

КІРІСПЕ

«Геодезия» пәні «Геодезия және картография», «Жерге орналастыру және кадастр» мамандықтары студенттерінің негізгі сабағы болып саналады, сол себептен геодезия оқулығы осы мамандықтардың оқу бағдарламасына сәйкес жазылған. Бұл пәнді оқып-үйренудің негізгі мақсаты – студенттерді жер бетінде жүргізілетін барлық топографиялық түсірістер мен инженерлік-геодезиялық жұмыстарды өз бетімен жүргізе білуге үйрету. Студенттердің бұл пәнді 1-курстан бастап оқуы, олардың болашақ мамандығына деген көз қарасының қалыптасуымен қатар, кейін «Инженерлік геодезия», «Геодезиялық аспаптар», «Жоғарғы геодезия», «Фотограмметрия», «Геодезиялық өлшеулер нәтижелерін математикалық өңдеу» сияқты пәндерді игерудің негізін қалайды.

Оқу материалын баяндау барысында геодезия ғылымы мен өндірісінің осы күнгі жетістіктеріне, геодезиялық жаңа аспаптарға, оның ішінде жер серіктері технологиясын пайдаланудың түсіріс әдістеріне және далалық өлшеу нәтижелерін ғылыми өңдеу негіздеріне басты көңіл аударылады.

Әрбір тараудың соңында өзіндік тексеру сұрақтары мен есептеудің үлгілері келтірілген. Мұның бәрі, әлбетте, студенттердің, оның ішінде сырттай оқып-үйренетін студенттердің оқу материалдарын аудиториядан тыс игеруіне өте үлкен септігін тигізеді.

1. ГЕОДЕЗИЯ ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ МӘЛІМЕТ

1.1. Геодезияның ғылыми тұрғыдағы анықтамасы және оның міндеттері

Геодезия – Жер туралы ертеден келе жатқан ғылымдардың бірі. «Геодезия» деген сөздің өзі грек тілінен аударғанда, «жерді бөлу» мағынасын білдіретіндігі, оның адамзаттың тыныс тіршілігінде жер учаскелерін өлшеуге, бөлуге байланысты пайда болғандығының дәлелі. Қазіргі замандағы геодезия–жерді бөлу мағынасы шеңберінен әлдеқашан шыққан, күрделі ғылыми, ғылыми-техникалық және инженерлік мәселелерді геодезиялық, т.б. да аспаптар көмегімен арнайы өлшеу және өлшеу нәтижелерін математикалық-графиктік өңдеу арқылы шешетін жан-жақты ғылым саласына айналып отыр.

Сөйтіп, геодезия – Жердің пішіні мен көлемін анықтауда, оның жекелеген бөліктерін планға, картаға түсіруде, жердің қималарын (профильдерін) жасауда, инженерлік жұмыстарды жобалауда, жүргізуде және пайдалануда қолданылатын әртүрлі өлшеу әдістері туралы ғылым.

Геодезия ежелгі ғылымдардың бірі бола тұрса да, адамзат қоғамының, ғылым мен техниканың жедел дамуына байланысты өзінің мазмұнын өзгертіп отырды. Соның нәтижесінде геодезия бірнеше дербес ғылыми және ғылыми–техникалық салаларға бөлінді.

1. *Жоғарғы геодезия* – жердің және планеталардың фигуралары мен көлемдерін зерттеу, сондай-ақ геодезиялық негізгі тірек жүйелерін құру жөніндегі міндеттерді шешеді.

Жоғарғы геодезия мәселелерін шешу үшін жүргізілген егжей-тегжейлі зерттеулер барысында одан геодезиялық астрономия, геодезиялық гравиметрия, ғарыштық геодезия сияқты жеке пәндер бөлініп шықты.

Геодезиялық астрономия – геодезиялық тірек жүйелерін құруда аспан шырақтарын бақылау негізінде координаталық бастапқы мәліметтерді анықтау мәселелерімен шұғылданады.

