаси.

1 — штанга, 2 — марка, 3 — оптикий визир, 4 — доправий адилак, 5 — ўрта маркалар, 6 — четки маркалар, 7 — турғазлиш винт, 8 — тағлик.

XV. 14. ДНТ-2 билан масофа ўлчаш асослари

Насадкани теодолит объективига кийдириб (XV. 16- шакл) ўлчанадиган чизикнинг бир учига теодолит, иккинчи учига рейка ўрнатилади (XV. 17- шакл, а); четки маркалар оралиғини c_1 , ички маркалар оралиғини c_2 билан белгиласак, теодолит марказидан рейкагача бўлган масофа D

$$D = D_1 + c_1 + c_2 \quad (\text{XV. 15})$$

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,

$$D = D_1 + c \quad (\text{XV. 16})$$

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,

$$D_1 = \frac{b\rho''}{\varphi} \quad (\text{XV. 17})$$

бўлади. Бунини (XV. 16) га қўйсак,

$$D = \frac{b\rho''}{\varphi} + c \quad (\text{XV. 18})$$

чиқади, $\rho = 206265''$, b ўзгармас бўлганидан $b\rho = K$ десак.

$$D = \frac{K}{\varphi} + c \quad (\text{XV. 19})$$

бўлганини, бу ўзгармас баъзили дальномер формуласи дейилади. K — дальномер коэффициентини бўлиб, қиймати турли асбобда турлича бўлиши мумкин; K нинг қиймати алоҳида аниқланади. ДНТ-2 дальномерида катта базис учун $K = 2100$, катта базис учун $K = 1100$ десб олиш мумкин. Насадка ТТ5 теодолитига ўрнатилиб ишлаганда $c = 0,10$ м бўлади, шунинг учун (XV. 19) формула қўлланилганда ёлғиз φ нинг қиймати аниқланади. Лекин ўлчаш турли температурада бажарилганда ва чизиқ ҳам турли қияликда бўлганда D нинг қийматининг температура ва қиялик тузатмаларин бериб, қуйидаги формула ёрдамида ҳисобласа бўлади:

$$D = \frac{K}{\varphi''} + c + \delta_1 + \delta_v, \quad (\text{XV. 20})$$

бу ерда δ_1 — температура тузатмаси, бунини қуйидаги формула ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$\delta_1 = \lambda \cdot (t - t_0) \frac{K}{\varphi''}, \quad (\text{XV. 21})$$

бу ерда $\lambda = 16 \cdot 10^{-6}$; t — ўлчаш вақтидаги ҳаво температураси, t_0 — K ни аниқлаш вақтидаги температураси:

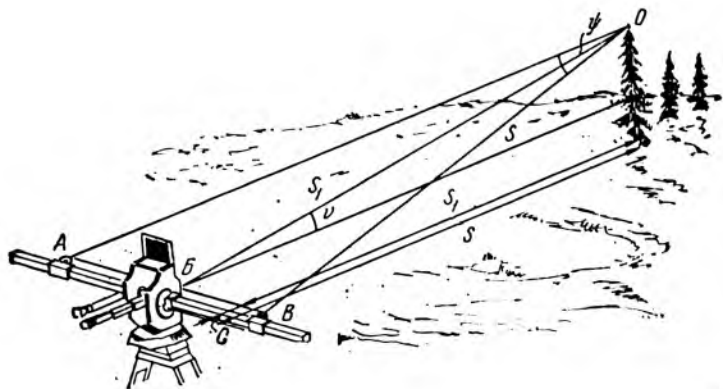
$$\delta_v = -2 \frac{K}{\varphi''} \sin^2 \frac{\nu}{2}, \quad (\text{XV. 22})$$

бу ерда ν — ўлчанадиган чизиқнинг қиялик бурчаги. δ_1 ва δ_v ларни махсус жадвалдан олиш мумкин.

Параллактик бурчак φ ни ўлчаш. Бурчак икки усул билан ўлчаниши мумкин.

1- усул. Трубага рейкага қаратиб (XV. 17- шакл, а) юқоридagi тасвир A ва B нистадаги иккинчи тасвир A' ва B' билан бирлантирилади (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 $\varphi = \frac{n_2 - n_1}{2}$ бўлади. Бу усул ўлчанадиган масофа 180 м дан катта бўлганда қўлланилади. n қиймати аниқлангач, (XV. 20) бўйича D ҳисобланади.

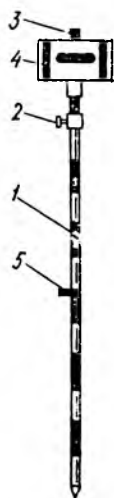


XV. 19- шакл

ОТД дальномери. 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 насалкаларининг кўриниши, тузилиши ва ишлатилиши йўллари паспортида тўла берилади.

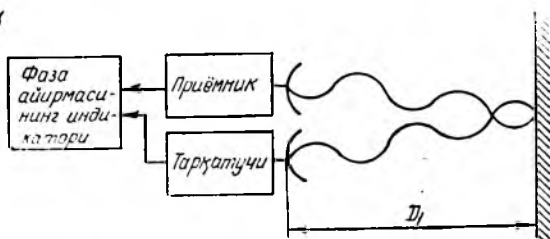
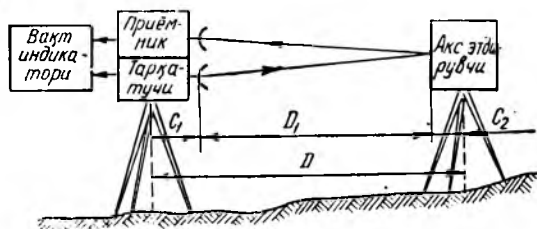
ДВГ (ДВ-20) ёки ДНГ (ДН-20) дальномер ички базисли иккиланма тасвирли бўлиб, унда масофа рейкасиз ўлчанади. Бошқа оптиквий ўзгармас бурчакли дальномерлардан фарқли ўлароқ, унда базис асбобнинг ўзида линейка (чизгич) кўринишида ясалган (XV.19-шакл). Нарсага ёки маъсус веҳага (XV.20-шакл) қараш мумкин. Параллактик бурчак базис чизгичдаги каретачада жойлашган икки оптик пона ёрдамида ҳосил бўлади. Масофа ўлчанида каретачани чизгич бўйича силжитиб, нарса ёки марканинг икки тасвири бирлаштирилади. Кейин каретача бўйича базис узунлиги l чизгич бўлакларида аниқланади. Шунда масофа $D = Kl + c$ бўлади; бу ерда K — дальномер коэффициент, 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 кўп шартларга жавоб берса 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, а) A нуқтага ёруғлик дальномерни (узатувчи ва қабул қилувчи), B нуқтага эса қайтаргич (ретранслятор) ўрнатилади. A нуқтадан дальномер юборган электромагнитавий тўлқини 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

$$D = D_1 + c \quad (\text{XV. 24})$$

бўлади; бу ерда $c = c_1 + c_2$ — дальномер қилинганмаси; 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 бағлиқ. 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. Геодетик 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 дейилади ва T билан белгиланади. $f = \frac{1}{T}$ тебраниш частотаси дейилади. Фазалар фарқи тебраниш даври сопи 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,

$$D_1 = \frac{v}{2f} N \quad (\text{XV. 27})$$

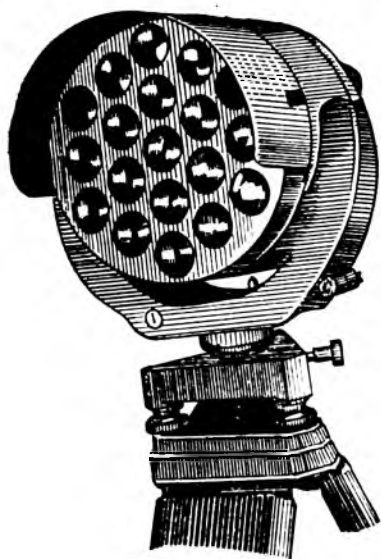
бўлади. Агар $\frac{v}{f} = \lambda$ ни f частодаги тўлқин узунлиги десак ва ўрнига қўйсак, масофа тўлқин узунлиги орқали қуйидагича ифодаланади:

$$D_1 = \lambda \frac{N}{2}. \quad (\text{XV. 28})$$

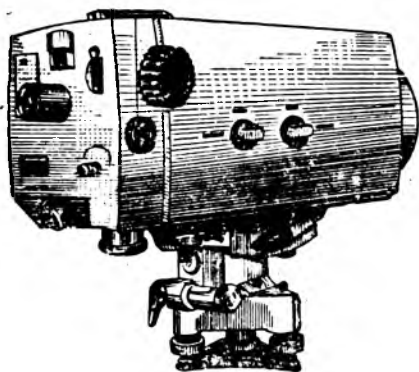
Ёруғлик дальномерлари катта, ўртача ва кичик бўлади. Катта дальномерларда лазер нуридан фойдаланилади. Ватанимизда чиқарилаётган «КВАРЦ» СГ-3 шифрли дальномерлар катта ҳисобланиб 1 м дан 60 км гача бўлган масофани кундузи ва кечаси ўлчашга имкон беради. Геодеметр 8 модель (Швеция), Геодалит (АҚШ) кабилар катта ҳисобланади.

Геодеметр 6 модель (Швеция), EOS (ГДР) кабилар ўртача бўлиб, чўғланган лампаси билан ишлайди; унда 15 м дан 25 км гача масофани ўлчаш мумкин.

2 СМ2 (СССР), ЕОК-2000 (ГДР), Эльди 2 (ФРГ), Геодеметр 12 модель (Швеция), Теллуrometer СД-6 (ЯКАР) 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

☞ A ва B нуқталар орасидаги нисбий баландликни вертикал бурчак γ ва масофа d асосида тригонометрик формулалар ёрдамида аниқлаш *тригонометрик нивелирлаш* дейилади. Агар A нуқтага доиравий тахеометр ўрнатиб, труба B даги рейка учига қаратилса-да, вертикал бурчак γ ўлчанса, AB чизиқнинг горизонтал қўйиниши $AA_1 = d$ 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 дальномерининг ташқи кўриниши XV. 22-шаклда келтирилган.

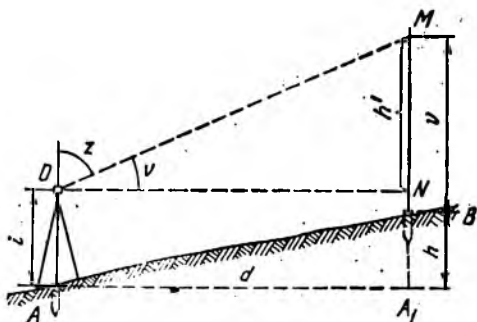
Радиодальномер фазовий геодезик дальномер дейилади, улар теллуrometer асосида ишланган. Бунда ўлчанадиган чизик икки учига ўрнатилган етакловчи ва етакланувчи радиотехникавий станциялар ёрдамида ўлчанади. Ўлчаш натижаси етакловчи станциядан олинади, бу станцияда электромагнитавий тебранишнинг икки генератори 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 радиодальномер РДГ (РДГВ) фазавий бўлиб, 200 м дан 30 км гача бўлган масофаларни исталган вақтда 10 смли тўлқинда $m = \pm \pm (5 \text{ см} - 3 \cdot 10^{-6} D)$, 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 қўйсак, $h + v = h' + i$ ёки $h = h' + i - v$ (б) бўлади. OMN учбурчакликдан $MN = ON \operatorname{tg} v$ бўлади. $ON = AA_1 = d$ эканини эсласак, $MN = h' = d \operatorname{tg} v$. Бунини (б) га қўйсак,



XV. 24- шакл

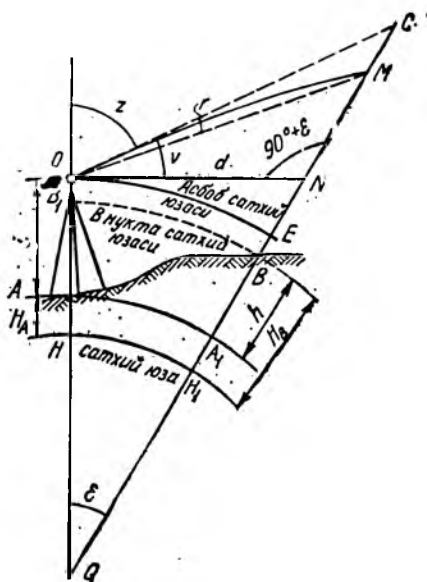
$$h = d \operatorname{tg} v + i - v \quad (\text{XV. 29})$$

чиқади. Бу *тригонометрик нивелирлаш формуласи*, яъни *тахеометрик нивелирлаш формуласидир*. Агар вертикал бурчак v ўрнига зенит оралиғи z ни қўйсак, $v = 90^\circ - z$ бўлганидан

$$h = d \operatorname{ctg} z + i - v \quad (\text{XV. 30})$$

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. Одан 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 HH_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

$$A_1B + BM + MC = CN + NE + EA_1, \quad (a)$$

(a) га юқоридаги қийматларни қўйсак,

$$h + v + r = h' + P + i \text{ ёки } h = h' + i - v + P - r \quad (б)$$

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, $R = 6371,1 \text{ км}$.

Нивелирлашда труба рейка учига қаратилмай, рейкада белгиланган асбоб баландлигига қаратилса, $v = i$ бўлганидан формула соддалашиб, қуйидагича ёзилади:

$$h = d \operatorname{tg} v + f. \quad (\text{XV. 32})$$

Одатда h қиймати $0,01 \text{ м}$ гача яхлитланади. $d = 210 \text{ м}$ бўлганда f қиймати $0,01 \text{ м}$ 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 соддалаштирсак, $h = D \cos^2 v \frac{\sin v}{\cos v}$ 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 ўлчандаги 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,

$$m_h^2 = h^2 \left(\frac{m_D}{D} \right)^2 + D^2 \left(\frac{m_v}{\rho} \right)^2$$

бўлади. Агар $mv = 0,5'$, яъни дальномерларда $\frac{m_D}{D} = \frac{1}{400}$, $\rho = 3438'$ десак,

$$m_h^2 = \left(\frac{h}{400} \right)^2 + \left(\frac{D}{6810} \right)^2$$

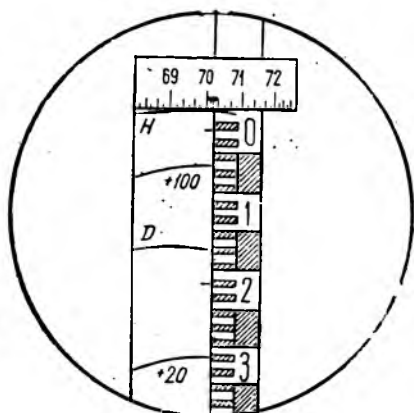
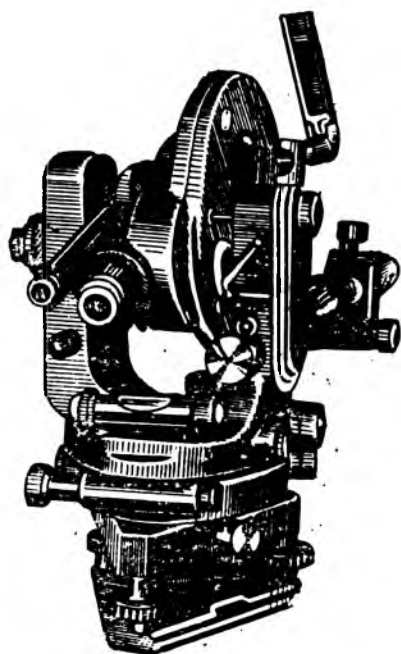
бўлади. Қўрамизки, нисбий баландлик хатоси масофа ва нисбий баландлик қийматига пропорционал ўсади. Шунга кўра, тригонометрик нивелирлашда узун масофани бир нечага бўлиб, кейин ҳар қайси оралиқнинг нисбий баландлигини аниқлаш маъқул кўрилади.

XV. 17. Автомат тахеометрлар

Булар доправий 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 яратилгани, улар ёрдамида ҳеч қандай ҳисоблаш ишлари ўтказмай, ўлчанадиган қия масофанинг горизонтал қўйиштириш 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 қуруллар* деб ҳам аталади.

ТА-2 автомат тахеометри. Бу доправий тахеометр ўрнида ҳам ишлаши мумкин бўлган тахеометр (XV. 26- ш.кл) ҳисобланади. Микроскопнинг кўриш майдонида 1° ли лимб бўлаклари ва $1'$ ли микроскоп шкаласи кўрилади ва саноқ $0,1'$ аниқликда олинади. Оптик вертикал допрада вертикал бурчак ўлчаш шкаласи билан бирга рейкадан масофанинг горизонтал қўйиштириш d ва нисбий баландлик h ни аниқлашга имкон берувчи эгри чизиклар чизилган (XV. 27- ш.кл). Бу эгри чизиклар «Г» кўринишдаги кумуш ранг йўл бўлиб, ўнг томондаги рейкадан эгри чизиклар бўйича d ва h қийматлари олинади. H белгилли чизик асосий дейилиб, у рейкадаги асбоб баландлигига тўғриланади. Кейин D чизик бўйича олинган саноқ $K = 100$ га кўпайтирилса, d қиймати чиқади. D нинг икки ёнидаги эгри чизиклар нисбий баландлик h чизиклари 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 чиқик тагига ёзилган; юқорига қаралса, мусбат (---), қуйига қаралса, манфий (—) нисорали чизик кўринади. Кумуш йўл юқорисида горизонтал равишда ёзилган

шкала 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 ишлари 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 $d_{100} = 0,176 \times 100 = 17,60 \text{ м}$. Нисбий баландлик чизиги $+20$ бўйича: $h_{20} = 0,313 \times 20 = +6,26 \text{ мм}$; $+100$ чизиги бўйича: $h_{100} = 0,062 \times 100 = +6,60 \text{ м}$; илли дальномер штрихи бўйича: $D = (0,215 - 0,020) \times 100 = 0,195 \times 100 = 19,50 \text{ м}$.

Вертикал доира саноғи $L = 70^\circ 10'$; ТА-2 тахеометрида ноль ўрни ($HЎ$) 90° га тенг. Шунга кўра, вертикал бурчак $v = HЎ - L = 90^\circ - 70^\circ 10' = +19^\circ 50'$ 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, $\pm 1,5 \text{ см}$ дан $\pm 4,0 \text{ см}$ гача бўлади.

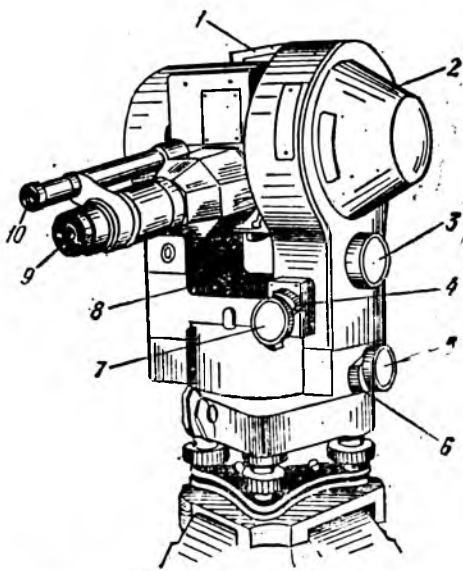
ТА-2 шифрли автомат тахеометрдан ташқари, ГОСТ 10812-74 га биноан ТЭ, ТД, ТН, ТВ шифрли тахеометрлар ҳам чиқарилади, булардан ТЭ ва ТД аниқ тахеометрлар бўлиб, ТН ва ТВ эса техник тахеометрлардир.

ТЭ — тахеометри. Бу электрооптик тахеометр бўлиб, бунида ўлчаш натижалари, яъни масофа, горизонтал ва вертикал бурчак қийматлари ёруғлик таблосидан сон кўринишида қайд қилиниди ва перфолентада шартли кодда ифодаланади; кейин электрон ҳисоблаш машинаси (ЭХМ) да ишланиб, автоматик равишда топоплан чизилади. Асбоб IV класс полигонометрия ва шахар съёмкасида ишлатилади.

ТН — номограммали тахеометр. Бу ТА-2 нинг ўзгаргани, масофанинг горизонтал қўйилиши d ва нисбий баландлик h трубаанинг қуриш майдонидаги номограммлар ёрдамида вертикал рейкадан олинган саноқлар бўйича аниқланади. Бу асбоб билан 5 дан 350 м гача бўлган масофани 1:500 аниқлик билан ўлчаш мумкин.

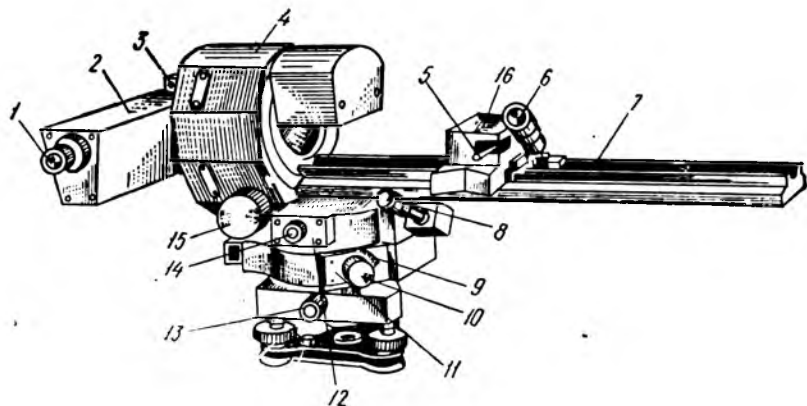
ТД тахеометри. ГОСТ 10812-74 га бинган чиқариладиган илгариги ТП шифрли тахеометрнинг ўзгаргани бўлиб, Т5К теодолити асосида ишланган. ТД иккиланма тасвирли, қараш мўлжалли сифатида штативга тағлиқ орқали ўрнатиладиган икки метрли горизонтал рейка хизмат қилади. ТД билан бурчак, масофа ва нисбий баландлик 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 ўрнатишган. Вертикал доирага адилак ўрнига $\pm 3'$ ҳаракатланувчи оптиквий компенсатор ўрнатишган. 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 — икки базисли тахеометр. ГОСТ 10812-74 га бинган, ватанимизда чиқариладиган редукцион, 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 — алидакнинг қаратиш винти, 6 — алидада маҳкамлаш винти, 7 — труба қаратиш винти, 8 — цилиндрлик адилак, 9 — окуляр, 10 — микроскоп окуляри



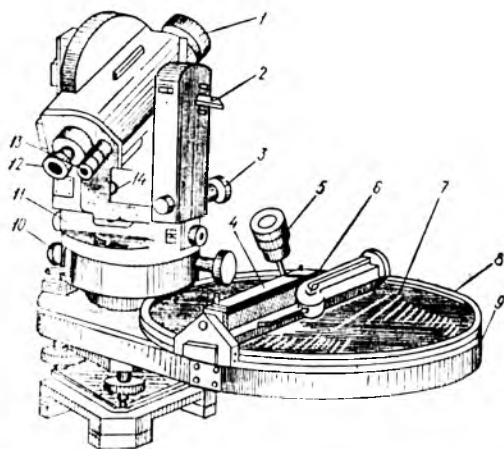
XV. 29- шакл. Ички базисли ТВ тахеометри:

1 — окуляр, 2 — кўриш труба, 3 — оптиквий визир, 4 — колонка, 5 — даста, 6 — дупла, 7 — базис шина, 8 — микроскоп, 9 — маҳкамлаш винти, 10 — қаратиш винти, 11 — горизонтал доиранинг қуйи қопқоғи, 12 — қопқоқ, 13 — таглик маҳкамлаш винти, 14 — оптиквий марказлагич окуляри, 15 — қаратиш винти, 16 — ҳаракатчан каретача

заси (базиси) асбобга ўрнатилган тахеометр бўлиб, биноли ёпиқ жойларда бажариладиган тахеометрик съёмкада 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-

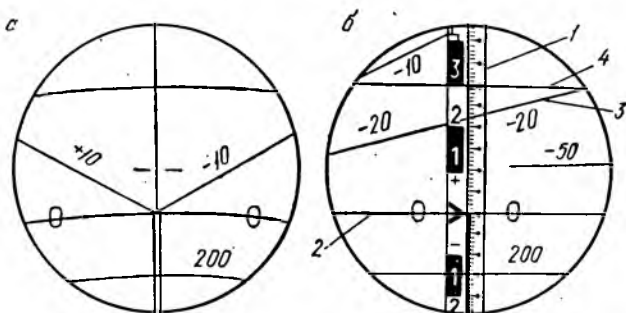
фаларни ўлчашда узунлиги 60 см ли қўшимча рейкача ишлатилади. ТВ да бурчак ўлчаши ва дальномер қисмлари бўлади. Бурчак ўлчаши қисми синиқ ички фокусланадиган ер труба-сидан иборат бўлиб, унда горизонтал ҳамда вертикал доирага санок олиш системаси ишлатилган. Санок штрихли микроскоп орқали ТЗО даги каби 30" хато билан олинади.

Тахеометрнинг дальномер қисми оптик системанинг қуйи ва юқори бўлагидан, бир томонли асбоб базаси, компенсатор системаси ва бўлақловчи ясалмани кузатиш системасидан яса-



XV. 30- шакл. Дальта (DTA) тахеометрнинг умумий кўриши:

1 — объектив, 2 — труба, 3 — маҳкамлаш ричаги, 4 — масштаб чизгич, 5 — чизгич, 6 — нуқта тушириш мосламаси, 7 — астро-лон, 8 — столчанинг айланувчи қисми, 9 — столча, 10 — атадада маҳкамлаш винти, 11 — цилиндрлик адилак, 12 — окуляр, 13 — микроскоп окуляри, 14 — вертикал доира адилакнинг микрометр винти

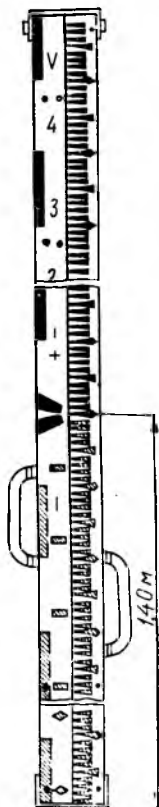


XV. 31- шакл. Дальта тахеометрининг кўриш майдони:

a — горизонтал турганда, *b* — труба пастга қаратилганда: 1 — рейка, 2 — асосий эгри чизик, 3 — нисбий баландлик эгри чизиги, 4 — масофа эгри чизиги

лади. Дальномер билан масофанинг горизонтал қўйиллиши 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 чизиклар бўйича олинган саноқлар *d* ва *h* қийматлари бўлади. Дальта — 020 ўқлар системаси такрорий бўлган оптик, ер трубади теодолит ҳисобланади. Тахеометрда икки вертикал доира бўлиб, бир доира бўлакларга бўлинган ва труба билан бирга айланади; иккинчи доира эса эгри чизиклар чизилган номограммалар бўлиб, труба таглигига маҳкамланганидан айланмайди. Саноқ олинадиган номограмма доиранинг чап (*L*) ҳолатида трубадинг кўриш майдонида тасвирланади (XV.31- шакл, *a*, *b*). Трубадинг горизонтал ҳолатида кўриниши XV.31- шакл, *a* да, объектив пасайгандаги кўриниши XV.31-шакл, *b* да келтирилган. Нисбий баландлик эгри чизиги учта бўлиб, улар коэффициентни ўз ишораси билан чизик устига ёзилган. Асбобни ишлатишда асосий эгри чизик 2 (XV. 31-шакл, *b*) рейка 1 нинг тагидан 1,40 м баланддаги (XV. 32- шакл) ноль белгисига тўғриланади. Кейин нисбий баландлик эгри чизигидан 3 саноқлар олинади (XV. 31-шакл, *b*). Шаклда $h_{10} = 0,41 \times (-10) = -4,10$ м, $K = 20$ бўлганда $h_{20} = 0,21 \times (-20) = -4,20$ м, масофанинг горизонтал қўйиллиши 4 бўйича $d = 0,30 \times 100 = 30,00$ м бўлади.



XV. 32- шакл.

Жойини съёмка қилишда Дальта — 020 га махсус съёмка столчаси 9 ўрнатилади, бу съёмканинг график ишларини далада бажаришга имкон беради. Съёмка натижалари столчага маҳкамланган калька, астролон каби шаффоф, юпқа қозоғга санчилиш винти

6 ва масштаб чизгичи 4 ёрдамда туширилади (XV. 30- шакл). Ҳар станцияда чизилган калъадаги планларга асосан камераль ишда жойнинг тўлиқ плани чизилади. Жой планини бу йўл билан чизишга *ярим автоматик карталаш* дейилади.

