ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА - ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

С.А. Тошпўлатов, Ш.Қ. Авчиев,

Н.В. Ковалёв

ОЛИЙ ГЕОДЕЗИЯ

(Планли таянч тўрларни лойиҳалаш ва баҳолаш)

Ў қ у в қ ў л л а н м а

Тошкент – 2002

УДК 528.3

Муаллифлар: **С.А. Тошпўлатов,**

Ш.Қ. Авчиев, Н.В. Ковалёв

Олий геодезия. Ўқув қулланма.

Тошкент архитектура-қурилиш институти.

Мазкур қўлланмада олий геодезиянинг асосий геодезик ишлар қисмига оид бўлган геодезик планли таянч тўрларини барпо этишда лойиҳалаш ва баҳолаш масалалари берилган.

Қўлланма геодезия, картография ва кадастр соҳасида таълим олаётган талабаларга мулжалланган.

Тақризчилар: Тошкент архитектура-қурилиш институти геодезия ва кадастр кафедраси мудири т.ф.н. Д.О. Жўраев, Марказий аэрогеодезия корхонаси директори И. В. Ходжаев.

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги тур-дош олий ўқув юртлари учун қўлланма сифатида тавсия этган.

МУНДАРИЖА

1. Кириш. Ер эллипсоиди тўғрисида асосий тушинчалар

Олий геодезияда қўлланиладиган координаталар системалари

1.1Кириш

Ернинг шакли ва катталигини аниқлаш, геодезик таянч тармоқларини барпо қилиш **олий геодезиянинг** вазифалари ҳисобланади.

Олий геодезияда ечиладиган масалалар илмий ва илмий-техник масалаларга бўлинади.

Геодезик, гравиметрик, астраномик ўлчашлар ва Ер сунъий йўлдошларини кузатиш натижаларидан фойдаланиб Ер шакли ва катталикларини ўрганиш, Ер пўстлоғининг ҳаракати, материкларнинг силжиши, океан ва денгизлар сатҳларини бир биридан фарқини аниқлаш олий геодезиянинг асосий илмий масалалари ҳисобланади.

Давлат аҳамиятига эга бўлган геодезик тармоқларни барпо этиш, бу жараёнда ўлчаш усулларини асослаш ва ўлчаш натижаларини математик ишлаб чиқиш, геодезик ўлчаш ишларни илмий асосланган ҳолда ташкил этиш, олий геодезиянинг илмий-техник масалалари ҳисобланади.

Юқорида келтирилган масаларини ечишда олий геодезия бир неча бўлимларга бўлинади: асосий геодезик ишлар, сфероидик геодезия, назарий геодезия,. Бу бўлимларнинг ҳар бири мустақил фан сифатида ўрганилади.

Сфероидик геодезияда эллипсоид сатҳида геодезик масаларни ечишнинг математик усуллари ўрганилади.

Назарий геодезияда Ер шаклини ўрганишнинг физикавий назарияси ва бевосита ўлчаш натижаларидан фойдаланиб унинг гравитацион майдони ўрганилади.

Асосий геодезик ишларда мукаммал асбоблар ёрдамида юқори аниқликдаги геодезик ўлчашларни бажариш усуллари, ўлчаш натижаларидан фойдаланиб Ер сатҳидаги нуқталарни координаталарини аниқлаш ва координаталари аниқланган нуқталарни жойда махсус геодезик белгилар билан бел-

гилаб пунктлар системасини, яъни геодезик таянч тармоқларини ҳосил қилишни ва булардан фойдаланиб Ер пўстлоғининг харакатини, материкларнинг силжишини, океан ва денгизлар сатҳларининг бир бирларидан фарқларини аниқлаш каби масалаларни ечиш ўрганалади.

1.2. Ернинг шакли ва катталиклари тўғрисида асосий тушинчалар

Ернинг умумий шаклига ўхшаш ва уни ифодалай оладиган маълум бир юза бошланғич юза деб қабул қилинади. Геодезияда бошланйғич юза қилиб Ернинг асосий сатҳий юзаси олинган. Барча нуқталарида шовун чизиғига перпендикуляр бўлган юзага **сатҳий юза** дейилади. Ер юзасидаги ҳар бир нуқтадан сатҳий юза ўтказиш мумкин. Океанларни тинч турган сув сатҳини Ернинг қуруқлик қисми остидан фикран давом эттириш натижасида ҳосил қилинган сатҳий юзага Ернинг **асосий сатҳий юзаси** дейилади.

Бутун Ер юзасини асосий сатҳий юза билан чекланган шакли Ернинг шакли деб олинади ва уни геоид деб аталади.

Ернинг геоид шакли шовун чизиғини йўналишига, яъни тортиш кучи таъсирига, тортиш кучи эса Ер бағридаги жинсларнинг жойланиши ва зичлигига боғлиқ. Зичлиги катта бўлган жинс томонга шовун тортилиши натижасида геоид юзаси мураккаб тўлқинсимон бўлади.

Ер пўстлоғини ташкил этган жисмларнинг зичлиги тўлиқ ўрганилмаганлиги сабабли геоидни аниқ шаклини билиш қийин масала ҳисобланади. Геодезиянинг илмий ва амалий масалаларини ечишда геоид шаклини аниқ билиш зарур эмаслигини академик М.С. Молоденский ўз илмий ишлари билан исбот қилди (1945 й). У геодезик ўлчашлар натижасидан фойдаланиб Ерни табиий юзасининг шаклини аниқлаш назариясини ишлаб чиқди. Ернинг табиий юзасини ўрганиш учун Молоденский геоид шаклига яқин келадиган **квазигеоид** деб аталадиган ёрдамчи юзани таклиф этди. Океанлар сатҳида геоид билан квазигеоид юзалари бир бирига мос, лекин қуруқликда улар бир

биридан фарқ қилади; текисликда улардаги фарқ бир неча сантиметр бўлса, тоғли жойларда 1÷2м га яқин.

Геоид (квазигеоид) шакли мураккаб бўлганлигидан уни математик ифадалаш учун тўғри геометрик шакл билан алмаштириш зарур. Геодезик ўлчашлар геоидни **айланма эллипсоидга**, яъни эллипсни кичик ўқи атрофида айланишидан ҳосил бўлган геометрик шаклга яқин эканлигини кўрсатади.

Шу сабабли геодезияни математик масалаларини ечишда **ер эллипсоид** сатҳидан фойдаланилади, бунда ер эллипсоиди Ер шаклига максимал даражада яқин бўлиши керак. Бундай эллипсоид **умумий ер эллипсоиди** деб аталади ва қуйидаги шартларни қаноатлантиради:

- эллипсоид маркази Ер оғирлик маркази билан ва уни экватори ер экватори текислиги билан мос тушиши керак.
- эллипсоид сатҳи билан квазигеоиднинг баландликлар бўйича оғишлари квадратларининг йиғиндиси энг кичик (минимал) бўлиши керак.
- геоид ҳажми билан эллипсоид ҳажми тенг бўлиши керак.

Айрим давлатларда (ёки бир неча давлатларда) бажарилган геодезик ўлчашлар натижасида келтириб чиқарилган эллипсоид **референц эллипсоид** деб аталади.

Референц эллипсоид билан умумий ер эллипсоиди бир биридан қуйидагилар билан фарқ қилади:

- эллипсоид марказлари устма-уст тушмайди ва ўлчамлари бир биридан фарқ қилади;
- эллипсоид сатҳи билан квазигеоиднинг баландликлари бўйича оғишлари квадратларининг йиғиндиси минимал бўлиши шарти бутун ер юзаси учун эмас, балки фақат эллипсоид ўлчамларини келтириб чиқаришда геодезик ўлчаш ишлари бажарилган қисм учун қониқтирилади.

Бундан шундай хулоса қилиш мумкинки референц эллипсоид маълум ўлчамларга эга, у ер қарида ориентирланган эллипсоид бўлиб, унинг ўлчамларини аниқлашда қайси территорияда бажарилган геодезик ўлчашлар-

дан фойдаланилган бўлса ўша территориядаги давлатларда бажарилган геодезик ўлчаш натижаларини қайта ишлашда фойдаланиш мумкин.

1940 йил Москвада жойлашган геодезия, аэрофотосъемка ва картография марказий илмий тадқиқот институтида профессорлар Ф.Н. Красовский ва А.А. Изотовлар раҳбарлигида Ер эллипсодининг ўлчамлари ҳисоблаб чиқилди, бунда ҳозирги МДХ давлатларида, АҚШ ва ғарбий Европа давлатларида бажарилган геодезик, гравиметрик ва астрономо-геодезик ўлчаш натижаларидан фойдаланилди.

МДХ давлатларида 1946 йилдан Красовский ва Изотов раҳбарлигида аниқланилган ўлчамлардан фойдаланилмоқда, бу референц эллипсоидга **Красовский эллипсоиди** деб ном берилган.

МДХ давлатларидаги геодезия пунктларни координаталарини биргаликда тенглаштириш ва суний йўлдошлар кузатиш натижаларидан фойдаланиб топилган ер эллипсоиди ўлчамлари 1995 йилдан МДХ давлатларида геодезик координаталарини ҳисоблашда ишлатилмоқда. Бу ўлчамлар система координат – 95 ёки қисқартирилган ҳолда СК - 95 деб номланган.

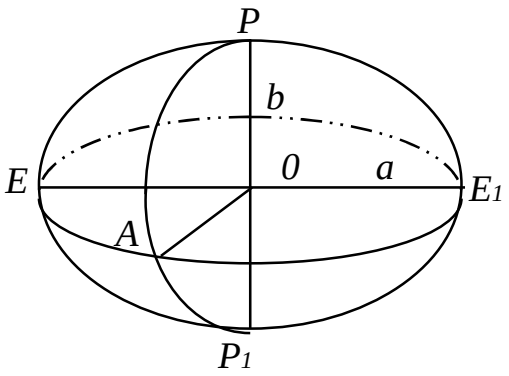
Бир қанча мамлакатларнинг олимлари турли йилларда Ер эллипсоди ўлчамларини ҳисоблаб чиқарганлар. Шу ҳисоблашлар натижаларидан баъзилари 1.1. жадвалда берилган.

1.1. жадвал

Муаллиф олим	Ўлчамлар ҳисобланган йил	*А* *(м)*	А	Мамлакат-лар номи
Деламбр	1800	6375563	1:334	Франция
Вольбек	1819	6376896	1:302,8	
Бессель	1841	6377397	1:299,2	Германия
Кларк	1880	6378249	1:293,5	Англия
Жданов	1893	6377714	1:299,6	Россия
Хейфорд	1909	6378388	1:297	АҚШ
Красовский	1940	6378245	1:298,3	СССР

СК- 95	1995	6378136	1:298,2578	МДХ

1.3. Ер эллипсоидини асосий параметрлари



1.1 – шакл

1.1 шаклда:

O - эллипсоид маркази;

PP_1 - эллипсоид айланиш ўқи;

$OEAE_1$ - экватор тикислиги;

a – эллипсоид катта ярим ўқи (*a*қ*OE*қOE_1қ*OA*);

b – эллипсоид кичик ярим ўқи (*b*қ*OP*қOP_1) келтирилган.

Бундан, α - эллипсоид қутб сиқилиши,

$$\sim = \frac{a-b}{a};$$

e – эллипсоид биринчи эксцентриситети

$$e^2 = \frac{a^2-b^2}{a^2};$$

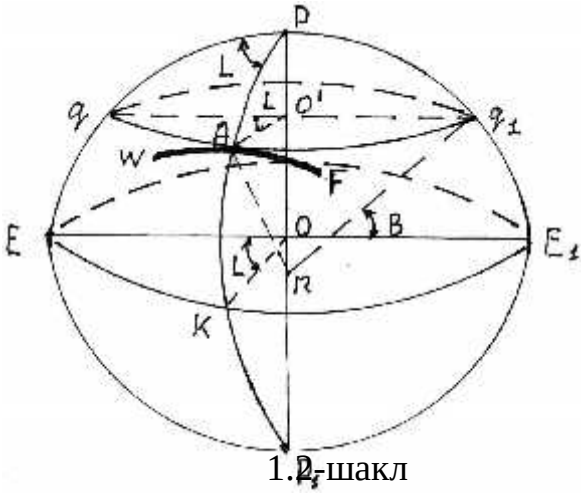
e’-эллипсоид иккинчи эксцентриситети

$$e'^2 = \frac{a^2-b^2}{b^2};$$

ни аниқлаш мумкин. Бунда, *a*, *b*, α, *e*, *e*’ - Ер эллипсоиди параметрлари бўлиб, улардан *a*, *b* (ёки *a*, *α*) асосий, қолганлари ёрдамчи параметрлар дейилади.

1.4. Ер эллипсоидининг асосий нуқталари, чизиқлари ва текисликлари

Ер эллипсоидининг асосий нуқталари ва текисликларига қуйидагилар киради: шимолий *P* ва жанубий P_1 қутблар, эллипсоид айланиш ўқи PP_1, меридиан, экватор, параллел, нормал, нормал кесим, бош нормал кесимлар – меридиан ва биринчи вертикал.



1.2-шакл

1.2 шаклда *O* - эллипсоид маркази. Ер эллипсоиди айланиш ўқига перпендикуляр ва унинг марказидан ўтувчи $OEKE_1$ текислик **экватор текислиги**, бу текислик эллипсоидни кесиши натижада ҳосил қилинган EKE_1 чизиқ **экватор** дейлади.

Экватор айлана бўлиб, унинг радиуси катта ярим ўқ OEқOKқOE_1қа га тенг. Экватор текислигига параллел бўлган текислик эллипсоидни кесиши натижасида ҳосил қилинган кесимлар ҳам айланалар бўлиб, улар **параллеллар** деб аталади. Масалан 1.2 шаклда *A* нуқтадан ўтган параллел текислик O_1qAq_1, ва параллел чизиқ qAq_1. Келтирилган эллипсоид сатҳидаги ихтиёрий нуқтадан параллел ўтказиш мумкин.

Параллелнинг эллипсоиддаги ҳолати параллел ўтказилган нуқта кенглиги билан ифодаланади. Эллипсоид айланиш ўқига перпендикуляр бўлмаган текислик билан эллипсоидни кесиш натижасида ҳосил бўлган кесим **эллипс** бўлади. Эллипсоид кичик ўқидан ўтувчи текислик меридиан текислиги дейилади. Масалан *A* нуқтадан ўтган меридиан текислиги $PAKP_1OO_1$ текисликдан иборат. Меридиан текислиги эллипсоид сатҳини кесиши натижасида ҳосил бўлган кесимга **меридиан чизиғи** дейилади.

Эллипсоид сатҳидаги ихтиёрий нуқтадан меридиан ўтказиш мумкин, меридианнинг эллипсоид сатҳидаги ҳолати узоқлик орқали ифодаланади.

Берилган нуқтадан эллипсоид сатҳига туширилган перпендикуляр чизиқга **нормал чизиқ** дейилади. Нормал чизиқда ётувчи меридиан текислигига **геодезик меридиан текислиги**, унинг эллипсоид сатҳидаги кесимига **геодезик меридиан дейилади.** Масалан 1.2 шаклда *A* нуқтадан ўтган нормал чизиқ - A_n тасвирланган. Нормал чизиқ эллипсоид айланиш ўқини кесиб ўтади. Нормал чизиқдан чексиз кўп нормал текисликлар ўтказиш мумкин. Нормал текислик нормал чизиқ туширилган нуқтага уринма бўлган текисликка перпендикуляр бўлади. Нормал текислик эллипсоид сатҳини кесиши натижасида ҳосил қилган **кесимга нормал кесим дейилади.** Шундай қилиб, меридиан нормал кисимлардан бири бўлади. **Берилган нуқтада меридиан текислигига перпендикуляр бўлган нормал текисликка биринчи вертикал текислиги дейилади ва уни эллипсоид сатҳида ҳосил қилган кесимига биринчи вертикал дейилади.** (1.2 шаклда А нуқтадаги биринчи вертикал - *WAF* тасвирланган).

Меридиан ва биринчи вертикалга бош нормал кесимлар дейилади.

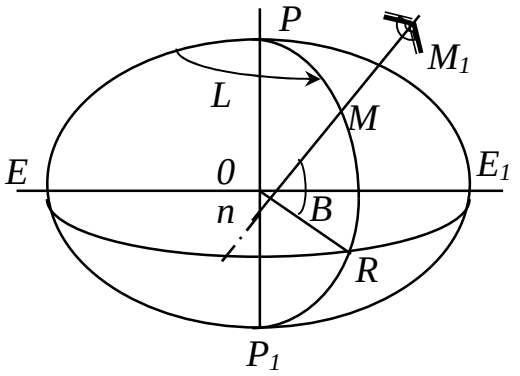
1.5. Олий геодезияда қўлланиладиган координаталар системалари

Текисликда, фазода, бирон бир сатҳда (эллипсоид сатҳида, шар сатҳида ва ҳ.к.) қабул қилинган ҳисоб бошига нисбатан нуқтанинг ҳолатини ифодаловчи чизиқли ва бурчак катталиклари **координаталар** дейилади.

Нуқтанинг ҳолати қайси чизиқлар ва текисликларга нисбатан аниқланланса шу чизиқларга **координаталар ўқлари**, текисликларга **координаталар текисликлари** дейилади.

Геодезияда географик (геодезик ва астрономик) ва тўғри бурчакли координата системалари асосий координата системалари ҳисобланади.

1.5.1. *B* ва *L* –геодезик координаталар системаси (1.3. шакл)



1.3-шакл

Берилган нуқтадан эллипсоид сатҳига ўтказилган M_1n-нормал чизиқ билан экватор текислиги орасида ҳосил бўлган *B*-бурчакга нуқтанинг **геодезик кенглиги** дейилади. (1.3- шакл) Шимолий ярим шарда кенглик мусбат ҳисобланади ва унинг индексига «ш» белги қўйилади, жанубий ярим шарда кенглик манфий ҳисобланади ва унинг индексига «ж» белги қўйилади. Кенглик 0°-90° оралиқда ўзгаради.

Бошланғич меридиан текислиги билан узоқлиги аниқланаётган нуқтадан ўтган геодезик меридиан текислиги орасидаги икки ёқли бурчакга нуқтанинг **геодезик узоқлиги** дейилади.