Геодезиялық гравиметрия – жер бетінің жекелеген нүктелерінің ауырлық күшін арнайы аспаптармен өлшеу арқылы жер пішінін зерттеумен айналысады.

Ғарыштық геодезия – жердің жасанды серіктерінің көмегімен жер беті нүктелерінің геометриялық арақатынастарын зерттейді.

2. *Геодезияның* (топографияның) еншісіне жер бетінің шағын аймақтарын жазықтық ретінде қарап, оны өлшеу мен қағаз бетіне кескіндеу тиген.

3. *Картографияда* жер бетінің едәуір аймақтарының кескіндерін әртүрлі мақсаттағы түрінде жасау әдістері мен процестері және көбейту технологиясы зерттеледі.

4. *Аэрофототопография* – аэросуреттер бойынша топографиялық карталар мен пландар жасау әдістерін зерттейді және жетілдірумен шұғылданады.

5. *Қолданбалы геодезия* – ізденістер, құрылыстар мен инженерлік ғимараттарды салу және пайдалану, құрылыс жабдықтарын монтаждау, табиғат байлықтарын пайдалану, т.б. инженерлік жұмыстар кезінде атқарылатын геодезиялық жұмыстардың әдістерін зерттеумен айналысады. Қолданбалы геодезияда жоғарғы геодезияның, топографияның, маркшейдерлік істің де негіздері кең пайдаланылады, ал кей кездерде өзіне тән өлшеу тәсілдері мен аспаптарын қолданады.

Геодезия пәнінің негізгі ғылыми–техникалық міндеттеріне мына төмендегідей жұмыстар жатады:

- жер бетіндегі нүктелердің координаттарын белгілі бір жүйеде анықтау;

- тау-кен кәсіпорындарын жобалау, салу және пайдалану кезінде қажетті әртүрлі өлшеулерді жер бетінде, жер қойнауында, атмосфера қабатында, теңізде және ғарыш кеңістігінде жүргізу;

- республикамыздың қорғаныс мұқтажығын геодезиялық мәліметтермен қамтамасыз ету мәселері жатады.

Алдына қойылған міндеттерін атқаруда геодезия, математика, физика, астрономия, география, геоморфология, фотограмметрия, механика, радиоэлектроника сияқты ғылымдардың деректеріне сүйенеді. Геодезиялық өлшеулердің нәтижелерін өңдеуде осы күнгі ғылыми математикалық өңдеу әдістері мен есептеу техникасы, оның ішінде әртүрлі цифрлы және электронды машиналар қолданылады.

Физика геодезияны электроникамен және электротехникамен қатар оптикалық, оптикалық–механикалық және электронды–оптикалық аспаптар мен жүйелердің жобалау есептерінің негіздерімен толықтырады. Астрономия геодезияны геодезиялық тірек жүйелерін дамыту үшін бастапқы мәліметтермен қамтамасыз етеді. Автоматика, телемеханика және радиоэлектроника салаларындағы ғылым мен техника жетістіктерінің негізінде аса жаңа геодезиялық аспаптар құрастырылады. Географияны білу жер бедерін құрайтын ландшафт элементтерін, жер бетінің табиғи жамылғыларын және адам қызметінің нәтижелерін дұрыс түсіндіруді қамтамасыз етеді. Жер бедерінің пішіндерін және олардың өзгеру заңдылықтарын танып білуде геология мен геоморфология көмекке келеді.

Жерді зерттеу оның сыртқы гравитациялық өрісіне зерттеулер жүргізумен байланысты. Ал гравиметрияның заңдары мен аспаптарын пайдаланбай, мұндай зерттеулер жүргізу мүмкін емес. Пландар мен карталарда графикалық сапалы безендіру топографиялық сызу тәсілдерін білуді қажет етеді.