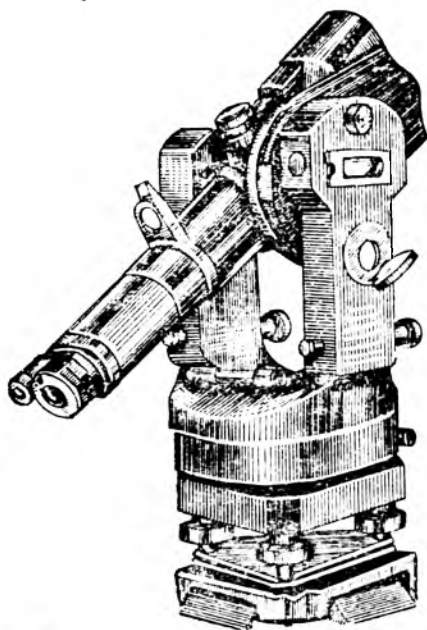
Дальта-020 ни текшириш. Асбоб қўйидаги шартлар бўйича текширилади: 1) асбобдаги цилиндрик ва доғравий адилаклар теодолитдаги каби текширилади; 2) трубанинг кўриш ўқи унинг айланиш ўқига перпендикуляр бўлиши керак; бу коллимацион хатони аниқлаш теодолитдаги каби текширилади, лекин хато бўлса, устахонада тузатилади; 3) кўриш ўқи горизонтал турганда ва контакт адилак ноль ҳолатда бўлганда вертикал доғра саноғи 90 бўлиши, асосий эгри чизик билан икки ёндаги нисбий баландлик чизиги $+10$, -10 лар кеснишган нуқта вертикал чизикда ётиши керак (XV. 31- шакл, а); бу шартнинг биринчи қисmini текшириш учун бир нуқтага икки доғрада қараб, R ва L саноқлар олинади; булар бўйича H' ҳисобланади; H' қиймати 90° дан фарқ қилса, вертикал доғра адилагининг тузиш винтлари ёрдамда устахонада тузатилади.

ГДР даги «Карл Цейсс» фирмаси Дальтанинг ўзгартирилгани Дальта-010 А шифрли тахеометр ҳам чиқарадики, Дальта-020 дан оз фарқ қилади.

Редта-002 редуccion тахеометри. Бу Басхард—Цейсс деб аталадиган теодолит — тахеометр иккиланма тасвир берувчи дальномерли бўлиб, ТД типига киради. 180 м гача масофанинг горизонтал қўйишлигини горизонтал рейка ёрдамда 1:

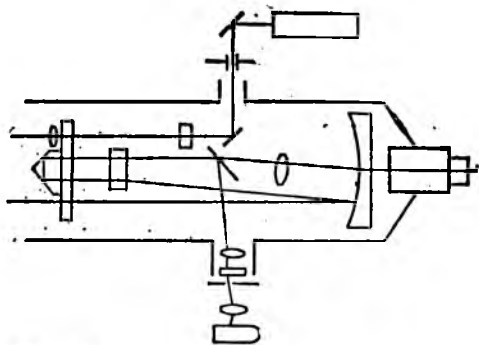
5000 нисбий хато билан аниқлашга имкон беради (XV. 33- шакл). Шкалани микроскоп окуляри кўриш майдонидо горизонтал ҳамда вертикал доғра бўлаклари билан бирга, ўлчанадиган қиялик бурчаги тангенсининг қийматини аниқлайдиган тангенциал шкала ҳам кўринади. Бу шкаладан олган саноқни масофага кўпайтириб, яъни $h = d \operatorname{tg} \nu$ формула ёрдамда нисбий баландлик аниқланади. Бу йўл билан нисбий баландлик 100 м да $\pm (2 - 5)$ см хато 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 перфоленда ва рақамли таблода ёзилади. Талабга қараб, ҳисоблаш мосламаси ўлчанган чизиқ, горизонтал ҳамда вертикал бурчак қийматини, қия чизиқ узунлигини ва унинг горизонтал қўйишлигини 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 $5 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$ 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 яратиш арасида 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.

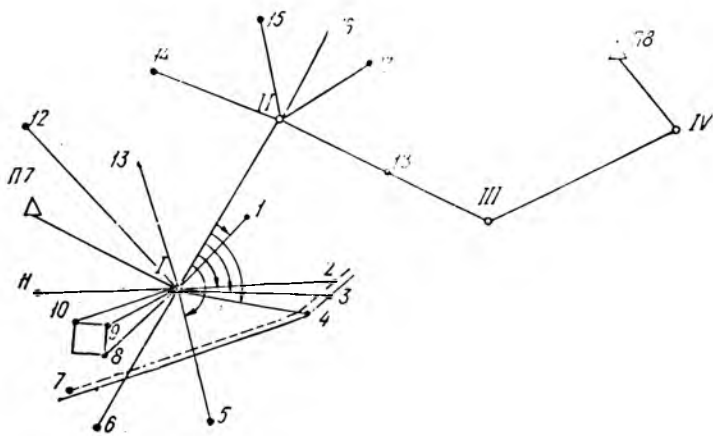
XV. 19. Тахеометрик съёмкани асослаш

Тахеометрик съёмкани бир системада олиб бориш учун тахеометрик йўл съёмка жойига яқин бўлган таянч пунктларга боши ва охирида ниваний ва баландлик бўйича боғланади. Таянч пунктлар орасида олинадиган геодезик йўл *съёмка йўли* дейилади;

съемка йўли, аниқлигига қараб, теодолит — нивелир йўли билан тахеометр йўлига бўлинади.

Теодолит — нивелир йўлида масофа лента ёки аниқ дальномер билан, бурчаклар теодолит билан ўлчанади, нисбий баландликлар тахеометрик 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, буида 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 масштабининг 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, жойида маҳкамланади (XV. 35- шакл).

Тахеометрик съемка чизигий иншоот йўналиши бўйича олиб бориладиган, маршрут съемка, маълум майдон юзаси бўйича олиб бориладиган, майдон съемкаси дейилади. Маршрут съемкада тахеометрик йўл икки пунктга (бошда ва охирида) боғланади. Майдон съемкасида ёниқ полигон ҳолида олиб борилади, лекин полигоннинг бир нуқтаси (станцияси) пунктга боғланади.

XV. 20. Тахеометрик съемка қилиш

Жойида тахеометрик съемка қўйиладиганча қилинади. Доғравий тахеометрларда $K = 100$, $c = 0$ бўлганидан, ноль ўрни (НЎ) аниқланади. Тахеометр 1 станцияга ўрнатиладиган, иш ҳолига келтирилиб,

асбоб баландлиги i ўлчанади (XIII. 2- параграфга қаранг), кейин ориентирланади.

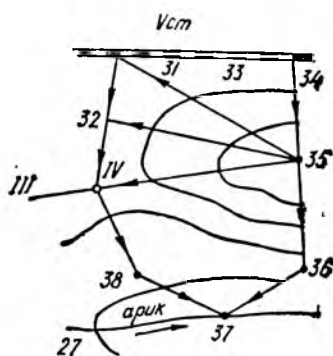
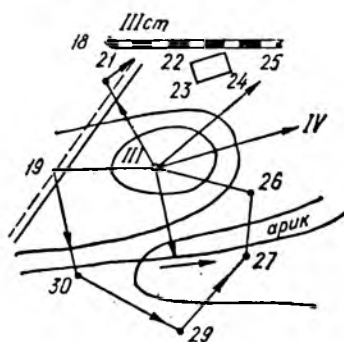
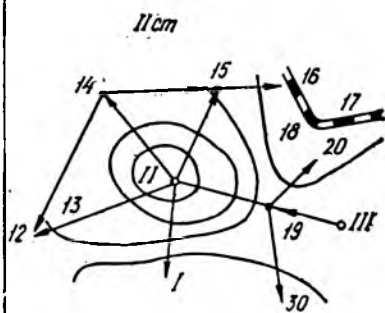
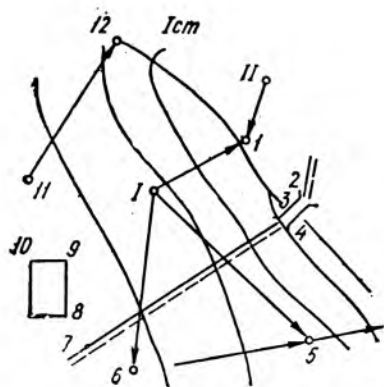
Тахеометрни ориентирлаш. Тахеометр берилган чизик ёки магнитавий меридиан бўйича ориентирланади.

Бош нуқта таянч пунктга боғланганда ёки бирор бош йўналиш берилганда чизик бўйича ориентирланади. Бунинг учун ТТ5 да ДЎ ҳолатида, I верньер ноли лимб нолига тўғриланади 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 санок 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. ДЎ ҳолида I верньернинг ноли лимб нолига тўғриланади ва алидада маҳкамланади. Теодолитга буссоль ўрнатилиб, арритири бўшатилади; лимб бўшатилиб, магнитавий стрелка 0° га келгунча лимб айлантирилади-да, лимб маҳкамланади. Шунда тахеометр магнитавий меридиан бўйича ориентирланган бўлади. Агар алидада бўшатиладиган кейин труба бирор нуқтага қаратилиб, I верньердан санок олинса, бу ана шу йўналишнинг магнитавий азимути бўлади. Агар бош томон магнитавий азимутига магнит стрелканинг оғиш бурчаги δ қўшилса, шу томоннинг ҳақиқий азимути чиқади.

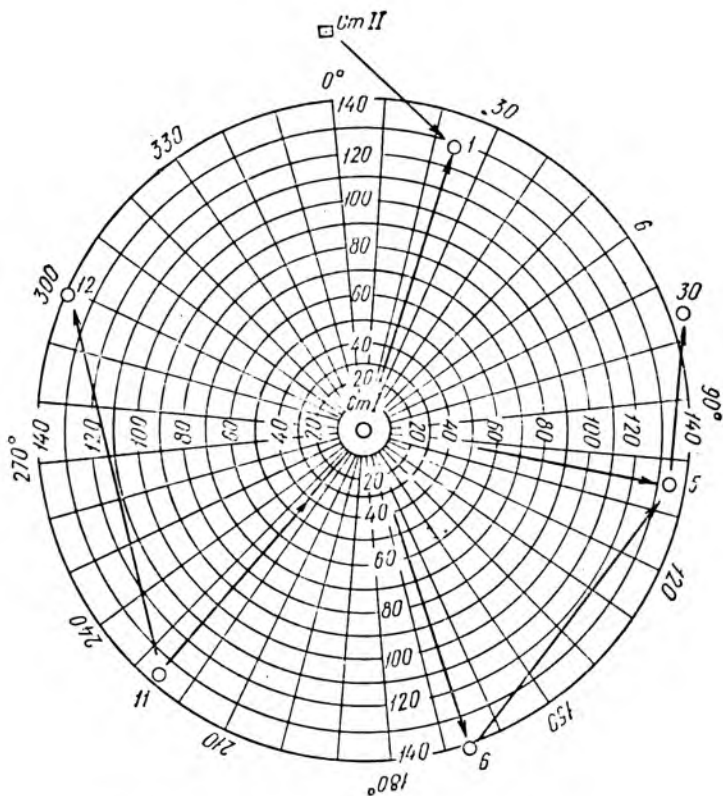
Ситуация ва рельеф нуқталарни съёмка қилиш. Тахеометр ориентирлангач, станция атрофидаги жойнинг ситуация ва рельефининг характерли нуқталари қутбий усул билан съёмка қилинади. Бу нуқталар *рейка* ёки *пикет нуқталари* дейилади. Рейка нуқталарининг станциядан узоқлиги съёмка масштабига қараб турлича 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 саноклар: рельеф нуқтасидан: а) дальномер саноклари; б) вертикал доира саноклари ва в) горизонтал доира саноклари; ситуация нуқтасидан: а) дальномер саног; б) горизонтал доира саног; олинади.

Бир станциядан иккинчи станцияга вертикал доиранинг икки туришида қараб, R ва L саноклар олинади, бу саноклар орқали вертикал бурчак γ ва поль φ ни ҳисобланади. Рейка нуқталарига ёлғиз бир доирада, R ёки L да қаралади. Дальномер масофани ўлчашда кўринган юқори ил 1000 га қаратилиб, қуйи илдан санок олинади; вертикал бурчакни ўлчаш учун тўрнинг ўрта ил асбоб баландлигига қаратилиб, вертикал доира адидаги микрометрик винт билан горизонтал ҳолатга келтирилади, кейин вертикал ва горизонтал доирадан санок олиниб журналга ёзилади. Съёмка қилинадиган рейка нуқталарининг станцияга нисбатан жойлашувини кўрсатувчи крески 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 кўтарилыш 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 инебатан тўғри жойлашуви учун шаффоф қоғоз тагига, XV.37- шаклда кўрсатилгандек, тушда чизилган транспорт қўйилади. Бунинг ёрдамида рейка нуқталари ўрни ди,



XV. 37- шакл

рекция бурчак бўйича, чизик узунлиги масштаб бўйича қўйилади. Кроки, абрис каби, план чизишда асос қилиб олинади.

Тахеометрик съёмка қилишда ўлчанган натижалар махсус тахеометрик съёмка жадвалга ёзиб борилади. Нуқталар номери крокидаги номерга мос бўлиши керак.

XV. 21. Тахеометрик съёмканинг камераль ишлари

Тахеометрик съёмка журнални тўлдириш. Съёмкадаги ўлчаш натижаларини тенглаб план чизишга керакли миқдорлар ҳисоблаш ва план чизиш тахеометрик съёмканинг камераль ишлари бўлади. Аввал R ва L саноқлар бўйича станциялар орасидаги қиялик бурчаги $\nu = \frac{R - L}{2}$ ва вертикал доиранинг $H\mathcal{U} = \frac{R + L}{2}$ топилади (журнал ва уни тўлдириш авторнинг 1976 йили чиққан «Инженерлик геодезиясидан практикум» номли китобида тўла келтирилган). Кейин $H\mathcal{U}$ қиймати бўйича станциядан

қаралган рейка нуқталарига тегишли вертикал бурчаклар $v = R - H\mathcal{U} = H\mathcal{U} - L$ формула билан ҳисобланади ва ўз 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 $h_{\text{тўғр}}$, иккинчи станциядан биринчига қараб топилган нисбий баландликни $h_{\text{тес}}$ (тўғри ва тескари сўзидан) десак, бу нисбий баландликларнинг абсолют қийматлари тенг бўлиши керак, акс ҳолда нивелирлаш хатоси Δh ҳосил бўлади, яъни $\Delta h = |h_{\text{тес}}| - |h_{\text{тўғр}}|$. 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 йиғиндисини Σh_0 ҳисобланади.

Тахеометрик йўл икки пункт орасида олинганидан $\Sigma h_0 = H_0 - H_c$ бўлиши керак, лекин амалда хато сабабли қуйидагича

$$f_{\text{ha}} = \Sigma h_0 - (H_0 - H_c) \quad (\text{XV. 37})$$

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:

$$f_{\text{hq}} = \pm \frac{0,04 \cdot P}{\sqrt{n}} \text{ см} \quad (\text{XV. 38})$$

¹ Никулун А. С. Тахеометрические таблицы. М., 1979.

$f_{h_a} < f_{h_b}$ бўлиши керак. Агар бу шарт бажарилса, хато нисбий баландликларга f_{h_a} ншорасига тескари ншора билан тарқатилади-ки, бу тузатма дейилади. Тузатмани δ_{h_a} , томон узунликларининг d_i десак, $\delta_{h_a} = \frac{f_{h_a}}{p} \cdot d_i$ бўлади.

Станциялар отметкасининг ҳисоблаш. Тузатишган нисбий баландликлар орқали бош 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 отметкасининг 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:

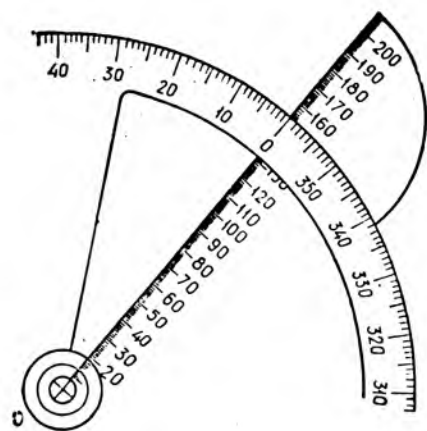
$$H_p = H_{ст} + h_p. \quad (\text{XV. 40})$$

Рейка нуқта отметкаси ўз станциясининг отметкаси бўйича ҳисобланади.

Тахеометрик йўл бурчақларини тенглаш. Тахеометрик йўл планини чизиш учун йўл томонларининг румбларини аниқлаш керак. Тахеометр ҳар станцияда кейинги станцияга ориентирланганидан (I — II, II — III каби), горизонтал доира санови станциядаги йўлнинг ўнг бурчағи бўлади. Тахеометрик йўлнинг бош ва охириги томон йўналтишлари маълум бўлганидан ўлчанган бурчақлар теодолит съёмканинг очик полигони 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, бурчақ учларининг координаталари бўйича чизилади. Бунда тахеометрик йўл станцияларининг координаталари ҳисобланади. Сўнгра квадрат катлавлар тўри ясалати, унда координаталари бўйича станциялар ўрни топилади, кейин ҳар қайси станциядан олинган рейка нуқталарининг ўрни ориентирлаш чизигига нисбатан транспортёр ёрдамида горизонтал бурчақни ясаб, томонига d масофани масштаб бўйича ўлчаб қўйиш орқали топилади. Ситуация нуқтага номери, рельеф нуқтасига эс келер кўринишида суратига номери, маҳражига отметкаси (дм ҳисобида) ёзилади.

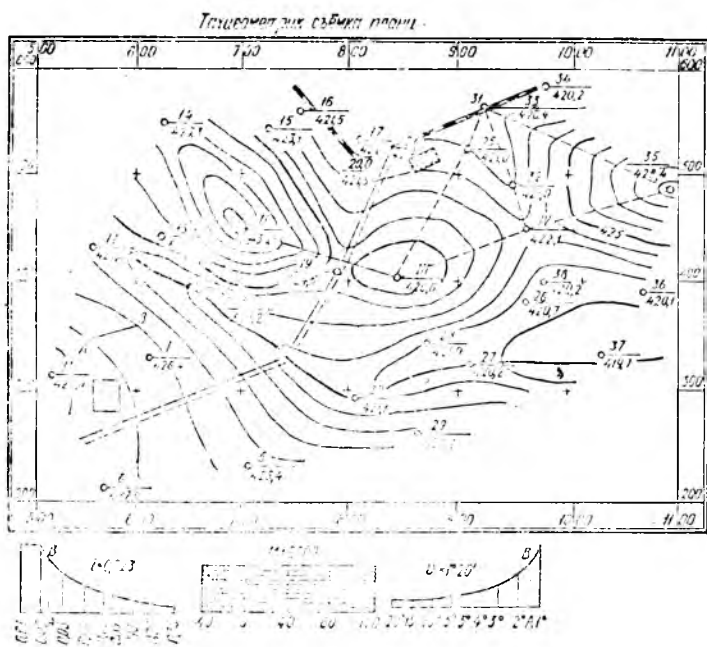


ХV. 38- шакл

Рейка нуқталари ўрнини белгилашда махсус мослама — тахеографдан фойдаланиш қулай (ХV. 38- шакл). Тахеограф айланаси 0 дан 360° гача, ҳар 30' да бўлинган бўлиб, ёзувлар соат стрелкаси йўналишининг тескарисига ёзилган. Айлана маркази O да миллиметр бўлак-ли чизгич OM маҳкамланган бўлиб, унинг ёрдамида чизиқ узунлиги масштаб бўйича олинади. Рейка нуқталари ўрнини топишда O марказ станция нуқтасига нисба ёрдамида маҳкамланади. Кейин у томонга тахеограф шундай суриладики, I—II чизиги рейка нуқтасига

қарагандаги саноққа тўғри келсин. Шунда OM чизгичдаги бўлаклар 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, несталган кесимда горизонталлар ўтказилади. Кейин жой контурлари қора тушъ би-



ХV. 39- шакл

лан, горизонталлар жигар ранг бўёқда чизилади, план расмийлаштирилади. XV. 35- шаклдаги тахеометрик йўл плани XV. 39- шаклда кўрсатилган.

План тагига масштабнинг икки ёнига бурчак ва нишаб графиги чизилади.

Тахеометрик съёмка автомат тахеометр ёрдамида қилинганда вертикал бурчак ν ва D ўлчанмай, чизикнинг 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

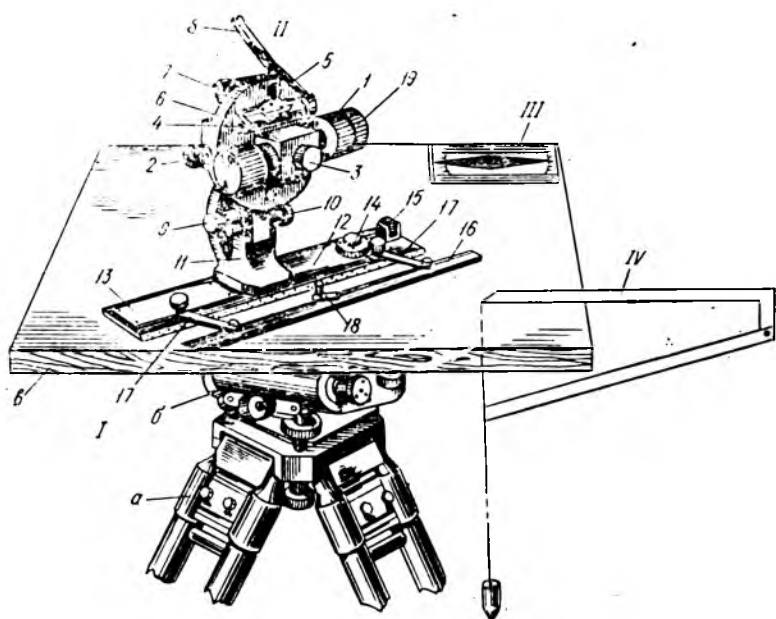
Тахеометрик съёмкада дала ва камераль ишлар турли вақтда ва турли жойда бажариладик, бу иш вақтини кўп олиб, тахеометрик съёмка аниқлигига салбий таъсир этади. Масалан, далада чизилган крокига асосланиб, жой рельефини тасвирлашда хато бўлиши мумкин. Аниқлигини ошириш ҳамда вақтни тежаш мақсадида топографик съёмканинг дала ва камераль ишларини бир вақтда бир асбоб ёрдамида далада бажариш *мензула съёмкаси* дейилади. Мензула сўзи столча деган маънони билдиради. Мензула съёмкасида чизиклар орасидаги бурчак ўлчанмайди, балки уларнинг горизонтал қўйилиши горизонтал тахтага (планшетга) проекцияланади, шунга кўра бу съёмка *бурчак чизилиш 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 қўйидаги қисмлардан иборат: а) штатив, б) таглик, в) планшет. Кипрегель планшет устига қўйилади, унинг кўриш трубаesi орқали жойдаги норсага қаратиладиган кўриш асбоби бўлади, даста ўрнатилган чизич орқали йўналиш чизиги планшетга чизилади. Икки AB ва AC чизик орасидаги β бурчак горизонтал қўйилишининг ясалishi XVI. 2- шаклда кўрсатилган.

Мензула таглиги ёғочдан ёки металлдан ишланади. XVI. 3- шаклда штативга ўрнатилган пластинкали металл таглик кўрсатилган, унга махсус винт 4 ёрдамида планшет маҳкамланади.

Планшет — қуруқ тахтадан квадрат шаклида қилиб ишланган $60 \times 60 \times 3$ см ўлчамли тахта бўлиб, устки ёзми ситдиқ ва текис. Планшет шунча ёки алюминийдан ҳам тайёрланади, амал амалий жиҳатдан қулай бўлмаганидан ишлатилмайди. Планшет

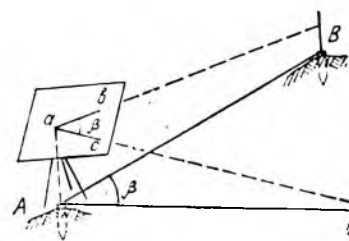
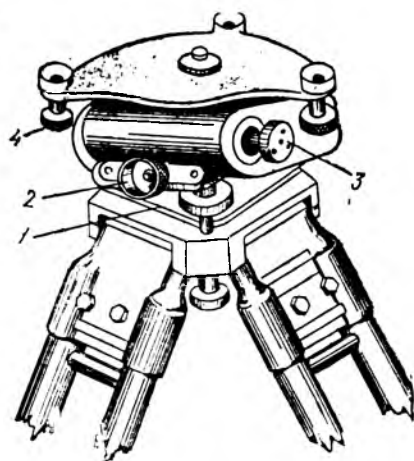


XVI. 1- шакл. Мензула. КБ-1 кипрегели, буссоль ва вилка *a* — штатив, *б* — таглик, *в* — планшет; II—КБ—1 кипрегели:

1 — саник труба, 2 — окуляр, 3 — кремальер винт, 4 — труба цилиндр адилаги, 5 — адилак кузгуси, 6 — доира гилофи, 7 — вертикал доира адилаги, 8 — адилак кузгуси, 9 — труба тартиш винти, 10 — микрометр винт, 11 — колонка, 12 — асосий чизғич, 13 — масштабли чизғич, 14 — доиравий адилак, 15 — кипрегелни буриш ролиги, 16 — ингичка чизғич, 17 — ориентир буссоль. IV — мензула вилкаси, 17, 18 — шаринрлар, 19 — объектив.

XVI. 3- шакл. КА-2 нинг штатив ва таглиги:

1 — турбазғич винт маҳкамланадиган пластинка, 2 — маҳкамлаш винти, 3 — қаратил винти, 4 — планшет маҳкамланадиган винт.



XVI. 2- шакл.

усти брезент, астарин 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.

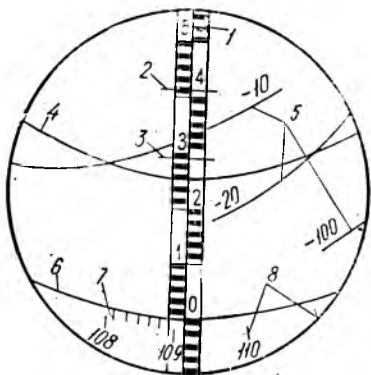
КБ кипрегелининг трубази узун, ташқи фокусланадиган, металл вертикал доираси ва ипли дальномерли бўлиб, d ва h лар доиравий тахеометрдаги каби аниқланади. КБ ҳозир чиқарилмайд.

КБ-1 кипрегели авторедукцион оптиквий бўлиб, устки қисми колонка 11 орқали, бўйи 350 мм, эни 80 мм ли ипли асосий чизгич 12 га маҳкамланган (XVI. 1-шакл, II). Бунинг остида бўйи 530 мм, эни 20 мм ли қўшимча 16 чизгич бўлиб, у асосий чизгичга шифрлар 17 билан бирлаштирилган ва унга параллел ҳаракат қилади; чизгичлар мослама 18 ёрдамида маҳкамланади. Чизгичлар ораси 0 дан 27 мм гача ўзга риши мумкин. Асосий чизгичга цилиндрик ёки доиравий адилак 14, масштабни чизгич 13 ва микрометрли механизм 15 ўрнатилган, бу кипрегелни азимут бўйича бир оз буришда ишлатилади.

Кипрегель бўлаклари XVI. 1-шаклда тўла кўрсатилган. Гилоф 6 нчида оптик вертикал доира бўлиб, унда асосий ёй бўйича вертикал бурчак қиймати ўлчанади, бундан ташқари, d ва h ни автоматик аниқлаш учун бир неча эгри чизик ҳам чизилган (XVI. 4-шакл). Уларнинг коэффициентларини K ўз ишоралари билан устларига ёзилган. Қисқа чизиклар 2 ва 3 ипли дальномер ипли бўлиб, бунда $K = 200$. Кипрегель билан доира чап ҳолат (ДЧ) да ишланади. Доира ўнгда ва оғиш бурчаги 44° дан ошганда эгри чизиклар кўринмайди.

КБ-1 трубази ички фокусланадиган, тўғри тасвир ҳосил қилувчи бўлиб, объектив 19 ва окуляр 2 бир чизикда ётмайди, окуляр синик қилиб ишланган бўлиб труба ёнида жойланган.

Кипрегель билан ишлаганда асосий эгри чизик 6 рейка нолига қаратилади; масофа эгри чизиги 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.