Бошланғич меридиан текислигидан шарқда жойлашган нуқтанинг узоқлиги мусбат ҳисобланади ва унинг индексига «Шқ» белги қўйилади.

Бошланғич меридиан текислигидан ғарбда жойлашган нуқтанинг узоқлиги манфий ҳисобланади ва унинг индексига «F» белги қўйилади. Узоқлик 0°-180° оралиқда ўзгаради.

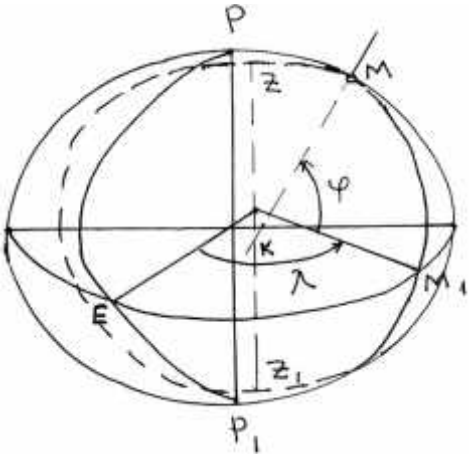
Геодезик координаталар геодезик ўлчаш натижаларидан фойдаланиб ҳисоблаб топилади. Геодезик координаталар бутун эллипсоид сатҳи учун умумий (яхлит) системадир. Меридианлар ва параллеллар координата чизиқлари ҳисобланади.

1.5.2. ¨ ва *λ* – астрономик координаталар

Нуқтадан ўтган шовун чизиғи йўналиши (геоид сатҳига нормал чизиқ) билан экватор текислиги орасида ҳосил бўлган *φ* бурчакга **астрономик кенглик** дейилади.

Берилган нуқтадан ўтган шовун чизиғида ётган текислик **астрономик меридиан** текислик дейилади ва у Ер айланиш ўқига параллел бўлади.

Нуқтадан ўтган астрономик меридиан билан бошланғич меридиан текислиги орасида ҳосил бўлган λ икки ёқли бурчакга **астрономик узоқлик** дейилади.



1.4-шаклда ZMM_1Z_1 –M нуқтадан ўтган астрономик меридиан;

MK – шовун чизиғи;

PEP_1 – бошланғич меридиан текислиги;

1.4-шакл

Астрономик координаталарда кенглик ва узоқликлар ҳисоби ўзгариш оралиғи, ишораси (белгиси) геодезик координаталардаги сингари.

Геоид сатҳи референц эллипсоид сатҳи билан устма-уст тушмайди. Шу сабабли ўз навбатида шовун чизиғи билан эллипсоид сатҳига туширилган нормал ҳам устма-уст тушмайди. Улар орасида ҳосил бўлган бурчакга ушбу нуқтадаги **шовун чизиғининг оғиши** дейлади. Шовун чизиғининг оғиши кенглик бўйича ξ (кси) ва узоқлик бўйича η (эта) ташкил этувчиларга ажратилади.

Астрономик ва геодезик координаталар қуйидаги боғланишга эга: φ - B қ

$$\xi, ; \qquad \lambda - L \text{ қ } \eta \sec \varphi$$

Ер шар шаклида деб олинганда, Ер эллипсоид шаклида эканлиги номаълум бўлган даврларда, координаталар астрономик кузатишлар орқали аниқланган ва улар **«географик координаталар»** деб аталган. Ҳозирги вақтда геодезик ва астрономик ўлчашлар аниқлиги ошиши билан нуқтанинг геодезик ва астрономик координаталари орасида фарқ катта эканлиги аниқланди. Шунга қарамасдан бу икки координаталар системасини «географик координаталар» деб номлаш ҳозиргача сақланиб бормоқда.

Энди ориентирлаш бурчаклари билан танишамиз.

Эллипсоидда ориентирланаётган йўналиш бўйича ўтказилган нормал текислик билан геодезик меридиан текислиги орасида ҳосил бўлган «*А*» бурчакга **геодезик азимут** дейилади.

Геоидда ориентирланаётган йўналиш бўйича ўтказилган коллимацион текислик билан астрономик меридиан текислиги орасида ҳосил бўлган бурчакга **«А» астрномик азимут** дейилади (коллимацион текислик шовун чизиғида ётади).

Азимутлар меридиан шимолий йўналишидан соат кўрсатгичи ҳаракати бўйича ориентирланаётган йўналишгача ўлчанади, у 0˚ - 360˚ оралиқда ўзгаради.

$$AZa - (\lambda - L) \sin \varphi$$

га **Лаплас тузатмаси** дейилади.

Геодезик азимут астрономик азимутга тузатма киритиш орқали ҳисоблаб топилади

$$Aқ\ a - (\lambda - L) \sin \varphi$$

ва бу азимутни **Лаплас азимути** деб аталади.

Геодезик тўрларда Лаплас азимутлари бошқа ўлчашларга боғлиқ бўлмаган ҳолда ўлчанади ва геодезик тўр томонларини керакли аниқликда ориентирлашни таъминлайди.

1.5.3. Ясси, тўғри бурчакли Гаусс координата системаси (Гаусс проекцияси)

Эллипсоид сатҳини текисликда тасвирлашда нуқталарнинг ўзаро ҳолати ўзгаради ва бунинг натижасида узунликлар, бурчаклар ва юзаларда хатоликлар келиб чиқади.

Геодезик мақсадларда проекциядаги бурчак катталиги билан жойдаги бурчак катталиклари тенг бўлиши чизиқ ва юзаларда хатоликлар кичик бўлиб, уларни тузатиш учун тузатмаларни ҳисоблашда ишлатиладиган формулалар содда бўлиши керак.

Умуман олганда эллипсоидни текисликда тасвирлашда келиб чиқадиган ҳар қандай хатони қандай катталикда бўлишидан қатъий назар ҳисоблаб топиш мумкин, лекин айрим ҳолларда катта хатоликларни ҳисоблаш геодезик ўлчаш натижаларини бевосита эллипсоид сатҳида қайта ҳисоблашга нисбатан ҳам мураккаброқ бўлади. Шу сабабли геодезик мақсадларда эллипсоид сатҳини катта бўлмаган қисмини текисликда тасвирланади. Унда хатоликлар жуда катта бўлмайди ва ҳисоблаш ҳам анча осон бўлади. Агар катта майдонни текисликда тасвирлаш керак бўлса, у ҳолда эллипсоид кичик участкаларга (зоналарга) бўлинади ва ҳар бир участка текисликда ўз ясси координаталар системасида тасвирланади.

Геодезик ишлар амалиётида Гаусс кўндаланг цилиндрик проекцияси кенг қўлланилади. Профессорлар В.В. Коврайский, Н.Н. Матусевич ва Н.Г. Келл таклифиги кўра 1928 йилдан бошлаб Ўзбекистонда ва МДХ давлатларида (айрим Европа мамлакатларида) олти градусли зоналардан иборат бўлган тўғри бурчакли Гаусс координаталар системаси қўлланилади.

Эллипсоидни тенг бурчакли кўндаланг цилиндрик проекциялаш немец геодезисти ва инженери Гаусс томонидан 1825-1830 йилларда ишлаб чиқилган. 1912 йил немец геодезисти Крюгер тўғри бурчакли координаталарни геодезик координаталар функцияси кўринишидаги ишчи формулаларини келтириб чиқарди. Шу сабабли бу проекцияни Гаусс-Крюгер проекцияси деб ҳам аташади. Кейинчалик бошқа олимлар томонидан Крюгер формулаларига нисбатан кўп жихатдан қулай бўлган формулалар таклиф этилди, бу эса ўз навбатида ушбу проекциясини фақат муаллифи номи билан яъни Гаусс проекцияси деб аташга асос бўлди.

Гаусс проекциясини қўллашда ер эллипсоиди меридианлар ёрдамида зоналарга бўлинади, ҳар бир зона ўртасидан ўтувчи меридианга **ўқ меридиани** дейилади ва унинг узоқлиги L_0 деб белгиланади.

Гаусс проекцияси бу тенг бурчакли эллипсоид проекцияси бўлиб, зона ўқ меридиани бўйича масштаб доимийдир. Сиқилиш нолга тенг бўлган хусусий ҳолатда бу шарни кўндаланг меркатор проекцияси бўлади. Шу сабабли

АҚШ, Англия ва айрим давлатларда Гаусс проекциясини Меркатор кўндаланг проекцияси деб аташади ва уч градусли, олти градусли зоналар билан қўллашади.

Ҳар бир зона ўқ меридиани абсцисса ўқи, экватор тасвири эса ордината ўқи деб қабул қилинади.

Ҳар бир зонада ўқ меридиани билан экватор чизиғининг кесишган нуқтаси координата боши деб қабул қилинади. Уч ва олти градусли зоналар Гаусс проекциясида хатоликлар беради лекин бу хатоликлар юқори аниқликда ҳисоблаб топилади.

Эллипсоид сатҳини текисликга проекциялашда келиб чиқадиган масалаларни кўриб чиқайлик.

Фараз қилайлик эллипсоид сатҳида *CDE* (1.5. шакл). Сферик учбурчаги ясалган бўлсин, унинг барча бурчаклари, *CD* томон узунлиги ва бу томони геодезик азимути улчанган ҳолда *C* нуқта геодезик координаталари *B,L* маълум бўлсин. *C* нуқтадан ўқ меридианига параллел бўлган *CT* кичик доира ёйини ўтказамиз, унда ү бурчак меридианларнинг геодезик яқинлашиш бурчаги бўлади.

Текисликда проекцияланган зона ўқ меридиани ва экватор чизиғи ўзаро перпендикуляр бўлган тўғри чизиқлар билан тасвирланади. Бу чизиқлар Гаусс координаталар системасида *ox* ва *oy* ўқларини ҳосил қилади.

C нуқтадан ўтган *CP* меридиан текисликда *CP* эгри чизиқ билан, ўқ меридианга параллел бўлган *CT* чизиқ эса *ox* га параллел бўлган *Ct* тўғри чизиқ билан тасвирланади, тенг бурчакли проекция бўлганлиги учун *үқ LCPt*, бурчак *LPCT* бурчакги тенг бўлади.

CDE учбурчак томонлари проекцияда эгри чизиқ шаклида тасвирланади ва унинг томонлари эллипсоиддаги мос томонларга тенг бўлмайди, аммо проекциядаги бурчаклар эллипсоиддаги бурчаклар билан тенг бўлади.

Учбурчакни текисликда ечиш учун уни эгри томонлари ватарлар билан алмаштирилади ва бурчакларига йўналишлар учун тузатмалар киритилади.

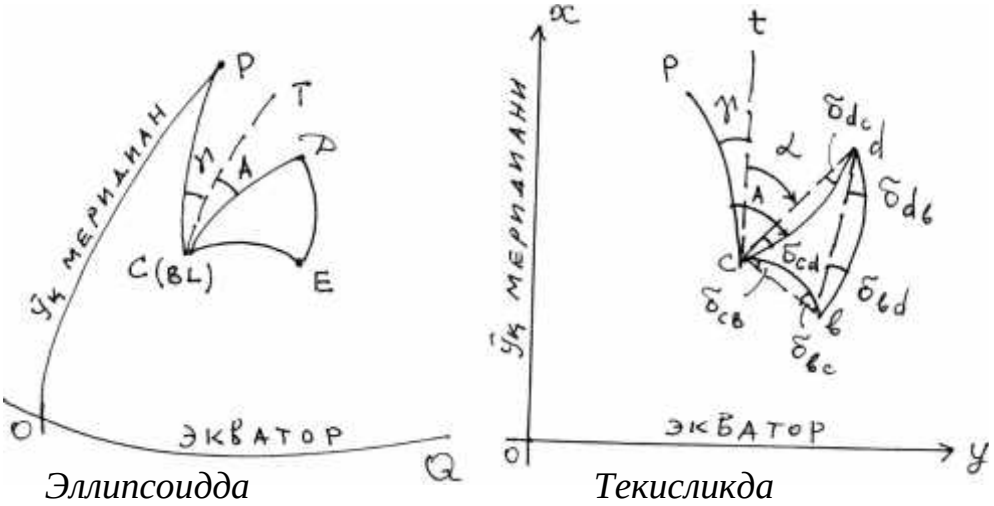
Ватар билан эгри чизиқ орасида ҳосил бўлган δ_{cd} бурчакга геодезик чизиқ эгри тасвирланганлиги учун **йўналишга тузатма дейилади**.

Хусусий масштабга мос равишда учбурчакнинг томонлари Гаусс проекциясида хатолик билан тасвирланади. Шу сабабли проекцияланган томонларга тузатмалар берилади ва бунга **масофани редукциялаш** дейилади.

Эллипсоидда *CD* йўналиш *A* азимут билан ориентирланса, текисликда бу чизиқнинг проекцияси *cd* дирекцион бурчак - α билан ориентирланади шу сабабли *cd* чизиқ дирекцион бурчаги геодезик азимутдан *γ* ва δ_{cd} га фарқ қилади, яъни

$$A қ \alpha К \gamma К \delta_{cd}$$

Шундай қилиб геодезик тўрни эллипсоид сатҳидан текисликга проекциялашда (кўчиришда) ва аксинча текисликдан эллипсоидга проекциялашда қуйидаги масалалар келиб чиқади:



Эллипсоидда *Текисликда*

Геодезик тўр элементларини тасвирланиши

1.5 - шакл

а) Гаусс тўғри бурчакли *x, y* координаталарини геодезик координаталар функцияси тариқасида ҳисоблаш, $x қ f_1(BL), y қ f_2(BL)$.

б) *B,L* геодезик координаталарни *x, y* тўғри бурчакли координаталар бўйича ҳисоблаш, $Bқf_3(x,y), Lқf_4(x,y)$.

в) Тасвирлаш масштабини ўзгариш характерини аниқлаш.

г) Меридианлар яқинлаш бурчаги *γ* ни ҳисоблаш.

д) Триангуляцияни ҳар бир ўлчанган йўналиши учун геодезик эгрилигига ¢ тузатмаларни ҳисоблаш.

е) Эллипсоиддан текисликга ўтиш учун бошланғич томон (базис) узунлигини редукциялаш;

ж) Тўғри бурчакли координаталарни бир зонадан бошқа зонага қайта ҳисоблаш.

Юқорида қайд этилган масалаларнинг ечилиши ва олий геодезияда қўлланиладиган бошқа координата системалари: фазовий тўғри бурчакли координата системаси *X, У, Z*; берилган нуқта меридиан текислигидаги тўғри бурчакли, тўғри чизиқли (*x, y*) координата системаси; геоцентрик координата системаси (¤ ,*L*); геодезик *B, L* ва астрономик ¨ , ª координаталар системаси ва улар орасидаги боғланишлар сфероидик геодезия курсида берилади [7].

1.6. Бошланғич геодезик маълумотларни аниқлаш

Геодезик тўрнинг бошланғич пункти геодезик координаталарини аниқлаш орқали бошланғич геодезик маълумотлар аниқланиб, эллипсоид Ер қарида ориентирланади.

Бошланғич пункт геодезик координаталари:

B_o-кенглик, L_o-узоқлик, A_o-геодезик азимут, H_o-эллипсоид сатҳига нисбатан баландлик, булар **бошланғич геодезик саналар** (маълумотлар) деб аталади ва қуйидага формулалар орқали топилади:

$$B_o = \varphi_o - \xi_o - 0{,}171'' \, H_o \sin 2B$$

$$L_o = \lambda_o - \eta_o \sec\varphi$$

$$A_o = a_o - \eta_o \operatorname{tg}\varphi$$

$$H_o = H_\gamma - \zeta_o$$

φ_o, λ_o, a_o – қийматлари астрономик кузатишлар орқали топилади; $H_{¥}^{0}$ – нормал баландлик, Ер физик сатҳидаги нуқтадан нормал чизиқ бўйича квазигеоид сатҳигача бўлган масофа, геометрик нивелирлаш орқали топилади:

ξ_o η_o – шовун чизиғи оғишини ташкил этувчи катталиклари;

ζ_o - квазигеоиднинг эллипсоиддан баландлиги (астрономо-геодезик ва гравиметрик ўлчашлар асосида топилади).

Бошланғич геодезик саналар референц эллипсоидни Ер қаридаги ҳолатини белгилайди (ориентирлайди).

Геодезик саналарни ўрнатишда асосий талаб, бу референц эллипсоид сатҳи геоид (квазигеоид) сатҳига геометрик жиҳатдан яқин бўлишидир.

Эллипсоидни ориентирлашни бир ёки бир неча астрономо-геодезик пунктлардан фойдаланиб амалга ошириш мумкин.

Астрономик маълумотлардан фойдаланиб битта геодезик пунктда эллипсоидни геоидга нисбатан ориентирласак, бошланғич геодезик пунктнинг координаталари шу пункт астрономик координаталарига тенг деб олинади:

$$B_o қ \varphi_o, \quad L_o қ \lambda_o, \qquad A_o қ a_o$$

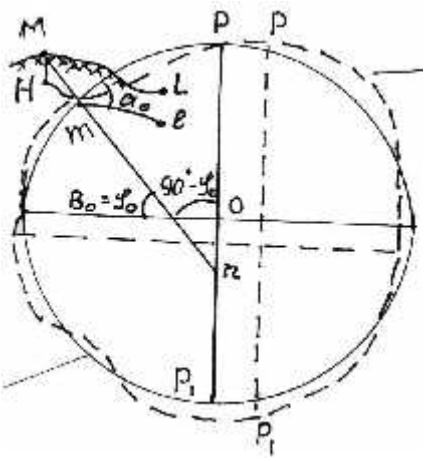
Квазигеоднинг эллипсоидга нисбатан баландлигини нолга тенг деб қабул қилинади

$$\zeta қ O,$$

яъни бошланғич пункт нормал баландлиги референц эллипсоид сатҳига нисбат олинган баландликка тенг деб олинади.

Ушбу ориентирлашнинг геометрик маъноси шундан иборатки бошланғич пунктда шовун чизиғи йўналиши билан эллипсоид сатҳига туширилган нормал чизиқ устма-уст тушган ва шу пунктда эллипсоид сатҳи билан квазигеоид сатҳи бир бирига тегиб турган деганидир.

Астрономик ва геодезик азимутларнинг тенг деб олиниши бошланғич пунктда геодезик ва астрономик меридиан текисликлари устма-уст тушган дегани англатади.