Геодезияның халық шаруашылығының түрлі–түрлі салалары үшін практикалық үлкен маңызы бар. Мәселен, геодезиялық өлшеулер, жолдар, каналдар, жерасты құрылыстары (метро, кабельдер, құбырлар), әуе желілері (электрлік беріліс, байланыс желілері) трассаларын белгілеу кезінде, пайдалы кен орындарын барлау және пайдалану кездерінде кең қолданылып келеді. Геодезия жер иегерлерін орналастыруда, жерді құрғату мен суландыруда, орман шаруашылығын жүргізу кезінде қолданылады. Карта әскери істе белгілі бір жерді зерттеу, оның бетіне әскери жағдайды бейнелеп түсіру, жауынгерлік операцияларға талдау жасау және т.б. үшін пайдаланылады.

1.2. Геодезияның дамуы туралы қысқаша мәлімет

Адам баласының барлық тіршілігі жермен байланысты екені бәрімізге аян. Сол себепті жерді зерттеуге арналған ғылымдардың бірнеше түрлі тараулары бар. Грек тілінде жерді «геоид» дейді, осыған байланысты жерге арналған ғылымдардың көпшілігі осы буынмен басталады: геодезия, геология, геофизика, геоботаника, геомеханика және т.б.

Бұл ғылымдардың бәрі бір-бірімен тығыз байланысты және өлшеу мәселесі қоғамның даму тарихымен тікелей ұштасып жатады. Қоғам тарихының әр дәуірінде жермен шұғылдану дәрежесі де әртүрлі сатыда болып келді. Адам қоғамының даму дәрежесінің өзі сол жер байлығын пайдалана білу тәсіліне тәуелді. Сол себептен жер өлшеу әдістерінің дәрежесі адам қоғамының даму тарихын көрсететін бір айқын дерек болып табылады. Осы айтылғандарға мысал ретінде геодезия мен маркшейдерия ғылымдарының әрбір тарихи кезеңдерде қандай орын алып келгендігіне қысқаша тоқталамыз.

Жер өлшеу әдістері мен ірі құрылыстардың көрнекті ескерткіштері дүние жүзінде бірнеше жерлерде бар. Мысалы, біздің заманымыздан бұрынғы VI ғасырда Ніл өзенінің бойында салынған суару жүйелері мен каналдарда геодезиялық өлшеулер қолданылған. Ежелгі Мысыр (Египет) елінде орасан зор құрылыстар салынған. Ал Египет патшаларының өздері тірі кездерінде салғызған пирамидаларының ішіндегі ең үлкені—Хеопс пирамидасының төрт қырының әрқайсысы 230,13 метрден де, ал бір-бірінен айырмашылығы 2 см-ден аспайды. Египет пирамидалары «Әлемнің жеті кереметінің» бірі болып саналады. Мұндай құрылыстар салу, арнаулы геодезиялық өлшеулерсіз жүргізілуі мүмкін емес.

Біздің заманымыздан IV ғасыр бұрын өмір сүрген грек математигі Евдем «Жерді өлшеу нәтижесінде египеттіктер метрия ғылымын ойлап шығарды», —деп жазды. Жер өлшеу өнерін египеттіктерден үйренген гректер, оны алғашқы кезде «геометрия» деп атады. Геометрия заңдары жер өлшеуде әрдайым қолданылады, барлық ғылымдарға ұстаздық еткен ұлы ғалым—Аристотель өлшеу ғылымын геометриядан бөліп айту үшін оны «геодезия» деп атаған.

III ғасырда өмір сүрген грек ғалымы Эратофен градустық өлшеулердің көмегімен жер радиусін анықтаған.