XVI. 4-шакл. АБ-1 кипрегелининг кўриш майдони:

1 — рейка, 2, 3 — ипли дальномер иплари, 4 — масофа эгри чизиги, 5 — нисбий баландлик эгри чизиклари, 6 — асосий эгри чизик, 7 — лимб бўлаклари, 8 — вертикал доира штрихлари

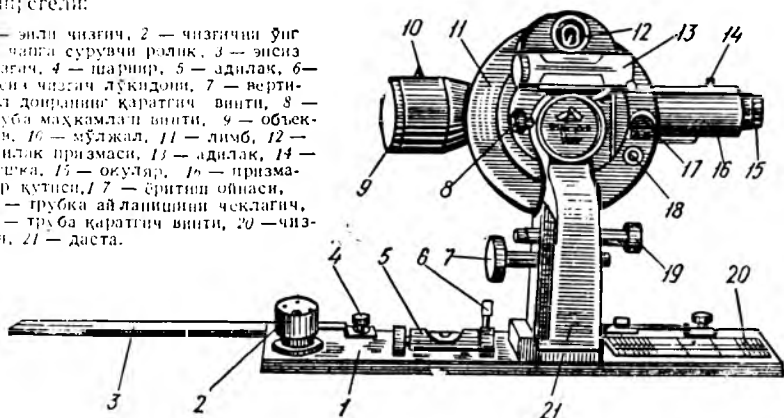
Нисбий баланслик эса $K = -10$ эгри чизиги бўйича қуйидагича топилди. $n_2 = 330$ мм, шунга кўра $h = 33, 0 \text{ см} \times |-10| = -3,30$ м.

Кўриш трубасида цилиндрик адилак 4 бўлиб, унинг ёрдамида горизонтал кўриш нури билан ҳам нивелирлаш мумкин.

КА-2 кнпрегели. Бу КБ-1 асосида қайта ишланган автомат (авторедукцион) бўлиб, труба си узун, ички фокусланадиган ва тўғри, тескари тасвир ҳосил қилади (XVI. 5-шакл). КА-2

XVI. 5- шакл. КА-2 автомат кнпрегели:

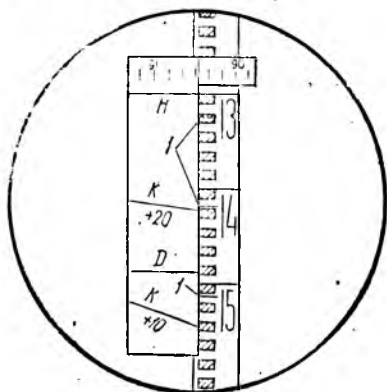
1 — энли чизигич, 2 — чизигични ўнг ва чапга сурувчи роллик, 3 — энсиз чизигич, 4 — шарнир, 5 — адилак, 6 — энсиз чизигич дўкидони, 7 — вертикал доиранинг қаратгич винти, 8 — труба маҳкамлаш винти, 9 — объектив, 10 — мўлжал, 11 — лимб, 12 — адилак призмаси, 13 — адилак, 14 — мушка, 15 — окуляр, 16 — призмалар қўтиси, 17 — Ғритинг ойнаси, 18 — трубка айланнишни чеклагич, 19 — труба қаратгич винти, 20 — чизигич, 21 — даста.



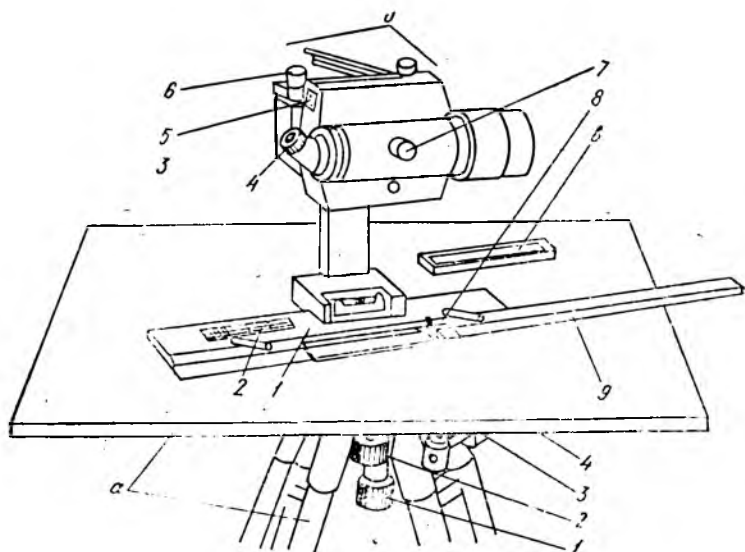
нинг қисмлари ва номлари шаклда тўла кўрсатилган. Труба нарсага мўлжал 14 ва мушка 10 лар ёрдамида қаратилади. Энли чизигичга цилиндрик адилак ўрнатилганки, бу билан чизигич ва планшет горизонтал ҳолга келтирилади. Вертикал доира лимбда градус бўлаклари билан бирга d ва h қийматини аниқлаш учун эгри чизикли диаграмма ҳам чизилган (XVI. 6- шакл). Бу чизиклар кумуш ранг Г шаклида ишланган йўлга чизилган. Бу эгри чизиклар КБ-1 даги каби, ДЧ ҳолатида кўринади, Дў да эса ёлғиз

градус бўлаклари ва индиаль-номер иплари кўринади, бунда КА-2 кнпрегели КБ каби ишлайди.

КА-2 билан ишlashда вертикал қўйилган рейкадаги асбоб баланслигига Г шаклли йўлдаги бош чизик II 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

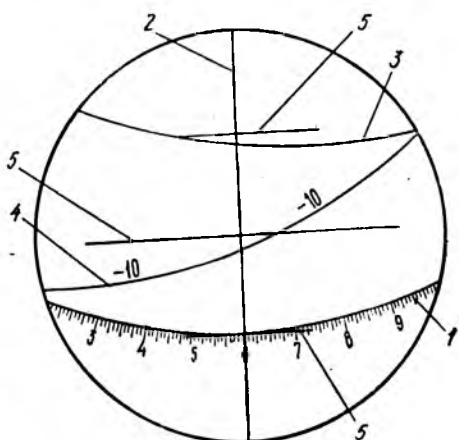


XVI. 7- шакл. КН кипрегели планшет устида; а — мензула;

1 — тургазгич винт, 2 — планшетни тагликка маҳкамлаш инвти, 3 — таглик, 4 — планшет; 6 — кипрегел; 1 — асосий (элли) чизгич, 2 — масштаб-ли чизгич, 3 — чизгич аделати, 4 — синк окуляр, 5 — труба адилаги, 6 — ади-лак хўзгуси, 7 — кремальер винт, 8 — нуқта туширувчи сикча, 9 — ёрдагчи чиз-гич, 10 — буссоль.

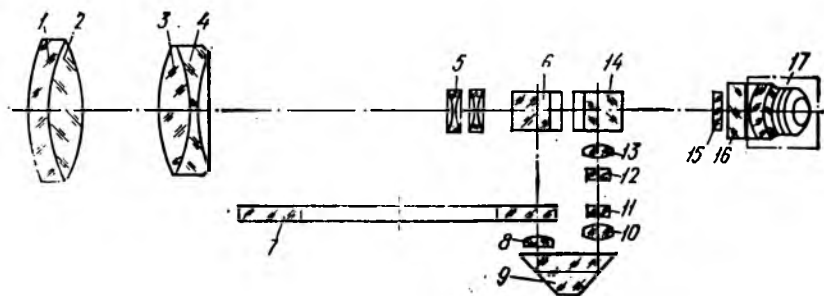
$n'_1 - i = n_1$, $n'_2 - i = n_2$ бўлса, $d = 100 \cdot n$; $h = Kn_2$ бўлади. Қия-лик бурчаги $\nu = \pm 10^\circ$ гача бўлганда $K = \pm 10$, $\nu = 6^\circ - 24^\circ$ гача бўлганда $K = 20$ бўлади. Масалан, XVI. 6- шакл-да бош чизик H асбоб ба-ландлиги $i = 1300$ га қара-тилган. $n'_1 = 1488$ бўлса, $n_1 = 1488 - 1300 = 188 \text{ мм} = 18,8 \text{ см}$ бўлади. Шунда $d = 100 \cdot n_1 = 18,8 \text{ м}$ бўлади. Нисбий баландлик h қуйнда-гича топилади: $K = 10$ бўйи-ча $n_2 = n'_2 - i = 1546 - 1300 = 246 \text{ мм} = 24,6 \text{ см}$, $h = 10 \times 24,6 = 246 \text{ см} = 2,46 \text{ м}$; $K = 20$ бўйи-ча $n_2 = 1423 - 1300 = 123 \text{ мм} = 12,3 \text{ см}$, $h = 20 \cdot 12,3 = 246 \text{ см} = 2,46 \text{ м}$ бў-лади.

КН кипрегели. ГОСТ 10813-64 га мувофиқ чиқа-рилган ТА ва КА- 2 типи-даги тахеометр ва кипрегел-ларнинг кўриш майдонидаги



XVI. 8- шакл. КН кипрегелининг кўриш майдони:

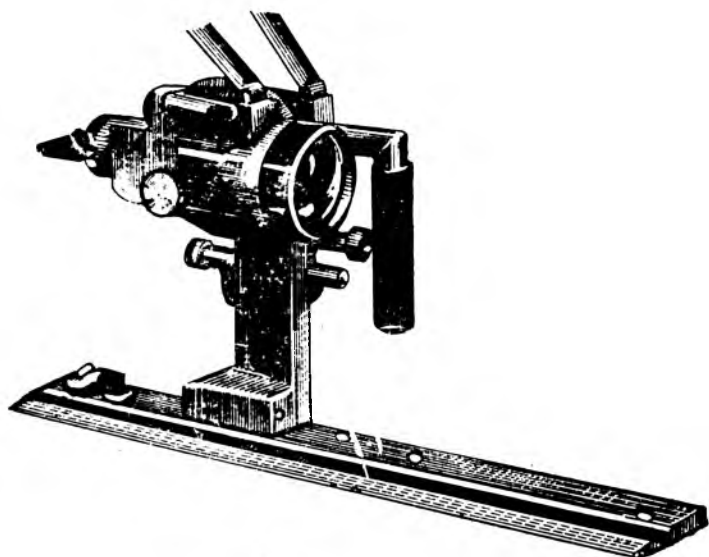
1 — асосий эгри чизик (ёй), 2 — вертикал чи-зик, 3 — масофа эгри чизик, 4 — нисбий баланд-лик эгри чизиги, 5 — илли дальнометр ипи.



XVI. 9- шакл. КН кипрегелининг оптикaviй 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 йўлининг торлиги иш тезлигига ва саноқ олиш аниқлигига салбий таъсир этиши билан бирга, кузатувчини тез чарчатади. Шунинг эътиборга олиб, ГОСТнинг 1974 йилги кўрсатмасига 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 саноқ олиш мумкин. Саноқ КБ- 1 даги каби олинади.



XVI. 10- шакл.

МА- 5 кипрегелли. Бу асбоб Венгриядаги МОМ заводда чиқарилган бўлиб, йирик масштабдаги топографик съёмкаларда қўлланилади (XVI. 10- ш.кл). МА- 5 кипрегелли ноброграммалли бўлиб, кўриш трубаesi синяқ окулярли, тўғри тасвир берувчидир. Трубадаги адилаги реверсен қилиб ишланган. МА- 5 да ҳам икки чизгич бўлиб, ёрдамчи чизгичнинг 200 мм ли узайтиргичи бор, 1:2000, 1:5000, 1:10000 ва 1:25000 сонли масштабларга мосланган алмашинувчи масштабли чизгич ўрнатилган; чизгичда нуқтани қоғозга туширишга мосланган снхча қўйилган. Кўриш майдони КН кипрегелиники каби ишланган.

Қурилиш ишларида «ВНЛД» 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. Съёмка масштаби 1:1000 ва 1:2000 бўлганда марказлаштирилади; масштаб 1:5000 ва ундан майда бўлганда марказлаштирилмайди.

XVI. 3. Мензулани ва кипрегелни текшириш

Мензула қўидаги шартлар бўйича текширилади.

1. Мензула устивор (тургуи) бўлиши керак. Шартни текшириш учун мензула горизонтал вазиятга келтирилиб, планшет устидаги кипрегель трубаesi узоқдаги М нуқтага қаратилади. Кейин планшет бир четидан бир оз пастга ва ёнга босилиб, яна қўйиб юборилади. Агар адилакнинг туриши ўзгармаса ва тиллар тўри М нуқтадан силжимаса, шарт бажарилган бўлади, акс ҳолда асбоб устакхонада тузатилади.

2. Планшетнинг устки юзаси текислик бўлиши керак. Текшириш учун тўғри чизгич ёки кипрегель чизгичининг йўнилган қирраси планшет устига турли йўналишда қўйилади. Бунда планшет билан чизгич орасидаги тирқиш 0,5 мм дан катта бўлмаслиги керак, акс ҳолда асбоб устакхонада тузатилади.

3. Планшетнинг устки юзаси асбобнинг айланиш ўқиға перпендикуляр бўлиши керак. Текшириш учун тўғри адилак ёки кипрегель чизгичидаги 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 устакхонада тузатилади.

Кипрегелларни текшириш. КБ, КБ- 1 ва КА- 2 кипрегелларнинг ҳаммасига умумий бўлган қисмлар бирдек текширилади. Ясалишларидаги ўзгача қисмлар алоҳида текширилади. Кипрегель қўидаги шартларга жавоб бериши керак.

1. Кипрегель чизгичининг йўнилган қирраси тўғри чизик бўлиши керак. Кипрегелни планшетга қўйиб, йўнилган қирра бўйича чизилади. Кейин чизгични 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 гипс 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 айлантириб қўйилади. Агар пуфакча ўртадан қочмаса, шарт бажарилган, акс ҳолда адилак тузатиш винти 6 ёрдамида (XVI. 5-шакл) қочинининг ярмига тузатилади.

4. Трубанинг кўриш ўқи унинг айланиш ўқиغا перпендикуляр бўлиши керак. Бу шарт теодолитнинг 3-шарти 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 айлантирилади-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 2ϵ бўлади. N дан бурчак бисектрисасини ўтказиб, унга чизғич қирраси қўйилади. Шунда трубага қаралганда тўр маркази m 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-шарти каби текширилади. Завод асбобининг 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, труба 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 ишнинг вертикал доиранинг бир туришида бажариш керак. Хато қиймати аниқланганда буни планшетни ориентирлашда эътиборга олиш лозим.

7. Иплар тўрнининг бир ипи вертикал бўлиши керак. Бу теодолитдаги каби шовун ёрдамида текширилади ва тўр ҳалқасини бураб тузатилади.

8. Вертикал доиранинг ноль ўрни (IX) нолга яқин ва ўзгармас бўлиши керак (КБ да). Бу — теодолитдаги каби текширилади ва НУ аниқланади.

КБ- 1 ва КА- 2 кнпрегеллари тузиллишларига қараб юқоридagi шартларга қўшимча равишда қуйидаги шартлар бўйича ҳам текширилади.

КБ- 1 кнпрегелини текшириш:

1. Кнпрегелнинг қўшимча (эксиз) чизғичи асосий чизғичга параллел ҳаракат қилиши керак. Текшириш учун асосий чизғични қимирлатмай, ёрдамчи чизғични турли жойга суриб, чизиқлар чизилади. Кейин чизиқлар оралиғи турли жойда ўлчаб кўрилади, бунда фарқ 0,2 мм дан ошмаслиги керак.

2. Трубадаги цилиндрик адилак ўқи трубанинг кўриш ўқи га параллел бўлиши керак. Текшириш учун 80—100 мм масофа икки томсидан нивелирланади (НЗ нивелиридаги каби) ва x қиймати аниқланади. Агар $x > 1$ см бўлса, адилак тузатиш винти билан НЗ даги каби тузатилади.

3. Вертикал доиранинг ноль ўрни 90° бўлиши керак. Текшириш учун (ДУ) ва (ДЧ) да асосий ёйининг (XVI. 4-шакл, б) вертикал чизиқ 1 билан кеснишган нуқтасини узоқдаги М нуқтага қаратиб, R ва L саноқлар олинади, кейин НУ қуйидагича топилади:

$$H\dot{X} = \frac{R + L - 180^\circ}{2}. \quad (\text{XVI. 1})$$

Агар у 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 қўйилиши d топилади ва инсбий 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 кнпрегели қуйидагича текширилади:

1. Планшет горизонтал турганда Г 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 трубанинг окуляр қисми керагича буралади.

2. Трубанинг коллимацион хатоси нолга яқин бўлиши керак. Кумуш полосканинг ўнг қирраси равшан кўрилган нуқтага қаратилиб, йўнилган қирра бўйича чизилади, труба зенит орқали айлантририлиб, яна чизилади. Икки чизиқ уста-уст тушмай, улар орасида бурчак ҳосил бўлса, унинг биссектрисасига чизғичнинг йўнилган қирраси қўйилиб, тўр маркази қаратилган нуқтага тўғри келгунча призма блоки тузатиш винти ёрдамида сурилади.

3. Диаграмманинг асосий эгри чизиги H кумуш полоска бўртмасининг қуйи қиррасидан пастроқда туриши керак. Бу асосий эгри чизиқни рейка нолга қаратиш

учун керак. Камчилик бўлганда трубаининг окулярга яқин ён қондоғи олиниб, ундаги тузатиш винти билан шарт бажарилишига эришилади.

4. Вертикал доиранинг ноль ўрни 90° бўлиши керак. Бу КБ-1 даги каби текширилади.

КН кипрегели ҳам КБ-1 каби текширилади. НЎ ни аниқлаш, масофа ва бурчак ўлчашда нуқтага асосий чизиқ b нинг вертикал чизиқ l билан кесилган нуқтаси қаратилади. НЎ ва вертикал бурчак теодолитдаги каби Х. 40 ва 42 формулалар ёрдамида ҳисобланади.

ХҲІ. 4. Мензула съёмкаси

Мензула съёмкасида олдин планшет тайёрланиши керак, кейин съёмка қуйидаги қўрсатилган тартибда олиб борилади.

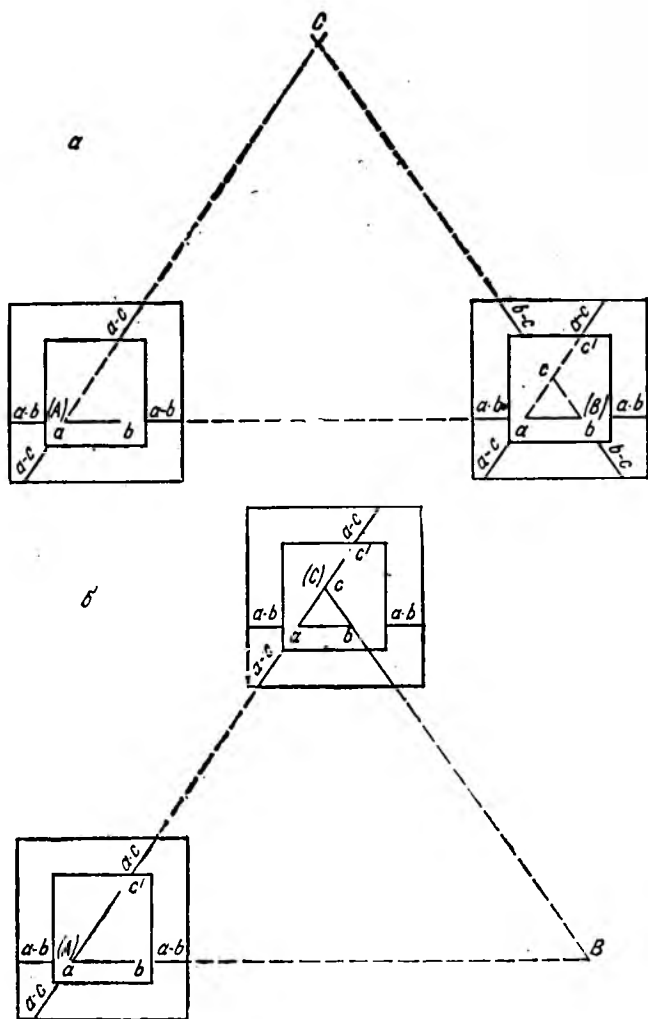
Планшетни тайёрлаш. Топографик план планшетга ёпиштирилган яхши сифатли қоғозга чизилади. Қоғоз яхши фанерга ёки алюминий тахтага ёпиштирилиб, планшет устига маҳкам ўрнатилади; қоғоз ўрнига ойна каби шаффоф акрилат ишлатса ҳам бўлади. Баъзан, планшет устига ватман қоғози кўпиртирилган тухум оқи билан ҳаво қолмайдиган қилиб жипс ёпиштирилади. Кўпик 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 — *рубашика* дейилади. Планшет қуригунча соя жойда сақланади. Кейин рубашикада четидан 4—5 см қолдирилиб, рамка ясалади. Унинг ичига драбнишев чизгичи ёрдамида 10 см ли квадрат каталар ясалади. Бу квадратларнинг учини орқали рубашикадан пастки ватман қоғозга туширилади. Масштаб 1:2000 бўлганда квадрат каталар эгаллаган жой 50×50 см ўлчамда бўлиши керак; жой плани рамка ичига чизилади, ҳошияга эса қаратилган йўналиши давоми чизилади ва номи ёзилади (ХҲІ. 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 чизгичи икки-та кўтариш винти ўртасига қўйилиб, шу винтлар буралганда, адилак пуфакчаси ўртага келтирилади, кейин кипрегель 90° га айланрилиб чизгич учинчи кўтариш винти усти бўйича қўйилади ва 3-винт буралиб, пуфакча ўртага келтирилади. Агар пуфакча ўртадан 2 бўлаккача сурилса, асбоб горизонтал вазиятга келди, дейиш мумкин.



XVI. II- шакл.

Ориентирлаш. Бунда буссоль ёки жойдаги чизикдан 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.

Чизик бўйича ориентирланганда жойдаги чизикнинг бир учига мензула ўрнатилгач, планшетдаги чизик проекциясига кипрегелнинг йўнirilган қирраси қўйилади-да, мензулани буриб, чизикнинг иккинчи учига қаралади ва мензула маҳкамланади. Шунда планшет чизик бўйича ориентирланади.

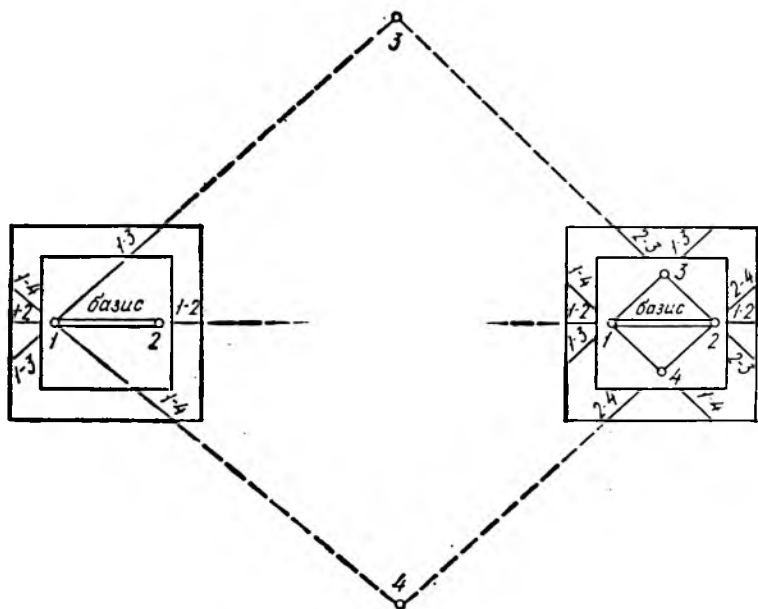
съёмкани асослаш. Жой рельефи ва ситуациясини съём-
қилиш учун аввал шу жойга асбоб ўрнатиладиган таянч нуқ-
талар барпо қилинади. Бу нуқталар аналитик ва график усул би-
лан топилиши мумкин. Агар жойда тригонометрик пунктлар бўлса,
шулар асосида теодолит йўли ясалади. Бу йўл съёмка қили-
ниши керак бўлган жойни қамраш керак. Унинг бурчак учлари
таянч нуқталар бўлганлигидан, улар маҳкам ўрнатилди, коорди-
наталари пункт координатаси асосида ҳисобланади, отметкалари
эса геометрик нивелирлаш йўли билан топилади. Кейин уларнинг
ўринлари координаталари бўйича планшетда (рубашкада) топилиб,
кейин игна билан тешилиб, ватман қозоғга туширилади.

График усулда таянч нуқталар геометрик тўр ясаш йўли би-
лан ҳосил қилинади. Жойда ясалган бир неча қўшни учбурчак-
ликлар геометрик тўр дейилади, бу тўр тўғри ва тескари кес-
тирма 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, план-
шетда A нинг проекцияси a белгиланади-да марказлаштирилади,
горизонтал вазиятга келтирилиб, буссоль ёрдамида ориентирлана-
ди. Кейин кипрегель йўнилан қирраси a га қўйилади ва B га ўр-
натилган вехага қараб, йўнилан қирра бўйича чизилади. Шу чи-
зиққа $AB = d$ узунлиги a дан масштаб бўйича ўлчаб қўйилса, B
нинг проекцияси b топилади. Кейин йўнилан қирра a га қўйила-
ди-да, C даги вехага қараб чизилади. Чизилган чизиқлар давом
рамка ҳошиясига чизилиб, белги қўйилади. Сўнгра мензула
 B нуқтага кўчирилиб, b нуқта B га марказлаштирилади. Йўнилан
қирра ва чизиқ бўйича қўйилиб, планшет бурилади-да, кип-
регель A даги вехага қаратилади, бунда мензула ва чизиқ бўйи-
ча ориентирланган бўлади. Кейин йўнилан қирра b га қўйилади
ва C га қаралиб йўнилан қиррадан чизилади; бу чизиқнинг ас
чизиқ билан кесилиш 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 нуқ-
тада тўғри кестирмадагидек ишланади. Кейин асбобни C га ўрпа-
тиб, чамалаб марказланади-да, ca бўйича ориентирланади. Йўни-
лан қиррани b га қўйиб, жойдаги B га қараб чизилган чизиқнинг
ас билан кесилиш нуқтаси c бўлади. Кейин шу c нуқта C га
марказлаштирилади.

Геометрик тўр. Агар съёмка қилинадиган жойда тригоно-
метрик пунктлар бўлмаса, таянч пунктлар геометрик тўр ясаш
йўли билан ҳосил қилинади. Жойда икки пункт бўлса, улар гео-
метрик тўр ясашга асос (базис) бўлади. Ҳеч қандай пункт бўлма-
са, тўр мустақил ҳолда ўлчанган базис асосида ясалади. Бунинг
учун съёмка қилинадиган жой ўртасидан текис жойда базис чизи-
ғи 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 съёмка қилиш қулай бўлишини мўлжаллаб ва бир-биридан узоқлиги базис узунлигига тенгроқ қилиб бир неча нуқта олинади; уларни номерлаб, қозиқ қоқилади ва вежа ўрнатади. 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 саноклари 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 санок олинади. 1—3, 1—4, 2—3 ва 2—4 чизиқларнинг кесилишувидан 3 ва 4 нуқталар проекцияси ҳисоб бўлади. Кейин 3 ва 4 да туриб ҳам доиранинг икки туришида саноклар олинади ва махсус жадвал тўлдирилади. Қиялик бурчаги (X. 41) формула ёрдамида ҳисобланади. d нинг қиймати пелендан масштаб бўйича олинади, h нинг қиймати асбоб баландлигига қаралса (XV. 32) формула ёрдамида, рейка баландлиги v га қаралганда эса (XV. 30) формула ёрдамида ҳисобланади.

Съёмкада КБ- 1, КА- 2, КН каби автомат кнпрегеллар ишлатилса, R , L саноклари бўлмайди, ёлғиз d ва h қийматлари бўлади.

Станциялар отметкасини ҳисоблаш. Станциялардан рейка нуқталар съёмка қилинганидан рельеф нуқталар отметкаси станция отметкаси бўйича ҳисобланади. Шунга кўра аввал.