1.6-шакл

Юқоридаги шартлар бажарилса эллипсоидни квазигеоид (геоид) га нисбатан ҳолати аниқланган деб ҳисобланади. Ер айланиш ўқи ва ер экватор текислигига нисбатан эллипсоид кичик ўқи ва эллипсоид экватор текислиги параллел бўлади. Бундай ориентирлашда референц эллипсоид сатҳи билан квазигеоид сатҳлари орасидаги четланиш сезиларли даражада бўлиши мумкин. Бунда четланишни катталиги шовун чизиғини оғишига боғлиқ бўлади.

Катта майдонларда эллипсоидни ориентирлаш учун бир неча астрономо - геодезик пунктлар ва гравиметрик ўлчаш натижаларидан фойдаланилади.

Ориентирлаш шовун чизиғининг оғиши квадратларининг йиғиндиси ва квазигеоиднинг эллипсоид сатҳига нисбатан баландликлари (орттирмаларини) квадратларининг йиғиндиси энг кичик (минимум) бўлиш шарти билан бажарилади.

Красовский эллипсоидини ориентирлаш Ўзбекистнон ва МДХ давлатлари худдудларидаги астрономо-геодезик пунктлар асосида амалга оширилган ва 1942 йилда ниҳоясига етказилган. Красовский эллипсоиди сатҳида аниқланилган геодезик координаталар системаси учун, шу эллипсоидни экватор текислиги ва Пулкова обсерваторияси марказидан ўтувчи геодезик меридиан текислиги координаталар текисликлари бўлиб ҳизмат қилади ва **1942 йил координаталар системаси** деб аталади.

1942 йилга қадар ҳозирги МДХ давлатларида бажарилган геодезик ўлчаш натижаларини қайта ишлаш Бессель эллипсоиди ўлчамларидан фойдаланиб, Пулкова, Свободенск координаталар системаларида амалга оширилган.

1995 йилдан геодезик ўлчаш натижаларини қайта ишлаш СК-95 эллипсоид ўлчамларидан фойдаланиб, СК-95 координаталар системасида амалга оширилмоқда. (1.1-жадвалга қаранг).

Текшириш учун саволлар.

1. Олий геодезияда қандай илмий ва илмий-техник масалаларни ечилади?
2. Олий геодезиянинг бўлимлари ва уларда ўрганиладиган масалаларни санаб ўтинг?
3. Сатҳий юза, асосий сатҳий юза деб қандай юзаларга айтилади?
4. Геоид ва квазигеоид шакллари бир биридан нима билан фарқ қилади?
5. Умумий ер эллипсоиди қандай шартларни қаноатлантириши керак?
6. Қандай эллипсоидга референц эллипсоид дейилади?
7. Қандай эллипсоидга Красовский номи берилган?
8. Қандай параметрлар ер эллипсоидининг асосий параметрлари дейилади?
9. Геодезик ва астрономик меридиан текисликларига таъриф беринг?
10. Қандай кесимга нормал кесим дейилади?
11. Қандай текисликка биринчи вертикал текислиги дейилади?
12. Қайси нормал кесимларга бош нормал кесимлар дейилади?
13. Геодезик ва астрономик кенгликлар бир биридан нима билан фарқ қилади?
14. Нормал ва шовун чизиғи орасида ҳосил бўлган бурчакка қандай бурчак дейилади?
15. Қандай азимутга Лаплас азимути дейилади?
16. Масофани редукциялаш деганда нимани тушунасиз?
17. Геодезик тўрни эллипсоид сатҳидан текисликга ва аксинча текисликдан эллипсоидга проекциялашда қандай масалаларни ечишга тўғри келади?
18. Қандай координаталарга бошланғич геодезик саналар дейилади?
19. Ер эллипсоидини геоид қарида ориентирлашда нечта астрономо - геодезик пунктларни координаталаридан фойдаланиб бажариш мумкин?
20. Эллипсоидни ориентирлаш шартларини айтинг?

2. Планли геодезик тўр (ПГТ)

2.1. Давлат геодезик тўрлари тўғрисида умумий маълумотлар

Давлат геодезик тўри геодезик пунктлар мажмуи кўринишида бутун мамлакат ҳудудида текис жойлашган бўлиб, жойларда узоқ вақт сақланадиган қилиб махсус марказлар билан махкамлананади.

Давлат геодезик тўрлари (ДГТ) астрономик, геодезик, космик геодезик, радиогеодезик усулларда барпо этилади. ДГТлар ни барпо этилиш усулига қараб қуйидагича номланади: космик геодезик тўр (КГТ); доплер геодезик тўр (доп. ГТ); астрономо-геодезик тўр (АГТ).

Юқорида санаб ўтилган тўрларнинг пунктлари бирлаштирилган ёки ўзаро геодезик жиҳатдан боғланган бўлади.

Давлат геодезик тўрларидан фойдаланиб мамлакат хўжалиги ва мудофасига турли илмий ва техникага оид турли масалаларни ечиш мумкин.

Давлат геодезик тўри қўйилган мақсад ва ечиладиган масалаларга қараб қўйидаги талабларга жавоб бериши керак:

1. Мамлакат ҳудудида ягона геодезик координаталар системасини ўрнатиш ва уни замон талабига жавоб берадиган даражада сақлаш;
2. Мамлакат ҳудудида бажариладиган картографик ишларни геодезик таъминлаш;
3. Ердан фойдаланиш, ер ресурсларини ўрганиш, кадастр, табиат ресурсларини қидириш ва уларни ўзлаштиришни геодезик таъминлаш;
4. Табиий ва технологик муҳитни аэрокосмик мониторинги, ердан олиб бориладиган аэрокосмик навигацияни бошланғич геодезик маълумотлар билан таъминлаш;
5. Ер шакли ва катталигини, гравитацион майдонини, ер пўстлоғининг харакати, қитъалар силжиши, океан ва денгизлар сатҳининг фарқини ўрганиш;

6. Йирик инженерлик иншоотларининг лойиҳаларини жойга кўчиришга хизмат қилиш;
7. Ер қутбларининг ҳаракати ва Ернинг нотекис айланишини ўрганиш;
8. Турган жойни аниқлаш ва ориентирлашни юқори аниқлик-даги техник воситаларини метрологик таъминлаш.

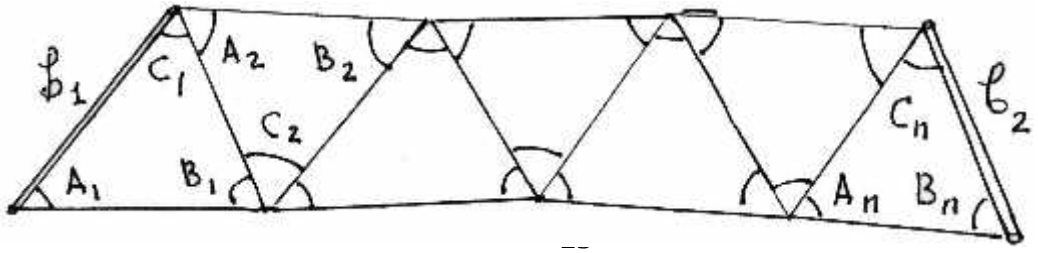
Планли давлат тўри билан бир қаторда давлат нивелир (баландлик) тўри, давлат гравиметрик тўри ва махсус мақсадларга мўлжалланган геодезик тўрлар барпо этилади.

Республикамиз ҳудудида давлат геодезик тўрлари 1920 йиллардан бошлаб барпо этила бошланган.

2.2. Планли геодезик тўрларни барпо этишни триангуляция, полигонометрия ва трилотерация усуллари тўғрисида умумий тушунчалар

Триангуляция усули. Триангуляция учбурчаклар қатори ёки тўри шаклида барпо этилади (2.1-шакл).

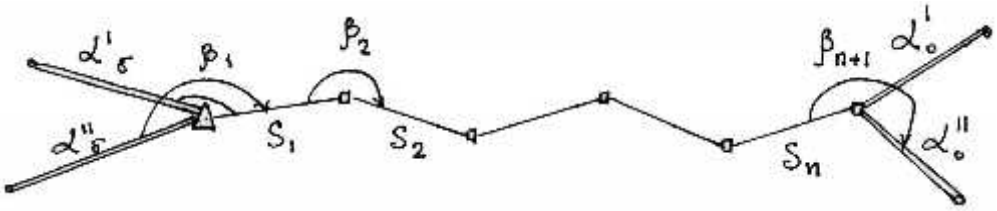
Учбурчакнинг барча бурчаклари, учбурчак қаторидаги бошланғич ва охирги учбурчакларнинг бирор томонини узунлиги (базис томони) ўлчаниши лозим. Ҳар бир учбурчакнинг ички бурчакларини ўлчаш учун уларнинг учлари бир биридан кўриниши керак. Шунинг учун учбурчак учлари сифатида баланд нуқталар танланади, акс ҳолда учбурчак учларига сигналлар ёки пирамидалар ўрнатилади. Барпо этилган учбурчаклар мумкин қадар тенг томонли бўлиши керак. Учбурчак учлари (пунктлар) узоқ вақт сақланиши учун жойда мустаҳкам сақланадиган доимий белгилар билан белгиланади. Бу белгилар марказ деб аталади. Учбурчакларнинг томон узунликлари синуслар теоремасидан фойдаланиб ҳисобланаи.



2.1-шакл

Полигонометрия усули. Полигонометрия синиқ чизиқ шаклида қурилади. Пунктларни туташтирувчи чизиқнинг узунлиги ҳамда туташ чизиқлар орасидаги горизонтал бурчаклар ўлчанади. Полигонометрия томон узунликлари унинг классига боғлиқ (буни кейинчалик баён этамиз). Полигонометрия йўлини чизмаси 2.2-шаклда кўрсатилган.

Трилотерация усули. Трилотерация ҳам триангуляция сингари учбурчак қаторлари ёки тўрлари шаклида барпо этилади, бунда учбурчакларнинг барча томон узунликлари ўлчанади. Учбурчак бурчаклари тангенс ярим бурчаги ёки косинуслар формулаларидан фойдаланиб ҳисобланади.

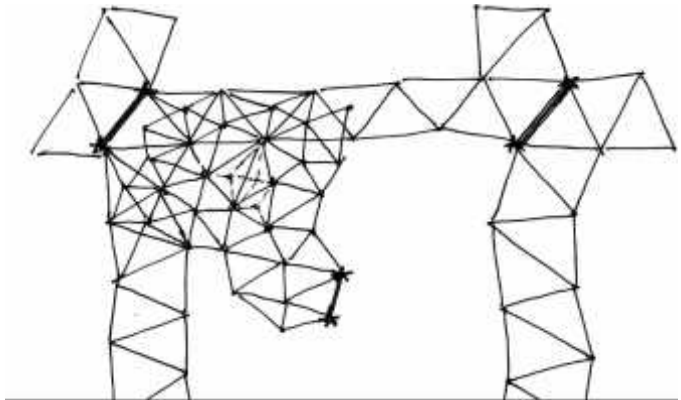


2.2 - шакл

2.3. Давлат планли геодезик тўрини барпо этиш схемаси, классификацияси ва асосий техник талаблар

Триангуляция, полигонометрия, трилотерация усулларида барпо этиладиган давлат планли геодезик тўри аниқлик жиҳатидан тўрт классга (босқичга) бўлинади.

1 класс давлат планли геодезик тўри қатор учбурчаклардан иборат бўлиб, меридиан ва параллел йўналиши бўйича ўтказилади. Учбурчаклар звеноси 200;250 км га тенг бўлиб, бу звенолар периметри тахминан 800;1000 км бўлган полигонни ҳосил қилади.



◆ Астрономик пункт

Базис

2.3-шакл

Полигон учларида (ҳар бир 10÷11 учбурчакдан иборат бўлган звено учларида) базис (чиқиш томон) ўлчанади ва базис учларининг координаталари астрономик усулда аниқланади. Учбурчаклар қатори бўйича астрономик-гравиметрик нивелирлаш ўтказилади. 1-класс геодезик планли тўрга астрономик-геодезик тўр дейилади. Кейинги пайтларда масофа ўлчаш жуда аниқ бажарилаётганлиги (масофа ўлчаш асбоблари такомиллашиб, ўлчаш ишлари учун катта сарф харажат ва вақт талаб этмаётганлиги) сабабли 1 класс триангуляция ўрнига, ўрмон зоналари ва шаҳарларда 1-класс полигонометрия йўллари ўтказилмоқда.

Полигонометрия йўл узунлиги 200км атрофида бўлади. Одатда, 1-класс полигонометрия йўллари 1-класс триангуляция пунктлари оралиғида ўтказилади.

1-класс триангуляция қатори ва полигони 2-класс триангуляция тўри билан тўлдирилади. Юқори класс триангуляция тўрини зичлаштириш мақсадида улар 3- ва 4-класс триангуляция тўрлари билан тўлдирилади. 3- ва 4-класс триангуляция тўри 1 ва 2 класс триангуляция томонларига таянади. Шуни таъкидлаш зарурки (1-классдан ташқари) 2, 3, 4-класс триангуляция тўри ўзидан паст ёки ўзига тенг триангуляция пунктига таянган ҳолда мустақил тўр ҳосил қилмайди.

2.1 жадвалда давлат планли триангуляция тўрига таалуқли баъзи бир маълумотлар берилган. Жойнинг шароитига ва иқтисодий томондан афзаллигига қараб планли геодезик тўр полигонометрияни 2, 3, 4 класслари шаклида барпо этилиши, яъни 1 класс тўлдирилиши мумкин. Худди триангуляцияда

таъкидлаганимиздек полигонометрия йўллари ўзидан юқори классдаги триангуляция, полигонометрия пунктларига таяниши мумкин.

Класси жиҳатидан ўзига тенг ёки кичик бўлган пунктларга таянган ҳолда мустақил йўл ҳосил қилинмайди.

Давлат полигонометриясига оид маълумотлар 2.2-жадвалда берилган.

2.1-жадвал

Давлат триангуляциясига оид маълумотлар.

№	Асосий талаблар	Класслар			
		1	2	3	4
1	Учбурчак томонининг ўртача узунлиги, км.	20÷25	7÷20	5÷8	2÷5
2	Учбурчакда бўлиши мумкин бўлган энг кичик бурчак	30^0	30^0	20^0	20^0
3	Ҳар бир бурчакни ўлчашдаги ўрта квадратик хато	±0”7”	1”	1.5”	2”
4	Ҳар бир учбурчакнинг бурчакларини боғланмасли чекли хатоси	±3”	4”	6”	8”
5	Базис (чиқиш) томонини ўлчаш аниқлиги	1:400000	1:300000	1:200000	1:200000
6	Звено охиридаги Лаплас пункти (астрономик координаталари) аниқлиги	$m_{\cdot\cdot}қ$ ± 3” $m_{a}қ$ ±0.45” $m_{A}қ$ ±0.5”		аниқланмайди	
7	Энг бўш томон нисбий хатоси	1:200000	1:150000	1:120000	1:70000
8	Қўшни пунктларни ўзаро ҳолатини аниқлаш хатолиги, м.	0.15	0.06	0.06	0.06

2.2-жадвал

Давлат полигонометрияси оид маълумотлар.

№	Асосий талаблар	Класслар			
		1	2	3	4
1	Йўл узунлиги (км гача)	200	60	30	15÷11
2	Томон узунлигини ўлчаш чекли хатоси	1:300000	1:250000	1:200000	1:150000
3	Йўлдаги томонлар сони, (гача)	12	6	6	20
4	Бурчак ўлчашнинг ўрта квадратик чекли хатоси	0.7"	1"	1.5"	2"

Трилотерация усули билан 3 ва 4 класс давлат планли геодезик тўри барпо этилиши мумкин, бунда триангуляция тўри шаклига (схемасига) қўйилган талаблар бажарилиши керак 2-класс триангуляция тўрини трилотерация усули билан тўлдиришда ҳар бир янги аниқланаётган пунктдан учта пунктга масофа ўлчаниши керак, бунда иккита пункт класси аниқланаётган пунктдан юқори классда бўлиши шарт. Томон узунликларини ўлчаш нисбий хатолиги 3 классда 1:200000, 4 классда 1:150000 бўлиши керак.

2.4 Планли зичлаштириш геодезик тўрлари

Йирик масштабдаги топографик план олиш, қурилиш лойиҳаларини жойга кўчириш, инженер техник қидирув ишларини олиб бориш учун давлат планли геодезик тўри пунктларини сони иш бажарилаётган майдонда етарли бўлмаса, унда планли геодезик тўр, планли зичлаштириш геодезик тўри билан зичлаштирилади. Зичлаштириш геодезик тўри учбурчаклар қатори, тўри, ёки турли кесиштиришлар кўринишида барпо этилади. Зичлаштириш геодезик тўри иккита разрядга бўлинади (уларга оид маълумотлар 2.3-жадвалда берилган). Жой шароити ва иқтисодий томондан афзаллигига қараб зичлаштириш 1 ёки 2 разрядли полигонометрия билан амалга оширилиши мумкин, (уларга оид маълумотлар 2.4-жадвалда берилган).

1 ва 2 разрядли трилотерацияга қўйилган талаблар 2.5-жадвалда берилган.

2.3-жадвал

1 ва 2 разядли триангуляцияга оид маълумотлар.

№	Асосий талаблар	Разряд	
		1	2
1	Томон узунликлари, км.	0,5÷5	0,5÷3
2	Бурчак ўлчаш ўрта квадратик хатоси.	5"	10"
3	Учбурчакдаги бурчак боғланмаслиги.	20"	40"
4	Базис (чиқиш) томон чекли нисбий хатоси.	1:50000	1:20000
5	Энг бўш томон чекли нисбий хатоси.	1:20000	1:10000

6	Учбурчакдаги энг кичик бурчак.	30˚	20˚

2.4-жадвал

1 ва 2 разрядли полигонометрияга оид маълумотлар.