Бұдан кейін геодезия Үндістанда, Орта Азияда, Араб елдерінде дамыды. Дүние жүзінде осы күнге дейін сақталып қалған ірі құрылыстар қатарында жататындар: Үндістанда—Чанрагута, Қытайда—Ұлы қорған (қабырға), Жапонияда—Тодайдзи, Индонезияда—Боробудур, Арабияда—Құдыс, Медина, Бағдат. Кейінгі Ақсақ темір заманынан бастап салынған тамаша құрылыстар қатарына жататындар: Шахи—Зинда, Тадж—Махал, Хожа—Ахмед Яссауи мавзолейі, Ұлықбек обсерваториясы, т.б.

Айтылған құрылыстар сол дәуірде жоғарғы дәрежелі мәдениеттің болғанын дәлелдейді. Жоғарғы мәдениеттің қалыптасуына жер өлшеу ғылымы да өзіндік рөл атқара отырып, сол мәдениеттің арқасында өзі де дамып жетілді.

Араб мәдениетінің дамыған кезінде Аристотельден кейінгі жүзінде білім мен мәдениеттің «екінші ұстазы» атанған данышпан, энциклопедист, ғалым Әбу Насыр аль-Фараби (870-950 ж.ж.) геодезия ғылымы, геодезиялық оптикалық аспаптар жөнінде өзінің «Ғылымдардың тізбегі» атты еңбегінде былай деген: «Геодезия ғылымы арқылы адамзат алыс орналасқан, көз жетпейтін заттардың мөлшерін, шамасын бір затпен екінші заттың арақашықтығын, биіктігін, теңдігін, (мысалы: ағаштың, үйдің биіктігін, өзеннің тереңдігін) анықтауға болады. Кейде қателеспес үшін өлшеулерде әртүрлі оптикалық аспаптар қолданылады» деген. Ал «Алмагеске түсініктеме» атты кітабының «Сфералық астрономия» деген тарауында, астрономия мен география мәселелерін математикалық жолмен шешудің жеңіл әдістерін ұсынады. Мысалы, Айдың радиусін, жер бетінің ендігі мен бойлығы, Ай мен Жердің ара қашықтығын, Айдың паралаксін өлшеулер жайлы Орта Азия мен Шығыстың ұлы ғалымы Абу Райхан Бируни (973-1050 ж.ж.) үлкен мұра қалдырды. Г. Галилей жасаған көру дүрбісінің (1609 ж) көмегімен жүргізілген геодезиялық өлшеулердің дәлдігі жоғары болды. XVII ғасырда И. Ньютон ашқан бүкіл әлемдік тартылыс заңының көмегімен жердің шар емес, айналу осінің бағыты бойынша сығылған эллипсоида екенін дәлелдейді.

Ресейдегі геодезиялық жұмыстар XVIII ғасырда, I Петрдің дәуірінде жүзеге асырылды. 1753 жылы Ресейде Географиялық департамент құрылып, 1758-1765 жылдары орыстың ұлы ғалымы М.В Ломоносов оның жетекшісі болды. Сол кездері геодезистерді дайындайтын оқу орындары ашылып, геодезиялық аспаптар шығарыла бастады. Осы кезде Ресейде теңізде жүзудің, әскери істің және сауданың кең дамуы геодезиялық өлшеулер жүргізіп, карта жасауды талап етті. Осы мақсатпен аз зерттелген аудандарды түсіру үшін арнайы экспедициялар жіберілді. Сол экспедициялардың бірі Қазақстанның оңтүстік аймақтарында, Қырғыз және Қытай шекараларында топографиялық түсірістер жүргізді. Экспедиция

құрамында қызмет атқарған, жерімізді алғаш қағаз бетіне түсіріп, карта жасаған атақты ғалым

Ш. Уәлиханов Омбыдағы Кадет корпусын бітіріп, жиырма екі жасында Орыс география қоғамына мүше болып сайланды.