станция нуқталарнинг стметкалари ҳисобланади. Бунинг учун таянч нуқталар бўйича ёниқ полигон ясалади. Масалан, масола $1-3-2-1$ ва $1-2-4-1$ каби икки мустақил учбурчаклик олиш мумкин. Бу учбурчаклик учларининг тўғри ва тескари нисбий баландликлари ва уларнинг арифметик ўртаси h_0 топилиб, улар қуйидагича тенгланади. Ёниқ полигонда $\Sigma h_0 = 0$ бўлиши керак; $\Sigma h_0 = f_{h_0}$ бўлса, f_{h_0} — амалий боғланмаслик хатоси бўлади. Йўл 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 сон. $f_{h_0} \leq f_{h_0}$ бўлиши керак. Шарт сажарилса, f_{h_0} томси узунликларига пропорционал бўлиниб, тузатмалар топилади. Кейин тузатмалар орқали тузатилган нисбий баландликлар ҳисобланади. Сўнгга бош нуқтанинг берилган отметкаси бўйича 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 рельефни съёмка қилиш. Жой ситуации 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 $1-2$ чизик бўйича 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 тўла 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 бўйича чизиб унга ўлчанган қиймати масштаб бўйича 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

$$H_p = H_{ст} + h_p. \quad (\text{XVI. 4})$$

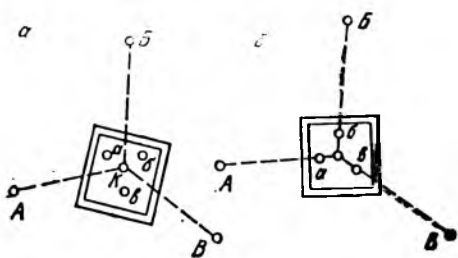
Рейка нуқталари номери ва отметкалари нуқта ёнига ёзиб қўйилади. Ситуация нуқталари жойнинг тузилишига қараб тугаштирилса, жойнинг тафсилоти тасвирланади. Рельеф нуқталари отметкасини интерполяция қилиш йўли билан жойнинг рельефи тасвирланади.

Биринчи станцияда съёмка тугагач, кейинги (масалан, 3) нуқтага кўчилади. Биринчи станциядаги жой тасвири тоза туриши учун бир варақ оқ қоғоз рубашка тагига киритиб қўйилади. 3 нуқта устидаги рубашкадан маълум қисми йиртиб олиниб, съёмка юқоридакideк давом эттирилади. Шу тартибда ҳамма таянч ва ўтиш нуқталарида туриб съёмка қилингач, жой пани асосий қоғозда тўла тасвирланади. Шу билан съёмка иши тугайди. Уйда контур чизиқлари қора тушда, горизонталлар жигар ранг бўёққа, сув ўринлари ҳимо 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 бўладими, бу нуқталар *ўтиш нуқталари* дейилади. Ўтиш нуқтаси асосий таянч нуқталар оралигида 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 бўйича топилади.

Потенот масаласи. Жойдаги уч нуқта ва уларнинг планшетдаги проекцияси орқали тўртинчи нуқтада туриб, шу нуқтанинг проекциясини аниқлаш *Потенот масаласи* дейилади. Уч нуқта координаталари бўйича тўртинчи нуқта координатасини топиш *масалани аналитик ечиш* дейилади. Уч нуқта проекцияси бўйича тўртинчи нуқта проекциясини планшетда аниқлаш *график ечиш* дейилади. График ечиш усули бир неча хил бўлиб, булардан энг қулай ва осони А. П. Болотов усулидир.

Болотов усули. Жойдаги *A*, *B* ва *B* нуқталар (XVI. 13-шакл) ва уларнинг проекциялари *a*, *b*, *b* орқали тўртинчи нуқта *D* нинг проекцияси *k* ни аниқлаш учун мензула *D* га ўрнатилиб, фақат горизонтал ҳолатга келтирилади. Планшет устига восковка қоғози кнопкалар ёрдамида маҳкамланади. Восковкада ихтиёрий *k* нуқта белгилаб, кейин кипрегелнинг йўнилган қирраси *k* га қўйилади-да, жойдаги *A*, *B* ва *B* нуқталарга қараб чизиқлар чизилади. Сўнгра кнопкаларни олиб, восковкада *k* дан чизилган учта чизиқ, *a*, *b* ва *b* дан ўтгунча восковка планшет устида сурилади. Учта чизиқ уч нуқтадан ўтганда *k* нуқта жойдаги *D* нуқтанинг проекцияси бўлади, бу нуқта игна билан асосий қоғозга туширилади.



XVI. 13- шакл.

Ўтини нуқтаси жойига қараб бир неча бўлиши мумкин. Шу ўтин 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 тайинч нуқталар ва рельефининг характерли нуқталарининг отметкалари кўчирилади ва у *баландлик калькаси* дейилади. Тайинч нуқталарининг номер ва отметкалари қолдирилиб, рейка нуқталарининг номери, отметкаси ўчирилади. Кейин тайёр план планшетдан кўчириб олинади. План нусха кўчириш йўли билан кўнайтирилади.

Мензула съёмкасининг афзаллиги. План далада съёмка вақтида чизилади, ситуация ва рельефини тасвирлашда хато бўлмайди, иш кам вақт талаб қилади, лекин мензула бўлакларини кўп ва қўпол бўлганидан далада олиб юриши қийинчилик туғдиради. Бошқа съёмкада турли масштабда бир неча оригинал план чизини мумкин бўлгани ҳолда, мензула съёмкасида бир масштабда ёлғиз битта оригинал план чизилади. Агар керак бўлса, план нусхаси турли усуллар билан кўчириладикки, бу хатосиз бўлмайди. Булар мензула съёмкасининг камчилиги ҳисобланади.

XVI. 5. Чамалаб ўлчаш съёмкаси ҳақида тушунча

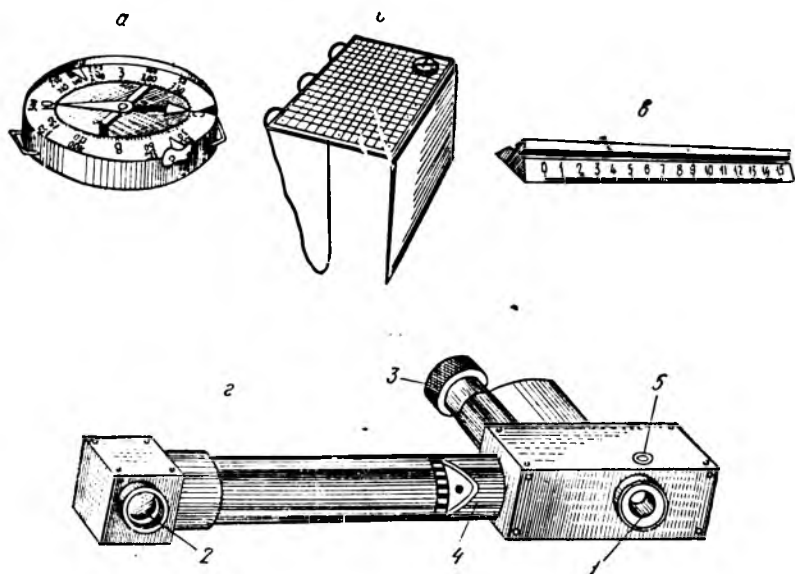
Жой-планини кам аниқликда бўлса ҳам тез чизини керак бўлганда чамалаб съёмкасида фойдаланилади. Бунда ситуация ва рельеф ўринлари тахминий бўлса ҳам, шартли белгилар ёрдамида тўла ва равишан тасвирланиши керак. Бу съёмка қурилиш, қидириш ва ҳарбий ишларда кенг қўлланилади. Съёмка маълум майдонда бажарилса — *майдон съёмкаси*, йўл, канал каби чизилган 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 *а* ўрнатилган папка-планшет *б* ҳамда визирли чизғич *в* билан олиб борилади. Бу съёмкада ҳам жойда ёпиқ ёки очик полигон олиб, унинг томон узунлиги қўл дальномери билан ёки қадамлаб ўлчанади. Томонлар икки ёнидаги тафсилот ва рельеф нуқталарининг ўрни томонга нисбатан кўзда чамалаб аниқланади. Томонлар орасидаги бурчаклар қиймати ўлчамай, 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 топиши 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-



ХҲІ. 14- шакл. Чамалаб ўлчаш сўмкасининг жиҳозлари:

а — қомпас, б — планшет, в — визир чизғич; 2 — 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 сўмкада қўл дальномери ҳам ишлатилади. Қўл дальномери (ХҲІ. 14- шакл, 2) рейкаси ишлайди, шаклда ДСП дальномери кўрсатилган. Жойдаги нарсаларга 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 сўмкалари бир хил олиб борилади. Рельеф нуқталарининг баландлиги ҳам чамалаб аниқланади. Баъзан аниқлигини ошириш учун ишончли баландлик нишаб ўлчагич ёки эклиметр ишлатиб аниқланади.

Чамалаш сўмкеси кўпроқ майда (1:10 000) масштабда олиб борилади. План қора қалам билан қўлда чизилади. Қидирув ишларида чамалаш сўмкеси барометрик нивелирлаш билан қўшиб олиб борилади.

ХҲІ БОБ. ФОТОТОПОГРАФИК СЎМКА ҲАҚИДА ТУШУНЧА

ХҲІ. 1. Умумий маълумот

Катта жойларнинг план ва картасини тузишда (чизишда) мензулавий сўмка ўрнига аэрофотосўмка ишлатила бошланди. Бунда сўмка 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 сурат ерда туриб олинса, ер *фототопографик* (*фототеодолит*) съёмка деб, самолётдан туриб олинса, *аэрофототопографик* съёмка деб аталади. Бу съёмка контурый съёмка, комбинациялаштирилган аэросъёмка стереофотограмметрик съёмкага бўлинади.

Контурый 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.

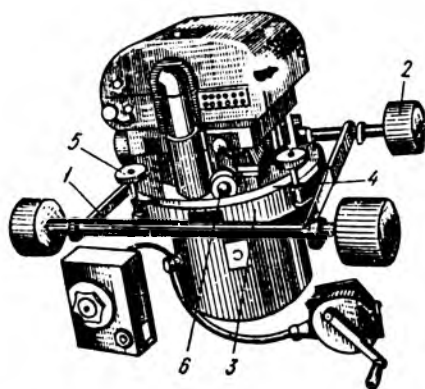
Комбинациялаштирилган съёмка, асосан, рельефи кескин бўлмаган текис жойларда олиб борилади.

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.

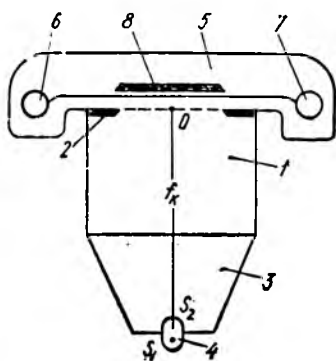
XVII. 2. Аэрофототопографик съёмка

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 қоробкали корпус 1 дан (XVI. 2-шакл) тузилган, унинг устида координаталари белгиланган рама 2 ўрнатилган, у сурат олишни аэронегативга автоматик қайд қилиб беради. Корпуснинг қуйи томонига объектив 4 ўрнатилган қонус 3 бирлаштирилган. Кассета 5 га иккита галтак 6, 7 ўрнатилган, буларга махсус механизм ёрдамида аэроплёнка ўралган. Плёнканинг узунлиги 30 дан 60 м гача, эни 19 дан 32 см гача бўлади. Бу билан 18×18 , 23×23 ёки 30×30 см катталикда 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.



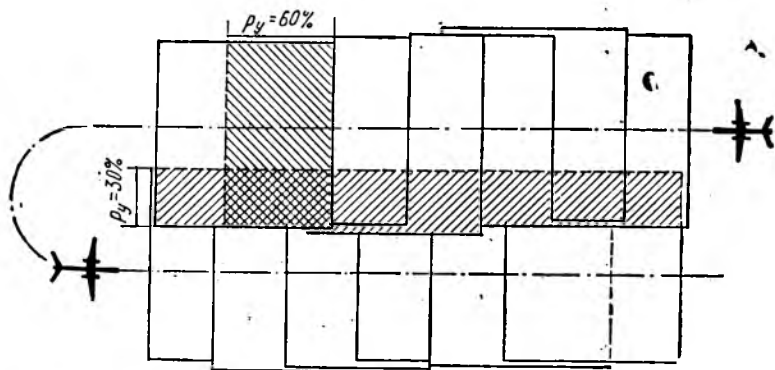
XVII. 1-шакл. Аэрофотоаппаратнинг умумий кўриниши:

1 — рама, 2 — амортизатор, 3 — 4 — қордан ҳалқа, 5 — кўтаргич винт, 6 — ролик.



XVII. 2-шакл. Аэрофотоаппаратнинг схемаси:

1 — корпус, 2 — қўйма рама, 3 — қонус, 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 паний ва перспектив турларга бўлинади. Агар ўқ OS_2 вертикал турса ёки ундан 3° гача оғса, сурат паний, 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 — ўрта ва 1:40 000 дан кичик бўлса, майда масштаби бўлади. Аэросъёмка масштаби майда, у орқали чизиладиган карта масштаби йирик, яъни $\frac{m}{M} = K > 1$

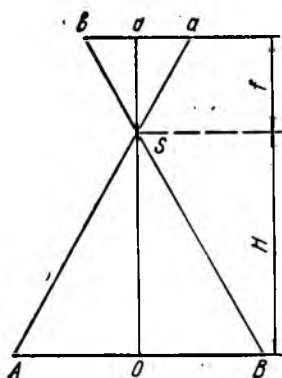
бўлади; бу ерда m — аэросъёмка масштабининг маҳражи, M — карта масштабининг маҳражи, K — трансформлаш коэффициентини ёки фототасвирни катталаштириш коэффициенти.

Паний аэросъёмкада самолёт картада белгиланган бир йўналиш бўйича бир хил H баландликда учиб боришида съёмкачи интервалометрнинг маълум белгига қўйиб қўяди ва ўзи бир хил муддатда ер юзасини суратга олиб боради. Учин вақтда радиовисотометр, статоскоп ва горизонт чизиғини 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. Учин маршрути бўйича қўшни суратлар бир-бирини 55 — 60% қоплаши керакки, бу *бўйлама қоплаш* дейилади (XVII.3-шакл). Самолёт маршрути охиригача съёмка қилиб бериб, кейин ерқага қайтиб, илгариги йўлга параллел учиб съёмка қилади. Бунда аэросурат бўйлама қоплаш билан бирга энига (қўнда-лашга) ҳам 20 — 40% қўшни суратини қоплаши керакки, бу *қўндалаш* қоплаш дейилади.

Съёмка тугагач, сурат олинган кассеталар дала лабораториясида махсус жиҳозлар ёрдамида ишланиб, очилтирилади ва мустақкамланади. Ҳар қайси аэронегативга номер, шифр, жойнинг номи ва съёмка вақти ёзилади. Кейин аэронегативлардан кўчирма асбобларда аэросурат кўчирилади, бу *контакт тамга (нسخа)* дейилади. Контакт тамгаларини текис жойга бир-бирини қоплайдиган қилиб, тартиб билан қўйиш орқали уларнинг тўғрилигига ишонгач, шу туришда тахтага кнопкалар билан мақкамланади, бу процесс *накидной монтаж* дейилади. Сўнгга у шу туришда суратга олинади. Олинган суратнинг қоғозга 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 чизик унга параллел бўлган текисликда ab билан тасвирланса (XVII. 4- шакл), $\frac{ab}{AB} = \frac{f}{L}$ аэросурат масштаби бўлади. Saz ва SAB

учбурчакликлар ўхшаш бўлгани учун $\frac{ab}{AB} = \frac{f}{H}$ бўлади. Агар $H:f = m$ десак,

$$\frac{f}{H} = \frac{1}{m} \quad (XVII. 1)$$

бўладикки, бу плийй аэросуратнинг соний масштаби дейилади; бу ерда m — масштаб махражи; f — аппаратнинг фокус масофаси, H — самолётнинг учини баландлиги. Плийй аэросуратнинг ҳамма ерда 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 чизикнинг аэросуратдаги кесма узунлиги d га тўғри келган узунлиги D масштаб махражи орқали қуйидагича бўлади: $D = md$; масштаб 1:15000, $f = 25$ мм бўлса, $D = 1500 \cdot 25 = 375,00$ м бўлади.

Агар фотокаме анинг оптик ўқи аэросурат текислигига перпендикуляр бўлмаса, олма (қия) аэросурат ҳосил бўладикки, бунда аэросурат масштаби турли жойида турлича бўлади. Бундай вақтда. кўпинча, ўрлага масштаб қабул қилинади.

Самолётнинг ердан бир хил баландликда учиб, съёмка қилиши аэросурат масштабини ўзгартирмайди. Шунга кўра, учини баландлигини бир хилда сақлаш учун самолётга радиовисотомер, статоскоп каби жиҳозлар ўрнатилади.

Радиовисотомер. Бу — самолётнинг учини баландлигини радиотўлқинининг 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. ЦНИИГАйК ишлаган РВТД шифрли радиовисотомер баландликни 2 — 3 м гача аниқлик билан ўлчайди.

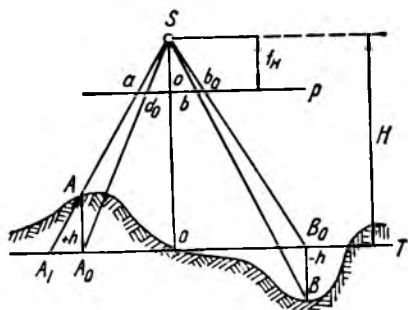
Статоскоп. Бу Д. Н. Менделеевнинг дифференциал барометри асосида ишланган суюқликли асбоб бўлиб, аэрофотосъёмкада қўлланилади. Басим ўзгариши билан баландликнинг ўзгариши ΔH ни статиграмма дейиладиган диаграммада 1,5 м аниқлик билан қайд қилиб боради.

Аэро радиосивелирлаш. Ер юзидagi нуқталар баландлигини радиовисотомер ва статоскоп орқали аниқлаш *аэроивелирлаш* дейилади.

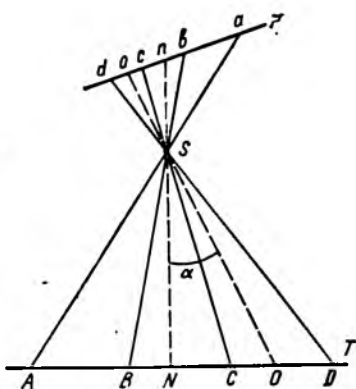
Аэросуратнинг бузилиши. Съёмка қилинадиган жойнинг баландлиги, аэросуратнинг оптик ўқини ва самолётнинг турли баландликда учини орқали аэросуратдаги нуқта проекциялари ўз ўриндан сўлжиб, проекция ўзгарган ҳолда тасвирланади. Бунда рельеф таъсири кўпроқ бўлади. Масалан, XVII.5- шаклда турли баландликда A ва B нуқталар берилган. O дан ўтган T текисликка нисбатан A юқорида, B пастда. Буларнинг P текисликлари проекциялари a вертикал чизикдаги O дан ташқи томонга, b эса O га нисбатан ички томонга сўлжиган. Силжнш $\delta_{rh} = aa'$ бўлади. Бу a нинг OS дан узоқлигини r ($r = oo$).

A нуқтанинг T текисликлдан баландлигини h ва учини баландлигини H билан белгиласак, қуйидагини ёзамиз: $\delta_{rh} = \frac{rh}{H}$. A да $+h$ мусбат, B да эса $-h$ манфий бўлади.

Аэросуратнинг аппарат оптик ўқиға нисбатан қия турини ҳам силжнш тугдиради. XVII.6- шаклда T текисликда барабар масофада A , B , C га D нуқталар олиб, уларни S орқали ўтган нуқтар билан қия текислик P га проекцияласак, a , b , c ва d нуқталар топиладикки, булар оралиғи тенг бўлмайди. Аппарат оптиканий ўқи OSo вертикал чизик ASn билан α бурчак ҳосил қилади. Кесма $ab \neq bc \neq cd$ бўлганидан, бу проекцияларда силжнш ҳосил бўлади.



XVII. 5- шакл.

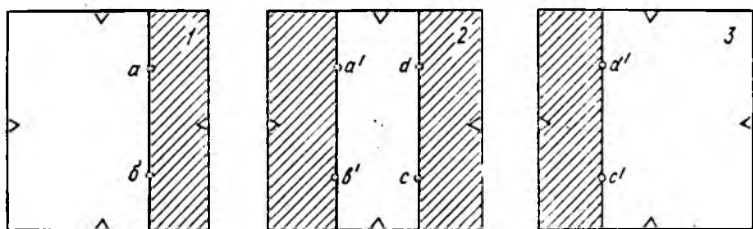


XVII. 6- шакл.

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 *кўп маршрутли* фотосхемага бўлиниди. Фотосхеманинг аниқлиги фотопландан кичик бўлиб, дешифрланган ва комбинацияланган аэросъёмкада рельефни тасвирлашда, инженерлик ишларини рекогносцировка қилишда ишлатилади.

Фотосхема тайёрлашда (монтаж қилишда) аэросуратни индивидуал ёки қўшма кесини усули қўлланилади. Бир маршрутли фотосхемада бўйлама қопландаги қўшни аэросуратлар (1, 2, 3, ...) ўртасидан бир хил жуфт a, b ва a', b' ,

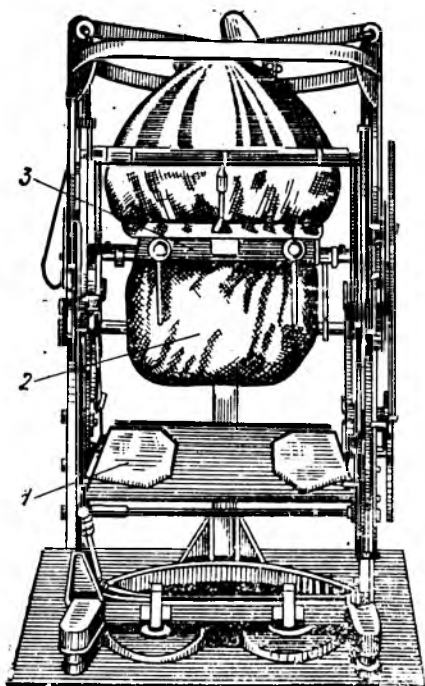


XVII. 7- шакл.

c, d ва c', d' нуқталар олиниб, улар диаметри 5 мм ли доирачалар билан белгиланади (XVII.7-шакл). Бир хил нуқталарнинг устма-уст тутиши игна қидиб текширилади. Кейин белгиланган нуқталарга (a ва b, c' ва d') металл чизмач қўйилиб, аэросурат скапель (ўткир пичоқ) билан қирқилади. a, b га a', b' , c га c', d' устма-уст қўйилади. Бунда фотосуратлардаги ситуациялар (йўл, дарё ва бошқалар) бир-бирининг лавами бўлиши керак. Улар шу туришда суратга олиндики, у *фотосхема* бўлади.

XVII. 4. Фотопланлар

Жойнинг трансформацияланган аэросуратларидан тайёрланган бир масштабли *фотографик тасвири фотоплан* дейилади. Марказий проекциялашда жойнинг қиялиги перспектив ҳолда бузилиб,



XVII. 8- шакл.

таъсирланган фотосуратларни бир масштабдаги горизонтал аэросурат ҳолига келтириш *трансформациялаш* дейилади. Трансформациялаш иши махсус фототрансформатор /ФТБ/ номли асбоб /XVII.8-шакл/ ёрдамида бажарилади. Фототрансформатор фотокаталагич каби ишланган бўлиб, махсус масштабни ва перспективани универсаллар билан таъминланадиги, бу механизмлар таъсирни ҳар томонлама яхшилаб беради. Баъзан оптик-график трансформациялаш ҳам қўлланилади, бунда фототаъсирсиз план олинади.

Кейинги йилларда жой рельефини тўлиқ таъсирлайдиган трансформациялашни дифференциаллаш усули, баъзан, фотосуратнинг бир неча нуқталарининг координатларининг 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 пламий ўрнини аниқлашда фототриангуляция усули қўлланилади. Бунда нуқтанинг икки координатаси аниқланса—*планий*, уч координатаси аниқланса—*фазовий* дейилади.

Фотоплан мойтажи. 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 олинishi керак.

XVII. 5. Аэросуратни дешифрлаш

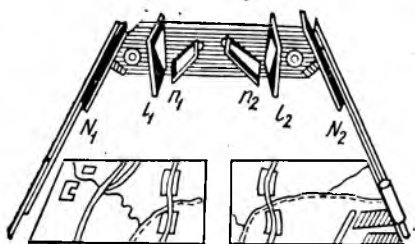
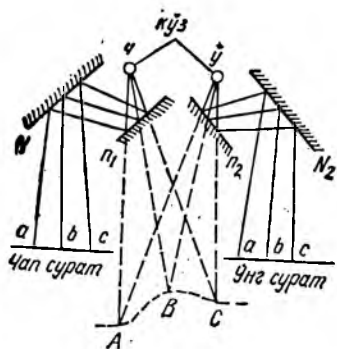
Аэросуратга туширилган жойдаги ситуация элементларини фотографик тасвирга биноан *аниқлаб чиқиш дешифрлаш* дейилади. Дешифрлаш камерал ва дала ишига бўлинади. Камерал дешифрлашда фотосуратдаги объектнинг ўрни ва сони аниқланади; бунда илгари чизилган топографик карта ва бошқа маълумотлардан фойдаланилади.

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 дешифрлашни бирга бажариладикки, 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. Боғ ва парклар чегараси тўғри, дарахтлари қаторлаб экилган бўлади. Тош йўл жуда ёруғ, темир йўл ялтираб, эгри чизиклар 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 оқishi тезлиги, турар жой нони, 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 қўйиладикки, ўнг кўз ўнг 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, икки кўзга 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 олинадиганда, суратлар бир оз жилдирилиб, улардаги объектлар аниқ бирлаштирилади. Шунда жой рельефи яққол тасвирланадигани, 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

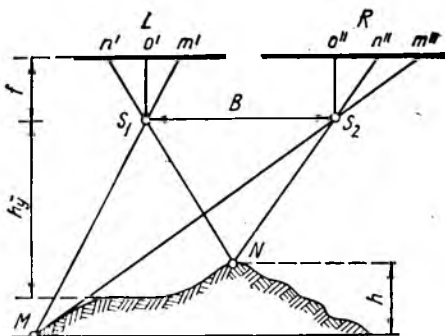
Фотоаппаратнинг ўқи вертикал, объективининг маркази горизонтал вазиятда ҳаракатланганда олинган икки қўшни аэросурат L ва R орқали N нуқтанинг M га нисбатан баландлиги h ни қуйидагича аниқлаш мумкин (XVII. 10-шакл). N нуқтанинг икки аэросуратдаги тасвирини n' ва n'' , M нуқтаникни эса m' ва m'' десак, M ва N нуқталарининг чап L ва ўнг R суратлардаги абсциссаларининг айирмаси M ва N нуқталарининг 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 қуйидагича аниқланади:

$$h = \frac{H}{v} \Delta p, \quad (\text{XVII. 2})$$

бу ерда H — самолётнинг учини баландлиги, v — сурат олишдаги базис узунлигининг масштабда олинган қиймати ($v = \frac{f}{H}$). Δp нинг қиймати махсус стереоскопик асбоблар (паралластик чизғич, стереометр, стереокомпаратор ва бошқалар) ёрдамида аниқланади. Δp нинг қиймати 0,02—0,05 мм аниқлик билан ўлча-
нади. Масалан, $H = 1700$ м, $\angle P = \pm 0,56$ мм, $v = 72$ мм бўлганда, $h = \pm 13,20$ м бўлади.



XVII. 10-шакл.

Горизонтал параллакс қиймати Φ . В. Дробиншев стереометри ёрдамида ўлчади. Аэросуратдаги нуқталар координатаси ва параллаксини аниқ ўлчада стереокомпаратор дейилган махсус асбоб ишлатилади. Аэрофотосъёмка ишларида қўлланиладиган асбоблар ва улар билан ишлаш анча мураккаб бўлиб, асбоблар билан жи-
ҳозланган лабораторияларда олиб борилади. Тошкент аэрогеодезия ташилотти шундай ишлар билан шуғулланади, қурилиш ишларига керакли фотоплан ва карталар ана шу ерда тайёрланади.