№	Асосий талаблар	Разряд	
		1	2
1	Йўл диагонали узунлиги, км.	5	3
2	Таянч ва тугун нуқталар орасидаги ёки фақат тугун нуқталар орасидаги йўл узунлиги.	3	2
3	Томон узунликлари, км.	0.80÷ 0.12	0.35 0.08
4	Йўлдаги томонлар сони (кўпи билан).	15	15
5	Йўл нисбат хатолиги (кўпи билан)	1:10000	1:5000
6	Бурчак ўлчаш ўрта квадратик хатоси.	5"	10"
7	Йўл ёки полигон бўйича бурчак боғланмаслик чеки.	10"√n	20"√n

2.5–жадвал

1 ва 2 разрядни трилотерацияга оид маълумотлар.

№	Асосий талаблар	Разряд	
		1	2
1	Учбурчак томонларини узунлиги, км.	0,5-5	0,25-3
2	Томон узунлигини ўлчаш нисбий хатолиги	1:50000	1:20000
3	Учбурчак энг кичик бурчаги	20˚	20˚
4	Учбурчак қаторининг чекли узунлиги, км.	5	3

Текшириш учун саволлар:

1. Давлат планли тўрини барпо этишнинг:
   - Триангуляция усули моҳиятини тушунтириб беринг.
   - Полигонометрия усули моҳиятини тушунтириб беринг.
   - Трилотерация усули моҳиятини тушунтириб беринг.
2. Қандай пунктларга Лаплас пункти дейилади?
3. Триангуляциянинг қандай томонига базис томони дейилади?
4. Давлат триангуляциясига қўйиладиган асосий талабларни баён этинг?

5. Давлат полигонометриясига қўйиладиган асосий талабларни сананг?
6. 1 ва 2 разрядли зичлаштириш геодезик тўрларига қўйиладиган талабларни баён этинг?

2.5 Геодезик тўр барпо этишда GPS ни қўллаш

Ўзбекистонда 1995 йилдан бошлаб геодезик тўр барпо этишда GPS технологиядан кенг фойдаланилмоқда. Йўлдошли радионавигация тизими, бошқачасига турган жойни аниқлаш глобал (дунё миқёси) тизими-GPS (Global Position System) деб ҳам аталади. Бу тизимдан фойдаланиб ернинг ихтиёрий нуқтасидаги объектни (нуқтани) кеча-ю кундуз-ихтиёрий вақтда, ҳар қандай об-ҳаво шароитида юқори аниқликда координатасини, тезлигини ва аниқ вақтни аниқлаш мумкин.

GPS тизими 1970 йилларда тез ривожланиб борди. (Бу тизимдан олдин TRANSIT-йўлдошли тизими қўлланилган бўлиб, у аниқлик жиҳатидан анча паст бўлган). Дастлаб бу тизимни фақат навигация мақсадларида қўллаш кўзда тутилган эди, лекин 1976-78 йилларда Массачусет технология институтида олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики GPS ни қўллаш ёрдамида координаталарни миллиметр аниқликда топиш мумкин экан, шундан сўнг бу тизим геодезик ўлчашларни бажаришда кенг қўлланила бошланди.

GPS нинг ишлаш принципи умумий ҳолда қуйидагича. Ер олди фазосида Ер сунъий йўлдошларидан иборат бўлган тўр ҳосил қилинган. Бу тўр бутун Ер юзасини бир текисликда «қоплаб» туради. Ер йўлдошларининг орбитаси жуда юқори аниқликда ҳисобланади. Шунинг учун ҳам ҳар бир йўлдошнинг координатасини ихтиёрий вақтда билиш мумкин. Йўлдошга ўрнатилган радиоузатгичлар Ер юзасига йўналтирилган узлуксиз сигналлар юбориб турадилар. Бу сигналларни координаталари аниқланаётган нуқтага ўрнатилган GPS қабул қилиш мосламаси (приёмник) қабул қилади.

GPS ва приёмник аппаратлари мажмуасига эталон соат ҳам киради. Бу соатнинг сутка давомида частотасини стабиллиги $10^{-13} - 10^{-15}$ га тенг. Барча

Ер йўлдошларига ўрнатилган соатлар синхронлаштирилган ва «вақт тизими»га боғланган. GPS-приёмникни вақт эталони аниқлиги унчалик юқори эмас (приёмник нархини жуда ҳам ошириб юбормаслик мақсадида аниқлик керагидан ошириб юборилмаган). Бу эталон ўлчаш ишлари олиб борилаётган қисқа вақт давомида частоталарни стабиллигини таъминлаб берса етарлидир.

Амалда вақт ўлчашда хатолик бўлади, бунга сабаб Ер йўлдоши ва приёмникдаги вақт шкалаларининг мос келмаслигидир. Шу сабабли приёмник йўлдош узоқлигини нотўғри ҳисоблайди. Бунга **«соҳта узоқлик»** (псевдодальность) дейилади. Приёмник ишлаш жараёнида барча Ер йўлдошларигача бўлган масофалар бир вақтда ўлчанади. Демак, барча ўлчашлар учун вақт мос келмаслигини доимий дейиш мумкин. Математик нуқтаи назардан қараганимизда бизга нафақат *X,У,H,* координаталар, приёмник соатига тузатма Δt ҳам номаълумдир. Буларни аниқлаш учун тўрта ва ундан ортиқ йўлдошларгача бўлган сохта узоқликларни ўлчашимиз керак.

Ўлчаш натижаларини приёмникда қайта ишлаш натижасида (*X, У, H*) координаталар ва аниқ вақт ҳисобланади. Агарда приёмник харакатланувчи объектга ўрнатилган бўлса у вақтда сохта узоқликдан ташқари радиосигналлар частоталарининг доплер силжишлари ҳам ўлчанади, унда объект тезлиги ҳисоблаб топилиши мумкин. Демак, GPSда ўлчаш ишларни бажариш учун камида тўртта йўлдошнинг доимий кўринишини таъминлаш зарур.

Ер сунъий йўлдошларини тўлиқ ёйиш натижасида Ернинг ихтиёрий нуқтасидан ҳар қандай вақтда бештадан ўн иккитагача йўлдош кўринади. Замонавий GPS приёмникларида 5 тадан 12 тагача канал бўлиб, у бир вақтни ўзида шунча Ер сунъий йўлдошларидан сигналларни қабул қилади. Тўрттадан ортиқ йўлдошлардан фойдаланиб ўлчаш керагидан ортиқча (избўточнўй) ўлчаш бўлиб, координаталарни аниқлашнинг аниқлигини оширади ва навигация масалаларини ечишнинг узуликсизлигини таъминлайди.

GPS тизимига қуйидагилар киради:

1. Космик сегмент - Ер сунъий йўлдошлари гуруҳи.
2. Бошқариш сегменти – ердан кузатиш станциялари ва бошқариш тўри.

3. GPS приёмниклар – фойдаланиш аппаратлари.

Бу тизим тўғрисида яна алоҳида тўхталамиз.

3. Триангуляцияни лойиҳалаш

Триангуляция белгиларини баландлигини ҳисоблаш

3.1 Триангуляция лойиҳасини тузиш

Триангуляция лойиҳаси топографик хариталарда тузилади. 1 ва 2 класс триангуляциялар лойиҳаси одатда 1:100000, 3 ва 4 класс триангуляция лойиҳаси 1:50000, 1:25000 ва 1:10000 масштабдаги топографик хариталарда тузилади. 1 ва 2 разрядли триангуляция тўрларини лойиҳалашни 1:25000, 1:10000 масштабдаги топографик хариталарда бажариш мақсадга мувофиқ бўлиб лойиҳага аниқлик киритишда бундан йирик бўлган масштабдаги топографик хариталардан фойдаланилади.

Лойиҳа тузиш жойни топографик-геодезик ўрганилганлиги бўйича материаллар йиғишдан бошланади. Бунга ушбу ҳудудда олдин мавжуд бўлган триангуляция пунктларининг планли ва баландлик координаталар каталоги, ҳудуднинг барча масштабларда мавжуд топографик хариталари ва аэрофотосъёмкалари киради. Олдин бажарилган ишлар ўрганилгандан сўнг лойиҳа тузилаётган район дала шароитида ўрганилади, бунда хақиқатдан ҳам пунктлар ва уларнинг марказлари сақланиб қолганлиги аниқланади.

Лойиҳалаш бевосита топографик харитада бажарилади. Пунктлар ўрни учун жойнинг баланд ерлари танланади, чунки пунктдан барча йўналишлардаги ёки иложи борича кўп йўналишлардаги пунктлар кўриниши керак. Координаталарда келиб чиқиши мумкин бўлган хатоликларни камайтириш учун лойиҳаланган тўрда ўткир бурчаклар бўлмаслиги мақсадга мувофиқ. Юқорида айтганимиздан шундай хулосага келиш мумкин: триангуляция пунктлари рельефнинг сув айириғич чизиқларининг ҳукумрон тепаларида жойлашади, учбурчак бурчаклари 30^o дан 120^o гача бўлиши, 1 класс триангуляцияда эса 40^o дан кам бўлмаслиги керак. Шу сабабли лойиҳалашда ишлатилаётган то-

пографик харитада сув айириғич чизиқлар қизил чизиқ билан чизиб чиқилади.

Триангуляция класси ва рельефга боғлиқ ҳолда томон узунликлари лойиҳаланади. 1 класс триангуляциясини лойиҳалашда визир чизиғининг ердан баландлиги 5 - 6 метр бўлиши кераклиги эътиборга олиниши лозим. Рефракция таъсирини камайтириш мақсадида йўналишлар катта дарьёлар, кўллар, сув омборлари, тепалик ва тоғ ёнбағирлари бўйлаб, ҳамда шаҳарлар ва заводлар устиларидан ўтмаслиги зарур. Иложи бўлмаган тақдирда дарёлар, тепалик ва тоғ ёнбағирларини тўғри бурчак остида кесиб ўтиш керак.

Лойиҳаланган триангуляция тўри бутун харита трапециясини бир текисда қоплаши ва узлуксиз (диагонал йўналишларсиз) бўлиши керак.

3.2. Триангуляция белги баландлигини ҳисоблаш

Триангуляцияни лойиҳалашда ва жой рекогносцировкасида пунктлар орасида ўзаро кўринишни таъминлаш имконияти бўлмайди. Бундай ҳолда триангуляция пунктига ўрнатиладиган белги баландлиги ҳисоблаб топилади. Белги баландлигини аналитик усулда ҳисоблаб топишда В.Н. Шишкин формуласидан фойдаланилади

$$\left.\begin{aligned} L_1 қ\ h_1 К\ f_1 К\ a \\ L_2 қ\ h_2 К\ f_2 К\ a \end{aligned}\right\} \qquad (3.1)$$

Бунда, L_1 ва L_2 –ўзаро кўриш имкониятини берадиган белги баландлиги;

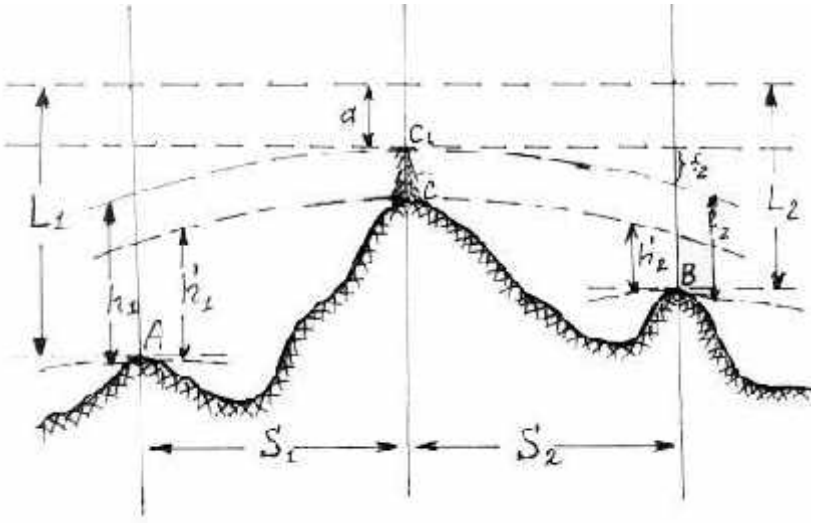
h_1 ва h_2 - йўналиш боши ва охирида жойлашган пунктлар асосидан, шу йўналишдаги тўсиқ учигача бўлган нисбий баландлик;

a - визир чизиғини тўсиқдан юқори бўлиши керак бўлган баландлиги;

f_1 ва f_2 – пунктдан тўсиқгача бўлган масофа учун ҳисобланган Ер эгрилиги ва рефракция учун тузатмалар.

3.1 шаклда $h_1^{'}$ ва $h_2^{'}$ – белгилар асосига нисбатан тўсиқ ер сатҳларни нисбий баландликлари. *ACB* - ер физикавий сатҳи, *A* ва *B* - мўлжалланган

пунктлар жойи, *C* - тўсиқ ўрни, C_1 – тўсиқнинг энг баланд нуқтаси, S_1 ва S_2 –*C* тўсиқдан *A* ва *B* пунктларгача бўлган масофалар, $h_1^{'}$ ва $h_2^{'}$ – катталиклар топографик харитадан аниқланади. Агарда тўсиқда ўрмон ёки бошқа бирон бир предметлар бўлса, у ҳолда уларни ердан баландлиги аниқланиб $h_1^{'}$ ва $h_2^{'}$ қийматларига қўшилади.



3.1-шакл

f_1 ва f_2 – катталиклари махсус жадвалдан олинади (метр ўлчамида) ёки қуйидаги тақрибий формуладан фойдаланиб ҳисобланади:

$$f_к\ 0{,}0674S^2, \qquad (3.2)$$

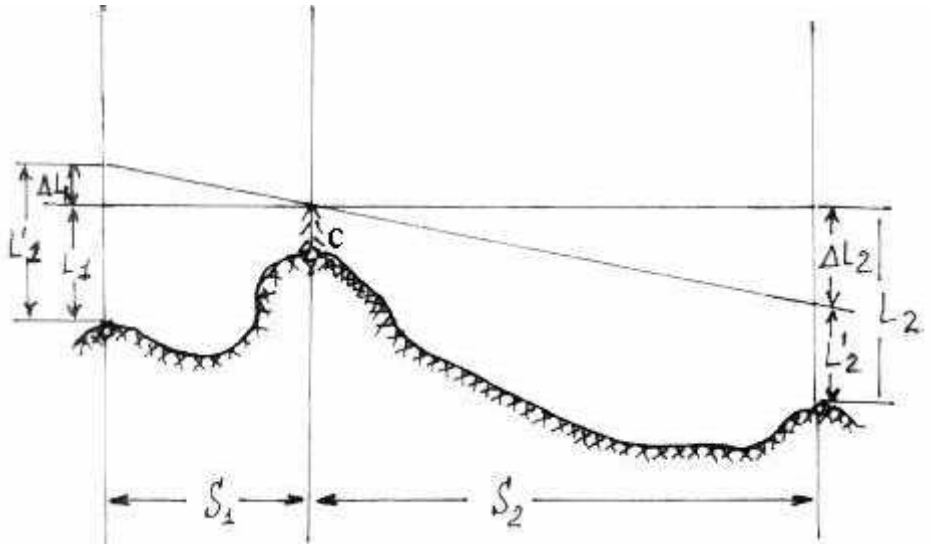
f – метр, *S* – километр бирлигида.

Агарда тўсиқ икки пункт ўртасида жойлашмаган ҳолда бўлса (3.1 шакл) (3.1) формуладан фойдаланиб ҳисобланган баландликга тузатиш киритилади. Бунинг учун тўсиқдан ўзоқда жойлашган белги баландлиги пасайтирилиб, яқин белги баландлиги кўтарилади. Ҳисоблаш қуйидаги формула билан амалга оширилади

$$\left.\begin{aligned} L_1^{'} &= L_1 + (L_2 - L_2^{'})\frac{S_1}{S_2} = L_1 + \Delta L_2 \frac{S_1}{S_2} \\ L_2^{'} &= L_2 + (L_1 - L_1^{'})\frac{S_2}{S_1} = L_2 + \Delta L_1 \frac{S_2}{S_1} \end{aligned}\right\} \qquad (3.3)$$

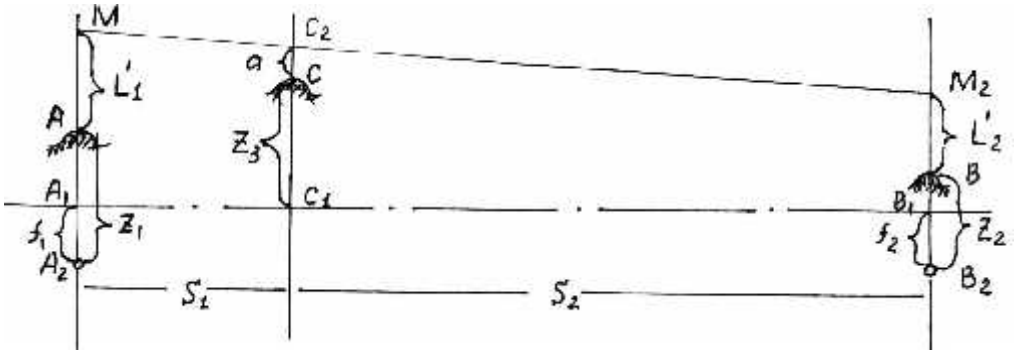
$$\frac{\Delta L_2}{\Delta L_1} = \frac{L_2 - L_1^{'}}{L_1^{'} - L_1} = \frac{S_2}{S_1}$$ бундан,

$L_2^{'}$, $L_1^{'}$ - белгиларнинг тузатилган баландликлари.



3.2-шакл

$L_1^{'}$ ни (3.3) формула билан ҳисоблаш кетма-кет танлаш орқали амалга оширилади. (3.1) формуладан фойдаланиб L_1 топилгандан сўнг, тўсиқдан ўзоқда жойлашган пунктнинг бошқа йўналишлар учун ҳам энг кичик баланд-лиги ўрнатилади. Сўнгра бу қиймат $L_1^{'}$ ни ҳисоблашда фойдаланилади. (3.3) формула бирор бир пункт белгиси олдин қурилган бўлиб, унинг баландлиги берилган ҳолда ҳам ишлатилади



3.3-шакл

Белгилар баландликлари график усулда ҳам топилиши мумкин.

Бунингучун топографик харитадан пунктлар ва тўсиқ баландликлари, S_1 ва S_2 масофалар аниқланиб, AB тўғри чизиқда C нуқтадан $S_1қC_1A_1$ ва $S_2қC_1B_1$ масофалар танланган масштабда қўйилади. f_1 ва f_2 лар (3.2) формуладан фойдаланиб ҳисобланади.