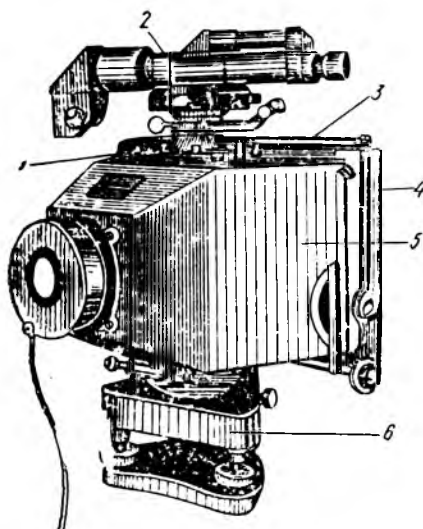
XVII. 8. Карта тайёрлаш усуллари ҳақида тушунча

Аэрофотосъёмка натижалари бўйича жойнинг топографик план ёки картасини чизинида фотограмметрия усулларидан фойдаланилади. Ер юзасидаги объектнинг шакли, ўлчам ва ўзини аэросуратдаги тасвири оқшали аниқлаш *фотограмметрия* деб аталади. Агар объект шакли, ўлчами ва ўрни икки аэросурат тасвири оқшали стереоскопик ҳолда аниқланса, стереофотограмметрия қоидалари асосида аниқланади. Аэросуратлар бўйича топографик карта чизинида дифференциаллаш усули билан универсал усул қўлланилади. Дифференциациялаш усулида карта икки босқичда: бири Φ . В. Дробиншевининг *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. Дробиншевининг стереограф *СТД* асбобида бажарилади, бунда топографик картанинг ситуация ва рельефи тўла тасвирланади. Бу асбоблардаги проекция тўли камера жойининг геометрик моделини ҳосил қилади. Кейин бу оқшали элементлар ўлчаниб, карта чизини 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 — линза, 2 — ориентирлар, 3 — ориентирлар ҳосил қилиш, 4 — Қўйма қисми, 5 — камера корпуси, 6 — брейер (стиллик)

бўлиши 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 О Б. ҚУРИЛИШДА ИНЖЕНЕРЛИК-ГЕОДЕЗИК ИШЛАР ТУРИ ВА УНИ БАЖАРИШ

ХVIII. 1. Умумий маълумот

Ҳар қандай иншоотни қуришдан олдин иншоот қуриш мўлжалланган жойда қилирув, кейин топографик съёмка ишлари олиб борилади. Съёмка натижалари бўйича 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 кўра қурилишда олиб бориладиган геодезик ишларни мундарижасига қараб беш даврга бўлиш мумкин: а) инженерлик — қилирув ва съёмка ишлари, б) иншоотни лойиҳалаш, в) лойиҳани жойга кўчириш (режалаш), г) қурилиш ишлари, д) фойдаланиш давридаги деформация (ўзгариш) ни текшириш.

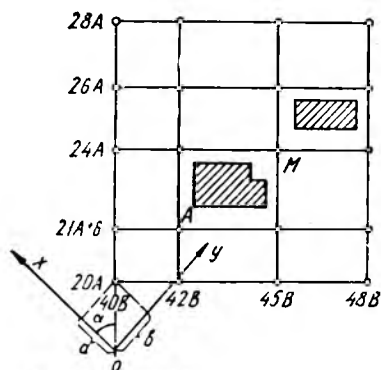
Қидириш ишлари иқтисодий ва техникавий ишларга бўлинади. Иқтисодий қидириш ишларида иншоот учун керакли материаллар шу райондан топилиши аниқланади, иншоот кам харажат билан пухта ва тез битишига эътибор берилади. Техникавий қидиришда иншоот қуришга мўлжалланган жойнинг тупроғи, рельефи, геологик, гидрогеологик ҳолати ва геодезик ишларни ташкил қилишдаги имкониятлар ва бошқа техникавий томонлари қаралади.

Лойиҳада кўрсатилган инженерлик иншоотини қуриладиган жойда шакл ва ўлчами бўйича ўрнини белгилашда бажариладиган геодезик ўлчаш ишлари мажмуи иншоотни режалаш дейилади. Режалаш ланний ва баландлик бўйича бўлади. Ланий режалашда иншоотнинг ўрни горизонтал текисликда белгиланади; баландлик бўйича режалашда эса лойиҳадаги нуқта ва чизиқларининг вертикал текисликдаги ўрнлари белгиланади. Лойиҳани жойга кўчиришда қуйидаги ҳужжатлардан фойдаланиланиди: 1) жойнинг топографик лани ва иншоотнинг 1 : 5000 — 1 : 500 масштабдаги генерал лани, 2) иншоотнинг бўйлама ва кўндаланг профиллари, 3) иншоот лойиҳаланган жойнинг вертикал ҳолатини тасвирловчи вертикал — ланировка (вертикал лойиҳалаш) лани, 4) қурилишдаги геодезик таянч пунктлар ведомости ва уларнинг ўрнини схемаси, 5) 1 : 500 — 1 : 1000 масштабдаги иш чизмалари. Булардан ташқари, ишга чиқини олдиндан ҳар қайси иш моҳияти ва ишлаш усулини акс эттирувчи режалаш чизмаси ҳам бўлиши керак.

XVIII. 2. Иншоотни режалашда асос пунктлар, қурилиш тўри

Иншоотни режалашдан олдин унинг шакли, ўлчамига қараб жойда ланий таянч тўр (тармоқ) белгиланадики, улар иншоотни режалашда, унинг асосий нуқталарининг ўрнини осон ва аниқ белгилашга имкон беради. Ланий таянч тармоқ пунктига давлат геодезик тармоқ пунктлари, қидириш ишларида ўриятилган 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 очиқ ёпиқ полигон учлари ҳам қабул қилинади. Баландлик таянч пунктлари қилиб, давлат геодезик тармоқларига асосан ўриятилган репер ва маркалар олинади. Режалаш ишлари таянч пунктларга асосланиб олинган бўйлама ва кўндаланг ўқ чизиқларга нисбатан олиб борилади.

Қурилиш тўри. Бу квадрат ёпиқ тўрни тўртбурчакликлар (катаклар) системасидан иберат бўлиб, мустаҳкам ўриятилган бурчак учларининг ланий ва баландлик бўйича ўрнлари 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, буида иншоот ва унинг айрим қисмлари бутун қурилиш майдонида бир хил аниқликда режалана-



XVIII. 1 - шакл.

ди, иншоот керакли нуқталарининг координатлари бўйича нуқталар ўрнини топиш енгиллашади.

Қурилиш тўрини ясашда қуйидагиларни эътиборга олиш керак: 1) қурилиш тўрининг томонлари бино ва иншоот ўқ чизиқлари йўналишига параллел бўлиши керак; 2) тўр учларининг координатлари манфий бўлмаслиги учун координата боши қурилиш майдонининг жануби-ғарб бурчагидан белгиланиши зарур; 3) режалаш аниқлигини ошириш учун қурилиш тўрининг нуқталари режаланадиган объектга яқин бўлиши керак; 4) қу-

рилиш тўри планий ва баландлик бўйича генерал планга боғланган бўлиши лозим. Бунинг учун тўр лойиҳасини генерал планга чиқарилади, буида доимий сақланиши таъминланган нуқталарга эътибор берилади; 5) тўр нуқталарининг планий бир-бирига нисбатан ўрнашмишидаги хато 2 см дан, баландлигидаги хато 3 мм дан ошмаслиги лозим.

Қурилиш тўри қуйидаги тартибда ясалади: а) қурилиш тўрининг лойиҳаси тузилади; б) қурилиш тўри жойда тахминий режаланади, нуқталар маҳкамланади; майдон катта бўлганда томон узунлиги 400×400 м, бешқа ҳолларда 200×200 бўлади; в) бурчак ва томонлар талаб қилинган аниқлик билан ўлчанади; г) бурчак учларининг координатлари ҳисобланади; д) тўр нуқталари редукцияланади, кейин доимий қилиб мустаҳкамланади; е) тўр нуқталарининг марказий координатлари аниқланади; ж) ҳамма нуқтада бурчаклар қайтадан ўлчанади.

Генерал план лойиҳасига кўра нуқта координатлари абсиссалар 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 тўрининг ўқлари бино, иншоот йўли каби қурилиш ўқларига параллел қилиб ўтказилганда бу шартли ўқлар давлат геодезик таянч нуқталари координата ўқларининг йўналиши билан (OX ва OY) бир чизиқда ётмай, α бурчак ҳосил қилини мумкин (XVIII. 1 - шакл). Бундай вақтда бир координаталар системасидан иккинчи координаталар системасига ўтиш керак бўлади. Масалан, бирор нуқтанинг қурилиш тўри системасидаги шартли координаталари x, y , геодезик асос системасидаги координатлари x', y' бўлса, бу координаталар орасидаги боғланиш қуйидагича ифодаланади:

$$x = a + x' \cos \alpha - y' \sin \alpha; \quad y = b + x' \sin \alpha + y' \cos \alpha \quad (\text{XVIII. 1})$$

$$x' = (x - a) \cos \alpha + (y - b) \sin \alpha ; y' = -(x - a) \sin \alpha + (y - b) \cos \alpha, \quad (\text{XVIII. 2})$$

бунда a, b — геодезик асос координаталар системасига нисбатан қурилиш тўри бош нуқтасининг координаталари, α — қурилиш тўри абсциссасининг дирекцион бурчаги. Масалан, қурилиш тўрининг ўқ чизиги (x) жой шаронтига қараб, бошқа йўналишда жойлашиб, геодезик координата ўқи x билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилади, дейлик. Қурилиш тўри бош нуқтасининг геодезик системасидаги координаталари $a = 50,00$ м, $b = 60,00$ м; A нуқтанинг қурилиш тўри 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 тўри системасидаги координатани аниқлаш керак бўлса, юқоридагидек (XVIII.2) формула бўйича ишланади.

XVIII. 3. Режалаш аниқлиги

Иншоотни режалашда қуйидаги иштар 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 хатони Δl десак, у қуйидагача бўлади: $\Delta l = \kappa M$; бу ерда κ — график аниқлик бўлиб, кўз билан баҳолашдаги хато, қиймати $\kappa = 0,2$ мм; M — сений масштаб махражи. Масштаб $1 : 1000$ бўлганда $M = 1000$, шунга кўра $\Delta l = 200 \text{ мм} = 20 \text{ см}$. 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-

лиқ 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 оралиги, 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 пландан циркуль, транспортир ва масштаб линейкаси ёрдамида олинади ёки чизик учлари координаталари бўйича ҳисоблаб топилади. Чизик дирекцион бурчаги транспортир билан ўлчаганида ёки координаталар бўйича тескари геоэзик масала қилиб ечиб топилади. Нуқта координаталарини тўр темпларига нисбатан ўлчаб аниқлаш ҳам мумкин.

Аналитик усул аниқ бўлиб, нуқта ёкки координата ўқига нисбатан ҳисоблаб топилади. Бунда координата, қутб ва кестирма усуллари қўлланилиши мумкин. Бу усулда иш кўпроқ қурилиш тўрига асосланиб олиб борилади.

Комбинацияланган усул билан иншоотни режалашда аналитик ва график усуллардан фойдаланилади. Бу графоаналитик усул деинлиб, ишнинг қулай бўлишига қараб жойда иккала усулдан фойдаланилади. Умуман режалаш чизмаси генерал планин аналитик ифодадан иборат бўлиб, бунда иншоот муҳим нуқталарининг координаталари, отметкалари, чизик ва бурчакларини ясаш учун керакли маълумотлар тўла кўрсатилади.

Инженерлик иншоотларини таянч пунктларга бўғлаш схемаси ҳам иш чизмаларидир. Ўқлар чизмасида иншоотнинг ҳамма ўқлари кўрсатилади, ўқлар аҳамиятига қараб, *бош*, *асосий* ва *оралиқ* (ёрдамчи) ўқларга бўлиниди.

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

Планий режалашда ечиладиган масалалар, асосан, қуйидагича бўлиши мумкин: 1) берилган чизикни жойда ясаш; 2) қиймати берилган горизонтал бурчакни жойда ясаш; 3) турли системадаги координаталар бўйича нуқта ўрнини топиш.

Вертикал режалашда ечиладиган масалалар қуйидагича бўлиши мумкин: 1) берилган отметка бўйича нуқта ўрнини белгилаш;

2) жойда маълум иш бдаги чизик ва текисликини ўтказиш; 3) тўсиқ масофадан отметка узатиш; 4) объект баландлигини аниқлаш.

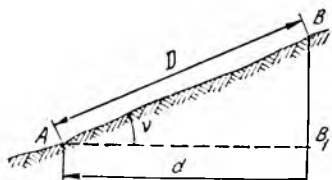
Планий режалаш. Берилган чизикни жойда ўтказиш. Горизонтал қўйилиши маълум d бўлган чизикни A нуқтадан AB йўналиш бўйича ўтказиш керак дейлик. Агар жой юзаси текис ва тахминан горизонтал бўлса, A нуқтадан AB йўналиш бўйича чизик узунлиги d бевосита лента билан ўлчаб қўйилади.

Агар жой қиялик бўлса, аввал чизикнинг горизонтал қўйилиши d бўйича қия чизик узунлиги D топилади. Бунинг учун чизик ўтказиладиган жойнинг қиялик бурчаги γ эклометр ёки вертикал доира билан ўлчанади. Кейин «қияликка тузатма» жадвалидан d ва γ бўйича чизик қиялигига бериладиган тузатма Δd топилади; кейин қия чизик узунлиги D қуйидаги формула ёрдамида топилади:

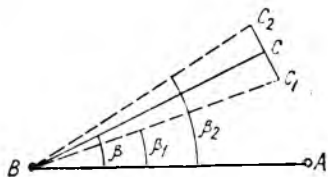
$$D = d + \Delta d \text{ ёки } D = \frac{d}{\cos \gamma} \quad (\text{XVIII.1})$$

Кейин A нуқтадан топилган D қиймати берилган йўналиш бўйича ўлчаб қўйилади (XVIII. 2-шакл).

Жойда берилганча горизонтал бурчак ясаш. B нуқтада BA чизикқа нисбатан β бурчак ясаш учун B нуқтага теодолит ўрнатилади, у иш ҳолатига келтирилгач, DV ҳолатида I верньернинг ноль штрихи лимбнинг ноль штрихиغا тўти-



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; агар бурчак BA га нисбатан ўнг томонда ясалса, I верньер лимбнинг β саногига тўғриланади. Масалан, бурчак чап томонда ясалиб, BC_1 йўналиши, DC да ҳам юқоридагидек ишланиб BC_2 йўналиши 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. Шубурчакни тўғри топиш учун C_1C_2 оралиғининг ярми C нуқта топилади ва C нуқтага қозик қўқиб маҳкамланади. Шунда BC чизикнинг BA билан ҳисл 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 чизик ёрдамида тузатилади, яъни перпендикуляр узунлиги CC_1 қуйидаги формуладан топилиб, кейин ўлчаб қўйилади:

$$CC_1 = \frac{\Delta\beta'' d}{206265''} \quad (\text{XVIII.4})$$

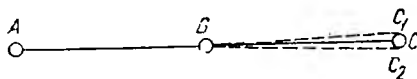
CC_1 қиймати C_1 дан перпендикуляр бўйича ўлчаб қўйилса, топиладиган нуқта C нинг ўрни бўлади.

Бино қуришда бурчак $30 - 60''$ аниқлик билан, инжениерлик нишотлари қуришда эса $5 - 10''$ аниқлик билан ўлчанади. Чизиклар шкалалли лента ёки металл рулетка билан $0,01 - 0,001$ м аниқликда ўлчанади.

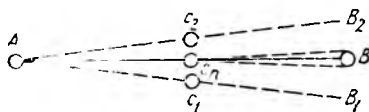
β бурчак ясашда верньер ва лимб нолларини тўғриламай, лимбнинг ихтиёрий туширишда саноқ олиб, β бурчак ясаишни ҳам мумкин.

Чизик йўналишини теодолит ёрдамида давом эттириш. Бунинг учун теодолит AB чизикнинг охириги нуқтаси B га ўрнатилиб, $ДУ$ ҳолатида труба A га қаратилади ва лимб, алидада маҳкамланади. Трубани зенит орқали айланттириб, C_1 веха ўрнатилади. Кейин $ДЧ$ да ҳам аввал A га, кейин трубани зенит орқали айланттириб қараб C_2 веха ўрнатилади. Бунда икки C_1 ва C_2 нуқта ҳосил бўлиши асбоб ва қаратиш хатоларининг таъсиридан келиб чиқади. Тўғри чизик C_1 ва C_2 нуқталар ўртаси C бўлганидан BC чизик AB нинг давомин бўлади (XVIII.4-шакл).

Теодолитни берилган чизик створига ўрнатиш. Бу иш теналпкдан чизик ўтказишдаги каби аста ёиланиш усули билан бажарилади. Масалан, берилган A ва B нуқталарини туташ-



XVIII. 4- шакл.



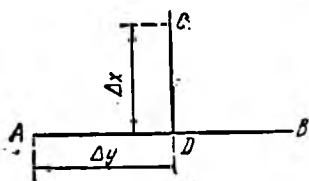
XVIII. 5- шакл.

тирувчи AB чизик 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 айланттирилб 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 айланттириб қаралганда кўриш нури B дан ўтадиган бўлганига такрорланади. Масалан, C_n нуқта охириги топиладиган нуқта бўлсин. Кейин C_n нуқтада туриб $ДУ$ ва $ДЧ$ ҳолатида қараб, теодолитнинг туришининг тўғрилиги аниқланади (XVIII.5-шакл), агар икки қарашда фарқ бўлса, теодолитни бир оз суриб, ўртача турғини қабул қилинади.

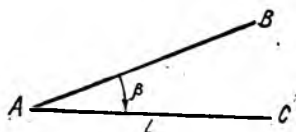
Нукта ўрнини турли координата усуллари билан белгилаш.

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 қўчириладиган нуқта жойда геодезик асос нуқталарини туташтирувчи чизикда ётганда ёки қурилиш тўрининг томонларига яқин жойлашганда бу усул қўлланилади. Масалан, геодезик асос нуқталари A ва B ларни туташтирувчи чизикқа нисбатан лойиҳадаги координаталари x_c , y_c бўлган C нуқта ўрнини аниқлаш учун AB чизик 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.



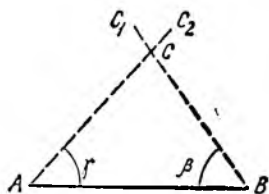
XVIII. 7- шакл.

нуқтадан AB чизикқа чиқарилган перпендикуляр бўйича $\Delta x = x_c - x_a$ қиймати ўлчаб қўйилса, C нуқта топилади. Қурилиш тўрида ҳам шундай ишланади.

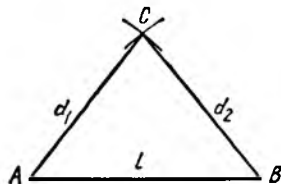
Қутбий усул. Бу энг кўп қўлланиладиган усул бўлиб, айниқса қурилиш майдонида қурилиш тўри бўлмаганда бу усулдан фойдаланиш қулай. Иншоот контури мураккаб ва эгри чизикли бўлганда режалаш иши осон бажарилади. Бу усулнинг моҳияти қуйидагидан иборат. Масалан, AB чизикқа нисбатан қутбий координаталари β ва $AC = l$ бўлган C нуқта ўрнини топиш керак бўлсин (XVIII.7-шакл). Бунинг учун теодолитни A нуқтага ўрнатиб, AB чизикқа нисбатан β бурчак ясади; кейин топишган AC йўналиш бўйича $AC = l$ қиймати ўлчаб қўйилса, C нуқта топилади. Агар AC чизикнинг 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 бурчаклари α_{ab} ва α_{ac} ҳисобланиб, булар орқали β бурчак топилади; кейин юқоридаги каби ишланади.

Қўшқутбий координата усули. Бунда изланган нуқта ўрни бир асос чизикнинг икки учига ясалган бурчаклар томонларини ёки асос чизикнинг икки учидан изланган нуқтагача бўлган масофаларни кесинтириш орқали топилади. Бунда бурчаклар ва томонлар қўшқутбий (биняяр) координаталар бўлади. Бу усул, кўпинча, кестирма усули дейилади. Кестирма усули бурчагий ва чизигий усулларга бўлинади.

Бурчагий кестирма усули. Аниқланадиган нуқта узоқ-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 чизик uzunлиги $d_{ав}$, 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.

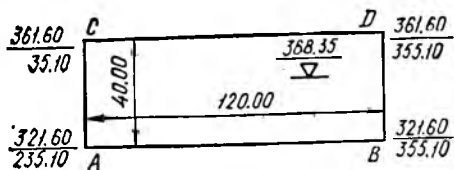
чизиклар дирекцион бурчаклари $\alpha_{ас}, \alpha_{вс}$ ҳисобланади. Кейин γ ва β бурчаклар қиймати қуйидагидан топилади: $\gamma = \alpha_{ав} - \alpha_{ас}$, $\beta = \alpha_{вс} - \alpha_{ба}$. Сўнгра A ва B нуқталарга теодолит ўрнатиб, A да γ бурчак, B да β бурчак ясалса, AC_2 ва BC_1 йўналишлар 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 uzunлигидан 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.

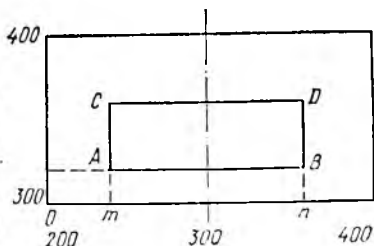
Энди юқоридаги усуллардан фойдаланиб, лойиҳадаги бино ва иншоотни режалаш билан танишамиз.

XVIII.6. Лойиҳани жойга кўчириш

Бино ёки иншоотнинг лойиҳасига кўра унинг шакли, ўлчамлари ва ўрнини жойда белгилаш лойиҳани жойга кўчириш дейилади. Бу иш генерал планга асосан тузилган иш чизмасига биноан бажарилади. Бунда керакли нуқта ва чизик ўринлари юқоридаги усулларнинг бирини ёки, жойга қараб, бир нечасини татбиқ этиш йўли билан топилади. Бъъзан бош чизик 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 отеткасн ҳам кўрсатилади. XVIII.10-шаклдаги лойиҳани қурилиш тўри асосида режалаш XVIII.11-шаклда келтирилган. Бунда қурилиш тўрининг учи



XVIII. 10- шакл.

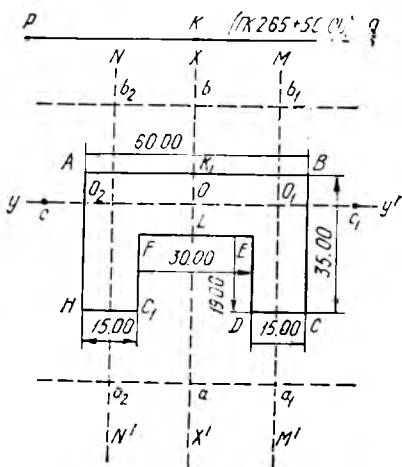


XVIII. 11- шакл.

О нуқтага теодолитни ўрнатиб, труба тўрнинг ординаталар ўқи бўйича йўналтирилади. Кейин О дан О ва А 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 $\Delta x_A = x_A - x_O$ қийматлари ўлчаб қўйилса, А нуқта топилади. В нуқта ўрнини топиш учун О нуқтадан $\Delta y_B = y_B - y_O$ қиймати ўлчаб қўйилса, n топилади; теодолитни n га ўрнатиб, On га перпендикуляр чиқарилади ва унда n нуқтадан $\Delta x_B = x_B - x_O$ ва $\Delta x_B = x_B - x_O$ қийматлари ўлчаб қўйилса, В ва D нуқталар ўрни топилади. Текшириш учун АВ 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 кўча томонга қаратиб қуриладиган биноларни режалашда бинонинг қизил чизиги кўча ўқига ва мавжуд биноларга нисбатан белгиланади. Қизил чизиқ иш чизмада кўрсатилган бўлиши керак. Қизил чизиқ жойда белгилангач, бино шу чизиққа биноан режаланади.

Йўл ва канал каби иншоотлар ёнига станция, бекат ва бошқа бинолар қуришда, кўпинча, бинонинг керакли нуқталарининг координаталари берилмай, балки уларнинг лойиҳалари (плани) берилди. Бундай вақтда бино йўлнинг ўқ чизиги ёки берилган бошқа чизиққа нисбатан режаланади. Масалан, XVIII.12-шаклда кўрсатилган станция биноси темир йўл ўқ чизиги PQ нинг ПК 265+50,00 даги К нуқтадан 40,00 м ўнгда режаланиши керак, дейлик. Бунинг учун аввал жой тозаланади, кейин теодолитни К



XVIII. 12- шакл.

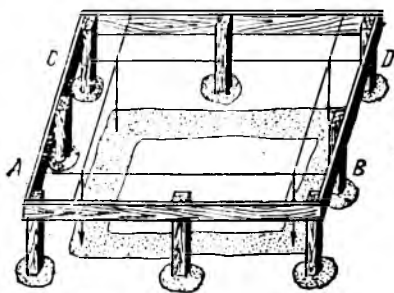
нуқтага ўрнатиб, темир йўлнинг ўқ чизиги PQ га перпендикуляр чиқарилади. Бу чизикни XX' деб олайлик. XX' бўйича K дан 40,00 м ўлчаб қўйсак, K_1 топиладики, бу нуқта бинонинг фасад чизигидаги нуқта бўлади. K_1 дан XX' га чиқарилган перпендикулярнинг икки томонига 30,00 м дан ўлчаб қўйилса, A ва B (фасад чизиги 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 томонига YY' бўйича 22,5 м дан ўлчаб қўйиб, XX' ўққа параллел MM' ва NN' ёрдамчи ўқлар топилади. Бу ўқлар σ , σ_1 ва σ_2 , α , α_1 ва α_2 ҳамда σ , σ_1 қозиқлар билан маҳкамланади. Бинонинг керакли нуқталари шу ўқларга нисбатан топилади ва иш даврида текширилиб борилади.

Бино қуриш учун бино чегаралари белгиланган чизиклар бўйича пойдевор қавлатишни керак. Бунда режаланган бино нуқталарини доимий сақлаб бўлмайди. Лекин нуқталар ўрни бошқа ёрдамчи нуқталар ёрдамида ҳаминша аниқланиши мумкин бўладиган белгилар *иҳота деворларига* чизилган бўлади.

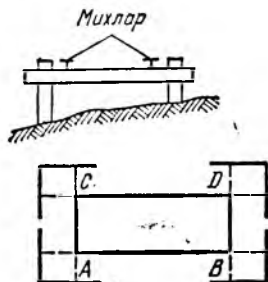
Иҳота девор ўқини белгилаш. Пойдевор котлованининг устки четидан 1—3 м масофада бино деворига параллел қилиб ўрнатишган тахта девор *иҳота* дейилади. Иҳота тахталари 40—50 мм қалинликда, тахта маҳкамланадиган қозиқлар эса 15—20 см йўғонликда бўлади. Қозиқлар оралиғи 1,5—3 м дан, баландлиги эса 0,5—3,0 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 ишшоот атрофини яхлит ўраб олган иҳота девори *узлуksиз иҳота* дейилади (XVIII. 13-шакл). Агар иҳота ёлғиз бино бурчакларига ва чегара чизикнинг айрим жойларига ўрнатишса, (XVIII. 14-шакл) *якка иҳота* ёки *скамейка* дейилади.

Ишшоот бош чизикларининг ўтиш ўринлари теодолит билан аниқланиб, иҳота тахтасининг устига миҳ қоқиб белгиланади. Ўқлар ўрни иҳота тахтасининг ички томонига вертикал чизик



XVIII. 13- шакл.



XVIII. 14- шакл.

билан ҳам белгиланадиги, булар жойдаги бино бурчакларини аниқловчи нуқталар йўқолган тақдирда уларни қайта тиклашга ёрдам беради. Бунда ихота тахталаридаги михлар орасига ип ёки сим тортилади; симлар кесишган нуқталарнинг проекциялари шовун ёрдамида жойга туширилади.

Ихота тахтасида бош ўқлар белгилангандан кейин, шовун ва рулетка ёрдамида оралик ўқлар ва бошқа керакли нуқталар ўрни бош ўқларга нисбатан аниқланади. Узлуксиз ихотада режалаш скамейкага қараганда аниқроқ бўлади.

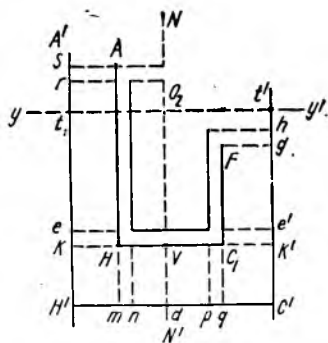
Ихотани асосий ўқлар билан яхшироқ боғлаш учун ўқий чизик ва ихота бир вақтда режаланиши маъқул. XVIII. 15-шаклда мисол тариқасида XVIII.12-шаклда келтирилган бинонинг чан қаноти атрофида ихота ўрнатиш ва унга нисбатан бинони режалаш йўллари кўрсатилган.