A_1 ва B_1 нуқтадан пастга, горизонтал масштабга нисбатан йирик масштабда қўйилади, натижада A_2 *ва* B_2 нуқталар ҳосил қилинади. Сўнгра A, B пунктлар ва тўсиқнинг бирон бир шартли горизонтга нисбатан z_1, z_2 ва z_3 нисбий баландликлари ҳисоблаб топилади, AB чизиқ бўйича тўлиқ бўлмаган профил чизилади. Тўлиқ бўлмаган профилни ҳосил қилиш учун A_2, B_2 ва C_1, нуқталардан вертикал бўйича $z_1қAA_1$ $z_2қBB_2$ ва $z_3қCC_1$ қийматлар қўйилади, ҳосил бўлган A, B ва C нуқталар Ер эгрилиги ва рефракция тасирини ҳисобга олган ҳолда жойнинг тўлиқ бўлмаган профилиги ҳосил қилади.

C нуқтадан вертикал бўйича a масофада жойлашган нуқтага чизғични қўйиб, уни нуқта атрофида буриб бизларни, қаноатлан-тирадиган белгилар баландликлари $L_1^{'}$ ва $L_2^{'}$ ларга тўғри келадиган M_1 ва M_2 нуқталарни танлаймиз. Уларнинг баландликлари чизмадан ўлчаб олинади. Маълумки, визирлаш цилиндри ва ўлчаш асбоби марказлари устма-уст тушмайди. Буни белги баландлигини ҳисоблашда инобатга олиш керак. Бурчак ўлчаш ерда туриб бажарилса, асбоб баландлигини тахминан 1,4 м деб олиб, пунктдаги белги баландлиги ҳисобланади.

Тўрнинг барча томонлари учун белги баландликлари аниқланилгандан сўнг, бутун тўр учун белги баландликлари мувофиқлаштирилади.

Текшириш учун саволлар:

1. 1, 2, 3 ва 4 класс триангуляция тўрини лойиҳалашда қандай масштабдаги хариталардан фойдаланилади?

2. Триангуляция тўрини лойиҳалаш учун қандай материаллар тўпланиши зарур?

3. Триангуляция тўрини лойиҳалашда рельефнинг қандай шаклларига аҳамият берилади?

4. Триангуляция учбурчакларини шаклига қандай талаблар қўйилади?

5. Триангуляция тўрини лойиҳалашда, кейинчалик кузатиш натижаларига рефрация таъсирини камайтириш учун нималарга аҳамият бериш керак?

6. Харитада триангуляция тўрини лойиҳалашда белгилар баландликлари қандай катталиклар йиғиндисидан иборат бўлади?

7. Белгилар баландликлари қандай тўғриланади?

3.3. Геодезик белгилар

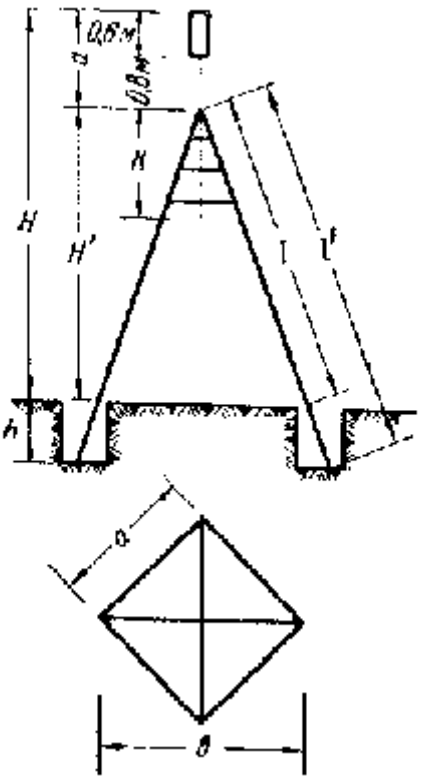
Керакли бўлган бурчак ва масофа ўлчашларни бажариш учун триангуляция ва зичлаштириш пунктлари маркази устида ташқи геодезик белги ўрнатилади. Пунктдан барча йўналишлар бўйича визир чизиғини тўсиқдан юқори бўлиши керак бўлган баландликда бурчак ўлчашни таъминлаш учун бурчак ўлчаш асбоби ўрнатиладиган баландликга қараб ташқи геодезик белгининг тури танланади. Геодезик белги турларига пирамидалар, оддий ва мураккаб сигналлар киради.

Агар геодезик пункт жойлашган ердан барча йўналишдаги пунктларни тўсиқдан йўл қўйиладиган баландликдаги визирлаш билан кузатиш имконияти бўлса, барча классдаги пунктларга пирамидалар ўрнатилади. Пирамидалар оддий (3.4-шакл), штативли (3.5-шакл), вехали (нишон таёқли) (3.6-шакл) бўлади.

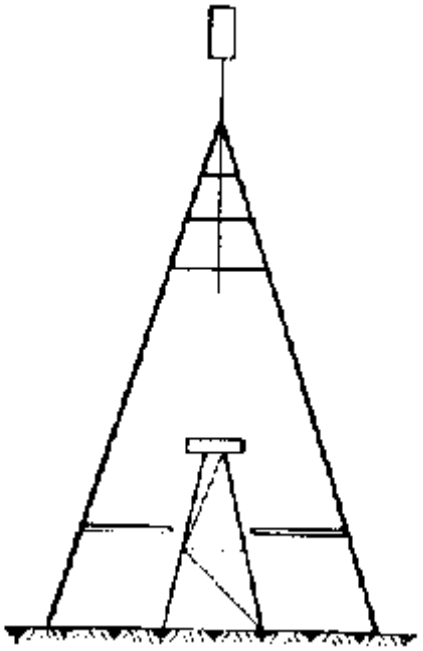
Оддий пирамидалар тўрт ва уч қиррали бўлиб, баландлиги 5 метрдан 10 метргача бўлади. Тўрт қиррали пирамида (3.4-шакл) ўлчамлари қуйидагича ҳисобланади:

$$H' = H - d;\ K = \frac{1}{3}H;\ a = \frac{1}{3}H;\ b = a\sqrt{2} = \frac{\sqrt{3}}{3}H;$$

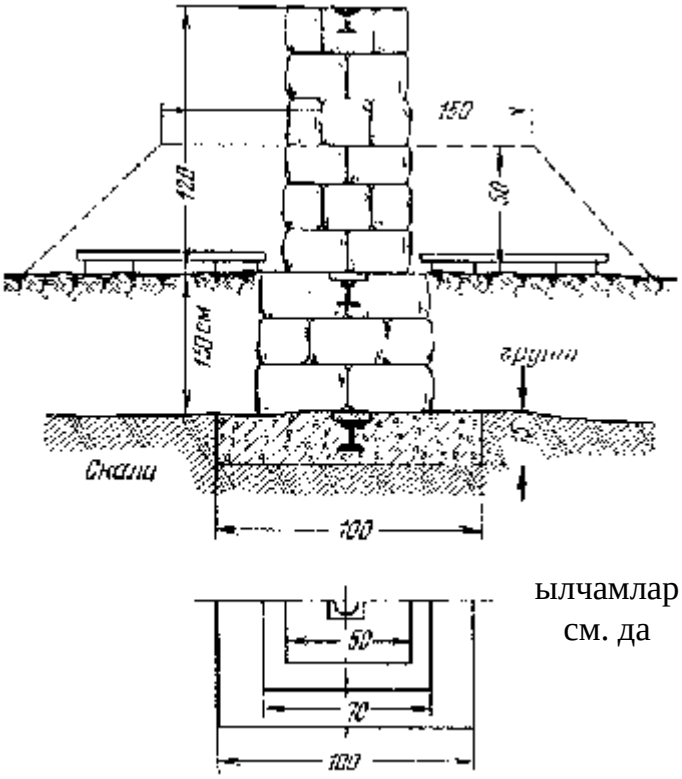
$$h = 1м;\ d = 1.4 - 1.6м;\ l = \sqrt{H' + \frac{b^2}{4}};\quad l' = l + h\frac{l}{H}$$



3.4-шакл

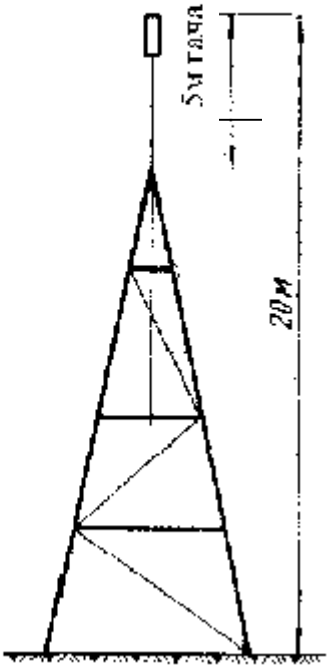


3.5-шакл

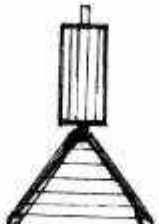


ылчамлар
см. да

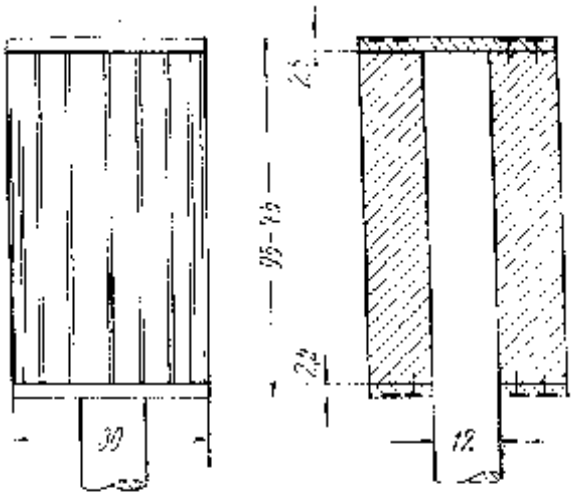
3.6 – шакл



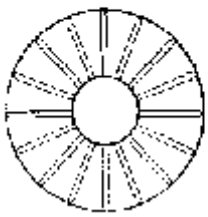
3.7 - шакл



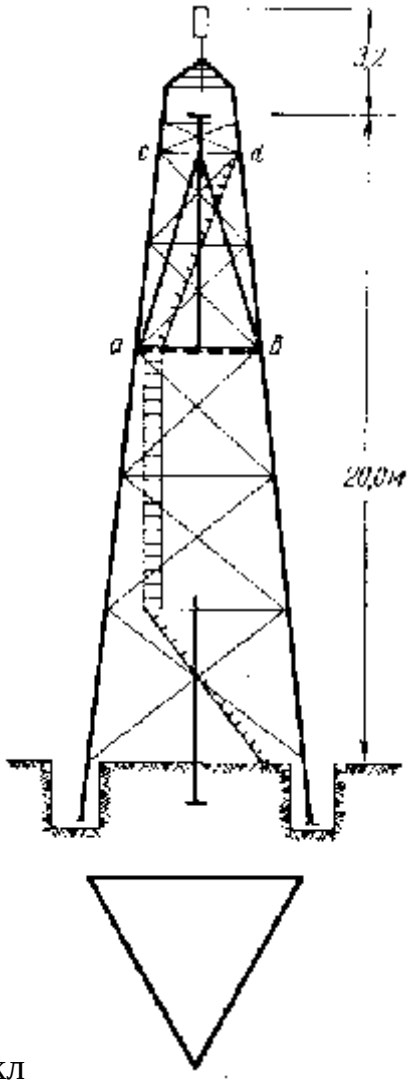
3.8 - шакл



ылчамлар
см. да



3.9 - шакл



3.10 - шакл

Одатда пирамида узунлиги 13 метргача бўлган ва кўкрак баландлигида йўғонлиги 18 - 20 см, юқоридаги кесими 10 см бўлган ходалардан қурилади.

Пирамида юқорисига визирлаш цилиндри ўрнатилади. Пирамидалар металл труба ёки бурчакли металлдан қурилиши мумкин, унда унинг оёқлари грунтга бетон билан маҳкамланади.

Агар кузатиш учун асбобни 2 - 4 м га кўтариш керак бўлса, у ҳолда штативли (3.5-шакл) пирамида қурилади.

Пункт жойлашган қояли ерларда тошлардан тур қурилади (3.7 - шакл). Тўр қурилган пунктларда пирамида қурилмаслиги мумкин, визирлаш цилиндри тўр тепасига цементланган трубага ўрнатилади.

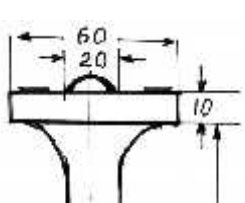
Агарда визир нишонини юқори кўтариш керак бўлса, у ҳолда пунктда (3.6-шакл) нишонли пирамида қурилади.

Бурчак ўлчашда асбобни 10 метр ва ундан юқорига кўтариш керак бўлганда пунктларда оддий (3.8 - шакл) ёки мураккаб (3.10 - шакл) сигнал қурилади. Геодезик белгиларни юқорисига визирлаш цилиндри (3.9 - шакл) қўйилади. Визирлаш цилиндри ёғочдан ясалган икки доира орасига радиал маҳкамланган ёғоч тахтачалардан ясалади. Кузатишда қуёш нурини акс этиши халақит бермаслиги учун визирлаш цилиндри ялтирамайдиган бўёқ билан бўялади.

3.4. Пунктлар марказлари

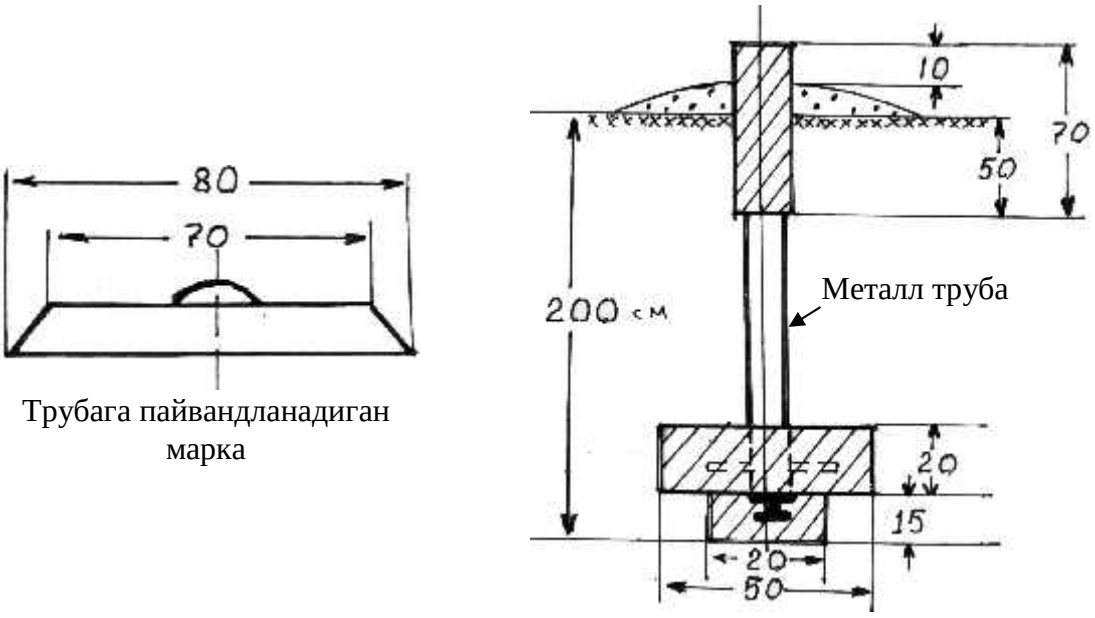
Геодезик таянч пунктларининг ўрни, жойнинг физик – географик шароити, пункт аҳамияти ва улардан фойдаланиш муддатига қараб махсус марказ деб аталадиган белги билан маҳкамланади. Ҳар бир пунктга иккитадан марказ маҳкамланади, юқоридаги марказ бузилганда пастдаги марказ пункт жойини сақланиб қолишини таъминлайди. Марказлар бетон блокларидан ёки металл трубалардан тайёрланади. Бетонга чўяндан ясалган марка жойлаштирилади ёки трубага пайвандланади.

Марка (3.11 шакл) чўян дискадан иборат бўлиб унинг устки қисмида ярим сфера шаклидаги бўртиб турган қисми бўлиб, ўртасида диаметри 2мм келадиган тешикча бўлади,



Танитувчи устун

(Ылчамлар см)



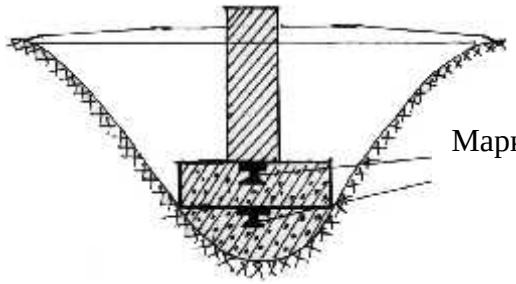
3.13 - шакл

мана шу тешикча пункт маркази ҳисобланади ва унга нисбатан масофа, бурчак ўлчаш ишлари олиб борилади, айнан шу тешикчанинг координатаси ҳисоблаб топилади ва бу координата пункт координатаси бўлади.

Ер музлаш қатлами 1,5 м дан ошмайдиган ва тупроқни қазиб олиш имконияти бўлган ерларда 3.12-шаклда келтирилган марказлар ўрнатилади.

Қурилиш материаллари олиб бориш қийин бўлган ерларда геодезик тўр пунктлари 3.13 шаклда кўрсатилган бетон ёки металл якорли металл трубага

пайвандланган марказлар ўрнатилади. Қояли жойга 3.14 шаклда кўрсатилган марказлар ўрнатилади.



3.14-шакл

Маркалар марказлари геодезик белгининг визирлаш цилиндри билан бир шовун чизиғида жойлашиши керак. Бу ишни бажариш учун теодолитдан фойдаланилади.

Уч нуқтадан туриб визирлаш цилиндрининг проекцияси олиниб, проекцияланган нуқтага марка ўрнатилади. Марказнинг пастки монолити бузилмаган грунтга ўрнатилиши керак, акс ҳолда марказ чўкиши ёки горизонтал силжиши мумкин.

Марказларни жойда маҳкамлашда ер музлаш қатламини албатта ҳисобга олиш зарур, чунки ер музлашидан марказ кўтарилиши ва муз эриши натижасида марказ чўкиши мумкин.

Марказлар ер ости суви таъсирадан сақланиши керак. Бунинг учун пастки марказни манолити грунт сувлари таъсиридан юқорида жойлаштирилиши керак. Музланган ернинг кўтарилиш таъсирини камайтириш учун марказни монолит қисмига кесик пирамида шакли берилади.

Текшириш учун саволлар:

1. Пирамида қандай жойдаги пунктларга ўрнатилади?
2. Қандай турдаги пирамидаларни биласиз?
3. Визирлаш цилиндри қандай бўёқ билан бўялиши мумкин?
4. Нима учун ҳар бир пунктга иккитадан марказ ўрнатилади?
5. Марказни жойда маҳкамлашда нималарга аҳамият бериш керак?

3.5. GPS пунктларини рекогносцировкалаш

GPS технологиясига асосланиб геодезик тўрни барпо этишда пункт учун танланган жой топографик харита ёки аэросуратда белгиланади. Бевосита

жойда пункт маркази ўрнатиладиган ер тавсифи ва абриси (хомаки плани) тузилади. Бу пунктларга қуйидаги умумий талаблар қўйилади:

1. Пункт узоқ вақт планли ва баландлик жиҳатдан турғун бўладиган, жойда тезда топиладиган бўлиши керак;

2. Йўлдошлардан келаётган сигналларни қабул қилиш аппаратларига келишида +15˚ қияликда тўсиқлар бўлмаслиги керак;

3. Олти ва ундан ортиқ йўлдошлардан келаётган сигналларни турғун қабул қилиш имконияти бўлиши керак;

4. Пункт атрофида сигналларни қайтарувчи юза (сирт) бўлмаслиги керак, бундай сиртни пункт атрофида бўлиши **кўп пунктли эффектни** ҳосил қилиши мумкин;

5. Йўлдошдан қабул қилиш антенасини ердан (ерни тўшаган нарсалардан) 1,2 метр баланда ўрнатиш имконияти бўлиши керак;

6. Пунктдан 1 км масофада кучли радионурланиш (телекўрсатув, радиоэшиттириш, радиоузатиш станциялари, радарлар ва х.к.) бўлмаслиги керак;

7. Йил давомида ва ихтиёрий вақтда пунктга бориш қулай бўлиши керак;

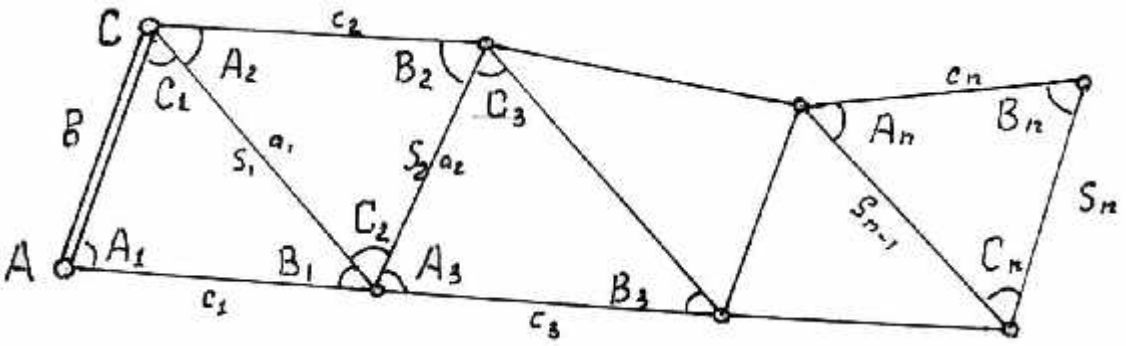
8. Пункт маркази ўрнатилган ерда грунт сувлари ер сатҳидан 3 метрдан пастда бўлиши керак.

3.6. Триангуляция тўрини барпо этиш аниқлиги

Геодезик тўрни триангуляция усулида барпо этишда фақат базис (таянч томон) узунлиги ва барча бурчаклар ўлчанади, тригонометрия формулаларидан фойдаланиб триангуляция қатори ва тўрларининг томон узунликлари ҳисоблаб топилади. Геодезист, триангуляция томон узунликлари базис томондан узоқлигига қараб қандай аниқликда топилади, азимут қандай аниқликда узатилади, томон узунликларини, азимутларни ва координаталарни узатишда хатоликлар қандай тўпланиб боради деган саволга жавоб бера олиши керак. Бу геодезистга триангуляция лойиҳасини тузишда триангуляция аниқлигининг олд ҳисобини бажариши, бурчакларни ўлчаш усули, при-

ёмлар сонини, базис томонлари ва Лаплас пунктларининг сонини аниқлаш имконини беради.

3.6.1. Триангуляция қаторида боғловчи ва оралиқ томон ўрта квадратик хатоси



3.6.1. шакл

3.6.1. шаклдаги учбурчаклар қаторидан иборат бўлган триангуляция лойиҳаланган бўлсин. Бу қаторда:

$\frac{m_b}{в} - AC = b$ қатор чиқиш томони (базис тури орқали топилади ёки бевосита ўлчанади) нисбий ўрта квадратик хатоси;

$S_1, S_2,..., S_n$ – боғловчи томонлар;

$A_1, B_1, A_2, B_2,...A_n, B_n$ – боғловчи бурчаклар;

$c_1, c_2,...c_n$ – оралиқ томонлар;

$C_1, C_2,...C_n$ – оралиқ бурчаклар;

$A_1, B_1, C_1, A_2, B_2, C_2,$ - тенглаштирилган бурчаклар бўлсин, S_n охирги боғловчи томон **ўрта квадратик хатосини** (ў.к.х.) топамиз. S_n – томон узунлиги триангуляция қаторида қуйидаги формула билан топилади

$$S_n = b\frac{\sin A_1 \sin A_2 ... \sin A_n}{\sin B_1 \sin B_2 ... \sin B_n} \qquad (3.6.1.)$$

ёки $S_n қ bF$, (3.6.2.)

бунда $$F = \frac{\sin A_1 \sin A_2 ... \sin A_n}{\sin B_1 \sin B_2 ... \sin B_n} \qquad (3.6.3.)$$

Шартли ўлчашлардаги тенглаштирилган элементларнинг функцияси каби, F функциянинг ўрта квадратик хатосини топамиз.

Кичик квадратлар усулидан маълумки, тенглаштирилган элементларни функциясининг вазни қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$\frac{1}{P_F} = \left[\frac{ff}{P}\right] - \frac{\left[\frac{af}{P}\right]^2}{\left[\frac{aa}{P}\right]} - \frac{\left[\frac{bf \cdot 1}{P}\right]^2}{\left[\frac{bb \cdot 1}{P}\right]} - ... - \frac{\left[\frac{^3f \cdot r-1}{P}\right]^2}{\left[\frac{^3{}^3 \cdot r-1}{P}\right]}, \qquad (3.6.4.)$$

бунда $f - F$ функцияни хусусий ҳосилалари;

P – кузатилган катталиклар вазни;

$a, b, ..., v$ – шартли тенгламаларнинг коэффициентлари;

r – қатордаги шартли тенгламалар сони.

Бурчаклар тенг аниқликда ўлчанган деб қабул қиламиз: $m_{A_1} = m_{B_1} = m_{C_1} = ... = m_{A_n} = m_{B_n} = m_{C_n} = m$, унда вазнлар ҳам тенг бўлади $P_{A_1} = P_{B_1} = P_{C_1} = ... = P_{C_n} = 1$.

Ухолда (3.64.)ни қуйидагича ёзишимиз мумкин:

$$\frac{1}{P_F} = [ff] - \frac{[af]^2}{[aa]} - \frac{[bf \cdot 1]^2}{[bb \cdot 1]} - ... - \frac{[^3f \cdot r-1]^2}{[^3{}^3 \cdot r-1]}, \qquad (3.6.5.)$$

F функция ўрта квадратик хатоси қуйидагича бўлади

$$m_F = m'' \sqrt{\frac{1}{P_F}}, \qquad (3.6.6.)$$

бунда m'' – бирлик вазн ўрта квадратик хатоси.

$\frac{1}{P_F}$ ва m_F ларнинг қийматини топамиз, бунинг учун шакллар шартли тенгламасини (учбурчак бурчаклари йиғиндисининг шартини) ёзамиз.

Биринчи учбурчак учун:

$$A_1^o + (A_1) + B_1^o + (B_1) + C_1^o + (C_1) - 180^o = \varepsilon ,$$

Бунда A_1^o, B_1^o, C_1^o - ўлчанган бурчак қийматлари; қатор тенглаштирилгандан сўнг, ўлчанган бурчакларга тузатмалар (A_1), (B_1), (C_1); ε – учбурчак сферик ортиқлиги.

Шартли тенглама озод хадини ω_1 билан белгилаймиз, биринчи учбурчакда

$$\mu_1 = \left[A_1^\circ + B_1^\circ + C_1^\circ - (180° + £)\right]$$

Қатордаги барча учбурчаклар учун шакл шартли тенгламалари системасига эга бўламиз:

$$\left.\begin{array}{l}(A_1)+(B_1)+(C_1)+\mu_1=0,\\(A_2)+(B_2)+(C_2)+\mu_2=0,\\\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\(A_n)+(B_n)+(C_n)+\mu_n=0\end{array}\right\} \qquad (3.6.7.)$$

Триангуляция қаторида бошқа шартлар йўқ деймиз (оддий қатор бўлганлиги учун қутб шарти ва битта базис ўлчанган бўлганлиги учун полигон шарти бўлмайди). F ни боғлиқ бўлмаган аргументлар – бурчаклар A_1, B_1,... лар бўйича диффернциаллаб f катталигини топамиз,

$$f_1 = \frac{\partial F}{\partial A_1} = \frac{\sin A_2 \cdot \sin A_3 \ldots \sin A_n}{\sin B_1 \cdot \sin B_2 \ldots \sin B_n} \cos A_1 \cdot \frac{\sin A_1}{\sin A_1} = FctgA_1;$$

$$f_2 = \frac{\partial F}{\partial B_1} = \frac{\sin A_1 \cdot \sin A_2 \ldots \sin A_n}{\sin B_2 \sin B_3 \ldots \sin B_n} \left(- \frac{\cos B_1}{\sin^2 B_1} \right) = -FctgB;$$

$$f_3 = \frac{\partial F}{\partial C_1} = 0;$$

$$f_4 = \frac{\partial F}{\partial A_2} = FctgA_2;$$

$$f_5 = \frac{\partial F}{\partial B_2} = -FctgB_2;$$

$$f_6 = \frac{\partial F}{\partial C_2} = 0$$

.....

(3.6.7.) дан кўрамизки тенгламанинг *a, b, c...υ* коэффициентлари 1га тенг. Формулани келтириб чиқаришда қулай бўлиши учун 3.6.1-жадвалда шартли тенгламалар коэффициентларини келтирамиз.

жадвал-3.6.1

Учбур-чаклар	Бурчаклар	*a*	*b*	*c*	...	*v*	*f*
1	A_1	1					$Fctg\,A_1$
	B_1	1					$-FctgB_1$
	C_1	1					*0*
2	A_2		1				$Fctg\,A_2$
	B_2		1				$-FctgB_2$
	C_2		1				*0*
3	A_3			1			$FctgA_3$
	B_3			1			$-FctgB_3$
	C_3			1			*0*
...	...	...	...	...	...	...	...

3.6.1. жадвал асосида ёзамиз

$$[aa]=[bb]=[cc]=...=3, \qquad \text{(a)}$$

$$[ab]=[ac]=...[bc]=[bd]=...=0. \qquad \text{(b)}$$

(3.6.5) га кирган ифодалар учун

$$\left.\begin{aligned}&[bb\cdot 1]=[bb]-\frac{[ab][ab]}{[aa]}=[bb],\\&[cc\cdot 2]=[cc],\\&.....\end{aligned}\right\} \qquad \text{(c)}$$

$[ff]$ ифодаси қуйидагича бўлади.

$$[ff]=F^2\left[(ctg^2A_1+ctg^2B_1)+(ctg^2A_2+ctg^2B_2)+.....+(ctg^2A_n+ctg^2B_n)\right] \qquad \text{(d)}$$

Биз буни мисолимизда $[bf\cdot 1]=[bf];\ [cf\cdot 2]=[cf]$...,

у ҳолда

$$\left.\begin{array}{l}\dfrac{[af]^2}{[aa]}=\dfrac{1}{3}F^2(ctg^2A_1+ctg^2B_1-2ctgA_1ctgB_1)\\ \dfrac{[bf\cdot 1]^2}{[bb\cdot 1]}=\dfrac{1}{3}F^2(ctg^2A_2+ctg^2B_2-2ctgA_2ctgB_2)\\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\\ \dfrac{[^3f\cdot r-1]^2}{[^3{}^3\cdot r-1]}=\dfrac{1}{3}F^2(ctg^2A_n+ctg^2B_n-2ctgA_nctgB_n)\end{array}\right\} \qquad (e)$$

(d) ва (e) ни (3.6.5.) га қўйиб қуйидагини ҳосил қиламиз

$$\frac{1}{P_F}=F^2\left\{\sum_{k=1}^{k=n}\left(ctg^2A_k+ctg^2B_k\right)-\frac{1}{3}\sum_{k=1}^{k=n}\left(ctg^2A_k+ctg^2B_k-2ctgA_kctgB_k\right)\right\}$$

ёки

$$\frac{1}{P_F}=\frac{2}{3}F^2\sum_{k=1}^{k=n}(ctg^2A_k+ctg^2B_k+ctgA_kctgB_k) \qquad (3.6.8.)$$

(3.6.8.) ни (3.6.6.) га қўйсак

$$m_F=\frac{m''\cdot F}{^\circ\,''}\sqrt{\frac{2}{3}\sum_{k=1}^{k=n}\left(ctg^2A_k+ctg^2B_k+ctgA_kctgB_k\right)} \qquad (3.6.9.)$$

(3.6.2.) ва (3.6.9.) формуладан фойдаланиб қаторнинг охирги боғловчи тамонини ўрта квадратик хатосини топамиз.

(3.6.2) ни логарифмлаб

$$\lg S_n=\lg(bF) \qquad (3.6.10)$$

ўрта квадратик хатога ўтамиз

$$(\frac{1}{S_n}Mm_{Sn})^2=(\frac{1}{b}Mm_b)^2+(\frac{1}{F}Mm_F)^2,$$

бунда *Mқ0,4343* натурал логарифмдан унли логарифмга ўтиш модули (lg*N*қ*M*ln*N*), ёки

$$(\frac{m_{S_n}}{S_n})^2 = (\frac{m_b}{b})^2 + (\frac{m_F}{F})^2 \qquad (3.6.11)$$

(3.6.11) га (3.6.9) ни қўйиб натижавий формулани ҳосил қиламиз

$$(\frac{m_{S_n}}{S_n}) = (\frac{m_b}{b})^2 + \frac{2}{3}\frac{m''^2}{\circ''^2}\sum_{k=1}^{k=n}(ctg^2 A_k + ctg^2 B_k + ctgA_k ctgB_k) \quad (3.6.12)$$

(3.6.12) формуладаги

$$\frac{2}{3}\sum(ctg^2 A_k + ctg^2 B_k + ctgA_k ctgB_k)$$

ифодага **геомтрик боғланиш хатоси** ёки **қатор охирги томонини «тескари вазни»** дейилади.

Хусусий ҳолда, триангуляция қаторидаги учбурчаклар тенг томонли, яъни $A_k = B_k = C_k = 60^o$, унда ctg60º қ$\frac{1}{\sqrt{3}}$ ва (3.6.12) формула қуйидаги кўринишда бўлади.

$$\left(\frac{m_{S_n}}{S_n}\right)^2 = \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \frac{2}{3}n\left(\frac{m''}{\circ''}\right)^2 \qquad (3.6.13)$$

Агар $\frac{m_b}{b} = 0$ десак, (3.6.13) қуйидаги кўринишга келади

$$\frac{m_{S_n}}{S_n} = \frac{m''}{\circ''}\sqrt{\frac{2}{3}n} \qquad (3.6.14)$$

(3.6.14) формула тақрибий ҳисобларда ишлатилади, учбурчак томон узунликлари турлича бўлганлиги сабабли, (3.6.12) формулани ишлатиш мақсадга мувофиқ. Яна шуни таъкидлаш зарурки ЭХМ ривожланмасдан олдин ҳисоблашни осонлаштириш мақсадида (3.6.12) формула логарифмлик кўринишга келтирилган.

$d\lg s = \frac{d_S}{S} M$ бўлганлиги учун

$$m_{\lg s} = \frac{m_S}{S} M$$

ёки

$$\frac{m_S}{S'} = \frac{m_{\lg s}}{M} \qquad (3.6.15)$$

Бундан ташқари, яна қуйидагини ёзишимиз мумкин

$$d\lg\sin A = \frac{\cos A}{\sin A} dA \cdot M = \frac{MctgA}{\circ''} m'' = ¢_A m''$$

$$¢_A = \frac{MctgA}{\circ''} \qquad (3.6.16)$$

$¢_A$ катталик A бурчак синуси логарифмасини бурчак $1''$ га ортгандаги ўзгариши.

(3.6.16) дан

$$ctgA = \frac{¢_A}{M} \circ'' \qquad (3.6.17)$$

(3.6.15) ва (3.6.17) асосида (3.6.12) ни қуйидагича ёзишимиз мумкин.

$$m^2_{\lg S} = m^2_{\lg b} + \frac{2}{3} m''^2 \sum_{k=1}^{k=n} (¢^2_A + ¢^2_B + ¢_A ¢_B) \qquad (3.6.18)$$

Белгилаш киритамиз

$$R = ¢_A^2 + ¢_B^2 + ¢_A ¢_B, \qquad (3.6.19)$$

у холда, (3.6.18) ушбу кўринишга келади

$$m_{\lg S}^2 = m_{\lg b}^2 + \frac{2}{3} m''^2 \sum_1^n R \qquad (3.6.20)$$

Боғловчи бурчаклар *A* ва *B* аргументлар асосида *R* катталигини топиш жадвали (АҚШ да) тузилган.