Ихота ўрнатиш учун теодолит O_2 нуқтага ўрнатилиб, у O_2N' бўйича йўналтирилади; сўнгра лойиҳадаги O_2v деворига ихотанинг девордан бўлган узюқлиги ed ни қўшиб, O_2d қиймати O_2 дан ўлчаб қўйилади. Шунда $N'N'$ ўқ чизигининг $H'C'$ ихота билан кесишган нуқтаси d топилади; бу нуқтанинг ўрни ихота тахтасига мих қоқиб белгиланади. Сўнгри теодолитни O_2n ўқи бўйича йўналтириб, юқоридагидек O_2l масофа ўлчаб қўйилади ва nn' ўқининг ихота билан кесишув нуқтаси l топилади. Унинг ўрни ҳам ихота тахтасига мих қоқиб белгиланади. Сўнгра d ва l бўйича деворларининг ташқи ва ички томонларини белгилловчи чизиклар ўтадиган нуқталар ихотага кўчирилади ва ўрни мих қоқиб белгиланади. Мисалан, d дан ички томонга пландаги микдорлар ихота қирраси бўйича ўлчаб қўйилса, m , n , p ва q нуқталар топилади; бу нуқталар ҳам мих қоқиб белгиланади. Бунда бино деворларининг ташқи HA ва ички GF томонини белгилловчи чизик нуқталари топилади. Худди шундай қилиб, l дан пландаги қийматларини ўлчаб қўйиб, 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. Бяъзан, ихота девор ўртасидан ўтган чизиклар ўрни белгиланади ва шу чизикқа нисбатан деворлар ички ва ташқи томонларининг йўналиши аниқланади.

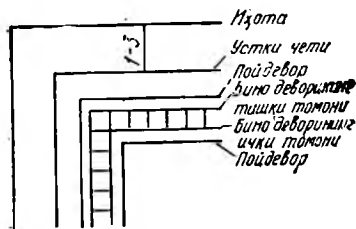
Ихота тахталарида режалаш учун зарур бўлган нуқталар ўрни белгиланиб ва унга керакли маълумотлар ёзилгач, пойдевор ётқизилади. Пойдевор билан котлован чети орасидаги масофа, қўйинча, 0—1 м гача қилиб олинади.

XVIII.16-шаклда ихота пойдевор ва бино деворларининг котлованга нисбатан жойлашуви кўрсатилган.

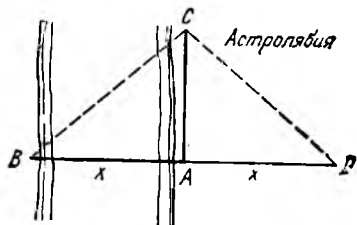
Бевосита ўлчаб бўлмаас масофани аниқлаш. Чизиквий ишшоот қуришда тош ёки темир йўл, жарлик, дарё орқали



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 ўлчанишнинг 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; сўнгга шу белгилар бўйича астролябияни буриб, A ва D га қаралади. CD ва BA йўналишларнинг кесишган D нуқтанинг A дан бўлган узоклиги дарё кенглиги x бўлади ва бу AD масофа ўлчанади.

Лейиҳадаги нуқта ва чизиқни координаталари бўйича жойга кўчириш. Юқорида нуқта ўрнини қурилиш тўрига нисбатан координаталари бўйича ва кестирма усули билан аниқлаш йўллари кўрдик. Жойда қурилиш тўри бўлмаган тақдирда тўртбурчаклик учларининг координаталари бўйича шу нуқталарни топишга доир қўйидаги мисолни кўрайлик.

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 қўйидаги 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 йўналишларининг 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: $\operatorname{tg} \alpha_{NB} = \frac{y_B - y_N}{x_B - x_N}$; 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 топиладиган 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.

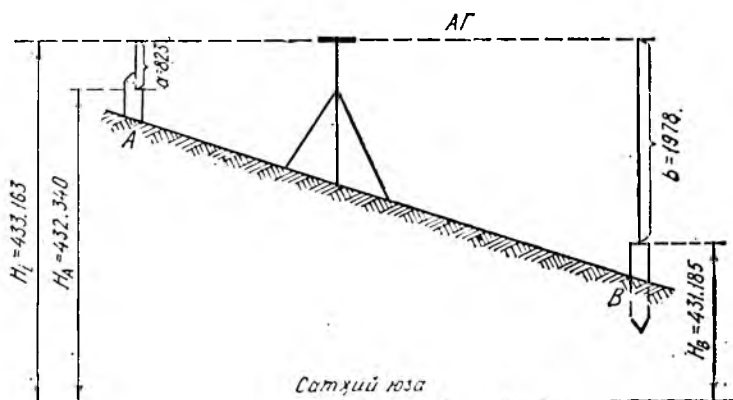
Қурилиш пунктларини реперга боғлаш. Қурилиш майдонларидаги бино ва иншоот асосий нуқталарининг абсолют баландликлари (отметкалари)ни бир системада ифодалаш учун қурилиш майдонида ёрдамчи пункт ва реперлар ўрнатилади ва булар иш реперлари ҳисобланиб, уларнинг отметкалари юқори класс нивелирлаш реперларига 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 тўрнининг учига қозик ёки алоҳида кўмилган рельсларнинг абсолют отметкаси аниқланади, бу нуқталар *иш репери* ўрнида ишлатилади. Кўпинча, боғлаш иши мураккаб нивелирлаш йўли билан бажарилади ва бунда нивелирлаш икки горизонтда ёки икки томонли рейка бўйича олиб борилди. Боғлашда нивелирлаш йўли пикетланмайди, нивелирлашда рейкалар бошимқ ёки кистиль устига қўйилади. Иш бўйлама нивелирлашдаги каби бажарилади ва ҳисобланади. Нивелирлаш асосий репердан бошланиб, ўрнатилган иш реперигача давом этади. Агар боғлаш йўлидаги рейка саноқларини a_i , b_i , нисбий баландликларни h_i , иш репери 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 отметкаи жойга кўчириш ҳоллари

Бу масала таянч нуқта ва аниқланадиган нуқтанинг турли жойга қараб турлича ечилиши мумкин. Масалан, отметкаси $H = 431,185$ м бўлган B нуқтани белгилаш керак бўлсин. Бунинг учун иш репери A ёки квадрат бурчак учу билан B нуқта ора-



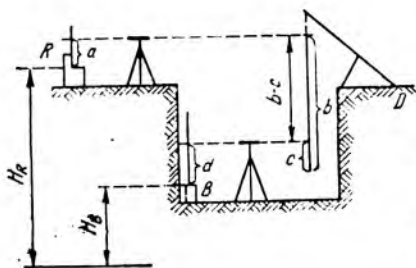
XVIII. 19- шакл.

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 қозик устига қўйилган рейкадан олинган саноқ b қуйидагича бўлиши керак: $b = H_i - H_B = 433,163 - 431,185 = 1978$ мм. Кейин трубаини B нуқтадаги рейкага қаратиб, рейкадан олинган саноқ 1978 мм бўлгунча қозик баландлиги ўзгартирилади, яъни қозик қоқилади ёки кўтарилади (XVIII. 19-шакл); баъзан кўтариш ўрнига қозик ёнига тахтача қоқилади.

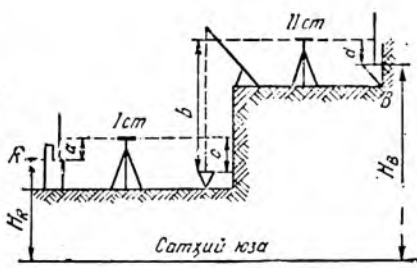
Бетон қуйиш каби аниқ ишларда қоқилган ёғоч усти ўртасига маяк дейиладиган винт ўрнатилади ва ушн кўтариш ёки тушириш йўли билан рейка саноғи b га тўғрилади. Бу ишда хато $\pm 2 - 4$ мм дан ошмаслиги керак.

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 қозик қоқилади, кейин жой шу қозиклар устига тенг қилиб текисланади. Агар жой текис бўлса, горизонтал ҳолга келтиришни ватерпастда бажариш ҳам мумкин.

Лойиҳавий отметкани котлован тагига кўчириш. Бино ва турли иншоотлар қуришда котлован тагидаги нуқта отметкасини аниқлаш керак бўлади. Котлован тагининг отметкаси ер юзасидаги иш реperi отметкаси орқали топилади. Агар котлован чуқурлиги 3 м дан ошмаса, 4 м ли рейка ёрдамида бир нивелир билан аниқлаши мумкин. Агар чуқурлик 3 м дан ошса, бунда икки нивелир билан қуйидагича нивелирланади. Нивелирининг бири қуришни майдондаги иш реperi билан котлованнинг нариги чеккаси орасига қўйилади (XVIII. 20-шакл); иккинчи нивелир B нуқта билан D даги кронштейн учига осилган металл рулетка оралигида ўрнатилади. Биринчи нивелир билан реперга ўрнатишган рейкадан a саноғи ва D даги металл рулеткадан b саноғи олинади. Иккинчи



XVIII. 20- шакл.



XVIII. 21- шакл.

нивелир билан рулеткадан c саногини ва B даги рейкадан d саногини олинади. Шунда B нуқта отметкаси H_B репер отметкаси H_R ва рейка, рулетка саноклари бўйича қуйидагича топилади:

$$H_B = H_R + a - (b - c) - d.$$

Агар котлован тагидаги нуқта отметкаси H_B беритиб, шу отметкали нуқтанинг баландлигини аниқлаш керак бўлганда d санок қийматини топиш керакки, у қуйидагича қилинади:

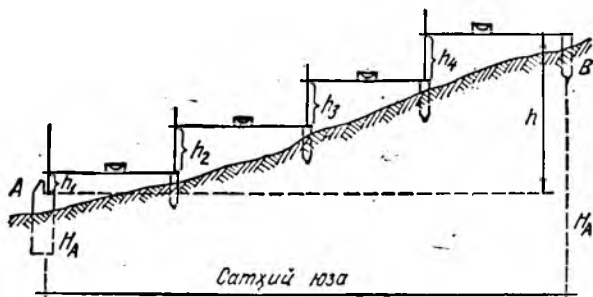
$$d = H_R - H_B + a - (b - c).$$

Кейин иккинчи нивелир билан ишловчи B нуқтадаги қозиқни кўтариш-тушириш йўли билан кўриш ўқини d санокқа тўғрилайди.

Иншоот (бино) тепасидаги нуқта отметкасини аниқлаш. Бунда ҳам икки нивелир ишлатилади. Биринчи нивелир ердаги репер билан тепадаги кронштейн учига осилган рулетка орасига ўрнатилиб, репердаги рейкадан (XVIII.21-шакл) a санок, рулеткадан c санок олинади. Иккинчи нивелир иншоот (бино) тепасига ўрнатилиб, рулеткадан a санок, B нуқтадаги рейкадан d санок 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 шишаб билан кўтарилса



XVIII. 22-шакл,

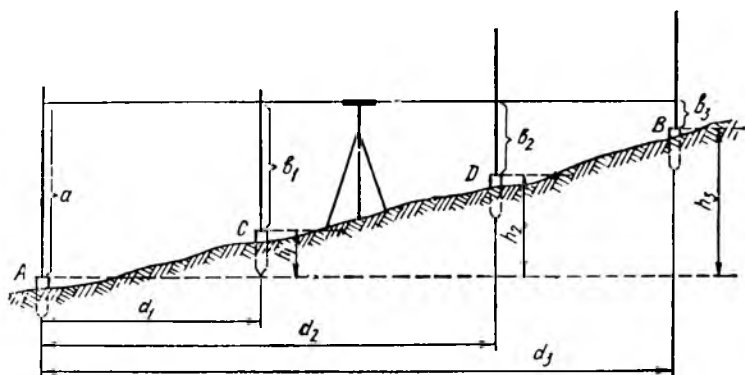
ёки пасайса, бундай вақтда отметкани ватерпас йўли билан узятиш мумкин. Масалан, репер A га нисбатан B нуқта отметкасини топиш учун (XVIII.22- шакл) A дан бошлаб, шаклдаги каби, ватерпас ёрдамида нивелирланади. Шунда $H_B = H_A + \sum h$ бўлади; бу ерда $\sum h$ — ватерпас билан топилган нисбий баландликлар йиғиндиси.

Берилган нишабдаги чизиқни жойга кўчириш. Канал, йўл каби нишоотлар 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 олинadиган саноқ, v нишабнинг мусбат ёки манфий бўлишига қараб, қуйидагича топилади:

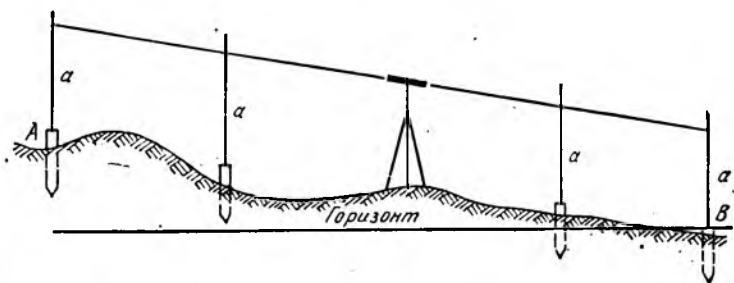
$$v = a - h; \quad h = di,$$

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: $v_1 = a - d_1 i$, $v_2 = a - d_2 i$, $v_3 = a - d_3 i$, . . . CD ва B нуқта ўринларини жойда белгилаш учун A даги рейкадан a саноқ, C нуқтадаги рейкадан эса v_1 саноқ олинади. Бунинг учун қозик турган жой паст бўлса, қозик кўтарилади, жой баланд бўлса, қозик 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.



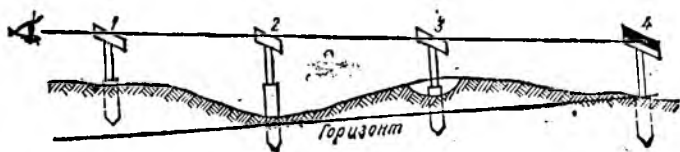
XVIII. 24- шакл.

Бир хил нишабдаги чизикни қия кўриш нури билан ҳам ўтказиш мумкин. Бунинг учун берилган нишабни ҳисобга олиб, *A* ва *B* нуқталарнинг отметкалари топилади (XVIII. 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 олинadиган саноқлар бир хил, яъни чизикнинг ҳамма нуқтасидаги рейка саноқлари бирдек *a* бўлиши керак.

Агар чизик узунлиги 100 м атрофида бўлса, бош ва охири нуқталар ўрни нивелир ёрдамида топиладиган, қолган нуқталар ўрни визирка (XVIII.25- шакл) ёрдамида аниқланиши мумкин. Шаклда 1 ва 4 нуқтага кўра 2, 3 нуқталар ўрни визирка орқали белгиланиши кўрсатилган.

Визирка қурилишларда бир хил нишабдаги ёки горизонтал чизикларни ўтказишда шикатилadиган *T* шаклида қилиб тахтадан ясалган мослама бўлиб, қаратиладиган (4 нуқтадаги) ва қараладиган (1, 2 ва 3 нуқталардаги) турларга бўлинади.

Лойиҳавий текислиكنи жойга кўчириш. Агар жойга лойиҳадаги горизонтал текислиكنи 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-



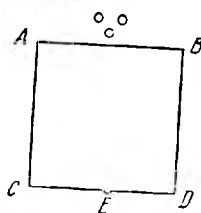
XVIII. 25- шакл.

дони, аэродром каби ишоотлар юзаси юқоридаги каби режаланиди.

Агар текислик маълум ишаб билан бир тўмонга қия қилиб лойиҳаланган бўлса, бунда қуйидаги усуллар қўлланилиши мумкин.

1. Параллел чизиклар ёрдами билан. Жойда берилган ишаб бўйича ҳар 20, 40, ... м дан параллел чизиклар ўтказилади. Кейин бир ишабда чизик ўтказгандаги каби ҳар чизикда 10, 20, ... м да нуқталар топилади. Шу вақт қозиқлар усти бир хил ишабда ётувчи текисликда жойлашган бўлади.

2. Квадрат катаклар ёрдами билан. Маълум ишаб билан текислик ўтказиш майдонда йиғиладиган сувларни бир тўмонга оқизиш юзасинда қўлланилади. Бунда жой ишабига қараб қуйидагича ишлан мумкин: а) берилган жойда квадратлар тўри (кўтаклар) ясалати. Бу тўр ўқи лойиҳавий ишабда бўлиши керак. Квадрат учларига лойиҳавий отметкалар бўйича қозиқлар қоқилади ёки нивелирланиб, қозиқлар отметкаси аниқланади; кейин бу отметка орасидаги фарқ топилиб, нуқталардаги қозиқларга ўз нивораси билан ёзилади. Булар иш отметкалари бўлиб, нуқталардаги қазини (қазилма) чуқурлигини ёки тупроқ тўқини (кўтарма) баландлигини кўрсатади. Кейин шу иш отметкаларига биноан жой текисланади. Агар жой ишабда кичик бўлса, лойиҳавий текисликни қия кўриш нури орқали ҳам жойга кўчириш мумкин. Бунинг



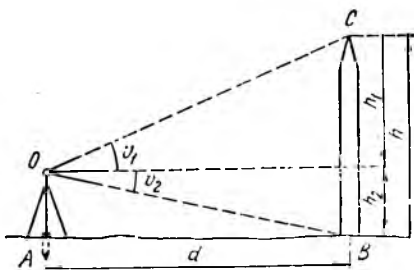
XVIII. 26- шакл.

учун юқоридаги усул билан жойда A , B , C ва D нуқталар ўрни топилиб, отметкалари бўйича қозиқлар қоқилади (XVIII.26- шакл). Кейин нивелир AB чизигининг ўртасига ёки бир чеккасига иккита кўтаришни винти AB йўналишига параллел қилиб ўриатилади. A ва B нуқталардаги рейкалар санови тенг бўлгунча иккита кўтариш винти буралиди; кейин учинчи кўтариш винтини бураб, C нуқтага қўйилган рейка санови A ва B деган сановққа келтирилади. A ва B нуқтадаги сановқлар текшириб кўрилгач, улар тенг бўлса, кўриш нури лойиҳаланган текисликка параллел ва D даги рейка санови A , B ва C лардаги рейка сановқларига тенг бўлади. Асбобнинг иш узиятида ихтиёрий қозиққа, масалан, E га қўйилган рейкадан юқоридаги сановқ олinsa, қозиқ лойиҳавий текисликда ётган бўлади.

Ишоот баландлигини аниқлаш. Қурилишда бино, минора, мўри, столба каби ишоот ва нарсаларнинг баландлиги қуйидагича аниқланади. Берилган столба BC нинг баландлигини аниқлаш учун столбадан d масофадаги A нуқтага теодолит—тахеометр ўриатилади. Масофа $AB = d$ камда икки марта аниқ ўлчанади. Кейин столбанинг тенаси C ва таги B га икки доирада қараб (XVIII. 27- шакл) вертикал доирадан $D\dot{U}$ ва $D\dot{U}$ да R ва L сановқлар олинади. Бу сановқлар бўйича вертикал бурчак v_1 ва v_2 лар ҳисобланади. Кейин v_1 , v_2 ва d қийматлари бўйича столба баландлиги қуйидагича топилади:

$$\begin{aligned}
 h &= h_1 + h_2 = d \operatorname{tg} \nu_1 + \\
 &+ d \operatorname{tg} \nu_2 = d (\operatorname{tg} \nu_1 + \operatorname{tg} \nu_2) = \\
 &= d \frac{\sin (\nu_1 + \nu_2)}{\cos \nu_1 \cos \nu_2} \quad (\text{XVIII.6})
 \end{aligned}$$

Бунда B нуқтанинг A га нисбатан қандай жойлашганигига қараб, h_1 , h_2 қиймати қўшилади ёки айрилади. AB чизиқни текис жойдан олиш керак.



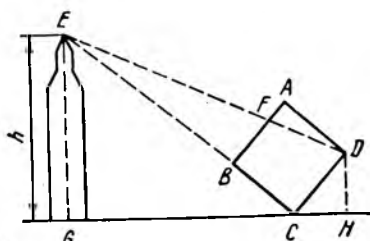
XVIII. 27- шакл

XVIII. 8. Беруний баландлик ўлчагичи

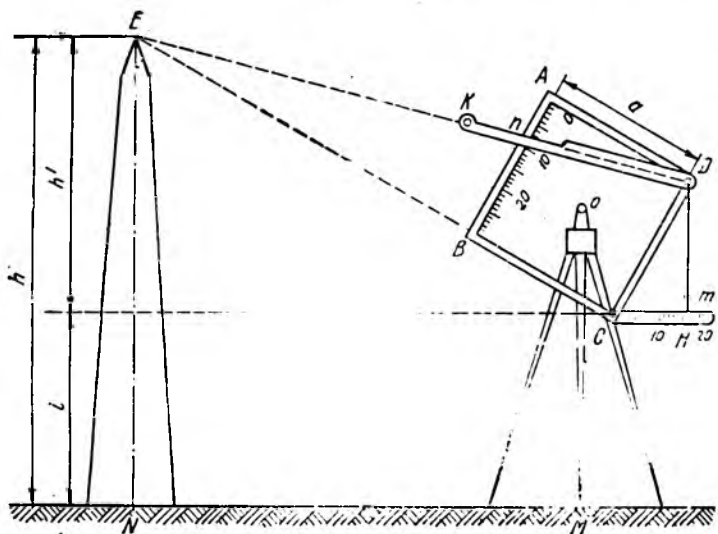
Турли иншоот баландлигини аниқлаш масалалари билан Беруний ҳам шуғулланган ва ўзига хос бир неча усул, асбоблар ишлатган эди. XVIII. 28-шаклда шулардан бири бўлган баландлик ўлчаш асбобининг схемаси келтирилган. Шу схемага биноан Тошкент темир йўл транспорти институтининг инженерлик геодезияси кафедраси 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 диспеттери



XVIII. 28- шакл.



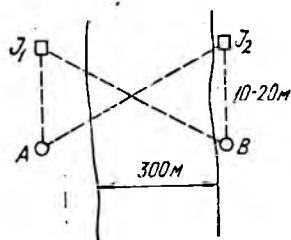
XVIII. 29- шакл.

(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. D учига шовун осилган. AB томонга мм бўлакни қозғоштирилган; асбоб махсус ясалма ёрдамида штативга ўрнатилгач, CB томон минора тепаси E га қаратилади; шу туришда панель тахтани қўзғатмай, DK алидадаси ҳам E га тўғриланади. Кейин C даги 20 см ли чизгич горизонтал ҳолатга келтирилиб, шовун бўйича m саноқ олинади, AB томонидан DK чизик бўйича n саноқ олинади; ердан C нуктанинг баландлиги i рейка ёки рулетка билан ўлчанади. 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 нукта отметкаларини нивелирлаб узатиш қийинлашади, чунки асбобдан рейкагача бўлган масофа ошган сари рейкадан саноқ олиш аниқлиги камаяди; шунга кўра нисбий баландлик етарли аниқлик билан топилмайд. Бундай ҳолларда қуйидаги усуллар билан нивелирланади:



XVIII. 30-шакл.

I ҳол. Нивелирланадиган A ва B нукталар оралиғи 300 м дан кичик бўлса, дарёнинг икки соҳилида асбоб ўрнатиш учун I_1 ва I_2 (XVIII. 30-шакл) нукталар $I_1A = I_2B$ ва $I_1B = I_2A$ бўладиган қилиб олинади. I_1A масофа тахминан 20 м бўлади. Кейин нивелирни I_1 нуктага 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 трубаaning фокусланишини 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 v_1 , II станциядан олинган саноқларни a_2 ва v_2 десак, A ва B ларнинг нисбий баландликлари I станция бўйича $h_1 = a_1 - v_1$, II станция бўйича $h_2 = a_2 - v_2$ бўлади.

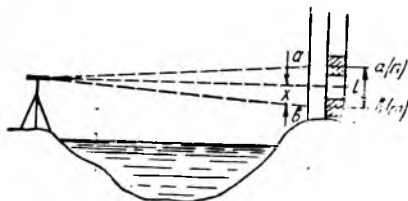
h_1 ва h_2 лар фарқи Δh ҳар 100 м га 10 мм дан ошмаслиги, яъни

$$\Delta h \leq \frac{d}{10} \text{ мм} = 0,1 \text{ д мм}$$

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 санок олиш мумкин бўлмаганидан рейкага икки қора лента—марка (XVIII. 31-шакл) боғланади; ўрта ил 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 арбал юқоридаги марка ўртасига қаратилади, бунда адилак пуфакчаси ўртадан n бўлак силжийди, дейлик. Кейин қаратиш винтини бураб, ўрта ил пастки марка ўртасига қаратилади, бунда пуфакча m бўлак сурилсин. Юқори ва пастки маркалар оралиги l маркаларни ўрнатишда маълум бўлади. Кўриш нурининг горизонтал вазиятида олинadиган тўғри санок $v + x$ га тенг бўлади. x қиймати қуйидагича топилади:



XVIII. 31- шакл.

$$x = \frac{l \cdot m}{m + n}. \quad (\text{XVIII.8})$$

Масалан, $m = 1$, $n = 2$, $l = 60$ мм бўлса, $x = 20$ мм бўлади. Қиш мавсумида нивелирлашиши дарё суви музлаганда муз устида ба-жарилади.

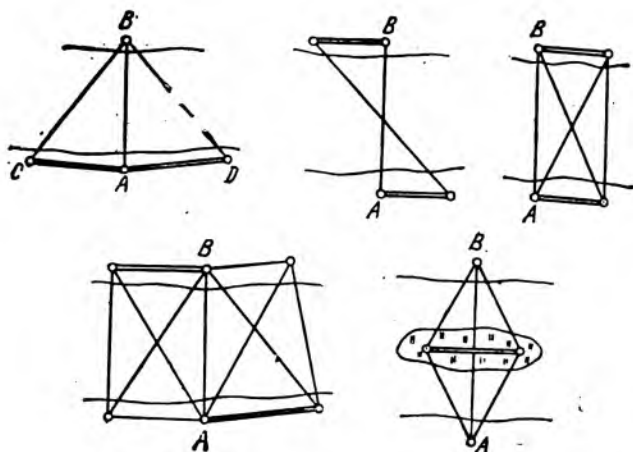
Отметка узатишда тригонометрик нивелирлаш ҳам қўлланилиши мумкин; бунда аниқ теодолитлар ёрдамида икки соҳилдан зенит оралиги z_1 ва z_2 ўлчанади, бунда икки теодолит ишлатиш маъқул. Шунда икки нуқта орасидаги нисбий баландлик қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \frac{z_2 - z_1}{2} + \frac{l_1 + i_1}{2} - \frac{l_2 + i_2}{2}, \quad (\text{XVIII. 9})$$

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 нуқталар тармоғига асосланади. Триангуляция бўлмаганда ясаладиган таянч тармоқлар томони ёруғлик дальномери, оптик дальномер ёки шкалали лента билан ўлчанади. Дарё кенглиги ва иншоот каттали-гига қараб, кўприк узунлиги ва таянч нуқталар ўрнини белги-



XVIII. 32- шакл

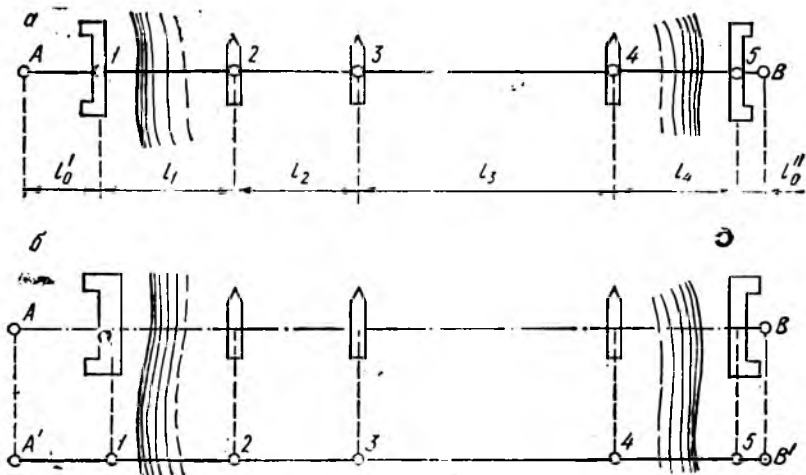
лашда қуйидаги тармоқлар диакли қўлланилиши мумкин (XVIII. 32- шакл). Таянч тармоқ пунктларининг планий ўрнашувидаги хато $\pm 1-2$ см дан ошмаслиги керак. Кўприк узунлиги 200 дан 1000 м гача бўлганда уни ўлчашдаги нисбий хато 1:5 000 дан 1:40 000 гача бўлиши, базис эса 1:10 000 дан 1:80 000 гача аниқликда ўлчаниши керак.

Кўприк узунлиги триангуляциядан аниқланмаса, ёруғлик даль- нёмерт ёки инвар сим, шкалали лента билан ўлчанади.