Боҳаланаёган томоннинг нисбий хатолиги қуйидаги формула орқали аниқланади

$$\frac{m_{S_n}}{S_n} = \frac{m_{\lg S_n}}{M \cdot 10^6} \quad .$$

Икки базис томонлари ўртасида жойлашган томонни хатоси охирги томон хатосидан икки марта кичик бўлади. *n* та тенг томонли учбурчаклардан ташкил топган триангуляция қатори томонининг нисбий хатоси проф. А.А. Изотов формуласи билан ҳисобланиши мумкин:

$$\left(\frac{m_{S_n}}{S_n}\right)^2 = \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \frac{2}{3}\left(2n - \frac{1}{5}\right)\frac{«''^2}{°''^2} \qquad (3.6.21)$$

бунда *μμ”* - ўлчанган йўналишни ўрта квадратик хатоси. У қуйидагига тенг

$$«'' = \frac{m''}{\sqrt{2}}$$

Ихтиёрий шаклдаги учбурчаклардан иборат бўлган триангуляция қатори ўлчанган йўналишларининг ўрта квадратик хатоси орқали баҳолаш учун (3.6.13) формуладаги *m* ўрнига *μ”* қўйилади,

$$m_{\lg S}^2 = m_{\lg b}^2 + \frac{4}{3}«^2 \sum R$$

(3.6.22)

Триангуляция қаторида томон узунлигини узатишнинг «тескари вазн» катталиги қуйидаги формула билан ҳисобланади

$$\frac{1}{P_S} = \frac{4}{3}\sum_{1}^{n} R \qquad (3.6.23)$$

Базис томонлар сонини аниқлашда «геометрик боғланиш хатоси» нинг чеки (3.6.23) формула билан ҳисобланиши мумкин.

Шакллар шартига кўра бурчаклар бўйича тенглаштирилган бўлса, қатордаги n - учбурчак оралиқ томонининг ўрта квадратик хатосини топиш формуласини (3.6.15) формула асосида ёзишимиз мумкин

$$\left(\frac{m_{C_n}}{C_n}\right)^2 = \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \frac{2}{3}\left(\frac{m''}{\circ''}\right)^2\left[\sum_{k=1}^{n-1}(ctg^2A_k + ctg^2B_k + ctgA_k\,ctgB_k) + \right.$$

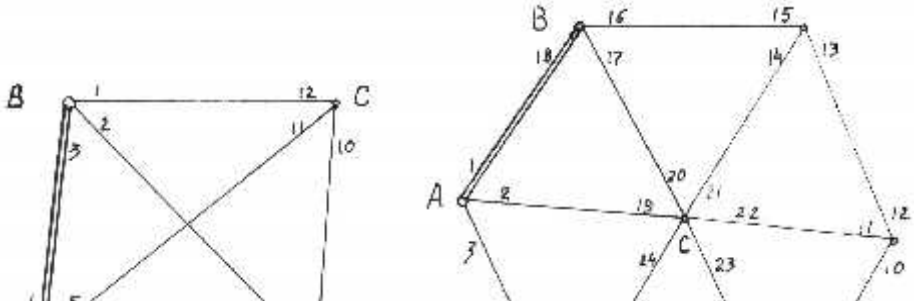
$$\left. + (ctg^2C_n + ctg^2B_n + ctgC_n\,ctgB_n)\right] \cdot \qquad (3.6.24)$$

(3.6.15) ва (3.6.17) формулаларни инобатга олиб оралиқ томон логарифмининг ўрта квадратик хатосини топамиз

$$m^2_{\lg c_n} = m^2_{\lg b} + \frac{2}{3}m''^2\left[\sum_{k=1}^{n-1}\left(¢^2_{A_k} + ¢^2_{B_k} + ¢_{A_k}¢_{B_k}\right) + \right.$$

$$\left. + (¢^2_{C_n} + ¢^2_{B_n} + ¢_{C_n}¢_{B_n})\right]. \qquad (3.6.25)$$

Триангуляция тўрини учбурчаклар қаторидан ташқари геодезик тўртбурчаклар қатори, учбурчак ва геодезик тўртбурчак комбинацияси ёки марказий система кўринишида барпо этиш мумкин (3.6.2, 3.6.3 шакллар).



Марказий
система

Геодезик тыртбурчак

3.6.2 шакл 3.6.3 шакл

Бу кўринишдаги триангуляция тўрларининг «тескари вазн» орқали томон узунлигини узатиш аниқлигини баҳолашни проф. В.А. Магницкий (1948 й.) таклиф этган формула билан амалга ошириш мумкин

$$\frac{1}{P_S} = \frac{4}{3} \cdot \frac{D-(C-C_0)}{D} \sum (¢^{2}_{A} + ¢^{2}_{B} + ¢_{A}¢_{B}), \qquad (3.6.26)$$

бу ерда ҳар бир алоҳида шакл учун қуйидаги белгилашлар киритилган.

D – базис (бошланғич) томон йўналишлари (иккита) ҳисобга олинмаган ҳолда шаклдаги барча йўналишлар сони;

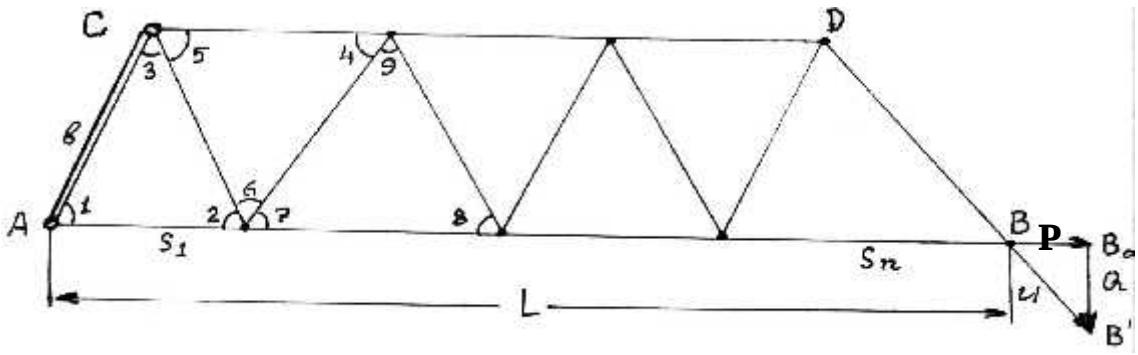
C – шаклдаги барча шартли тенгламалар сони;

Co – «ортиқча» томонни ҳисобга олмасдан шаклни учбурчаклар қаторига келтиргандан сўнги шаклдаги шартли тенгламалар сони.

Оддий учбурчаклар қаторида Магницкий формуласида *СқСо* деб олиниши керак. У ҳолда (3.6.26) формула (3.6.2) кўринишга келади.

3.7. Триангуляция қаторини охирги нуқтасини бўйлама силжиши

Триангуляция қаторида томон узунлигини узатиш аниқлигидан ташқари уни охирги нуктасини бошланғич нуқтага нисбатан бўйлама ва кўндаланг силжиши (ёки координаталарни узатиш аниқлиги) ҳам бизни қизиқтиради.



3.7.1. шакл

3.7.1. шаклда келтирилган триангуляция қатори тенг томонли учбурчаклардан иборат бўлсин, учбурчаклар бурчаклари бир бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда ўлчанган бўлиб, шакиллар шарти бўйича бурчаклар тенглаштирилган бўлсин. Бу ҳол учун қатор охирги нуқтасини бўйлама силжишини топамиз.

Белгилаш кирамиз: $PқBB_0$ - қатор охирги нуқтасининг бўйлама силжиши; $QқB_0B^1$ - қатор охирги нуқтасининг кўндаланг силжиши; u - қатор охирги нуқтаси B нинг тўлиқ силжиши.

Чизмадан

$$u = \sqrt{P^2 + Q^2} \qquad (3.7.1.)$$

ни топамиз.

(3.7.1.) дан қатор охирги нуқтасининг ўрта квадратик тўлиқ силжишини ёзишимиз мумкин:

$$m_u^2 = m_L^2 + m_q^2, \qquad (3.7.2.)$$

бунда m_L - қатор охирги нуқтасининг ўрта квадратик бўйлама силжиши.

m_q - қатор охирги нуқтасининг ўрта квадратик кўндаланг силжиши.

m_L ни формуласини келтириб чиқариш мақсадида L диоганал учун F функцияни ёзамиз:

$$F = S_1 + S_2 + ... + S_n, \qquad (3.7.3.)$$

Тенг аниқликдаги ўлчашда F функция тескари вазни (3.6.5.) билан ифодаланади. f коэффициентларни ҳисоблаб (3.6.5.) га қўйсак, қуйидагини оламиз

$$\frac{1}{P_F} = \frac{4n^2 - 3n + 5}{9n} \cdot L^2 \quad . \qquad (3.7.4)$$

(3.7.4) ни (3.6.6.) га қўямиз ва бошланғич томон (базис) хатолигини ҳисобга олиб қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз

$$m_L^2 = L^2\left\{\left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{m''}{\circ''}\right)^2 \frac{4n^2 \mp 3n + 5}{9n}\right\} \quad . \qquad (3.7.5.)$$

Бунда, триангуляция қаторида учбурчаклар сони тоқ бўлса *3n* олдидаги ишора манфий жуфт бўлганда эса мусбат олинади.

Ўрта квадратик нисбий хатолик қуйидагига тенг

$$\left(\frac{m_L}{L}\right)^2 = \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{m''}{\circ''}\right)^2 \frac{4n^2 \mp 3n + 5}{9n} \quad , \qquad (3.7.6.)$$

(3.7.5.) ва (3.7.6.) формуларда *n* -қатор диагонали *L* да оралиқ томонлар сони.

(3.7.5.) ва (3.7.6.) формулаларни тенг томонли учбурчаклардан ташкил топган триангуляцияни йўналишлар учун тенглаштиришда ҳам фойдаланса бўлади.

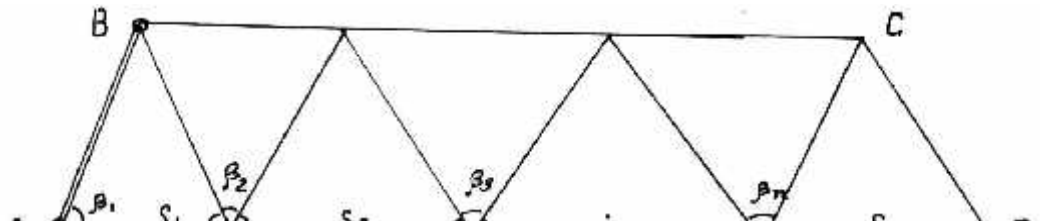
Агарда қатор икки базис оралиғида бўлса, у ҳолда (3.7.5.) формула қуйидагича бўлади

$$m_L^2 = \frac{L^2}{2}\left\{\left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{m''}{\circ''}\right)^2 \frac{2n^2 \mp 3n + 10}{9n}\right\} \quad , \qquad (3.7.7)$$

Тенг томонли учбурчаклар қаторининг шакллари шарти учун йўналишлар, базислар ва азимутлар бўйича тенглаштиришда профессор А.А. Изотов келтириб чиқарган формуладан фойдаланилади

$$m_L^2 = \frac{L^2}{2}\left\{\left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{m''}{\circ''}\right)^2\left[\frac{2n^2 - 3n + 10}{9n} - \frac{5n^2 - 7n - 9}{150n^2} - \frac{(52 - n)^2}{60(25 \cdot n + 17)n^2}\right]\right\} . \quad (3.7.8)$$

3.8 Триангуляция қатори охирги нуқтасининг кўндаланг силжиши



3.8.1 шакл

3.8.1 шаклдаги триангуляция қаторини оралиқ томонларини *S1,S2,…..,*S_n деб белгилаймиз, *S1,S2,……*S_n*,S* бўлсин, у ҳолда

$$AD = L = n \cdot S \qquad (3.8.1)$$

бўлади, бунда *n*- қатор диагоналида оралиқ томонлар сони.

AD йўл бўйича $_1$, $_2$,..., $_n$ бурчаклар *m* ўрта квадратик хатолик билан ўлчанган бўлсин, у ҳолда

$$m_1 = m_2 = ... = m_n = m'' \ . \qquad (3.8.2.)$$

Бурчак ўлчашда йўл қўйилган хатолик охирги *D* нуқтани қуйидаги катталикларга силжитади,

$$\left.\begin{aligned} m_1 .....&DD_1 = S \cdot n\frac{m''}{\circ''} \\ m_2 .....&DD_2 = S(n-1)\frac{m''}{\circ''} \\ m_3 .....&DD_3 = S(n-2)\frac{m''}{\circ''} \\ m_n .....&DD_n = S\frac{m''}{\circ''} \ . \end{aligned}\right\} \qquad (3.8.3.)$$

D нуқтанинг силжиши тасодифий бўлиб, *AD* диагоналдан у ёки бу томонга бўлиши мумкин. Фақат бурчак ўлчашдаги хатоликлар таъсиридаги кўндаланг силжишни *q* билан белгиласак, у ҳолда

$$q^2 = \left(\frac{m''}{\circ''}\right)^2 S^2 \left\{n^2 + (n-1)^2 + (n+2)^2 + \ldots + 1\right\} = \left(\frac{m''}{\circ''}\right)^2 S^2 \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \quad ,$$

ёки (3.8.1.) ни инобатга олсак

$$q^2 = \left(\frac{m''}{\circ''}\right)^2 L^2 \frac{(n+1)(2n+1)}{6n} \quad . \qquad (3.8.4.)$$

Бошланғич томон дирекцион бурчагининг хатоси m_α ни кўндаланг силжишга таъсири

$$m_{q_{\sim}} = L\frac{m''_{\sim}}{\circ''} \quad . \qquad (3.8.5.)$$

(3.8.4) ва (3.8.5.) ларни ҳисобга олиб, охирги нуқтанинг ўрта квадратик кўндаланг силжиши

$$m_q^2 = L^2 \left\{ \left(\frac{m''_2}{\circ''}\right)^2 + \left(\frac{m''}{\circ''}\right)^2 \frac{(n+1)(2n+1)}{6n} \right\} \qquad (3.8.6.)$$

(3.8.6) формула тенглаштирилмаган триангуляция қатори учун келтириб чиқарилган. Ўлчанган ва шакллар шарти учун тенглаштирилган йўналишлар учун қаторнинг ўрта квадратик кўндаланг силжишини топиш учун қуйидаги формула келтириб чиқарилган

$$m_q^2 = L^2 \left\{ \left(\frac{m_{\sim}}{\circ''}\right)^2 + \left(\frac{m''}{\circ''}\right)^2 \left[\frac{(n+1)(2n+1)}{6n} - \frac{99n^2 + 188 \cdot n - 110}{500n} \right] \right\} \quad . \qquad (3.8.7.)$$

Агар триангуляция қатори икки Лаплас азимутлари оралиғида барпо этилиб, шакллар шарти учун йўналишлар, базислар ва азимутлар бўйича тенглаштирилса, n жуфт бўлганда

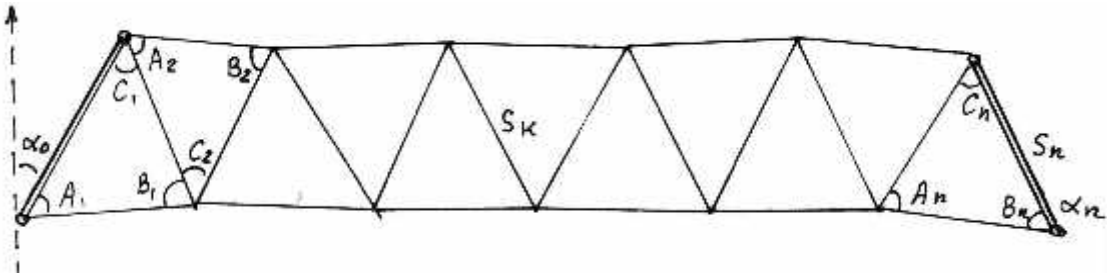
$$m_q^2 = \frac{L^2}{2} \left\{ \left(\frac{m''_{\sim}}{\circ''}\right)^2 + \left(\frac{m''}{\circ''}\right)^2 \left[\frac{(n+1)(n+2)}{6n} - \frac{25n^2 + 94n - 110}{250n} \right] \right\} \quad , \qquad (3.8.8)$$

(3.8.8) ни соддалаштирилган ҳолда қуйидагича ёзишимиз мумкин:

$$m_q^2 = \frac{L}{\circ''\sqrt{2}}\sqrt{m_{\sim}''^2 + \frac{n^2+2n+12}{15n}m''^2} \quad . \qquad (3.8.9)$$

3.9. Триангуляцияда азимутларнинг узатиш аниқлиги

а) *Триангуляция қаторида боғловчи томон азимутининг ўрта квадратик хатоси*



3.9.1 шакл

3.9.1. шаклда келтирилган триангуляция қаторининг барча бурчаклари ўлчанган, **шакллар шарти бўйича бурчаклар тенглаштирилган бўлсин,** охирги томон азимутининг ўрта квадратик хатосини топамиз.

3.9.1.-шаклдан

$$\sim_n = \sim_0 + F_{\sim_n} \pm (n-1)\cdot 180^\circ, \qquad (3.9.1)$$

бунда

$$F_{\sim_n} = -C_1 + C_2 - C_3 + \ldots - C_n, \qquad (3.9.2)$$

α_0 – бошланғич томон дирекцион бурчаги.

Шакллар шартли тенгламаси

$$(A_i)+(B_i)+(C_i)+W_i=0 \qquad i=\overline{1,n} \qquad (3.9.3)$$

$F_{\sim n}$ функциядан хусусий ҳосилалар олиб, (3.9.3) нормал тенгламанинг квадратик ва ноквадратик коэффициентларни топиб (3.6.5) формулага қўйсак $F_{\sim n}$ - фунциянинг «тескари вазни» келиб чиқади,

$$\frac{1}{P_{\sim n}}=\frac{2}{3}n \quad , \qquad (3.9.4)$$

Бошланғич томон (базис) азимути хатолиги $m_{\sim 0}$ ни инобатга олиб, n - томон ўрта квадратик хатосини қуйидагича ёзишимиз мумкин

$$m^2_{\sim n}=m^2_{\sim 0}+\frac{2}{3}nm''^2 \quad , \qquad (3.9.5)$$

бунда m'' - бурчак ўлчаш ўрта квадратик хатоси; n – азимути баҳоланаётган томонни ўзига олган учбурчак номери.