Ҳар қандай кўприк ерга мустаҳкам жойлаштирилган таянч- ларга ўрнатилади; таянчлар бетон ёки гиштдан маълум кенглик ва узунликда қилиб ишланган устундан ва унинг устига ўрна- тиладиган турли узунликдаги оралиқ кўприк равоғи — пролётдан тузилади. Таянч устунлар ўқи орасидаги масофа *пролёт* дейила- ди ва l билан белгиланади. Агар кўприк бир неча пролётдан ясалса, икки четки таянчлар — *устой* (четки устунлар), орадаги таянчлар эса, *бичоклар* дейилади. Кўприкнинг бўйлама 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 чизикда ётадиган қилиб миҳлар қоқилади. Масалан, XVIII. 33- шаклда ўқ чизикнинг икки учига A, B ва C, D қоziқлар қоқилган. Катта кўприкларда стол- ба бетондан ишланиб, устига крест шаклида металл белги ўрна- тилади. Баъзан, столба ер ишларига ҳалал бермайдиган қилиб четга ўрнатилади, лекин ўқдан оралиқлари перпендикуляр бўйи- ча ўлчанади.



XVIII. 33- шакл,



XVIII. 34- шакл. Кўприк ўқини 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 устуларининг ўқ чизиқлари ҳамда маркази аниқланади. Таянч устуларининг 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 топилди. Кейин четки 1 ва 4 ҳамда оралиқ 2 ва 3 таянч устулар ўрни аниқланади ва номлари ёзилади. Устулар маркази теодолит ёрдамида аниқланади ва у устулга миҳ қоқиб белгиланади. Кейин марказга ўрнатилган теодолит ёрдамида таянч устулар ўқи aa_1 , bb_1 , cc_1 ва ҳоказо белгиланади, қоziқлар устига миҳ қоқилди.

Режалашда таянч устулар марказини белгилаш асосий иш бўлиб, уларни икки усулда режалаш мумкин. Иншоот бўйлама ўқ чизиғи 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 топилда кестирма, қутбий усулларни қўлланиш мумкин. AB — кўприк ўқи; 1 ва 5 — икки соҳилдаги устойлар (кўприк истеҳкоми), 2 ва 3 — 4-лар оралиқ таянч устулари, L_1 — устулар оралиғи (пролет), бу турлича бўлиши мумкин.

XVIII. 11. Ер ишларини режалаш

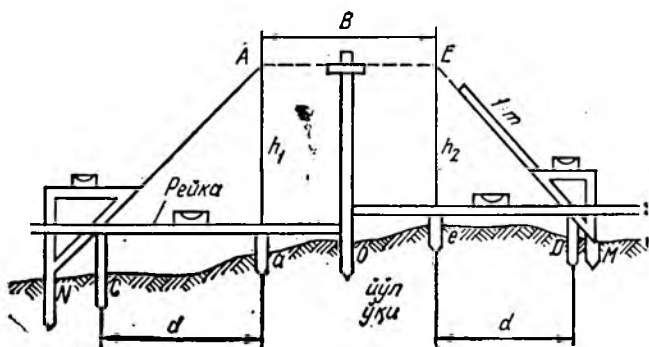
Тош ва темир йўл, канал каби чизигий иншоотларни қуришда бўйлама ва кўндаланг нивелирлаш бажарилиб, бўйлама ва кўндаланг профиллар чизилишини кўрдик. Кўндаланг профилда ин-

қазима (б) нинг кўндаланг кесимлари, уларда йўл, унинг ёнидаги қўшимча қурилишлар ва улар номи кўрсатилган.

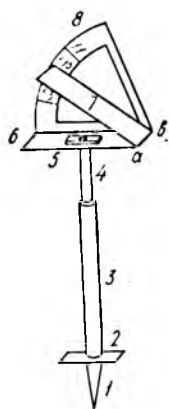
Жой пастлик бўлиб, йўл қуриш лойиҳа бўйича юқоридан ўтса, бунда йўл ўтадиган жойга тупроқ тўкилиб кўтарилади, яъни кўтарма ҳосил қилинади. Агар йўл баландлик (тепалик) орқали ўтса, лойиҳа бўйича йўл қуриш учун тепадан тупроқ ўйиб олинади, яъни қазима ҳосил қилинади. Кўтарма ва қазима орқали қурилган ишхот *ер ишхоти* дейилади; йўл қуришда жойига қараб, қуриладиган кўприк, виадук, эстакада, тоннель каби қурилишлар *сунғий ишхот* дейилади.

Йўллар ҳаракатининг катта-кичиклигига қараб, бир неча категорияга (табақага) бўлинади. Йўл ва унга тегишли ишхотларни жойлаш учун трасса ўқ чизигининг икки ёнидан маълум кенгликда ўқнинг 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 ораліққа *ер полотноси* ҳам дейилади. Масалан, XVIII. 36-шаклда трасса ўқни 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) жойланади. Ер полотносининг устки қисми — *йўл полотноси*, унинг қия томони 5 *қиялик* (откос) дейилади. Қияликнинг йўл билан кесилишган чегара чизиги 4 *қияликлаби* (бровка), қияликнинг қуйи чизиги 6 *этак* дейилади. Қиялик этагидан кейин текис жой қолдириладигани, 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 ёғни сувларини оқизиш учун йўл бўйича бўйлама ариқча 9 қазиладики, бу *кювета* дейилади, агар у кичик бўлса, *нов* дейилади.



XVIII, 37-шакл,

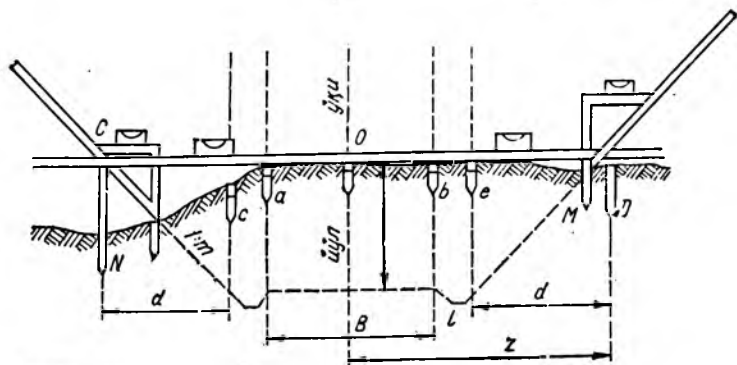


XVIII. 38-шакл.

Ер белгисини план ва профиллар асосида чизилган иш чизмаларига биноан режалашади. Иншоотнинг қўндаланг кесимидаги асосий нуқталар ўрни ўқ чизиққа нисбатан белгиланади ва қозиқлар қоқилади. Бунда 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 қийматини 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 қўндалангига 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 адилакдан фойдаланилади. C ва D нуқталарда қиялик йўналишинини белгилашда ёғочдан ишланган махсус қурол қўлланиладики, бу қурол *откосник* дейилади (XVIII. 38-шакл). Қияликнинг ер билан кесишган нуқталари M ва N откоснинг ёрдамида топилади, унга ҳам қозиқ қоқилади.

Қазимани режалаш ҳам ўқ чизиғидаги O қозиқдан бошланади; нуқталарини белгилловчи қозиқлар ер юзига қоқилади (XVIII. 39-



XVIII. 39-шакл.

шакл). О даги қозикқа шу нуқтадаги қазини чуқурлиги манфий ишора билан ёзиб қўйилади. О нуқтадан кўндалангига икки томонга $\frac{B}{2}$ қийматини ўлчаб қўйиб, а ва в нуқталар топилди, кейин а ва в дан хандак эни l ўлчаб қўйилса, с ва е нуқталар, с ва е дан d қийматини рейка ёрдамида горизонтал чизик бўйича ўлчаб қўйиб, С ва D нуқталар топилди.

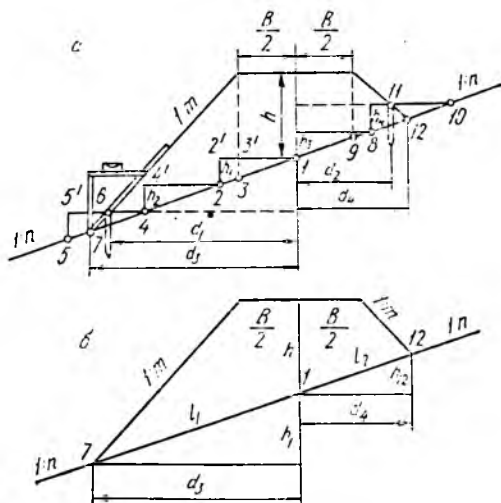
Тегириш учун $L = \frac{B}{2} + l + d$ қиймати О дан ўлчаб қўйилади. Қиялик йўналиши С ва D нуқталарда қўйилган қиялик орқали белгиланади. Бу йўналишларнинг ер юзи билан кесилиш нуқталари М ва N га қозик қоқиладики, булар қазини чегараси бўлади. Ер лойиҳадаги отеткагача қазилиб бўлгач, маълум ўлчамда хандак (ариқча) қазилади.

Агар қазима чуқур бўлмаса, ўқ чизикдаги О нуқтада ер ўйилиб, унга лойиҳадаги отеткага тенг қилиб қозик қоқилади.

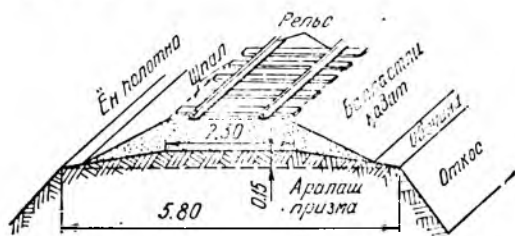
Йўлни тепалик орқали режалашда рейка, адилак ва шаблондан фойдаланиш мумкин. Тепалик бир томонга пасайган жойда кўтармани режалаш иши рейка, адилак ёрдамида ватерпаслаб нивелирлагандаги каби бажарилади (XVIII. 40- шакл).

Темир йўлда ер полотносини режалаш. Йўлнинг асосий қисми йўлнинг балласт қаватига ётқизилган шпал ва рельсдан иборат устки қисми (кўрилмаси) 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 ийиланиб баландлиги 0,20 м бўлади.

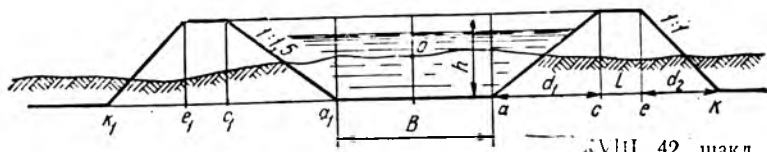
Канални кўндаланг профиль бўйича лойиҳалаш.



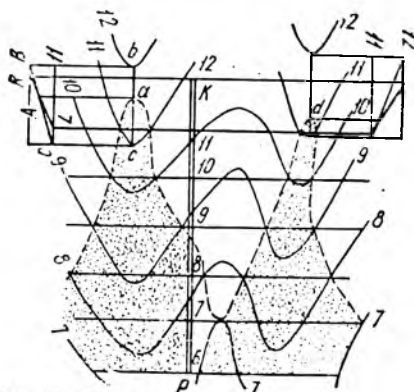
XVIII. 40- шакл.



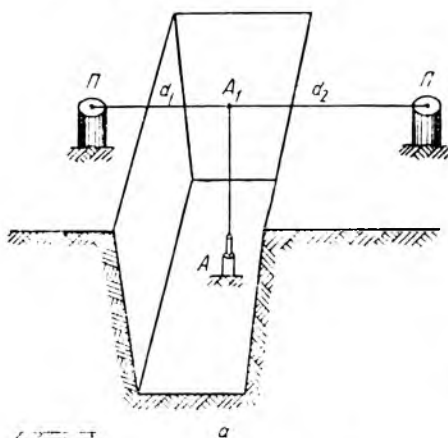
XVIII. 41- шакл.



XVIII. 42. шакл.



XVIII. 43- шакл.



XVIII. 44- шакл.

Каналининг кўндаланг профили ўзгачароқ бўлади. Каналлар магистрал, тарқатувчи ва сугорувчи бўлади, лекин уларнинг кўндаланг кесимлари бир-бирига ўхшайди. Канал суви орқали ер сугоришгандан, сув горизонтининг оғметкаси ер оғметкасидан 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

лойнҳаланадиган текисликни тасвирловчи горизонталлар оралиғи бўлади. Рдан РК бўйича план масштабида d қиймати кетма-кет қўйиб чиқилади, топишган нуқталардан РК га перпендикуляр чиқарилса, улар лойнҳаланадиган текисликни тасвирловчи горизонталлар бўлади.

Агар бу перпендикуляр чизикларнинг бир отметкадаги план горизонталлари билан кесишган ёки уринган нуқталари кетма-кет бирлаштирилса, иш отметкаси нолга тенг бўлган чизик чиқадики, бу чизик *ноль чизик* дейилади. Ноль чизик бўйича лойнҳаланган текислик ер юзаси билан кесишади, кўтарма ва қазиманинг чегараси бўлади; у шаклда штрихлар билан кўрсатилган.

Ноль чизик a ва d нуқталарда қайрилган, лекин бу нуқталар ўрни ва отметкаси белгисиз, бу қўйидагича аниқланади. Масалан, a нуқта отметкаси 11 ва 12 бўлган план горизонталлари орасидаги қўйилиш bc да ётади; b ва c учларидан bc га перпендикуляр чиқарилган чизиклар бўйича b ва c нуқталар отметкаси ихтиёрий масштабда қўйилса, B ва C нуқталар топилади; булар туташтирилса, bc нинг жойдаги профили BC чиқади. Кейин B ва C дан параллел ўтказилса, буларнинг лойнҳаланган 11 ва 12 м отметкали горизонталлар билан кесишган нуқталари L , R бирлаштирилса, лойнҳаланган текисликдаги LR чизик ҳосил бўлади. Кейин BC ва LR чизиклар кесишган A нуқтани B ва a га параллел чизик бўйича bc га проекцияласак, a нуқта, яъни ноль чизикнинг қайилиши топилади. Ўнг томондаги қайилиш нуқта d ҳам шу йўл билан топилади.

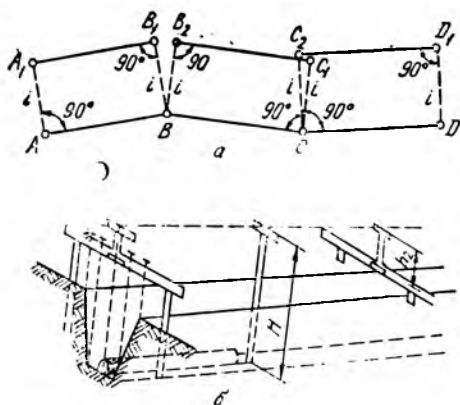
Ноль чизик бир томонида лойнҳаланган текислик отметкаси ер отметкасидан кичик бўлган жой, унда қазима иши бажарилади (шаклда нуқталар қўйилган); иккинчи томонида эса тунроқ тукилиб кўтарма иши бажарилади. Ноль нуқталар ўрни РК чизикқа перпендикуляр чиқариб горизонталларни кесиштириши йўли билан аниқланади.

a ва d нуқталар отметкалари ёки горизонталлар отметкаси 11 ва 12 м орқали аниқланади.

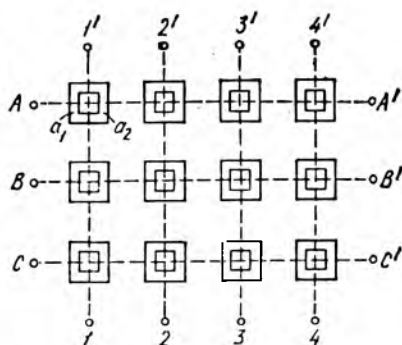
XVIII. 13. Ер ести ишшоотларини режалаш

Ер устида бўладиган ер ести ишшоотларига тегишли режалаш ишлари юқорида таниниб ўтилган усуллар билан олиб борилади. Масалан, режалашда белгиланган, лекин қазини вақтида йўқолган A нуқта ўрнини белгилаш учун режалаш вақтида ўрнатилган ва A дан масофалари d_1 ва d_2 бўлган B ва L нуқталардан фойдаланилади (XVIII. 44-шакл). B ва L лар орасига сим тортиб, BL створиди B 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 ишшоот режаланган, 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 $aA = d_1$; $bB = d_2$; $gG = d_3$ ва $vV = d_4$ лар ўлчаниши ва боғлаш схемасига ҳам қайд қилиниши керак. Бу нуқталар деворга ёки ер ости деворларига



XVIII. 45- шакл.



XVIII. 46- шакл.

мустаҳкам ўрнатилади, булар кейин ер ости қурилмаларини режалашга асос бўлади.

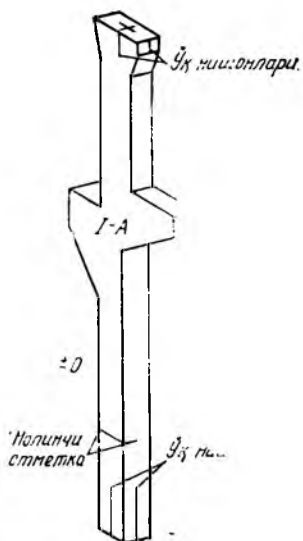
Лойиҳавий чизик $AB, BC, CD, \dots$ ларни шу чизикларга l масофада параллел қилиб ўтказилган ва хавфсизлиги (бузилмаслиги) таъминланган A_1B_1, B_2C_1, C_2D_1 чизикларга перпендикуляр чизиклар ёрдамида боғлаш мумкин. Агар $A, B, C, \dots$ лар ўрни йўқолса, улар $A_1B_1, B_2C_1, \dots$ ларга чиқарилган перпендикулярларга i қийматини ўлчаб қўйиб топилади (XVIII. 45-шакл, а).

Чизикни мустаҳкамлаб, режалаш ишларида ихоталардан ҳам фойдаланилади (XVIII. 45-шакл, б). Бунда ихота чизиги иншоот (трубопровод) ўқи иншабининг синган (ўзгарган) нуқтасига ва қудуқ ўрнатилган жойларга ўрнатилади. Ихота тахтасида шовун ёки теодолит ёрдамида труба ўқининг ўрни белгиланиб, мих қоқилади, кейин бу чизикдан икки томонга лойиҳадаги ўлчамлар ўлчаб қўйилиб, траншея четлари ва таги белгиланади. Бу ер ости иншоотлари қуришда унинг иланий жойлашуви билан бирга баландлик бўйича лойиҳадагидек жойланишига ҳам қараш керак. Айниқса, канализация тармоқлари қуришда лойиҳадаги иншабни сақлаш лозим.

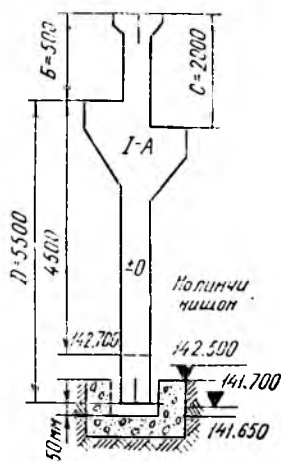
XVIII. 14. Колонналарни ўрнатиш

Пойдевор ётқизинида унинг бино ўқига инсбатан қанчалик тўғри жойланганлиги текшириб борилади. Бунинг учун илгари ўрнатилган геодезик асос нуқталардан репер ва отметкаси маълум темир қозықлардан фойдаланилади; шуларга кўра, бино ўқлари режаланади, сўнгра колонналар ўрнатилади.

Бино бўлақларининг тўғри жойлашуви колонналарнинг тўғри ўрнатилишига боғлиқ. Колоннани ўрнатишдан олдин пойдеворнинг ўқий чизикқа инсбатан вазияти текширилади. Бунинг учун аввало ўқлар ўрни аниқ белгиланиши керак. Ўқни белгилаш учун теодолит ўқ чизигининг боши A нуқтага ўрнатилади (XVIII. 46-шакл), кейин труба илгари белгиланган ва мустаҳкамланган ўқ чизикнинг иккинчи учи A' га қаратилади, сўнгра AA' йўналишдаги барча пойдеворларга $A - A'$ ўқий чизикнинг проекцияси туширилади. Бунинг учун ҳар қайси пойдеворнинг икки чеккасида $A - A'$ чи-



XVIII. 47- шакл.



XVIII. 48- шакл.

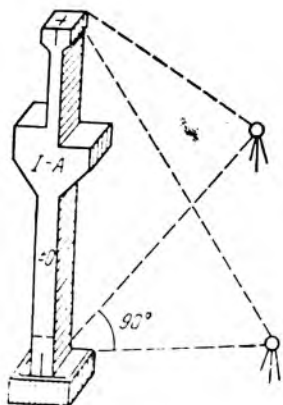
зиқда ётувчи a_1 , a_2 нуқталарга нигишча вехачалар ёки сикчалар қадалади. Кейин $a_1—a_2$ чизиққа рейка қўйиб пойдеворнинг замин чизиғи $a_1—a_2$ чизилади. Шундан кейин теодолит B ва C нуқталарга кўчирилиб, бу нуқталар ҳам A лаги каби ишланади. Шунда ўқлар параллел йўналиши бўйича белгиланади.

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.

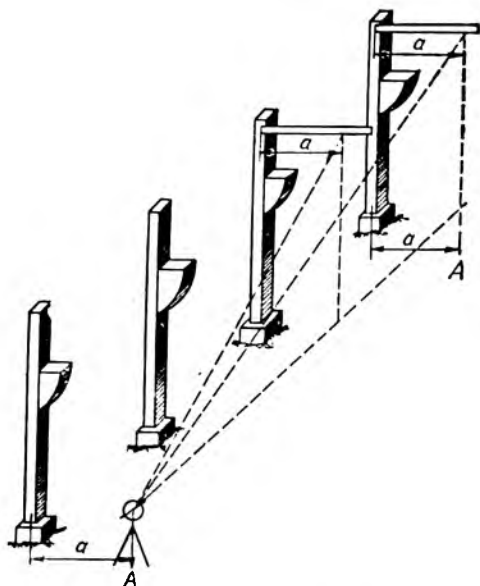
Колонналар ГОСТ бўйича XVIII. 47-шаклдаги каби ясалади. Колоннанинг пастки ва устки қисмида ўқлар нишонланган бўлади. Колоннани монтаж қилишда баланликларни аниқлаш учун колонна қисмларининг узунлиги, полнинг полнингчи отметкаси ва колонна тепасидан юлгача бўлган масофалар белгиланган бўлиши керак (XVIII. 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 ўқиға (XVIII. 50-шакл) параллел қилиб AA' чизиқ олинади. A нуқтаға теодолит ўрнатиб, кўриш ўқи AA' бўйича қаратилади. Трубанинг объективини кўтариб қараганда колонна тепасига кўидаланг ва горизонтал қўйилган рейкачадаги саноқ 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. 40- шакл. Колонна ўрнатиш



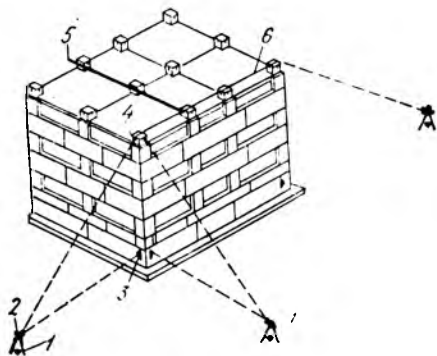
XVIII. 50- шакл.

XVIII. 15. Вертикал текисликдаги проекциялаш ишлари

Бино ўқини монтаж горизонтига кўчириш. Бино ёки бирор иншоот қуришда теодолит ёрдамида қия проекциялаш усули билан бино ўқини бино етасига (монтаж горизонтига) кўчиришда (XVIII. 51-шакл) теодолит 2 ни бино створидаги маҳкамланган нуқталар 1 га ўрнатиб, лимб маҳкамланади; ДЎ ҳолида трубага ўқ йўналиши бўйича 3 га йўналтиради ва алидада маҳкамланади.

Кейин труба монтаж горизонти 4 га қаратилади ва вертикал ип ўрни ингичка қалам билан белгиланади. Сўнгра ДЧ да ҳам юқоридгидек ишланади. Чизилган иккала чизиқнинг ўртаси ўқ ўрни бўлади.

Вертикал бурчак ясаш. Берилган нуқтада бирор йўналиш бўйича лойиҳадаги вертикал бурчак φ_d ни ясаш учун аввал тахеометр НЎ аниқланади. Кейин тахеометр нуқтага ўрнатилиб иш вазиятига келтирилгач, ДЎ ҳолида i верньер $D\varphi = H\varphi + \varphi_d$



XVIII. 51- шакл. Ўқни монтаж горизонтга кўчириш.

1—ўқ створини маҳкамлаш, 2—теодолит, 3—цоколдаги ўқ белгиси, 4 — нишон, 5, 6—ўқни текшириш

саноққа тұғриланади ва қаралган жойла тұр маркази M белгиланади, бунда v_d ясалган бўлади. Бунин текшириш учун $D\delta$ ва $D\chi$ да M нуқтага қараб бурчак қиймати $\frac{D\delta - D\chi}{2} = v_x$ формула ёрдамида ҳисобланади. v_d билан ҳисобланган v_x ўртасидаги фарқ $\Delta v = v_x - v_d$ бурчак хатоси бўлади. Тузатиш учун чизигий сурилма Δd топилади:

$$\Delta d = \frac{d}{\cos v_d} \cdot \frac{\Delta v''}{\rho''},$$

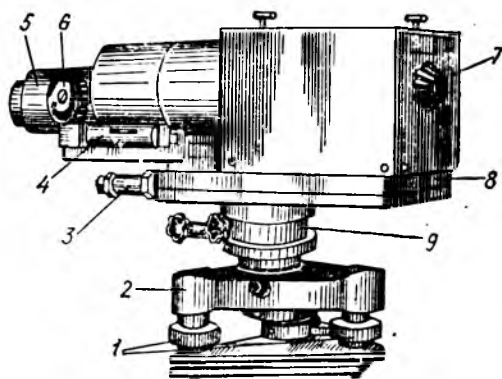
бунда d — асбоб билан қаралган нуқта орасидаги масофа; $\rho'' = 206265''$. Кейин белгиланган M нуқта Δv ишорасига қараб юқорига ёки пастга Δd қадар силжитилади.

Нуқтани вертикал йўналиш бўйича проекциялаш. Қурилишлардаги монтаж ишларида ўқлар кесишган нуқта ёки ўққа параллел чизик проекциясини юқори қаватларда белгилаш зарур бўлади. Бу — *монтаж горизонтига нуқта кўчириш* дейилади. Геодезик тармоқ ясалган текислик, бош горизонт деб бош горизонтига 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.

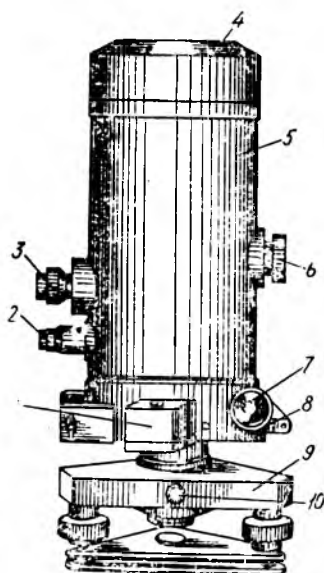
ПОВП прибори XVIII. 52-шаклда келтирилган ва унинг асосий қисмлари кўрсатилган.

PZL зенит прибори — ГДР даги Карл Цейсс фирмаси чиқарадиган энг



XVIII. 52- шакл.

ПОВП шифрли вертикал проекцияловчи оптикавий прибор (асбоб), 1 — кўтаргич винт, 2 — адилак, 3 — кўриш труба, 4 — кремальер винт, 5 — кўриш труба, 6 — кремальер винт, 7 — пентопризма гилофи, 8 — столча, 9 — вертикал ўқ.



XVIII. 53- шакл. PZL шифрли вертикал проекцияловчи асбоб:

1 — дойғавий адилак, 2 — санж олиш микроскопининг окуляри, 3 — труба окуляри, 4 — труба объективи, 5 — кўриш труба, 6 — фокусловчи мослама, 7 — қаратилиш винти, 9 — таглик

аниқ автомат (XVIII. 53-шакл) бўлиб, ўзича горизонтал ҳолатга келади, унинг қисмлари шаклда кўрсатилган.

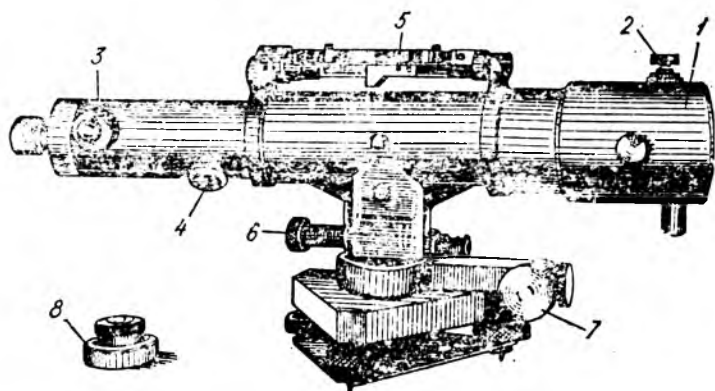
XVIII. 16. Инженерлик иншоотларидаги деформацияни аниқлаш.