Шакллар шарти бўйича тенглаштирилган триангуляция қатори охирги боғловчи томонининг ўрта квадратик хатоси (А.А. Изотов формуласи).

$$m^2_{\sim n}=m''^2_{\sim n}+\frac{2n+5}{5}m''^2 \quad . \qquad (3.9.6)$$

Тенг томонли учбурчаклардан ташкил топган триангуляцияни шакллар шарти учун, йўналишлар, базислар ва азимутлар бўйича тенглаштиришда k-инчи боғловчи томон азимутининг ўрта квадратик хатоси қуйидаги формула билан ҳисобланади (А.А Изотов).

$$m^2_{\sim k}=\frac{m''^2_{\sim 0}}{2}+\frac{m''^2}{25}\left[(5k+12)-\frac{(5k+6)^2}{(5n+12)}\right] \quad , \qquad (3.9.7)$$

(3.9.6) ва (3.9.7) формулаларда:

$m_{\sim_0}$ - бошланғич томон (базис) азимутининг ўрта квадратик хатоси.

m'' - бурчак ўлчаш ўрта квадратик хатоси.

n - қатордаги учбурчаклар сони.

(3.9.6) ва (3.9.7) формулалар n ва k ни тоқ ёки жуфтлигидан қатъий назар амалий жиҳатдан бир ҳил натижа беради.

б) *Қатор ихтиёрий оралиқ томонининг азимути ўрта квадратик хатоси.*

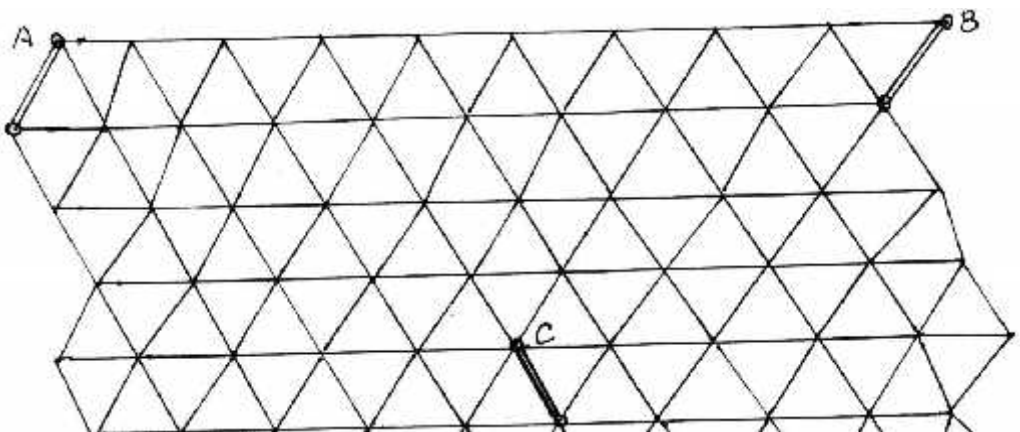
$\sim_0$ ва $\sim_n$ Лаплас азимутларига таянган, икки базисли, шакллар шарти учун йўналишлар, азимутлар ва базислар бўйича тенглаштиришда k-инчи учбурчак оралиқ томони азимутини ўрта квадратик хатосини ҳисоблаш формуласи (А.А. Изотов)

$$m''^2_k = \frac{m''^2_{\sim_0}}{2} + \frac{m''^2}{2}\left[\frac{2k}{5} - \frac{17}{10N} - \frac{(10k-7)^2}{50(5N+12)}\right], \qquad (3.9.8)$$

бунда $m_{\sim_0} = m_{\sim_n} = m_{\sim_0}$; N - қатордаги барча учбурчаклар сони.

3.10 Яхлит триангуляция тўрини баҳолаш

200х200 км 1 класс триангуляция полигонини тўлдирувчи 2 класс яхлит триангуляция тўрини баҳолаш масалаларига бағишланган тадқиқотлар билан проф. А.И. Дурнев, проф. К.Л.Проворов, инженерлар С.Г.Сундаков, Д.А. Ларин ва бошқалар шуғилланганлар. Булардан энг кўп қўлланиладиган К.Л. Проворов формулаларидан фойдаланамиз.



Тенг томонли учбурчаклар иборат бўлган азимутлари ва базис томонлари ўлчанган 2 класс яхлит триангуляция тўрининг схемаси

3.10.1.-шакл

Бошланғич азимутлари ва базисларининг хатоликлари ҳисобга олинмаган, шакллар шарти учун бурчаклар, горизонтлар, қутблар, дирекцион бурчаклар, базислар бўйича тенглаштирилган, $100 \div 300$ пунктлардан иборат бўлган 2 класс яхлит триангуляция тўрини баҳолаш формулаларини келтирамиз.

Тенг томонли учбурчаклардан иборат бўлган, тенглаштирилган 2 класс триангуляция тўрида қуйидаги тенгликлар бажарилади

$$\frac{m_S}{S} = \frac{m_{\sim}}{\circ}; \qquad \frac{m_L}{L} = \frac{m_T}{\circ} \ . \tag{3.10.1}$$

Ҳар қандай L диагонал охирги нуқталари учун

$$m_L = m_q = \frac{m_T}{\circ} L, \tag{3.10.2}$$

бунда m_T – диагонал йўналишининг ўрта квадратик хатоси бўлиб, бу қуйидагича аниқланади

$$m_T = m'' \sqrt{\frac{n^2 - 3n + 50}{45n} - \frac{n^2 - 5n + 80}{70N}} \quad , \tag{3.10.3}$$

(3.10.3) формулада: m – бурчак ўлчаш ўрта квадратик хатоси; n - L диагонал охирги нуқталари орасидаги учбурчаклар сони; N - тўрнинг базис томонлари орасидаги учбурчаклар ўртача сони. (3.10.3) формула $n \le N$ бўлганда ишлатилади.

Ихтиёрий шаклдаги (бурчаклари 30˚дан 110˚гача) бўлган учбурчаклардан иборат бўлган, бурчаклар бўйича ва барча геометрик шартлар бўйича тенглаштирилган яхлит триангуляция тўрида томоннинг дирекцион бурчагининг ўрта квадратик хатоси

$$m_{\sim} = 0.16m''\sqrt{N - 6.5 + 48t} \quad . \qquad (3.10.4)$$

Томон логарифмасини (6-инчи белги бўйича) ўрта квадратик хатоси

$$m_{\lg S} = 0.35m''\sqrt{N - 6.5 + 48t}, \qquad (3.10.5)$$

t нинг қиймати

$$t = \left(\frac{1}{2}\right)^{N/4} - \left(\frac{1}{2}\right)^{(N/4)+1} \qquad (3.10.6)$$

формула билан ҳисобланади ёки N аргумент бўйича 3.10.1 – жадвалдан олинади.

3.10.1-жадвал

N	t	N	t
11	0,138	18	0,043
12	0,117	19	0,036
13	0,100	20	0,031
14	0,084	21	0,026
15	0,072	22	0,022
16	0,060	23	0,018

17	0,051	24	0,016
		25	0,013

3.11 Азимутлар ва базис томонлар сонини аниқлаш

Қулай учбурчаклар шакли

а) **Азимутлар сонини аниқлаш.**

Чекли хатолар $m_{\sim чеки} = tm_{\sim}$ ва $n_{чеки} = n_{\max}$ берилган бўлса, унда бурчак ўлчаш ўрта квадратик хатоси *m"* ва *tқ2.5* десак

$$n_{\max} \le 12.5\frac{m_{\sim}^2}{m^2} \qquad (3.11.1)$$

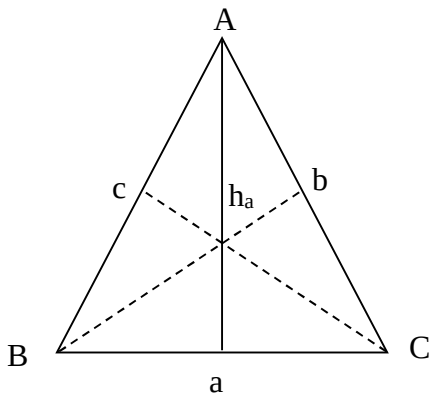
m_α *қ m* бўлса n_{max} қ *12*; m_α *қ1.0"* ва *m қ 0.7"* бўлганда n_{max} *қ 25* бўлади.

б) **Базислар сонини аниқлаш**

Базис томонлар сони Лаплас азимутларни сонига тенг деб олинади.

в) **Триангуляцияни барпо этишда энг қулай шакл** бу тенг томонли учбурчаклар. Лекин жой рельефи ҳар доим ҳам жойда бундай учбурчакларни ясаш имкониятини бермайди. 1-класс триангуляция қаторларидаги учбурчакларни энг кичик бурчаги 40˚ дан, 2 класс триангуляция турида 30˚ дан кичик бўлмаслиги керак.

3.12. Тақрибий формулалар ёрдамида трилотерация қатори ва тўрини баҳолаш



3.12 шакладаги *ABC* учбурчакнинг *A, B, C* бурчаклари қаршисидаги *a, b, c* томонлари

ўлчанган бўлсин, косинуслар теоремасидан *a* томон учун

$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos A$ (3.12.1)

ни ёзиш мумкин.

(3.12.1) дифференциаллаб ва айрим ўзгартиришлар киритиб ўрта квадратик хатога ўтамиз

$$m_A^2 = \frac{\circ^2}{h_A}(m_a^2 + m_b^2\cos C + m_c^2\cos^2 B), \qquad (3.12.2)$$

бунда h_A – *A* бурчак учидан *a* томонга туширилган баландлик,

$$h_A = c\sin B = b\sin C = \frac{bc}{a}\sin A\ . \qquad (3.12.3)$$

(3.12.2) формула, ҳисоблаб топилган *A* бурчак хатоси m_A билан учбурчак томонларини ўлчашдаги хатолар m_a, m_b, m_c ва учбурчак шакли (*A, B, C* бурчаклар катталиклари) орасида боғланиш ўрнатади.

Худди шундай *B* ва *C* бурчаклар ўрта квадратик хатосини ёзишимиз мумкин

$$m_B^2 = \frac{\circ^2}{h_B^2}(m_b^2 + m_a^2\cos^2 C + m_c^2\cos^2 A),$$
$$m_C^2 = \frac{\circ^2}{h_C^2}(m_c^2 + m_a^2\cos^2 B + m_b^2\cos^2 A). \qquad (3.12.4)$$

Агар *a=b=c=S* десак, cos*A*=cos*B*=cos*C*=0,5; $h_A = h_B = h_C = S\sin 60^0 = \frac{S\sqrt{3}}{2}$. Учбурчак томонлари тенг аниқликда ўлчанган бўлса $m_a = m_b = m_c = m_S$, унда ўлчанган томонлардан фойдаланиб ҳисоблаб топилган бурчакнинг ўрта квадратик хатоси қуйидаги формула билан топилади ($= A; B; C;$),

$$\frac{m}{\circ} = \frac{m_s}{S}\sqrt{2}$$

. (3.12.5)

Бурчак m аниқликда топилиши учун трилотерация томонлари қуйидаги аниқликдан паст бўлмаслиги керак

$$\frac{m_S}{S} = \frac{m''}{\rho''\sqrt{2}} = \frac{m''_N}{\rho''} \quad , \qquad (3.12.6)$$

бунда $m_N = m \ / \sqrt{2}$ - йўналишни ўлчаш ўрта квадратик хатоси.

Трилотерация қаторини бўйлама ва кўндаланг силжиши

Трилотерация қаторини бошланғич ва охирги томонларини A_1 ва A_2 азимутлари ўлчанган бўлсин. Қатор азимутлар шарти бўйича тенглаштирилган бўлса, у ҳолда С.А. Бутлер формуласидан фойдаланиб бўйлама силжишни топамиз

$$m_L = \frac{m_S}{2}\sqrt{\frac{N^2-1}{N}}\nu \quad . \qquad (3.12.7)$$

Кўндаланг силжиш қуйидагича топилади

$$m_g = \sqrt{\frac{L^2}{2\rho^2} m_A^2 + \frac{N-1}{36}\left(N^2+N+48\right)m_S^2}, \qquad (3.12.8)$$

бунда: L - қатор диагонали; N - қатордаги учбурчаклар сони; m_A, m_S- азимут ва томонлар узунликларини ўлчаш ўрта квадратик хатоси.

Охирги нуқтанинг умумий силжиши

$$M = \sqrt{m_L^2 + m_q^2}$$

Тенг томонли учбурчаклардан тузилган трилотерация тўри

Эркин тўр сифатида азимутлар ва марказий система шартлари учун тенглаштирилган, 200х200 км ўлчамдаги, 2 класс трилотерацияни яхлит тўри бўлсин. Азимутлар хатосини ҳисобга олмаган ҳолда, тенглаштирилган элементларнинг ўрта квадратик хатосини ҳисоблаш учун К.Л. Проворов формуласидан фойдаланамиз.

Қўшни пунктлар ўзаро ҳолатининг ўрта квадратик хатолари: томон охирининг бўйлама силжиши

$$m_t \approx 0{,}83\, m_s ; \qquad (3.12.9)$$

томон охирининг кўндаланг силжиши

$$m_r \approx 1{,}20\, m_s ; \qquad (3.12.10)$$

томон охирининг тўлиқ силжиши

$$U = \sqrt{m_t^2 + m_r^2} \qquad (3.12.11)$$

Қўшни бўлмаган пуктларни нисбий ҳолатини ўрта квадратик хатоси:

диагонал охирини бўйлама силжши

$$m_L = m_S \sqrt{\frac{(N+5)(k+11)}{10(N+25)}}; \qquad (3.12.12.)$$

диагонал охиргининг кўндаланг сижиши

$$m_q = m_S \sqrt{\frac{(N+15)(5k^2+12k+8)}{30(N+25)}}; \qquad (3.12.13)$$

диагонал охирининг тўлиқ силжиши

$$M = \sqrt{m_L^2 + m_q^2};$$

бунда: L - қўшни бўлмаган пунктларни бирлаштирувчи диагонал узунлиги;

k - нисбий ҳолати аниқланаётган (қўшни бўлмаган) пунктлар орасидаги учбурчаклар сони;

N-Лаплас азимутлари орасидаги учбурчакларни ўртача сони ($k \leq N$);

m_S - томонни ўлчашнинг ўрта квадратик хатоси.

3.13 Полигонометрия йўлини баҳолаш

Фараз қилайлик 1 класс полигонометрия йўли тўғри чизиқ кўринишида (бурчаклари 180˚), томон узунликлари тенг, бошланғич ва охирги томонларнинг азимутлари аниқланган, азимутлар шарти бўйича тенглаштирилган бўлсин. Проф. В.В. Данилов формуласидан фойдаланиб охирги пунктнинг бўйлама ва кўндаланг силжишини топамиз

$$m_L = \sqrt{n m_S^2 + n^2 m_{\pm}^2}; \qquad (3.13.1)$$

$$m_q = \frac{L}{\circ}\sqrt{\frac{m_A^2}{2} + \frac{n+3}{12} m''^2}, \qquad (3.13.2)$$

n-полигонометрия йўлидаги томонлар сони; m_S ва m_σ- масофа ўлчашдаги тасодифий ва такрорланувчи хатоликлар; m_A ва m –азимутлар ва горизонтал бурчакларни ўлчашнинг ўрта квадратик хатоликлари.

Тўлиқ силжиш

$$M = \sqrt{m_L^2 + m_q^2}.$$

3.14. Планли геодезик таянч тўрини барпо этишда ўлчаш аниқликларини мувофиқлаштириш

Планли таянч тўрини барпо этишда бурчаклар, масофаларни ўлчаш, азимутларни аниқлаш бўйича комплекс ўлчаш ишлари амалга оширилади. Бу ўлчашлар аниқлик жиҳатидан мувофиқлаштирилган бўлиши керак, чунки бири юқори аниқликда иккинчиси техник аниқликда бўлган ўлчашлар кейинчалик қўшимча сарф харажатлар қилишга олиб келади.

Планли таянч тўрларини барпо этишда ихтиёрий томон, ихтиёрий диагонал охирида $|m_L| = |m_q|$ бўлиши ва қиймати минимал бўлиши (нольга интилиши) керак.

Ундан ташқари $m_N = m \ / \sqrt{2}$ ва қуйидагилар бажарилиши керак

$$\frac{m_N}{\circ} = \frac{m_A}{\circ} = \frac{m_S}{S} \qquad (3.14.1)$$

(3.14.1) асосида ўлчаш аниқликлари мувофиқлаштирилган 3.14.1 – жадвални тузамиз.

3.14.1-жадвал

m_N қ m_A	m_S / S	$m \ = m\sqrt{2}$
0,2"	1/1000000	0,3"
0,3"	1/700000	0,4"
0,5"	1/400000	0,7"
0,7"	1/300000	1,0"
1,0"	1/200000	1,4"

Барча хатоликлар шартли тенгламаларнинг озод ҳадлари орқали ҳисоблаб топилиши керак.

Адабиётлар:

1. *Н.В. Яковлев – Вўсшая геодезия. М., «Недра», 1989.*
2. *А.И. Дурнев – Вўсшая геодезия. М., «Недра», 1967.*
3. *Справочник геодезиста / Под редакцией В.Д. Большакова и. Г.П. Левчука – М., «Недра», 1985.*
4. *В.Г. Зданович, Н.Г. Келль, К.А. Звонарёв, А.Н. Белоликов, Н.А. Гусев – Вўсшая геодезия. М., Государственное научно-техническое издательство литературў по горному делу, 1961.*
5. *Инструкция о построении государственной геодезической сети - М., «Недра», 1966.*
6. *Руководяҳий технический материал по применению спутниковўх приёмников при создании и реконструкции сетей сгуҳения. Ташкент, ГУГКиК, 1998.*
7. *С. А. Тошпулатов, Ш. К. Авчиев - Сфероидик геодезия –Т., 2002. 173 б.*

Интернет маълумоти:

1. *http//www geomatica. Kiev ua/training/Data Capture/GPS/chapter 100 html 11/22/2001.*