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 характериға қараб вақт-вақти билан олиб борилади. Бунинг учун иншоот яқинида махсус майдон ажратилиб, унда репер ва мустаҳкам белгилар ўрнатилади, иншоотнинг силжишинини фототеодолит орқали съёмка қилиш йўли билан аниқланади, фотосурат стереокомпараторда ишланиб, унинг ўзгариш фотоплани топилади. Қўндаланг силжишни махсус равишда горизонтал ҳамда вертикал ўрнатишган миллиметрли рейкаға ва чигичға теодолит орқали қараб ҳам аниқлаш мумкин.

Иншоотда чўкиш орқали бўладиган вертикал ўзгаришни аниқлаш учун иш бошида ўрнатишган реперға бошда боғланган нуқта қайтадан яна шу реперға боғланади. Иншоот нуқтасининг илгари ва кейин топишган отметкалари тенг бўлса, иншоот баландлигида ўзгариш бўлмаган бўлади.

Иншоотнинг горизонтал силжишинини аниқлашда [В. А. Белицин инженерлик нивелири ишлатилади (XVIII. 54-шакл). Бу асбобнинг кўрши трубада илгар турли қўйилмаган. Труба нарсаға шу труба объективи олдиға қўйилган инерт призма берадиган тўғри ва тескари тасвири бирлаштириш (контактлари) орқали қаратилади. Труба оптикавий ўқ атрофида 90° га айланади.

Цейс алиметри (XVIII. 55-шакл) ҳам синсининг горизонтал силжишини аниқлашда ишлатилади. Трубанинг катталаштириши

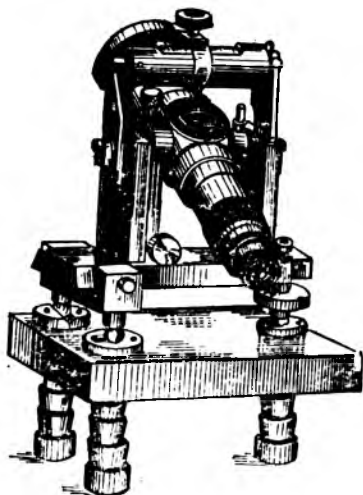


XVIII. 54. Белицин В. А. нинг инженерлик нивелири:

1 — инерт призма виллофи, 2 — инерт призманинг тугаткич 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 ясаш параллел пластинкали насадка билан таъминланиши орқали кўриш ўқининг створдан оғишидаги хато масофа 600 м бўлганда 1 мм бўлади.

Иншоотнинг кренини кузатиш. Иншоот бўлакларининг ҳамма ерда чўкиши тенг бўлмаганидан иншоотнинг вертикал ҳолати лойиҳадагидан ёнига огади, бу оғиш крен дейилади. Крен бор-йўқлигини билиш учун иншоотнинг юқори ва қуйи қисмида белгиланган синча марка ёки крест шаклида бўялган белги системали равишда кузатилади.



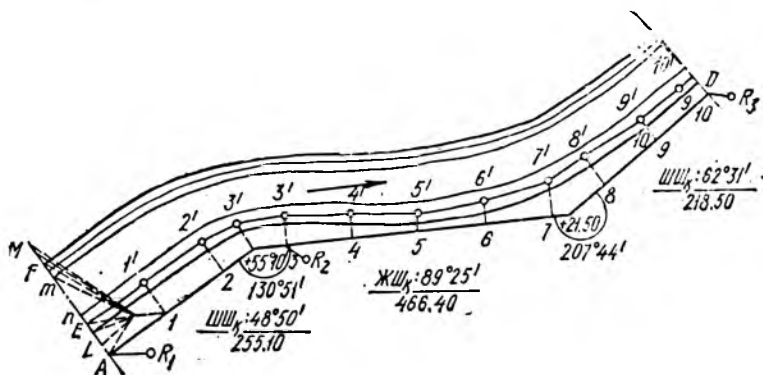
XVIII. 17. Гидротехник қурилишларда бажариладиган геодезик ишлар

Йўл ва канал қуришда катта ёки кичик дарёларни кесиб ўтиш ва бу дарёлар ўзанида турли иншоотлар барпо қилини керак бўлади. Бунда дарёнинг иншоот қуриладиган жойида қуйидаги ишлар бажарилади:

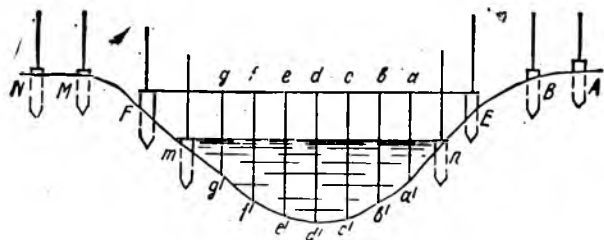
- 1) маълум узунликда дарё соҳиллари съёмка қилиниб, дарё ўзининг плани чизилади;
- 2) дарёнинг қўндаланг кесими (жоли кесими) аниқланади;
- 3) дарё ўзинининг иншаби аниқланади ва
- 4) дарё сувининг оқиш тезлиги аниқланиб, сув сарфи ҳисоблаб топилади.

Дарё соҳилларини съёмка қилиш учун иншоот қуриладиган жойидан икки томонга 500 м дан ўлчаб, A ва D нуқталар топилади. A нуқтадан дарё соҳили бўйлаб $ABCD$ очик полигони (магистрал йўл) ясалади (XVIII. 56-шакл). A нуқтадан бошлаб, охир-

XVIII. 55-шакл.



XVIII. 56-шакл.



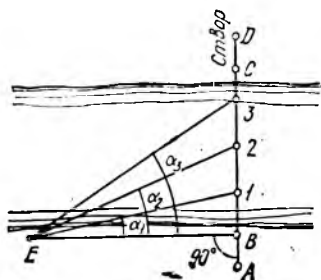
XVIII. 57- шакл.

ги D нуқтагача пикетлашиб, 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 камин уч ерда (бошда, ўртада ва охирида) олинади. Пикетлаш вақтида оқимга перпендикуляр қилиб $МА$ чизиги белгиланади ва шу чизикдаги баландлик ва настлик бўйича характерли нуқталарга ва иккала қирғоқдаги сув сатҳига тенг қилиб m ва n нуқталарига қозиклар қоқилади. Агар сув оқими $АМ$ чизик бўйича вертикал текислик билан кесилса, ҳосил бўлган сув ҳаракатидаги кўндаланг кесим *дарёнинг жонли кесими* бўлади.

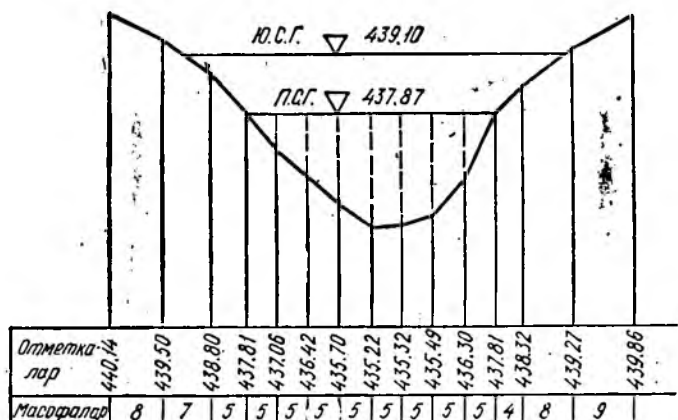
Жонли кесимни съёмка қилиш учун қирғоқлардаги сув лабидан юқорига (E ва F нуқталарга) маҳкамлаб икки қозик қоқилади (XVIII. 57- шакл). Буларга 5 ёки 10 м дан белги қилинган тросс таранг тортилади. Бунга параллел қилиб иккинчи ёрдамчи тросс тортилади. Шу троссини ушлаб, қайиқ билан E дан F га томон сузиб борилади-да, a, b, c, d, e, f ва g нуқталарда сув чуқурлиги ўлчанади. Дарё чуқурлиги наметка (дециметрларга бўлинган таёқ) ёки ЛОТ (бир учига оғир юк боғланган сим) ёрдами билан ўлчанади. A, B, E, F, M ва N нуқталарнинг сув сатҳидан баландлиги дарё нишабини аниқлаш учун олиб бориладиган бўйлама ва кўндаланг нивелирлаш вақтида аниқланади.

Нивелирлашдан олдин (пикетлаш вақтида) кўндаланг кесим олинadиган жойларда маълум вақт ёки келишилган соатда сув сатҳига тенг қилиб қозиклар (m ва n) қоқилади, бу қозиклар ёрдамида сув сатҳининг баландлиги аниқланади. Пикетлаш вақтида керакли ўринларга бир неча иш реперни ҳам ўрнатилади. Нивелирлашда сувнинг ҳар қайси пикет тўғрисидаги сатҳига қоқилган қозикларга қўйилган рейкалардан ҳам саноқлар олинади.

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 нуқтадан тик BE чизик чиқариб, унга дарё кенглигига яқин узунлик (базис) ўлчаб қўйилади-да, E нуқта топилади. E нуқтага



XVIII. 58- шакл.



XVIII. 59- шакл.

теодолит ўрнатилади, AD створи бўйича қайиқда юрилади-да, чуқурлиги ўлчанадиган 1, 2, 3 нуқталарга қараб α_1 , α_2 , α_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_0 га кўра дарё сувининг оқишдаги нишаби қуйидагича аниқланади:

$$i = \frac{h}{d} = \frac{H_0 - H_0}{d}.$$

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:

$$i_{пк} = \frac{h'}{100} = \frac{H_{пкn} - H_{пкn-1}}{100},$$

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 вертушкани энг қулай бўлиб, унда сув тезлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$v = an + v, \quad (\text{XVIII. 10})$$

бунда a — тезлик коэффициенти, n — вертушка паррагининг 1 секунддаги айланиш сонни (иш жараёнида вертушка берган сигнал бўйича аниқланади), v — вертушка константаси (ўзгармас сонни).

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 $v_{\text{ср}}$ қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_{0,2h} + v_{0,8h}}{2} \text{ м/с,} \quad (\text{XVIII. 11})$$

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. Бунинг аниқлаш учун кўндаланг кесим юзи ω аниқланиши керак. XVIII. 59-шаклдаги трапециялар юзи кўндаланг кесим юзи ω бўлади, шунда:

$$Q = v_{\text{ср}} \cdot \omega. \quad (\text{XVIII. 12})$$

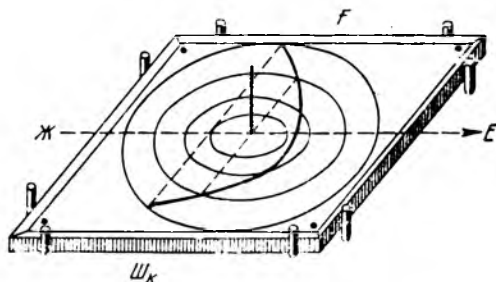
Q қиймати м³/сек ҳисобида кўрсатилади.

Сувнинг аниқланган сатҳи отметкалари бўйича дарё профили чизилади. Бунда юқорида кўргангиздек бош ва охири нуқтадаги сув сатҳи отметкаси бўйича умумий нишаб, ҳар қайси пунктдаги сув сатҳи отметкаси бўйича эса хусусий нишаб чизилади.

XVIII. 18. Ҳақиқий азимут йўналишини аниқлаш

Чизиқнинг ҳақиқий азимутини A_x астрономик кузатишлар орқали топилади, шулардан энг қулай ва осони билан танишамиз.

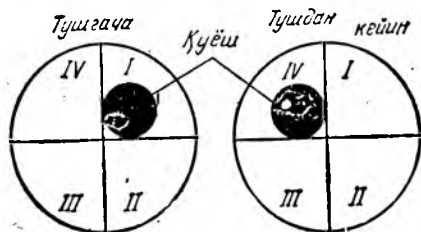
Гномон билан ишлаш. IX бобда Беруний таклиф этган усулда гномон ёрдамида кун ярим чизиғининг (меридианнинг) йўналишини аниқлашни кўриб чиқдик. Гномонни қуйидагича ясаш ва ишлатиш ҳам мумкин. Чизмачилик тахтаси ёки планшетга оқ қоғозни маҳкамлаб, унинг марказида (XVIII. 60-шакл) K нуқта белгиланади, шу 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 қозىқ 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 кесинган 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 азимутини аниқланадиган томоннинг учига ўрнатилади. Эрта соат 9 ларда ҳаво очиқ кун қуёш қуйидагича кузатилади. Аввал труба окулярига призмали маҳсус насадка ўрнатиладики, бу юқорига қарашга имкон беради. Насадкада қорамтир ойна бўлиб, бу орқали қуёшга қаралади. Агар кузатиш ёз мавсумида эрта 7 — 8 да олиб борилса, дудланган ойнани объектив олдида қўйиб, шу орқали қуёшга қараш ҳам мумкин. Трубани ДУ ёки ДЧ да Қуёшга қаратиб, алидада ва трубанинг қаратиш винтлари буралади-да, Қуёш диски нисбатан тўртининг I чорағига (XVIII. 61-шакл) келтирилиб, диск четлари вертикал ва горизонтал ишларга уринадиган қилиб қўйилади ва шу ол 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 жойндан қўзғатилмай ва турини 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 вақтин қайд қилиб, горизонтал доирадан саноқ олинади. Кейин эрталабки охири кузатишдан илгариги саноққа қўйиб, юқоридагича ишланади. Охирида эрталабки биринчи саноққа қўйиб, Қуёшни кузатгач, горизонтал доира саноғи олинади. Агар Қуёшнинг бир хил баландликда туринини эрталабки ва кечки кузатишда горизонтал доирадан олган саноқларнинг арифметик ўртасини ҳисоблаб, унга 180° қўшилса ҳақиқий меридиан йўналишини кўрсатувчи саноқ топилади, шу саноққа DY 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 жалвалдан олинади; φ — кузатилган нуқта кенлиги бўлиб, картадан олинади; $15t$ — бир кузатиш вақти ярмисининг бурчак ўлчовида ифодалангани (Ер бир минутда $15'$ га айланади). k — қиймати ҳамisha лимб саноқлари йиғиндисининг ярмидан алгебраик айрилади.

Ҳақиқий меридиан йўналишини аниқроқ белгилашда юлдузларни кузатиш усули, Ф. Н. Красовский ва бошқа олимлар татбиқ этган усуллар ҳам қўлланилади.

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 автоколимацон окулярдан ясалган бурчак ўлчаш 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 шарондда $0-75^\circ$ кенгламада мустақил равишда бажариш мумкин.

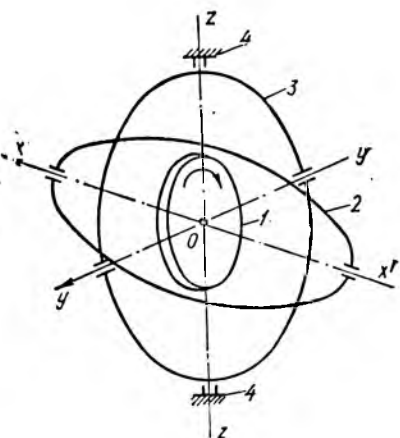
Гироскоп эркин бир ўқда катта тезлик билан айланадиган доиравий кузатиш деган маънони билдирадиган қурол; турли ҳолатида тўхтаб тура олади, чизиқ азимутини ҳар қандай жойда

$\pm 10 - 15''$ 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 (тўғри 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- шакл.



XVIII. 62- шакл.

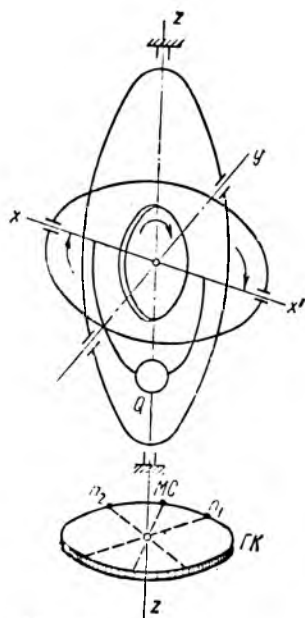
шаклда кўрсатилганидек оғир ротор 1 икки ҳалқа 2 ва 3 га осилган. Бунда ротор ҳалқа 2 подшипнигида XX' ўқ атрофида айланади; ҳалқа 2 билан ҳалқа 3 лар YY' ўқ атрофида айланади; кейин ротор 2 ва 3 ҳалқалар билан асос 4 подшипнигида ZZ' ўқ атрофида айланади. Ҳамма ўқлар кесишган нуқта O гироскоп маркази 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 тўғрилаб (ориентирлаб), у ер юзасидаги бир нуқтага қўйилса, Ернинг кўнлик ҳаракатига қарамай, ўқ ҳамма вақт xx' бўйича юлдузга қаратилган бўлади, гироскопнинг бу хоссаидан кузатиш нуқтаси меридианининг йўналишини аниқлашда фойдаланилади.

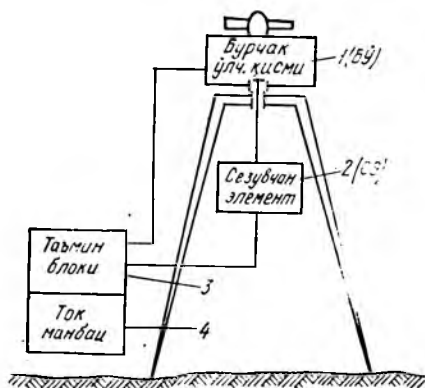
Эркин гироскопда ишқаланиш ва бошқа манбадан келган хатолар таъсирида тебраниш ҳосил бўлади ва бу ҳодиса *прецессия* дейилади.

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.

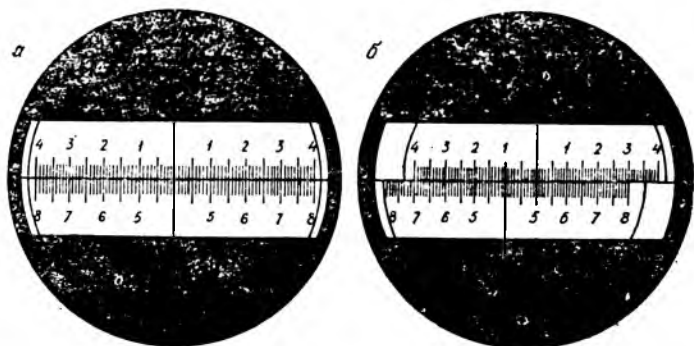


XVIII. 64- шакл. Гиротеодолитнинг блок-схемаси:

1 — бурчак ўлчаш қурилмаси, 2 — сезувчан элемент, 3 — таъмин блоки, 4 — ток манбаи.

индекс ўрнатилган, бу орқали ўқнинг шарқий ва ғарбий туришидан n_1 , n_2 саноқлар олинади; саноқларнинг арифметик ўртаси мувозанат ўрин бўлиб, кузатилган нуқтадаги меридиан йўналишини кўрсатади, яъни горизонтал доирадаги шимолний йўналишни, шимол ўрнини (ШЎ) кўрсатади.

Гироскопик теодолит (гиротеодолит) схемаси. Чет мамлакатларда гироскопас деб ҳам юритиладиган гиротеодолит асосан маятникли гироскопик датчик бўлиб, сезувчи элемент — СЭ 2 ва бурчак ўлчаш қурулти мосламаси — БЎ 1 дан ясалади (XVIII. 64-шакл). Бурчак ўлчаш мосламаси гироскопик доирадан саноқ олиш мосламаси бўлган шкала (XVIII. 65-шакл) ва кўриш трубасидан ясалган. Булардан ташқари, гиротеодолит қисмларини ҳаракатга келтириш учун электр манбаи билан таъминланади, бу эса ток манбаи 4 ва таъминлаш блоки 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 саноқ олиш учун

Гиротеодолит билан ишлашда ҳамма ўлчаш иши кузатиш олиб бориладиган нуқтадаги шовун чизикқа ва горизонт текислигига келтирилади. Шу жиҳатдан гироскопик азимут астрономик азимутга ўхшаш бўлади.

Ватанимизда гиротеодолит номида MBT2, MBT1, МББ4 шифр билан чиқариладиган асбоблар кенг қўламда ишлатилади. Чет мамлакатларда гироскопмас номида чиқадиган ГДР да MRK2; 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 айланishi 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 келадики, бу ҳақиқий меридиан йўналиши бўлади. Сезувчи элементнинг бу туришини 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, горизонтга доира-нинг саноқ олиш мазмунини гироскоп роторининг айланиш ўқига нисбатан Δ бурчак остида ўрнагилган. Шунга кўра, горизонтга доирадаги шимол ўрни (Шў) XVIII. 66-шаклда кўрсатилганидек қуйидагича бўлади:

$$\text{Шў} = N_0 - \Delta, \quad (\text{XVIII. 15})$$

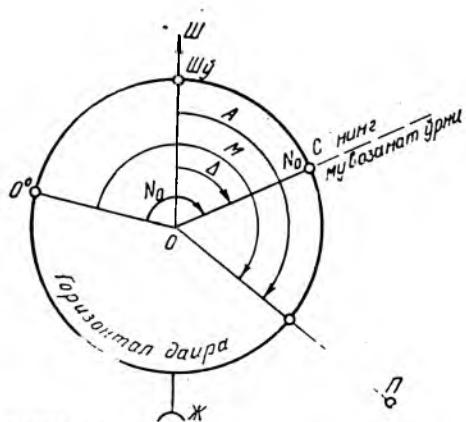
бу ерда Δ — гиротеодолитнинг ўзгармас тузатмаси.

Асбоб ўрнатилган нуқтадан кузатиладиган (қаралган) нуқта (пункт) П га бўлган йўналиш ОП нинг астрономик азимут A горизонтга доира саноғи бўйича қуйидаги формуладан топилади:

$$A_n = M - \text{Шў} = M + \Delta - N_0, \quad (\text{XVIII. 16})$$

бу ерда M — трубаши П га қаратиб, доирадан олинган саноқ.

Агар астрономик азимут A орқали шу йўналишнинг геодезик азимут 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 паспортида 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 ишни бошқарувчи ташкилот раҳбари шу объектдаги ишнинг моҳияти, жой шароити, 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 ҳоли жойларда ишлаш имкониятини яратиш лозим. Ёз пайтларида асбоб билан ишловчилар махсус зонт билан таъминланган бўлсинки, бу ҳам асбоб, ҳам ишловчинини Қуёш нисигидан сақлайди. Асбоб кимсасиз далада очик қолдирилмайди. Геодезик ишларда қатнашувчиларнинг қулоқ ва кўзлари соғлом бўлиши керак.

Темир йўл қурилишларида ишловчилар сигнал беришнинг қабул қилинган қондаларини ва ундан фойдаланишни, 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 тўлалигини текшириб кўриш зарур.

АДАБИЁТ

1. Афанасьев В. Г. и др. Геодезия и маркишейдрское 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 строительно-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. Крют 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. Шнлов П. И., Федоров В. И. Инженерная геодезия и аэрофотогеодезия. М., Недра, 1971.

МУНДАРИЖА

Сўз 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 Райҳон 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 тўғри	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 қонуниятлари	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 хатонинг энг эҳтимоллий 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. Съёмка ва унинг турлари	75
VI. 2. Съёмка 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 чизик олиш ва ўлчаш	92
VIII. 1. Чизик олиш	92
VIII. 2. Чизик 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 чизик ўлчаш	102
VIII. 7. Бевосята ўлчаб бўлмас масофани аниқлаш	103
IX боб. Ориентирлаш	105
IX. 1. Жойда чизиклар 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 бурчаклари орқали ички бурчакни ҳисоблаш	112
IX. 6. Подигон 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 трубасининг катталаштириши	133
X. 9. Трубанинг кўриш майдони	135
X. 10. Кўриш трубасининг катталаштиришини аниқлаш	136
X. 11. Иплар тури	137
X. 12. Тасвирининг равшанлиги	138
X. 13. Кўриш трубасини кўзга ва нарсга 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 трубасини нарсга 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. Оптикий 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 съёмкаси ва усуллари	181
X. 35.	Теодолит йўллари ва уларнинг аҳамияти	185
XI боб.	Горизонтал съёмканинг 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.	Эпиқ полигонларда координата орттирмаларини тенглаш	195
XI. 5.	Орттирмалардаги йўл қўярли хатони аниқлаш	197
XI. 6.	Очиқ полигон координата орттирмаларини тенглаш	198
XI. 7.	Тўғри 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.	Планиметрининг тузилиши	207
XI. 12.	Қутбли планиметр назарияси	209
XI. 13.	Қутбли планиметрини 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-2К планиметри	215
XI. 17.	ПП-М планиметри	216
XII боб.	Полигонни таянч нуқталарга планий боғлаш	216
XII. 1.	Боғлашдаги ҳоллар. Ҳисоблаш тартиби	216
XII. 2.	Геодезик кестирмалар	222
XII. 3.	Диагоналсиз тўртбурчаклик	223
Учинчи бўлим.	Вертикал съёмка	224
XIII боб.	Вертикал съёмкадаги геодезик ишлар	224
XIII. 1.	Вертикал съёмка 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 рейкалари 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 нуқтли нивелирлар	247
XIII. 13.	Геометрик нивелирлашдаги хатолар	250
XIII. 14.	Нивелирдан рейкагача бўлган маъқул массафа	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 боалиқ 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. Кўндаланг 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 съёмкалар	300
XV боб. Тахеометрик съёмка	300
XV. 1. Топографик съёмка ва унинг моҳияти	300
XV. 2. Тахеометрик съёмка 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. Иккиланма тасвирли дальномерлар	310
XV. 9. Дифференциал дальномерлар	311
XV. 10. ДД-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 съёмкани асослаш	233
XV. 20. Тахеометрик съёмка қилиш	234
XV. 21. Тахеометрик съёмканинг камераль ишлари	337
XV. 22. Тахеометрик съёмка планини чизиш	339
XVI боб. Мензулавий съёмка	341
XVI. 1. Мензулавий съёмка ва унинг моҳияти	341
XVI. 2. Мензулавий съёмка асбоблари	341
XVI. 3. Мензулаш ва кипрегелини текшириш	347
XVI. 4. Мензулавий съёмка қилиш	350
XVI. 5. Чамалаб ўлчаш съёмкаси ҳақида тушунча	356
XVII боб. Фототопографик съёмка ҳақида тушунча	357
XVII. 1. Умумий маълумот	357
XVII. 2. Аэрофототопографик съёмка	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 баландлигини 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. Иш шартнон режалашда асос пунктлар, қурилиш тўри	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

XVIII. 9. Кенг дарёлардан отметка узатиш	386
XVIII. 10. Кўприк қуриш жойини режалаш	387
XVIII. 11. Ер ишларини режалаш	389
XVIII. 12. Қия текисликни лойиҳалаш	394
XVIII. 13. Ер ости ишоотларини режалаш	395
XVIII. 14. Колонналарни ўрнатиш	396
XVIII. 15. Вертикал текисликдаги проекциялаш ишлари	398
XVIII. 16. Инженерлик ишоотлардаги деформацияни аниқлаш	400
XVIII. 17. Гидротехникавий қурилишларда бажариладиган геодезик ишлар	401
XVIII. 18. Ҳақиқий азимут йўналишини аниқлаш	405
XVIII. 19. Гироскопик ориентирлаш ва гироскоп	406
XVIII. 20. Геодезик ишларда хавфсизлик техникаси	410
Адабиёт	411

На узбекском языке

Кадыр Нарходжаевич Нарходжаев

Инженерная геодезия

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования в качестве учебника для высших технических учебных заведений

Ташкент — «Ўқитувчи» — 1984

Муҳаррир А. С. Тўрахонов

Рисом П. Федоров

Бадий муҳаррир Ф. Неккадамбаев

Техник муҳаррир Т. Скиба

Корректор Ж. Нуриддинова

ИБ № 2609

Теоинга берилди 6.12 1982 й. Босинга рухсат этилди 19.12. 1983 й. Р21425. Формат 60x90¹/₁₆. қоғози № 3. Кегли 10 японсиз. Гарнитура «Литературная». Юқори босма усулида босилди. Шартли б. л. 26,0. Нашр. л. 24,83. Тиражи 4000. Зак. № 2532. Баҳоси 1 с 30 т.

«Ўқитувчи» нашриёти. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. Шартнома № 11—55—82.

ЎзССР нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари Давлат комитети. Тошкент «Матбуот» полиграфия ишлаб чиқариш бирлашмасининг Бош корхонаси. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. 1984 й.

Главное предприятие ТППО «Матбуот» Государственного комитета УзССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. г. Ташкент, ул. Навои, 30.