Шоқан Уәлиханов 1950-52 ж.ж. Омбы қаласындағы әскери оқу орнының студенті бола жүре, Сырымбет тауы мен оның төңірегін, Көкшетау және Қосмұрын аймақтарының схемалық карталарын, ол 1856 ж. бастап әскери-ғылыми экспедиция құрамында жүріп, Қазақстан, Ыстық-көл, Орталық Тянь-Шянь аймақтарында топографиялық түсірістер жүргізген, сөйтіп, Орталық Азияның картасын, сондай-ақ Қашқариядан Ташкентке дейінгі жердің маршруттық картасын жасаған.

Ш.Уәлихановтың география және топография саласындағы елеулі еңбектері жайлы оның 5 томдық шығармалар жинағының 3-томынан толық мағұлмат алуға болады.

XIX ғасырдың бірінші жартысында Ресейдегі геодезиялық жұмыстардың жоғарғы дәрежеде жүргізілуіне көп еңбек сіңірген орыс астрономы және геодезист, Ленинградтағы Пулков обсерваториясының негізін қалаушы В.Я.Струве болды.

Геодезиялық қызметтің қарқындап дамуына Кеңес өкіметі кең жол ашты. Геодезиялық ғылыми жұмыстарды жүргізуге арналған геодезиялық орталық ғылыми-зерттеу институттар мен мамандар даярлайтын көптеген оқу орындары ашылды. 1925 жылдан бастап бұрынғы Кеңестер Одағында мемлекеттік карталар жасау үшін жер бетін әуеден суретке түсіру қолданылды. Ал қазіргі кезде топографиялық-геодезиялық жұмыстардың және картографияның бұдан әрі дамуына ғарыштық техника үлкен әсер етуде. Келешекте шаруашылығымыздың қажеттерін жан-жақты қамтамасыз ету, ғарыштан суретке түсірмей жүзеге асырылмайтынына көз жетіп отыр.

Жер пішінінің жаңа өлшемдерін анықтауда, бірыңғай мемлекеттік координаталар жүйесінің теориясын жасауда және практикаға ендіруде Ф.Н. Красовский бастаған орыс ғалымдары зор еңбек етті. Геодезия мен картография саласының дамуына М.С.Молоденский, А.А.Изотов, А.С.Чеботорев, Н.А.Урмаев, т.б. қосқан еңбектері айтарлықтай.

1.3. Қазақстан Республикасында геодезиялық қызметті ұйымдастырудың тәртібі

Бүгінгі таңда геодезия жоғары ғылыми деңгейде, аса жаңа техникалық базада дамып, халық шаруашылығының барлық саласының мұқтаждарын қанағаттандыруда. 1925 жылдан бастап бұрынғы одақта мемлекеттік карталар жасау үшін жер бетін әуеден суретке түсіру қолданылды. Ал ол бүгінгі күндері жердің бетін картаға түсірудің ең негізгі әдісі болып табылады. Ал геодезия жұмыстары үшін авиацияны қолдану қысқа мерзімде (1945 жылға дейін) бұрынғы ТМД территориясының 1:1000000 масштабтағы топографиялық карталарын жасауға мүмкіндік берді. Соғыстан кейінгі кезеңдегі геодезиялық қызметтің елеулі жетістігі 1954 жылға қарай 1:100000 масштабтағы карталар жасау болды. Қазіргі кезең 1:25000 ірі масштабтағы карталарды жасаумен сипатталады.

Топографиялық-геодезиялық жұмыстардың және картография өндірісінің мұнан әрі алға қарай дамуы ғарыш техникасын қолданумен тікелей байланысты болып отыр.

Келешекте халық шаруашылығының шұғыл өсіп отыратын қажеттерін ғарыштан суретке түсірмей жүзеге асыру мүмкін емес. Қазірдің өзінде-ақ жасалған ғарыштық борттық аппаратуралардың мүмкіндіктері сондай орбитадан қабылданған бейне-аппараты өзіне қойылған міндетті шешуге қабілеттілігі жағынан белгіленген масштабтағы карталардың көпшілігін жасауға мүмкіндік береді, демек олар кең диапазонды масштабтағы карталарды тікелей даярлауға жағдай туғызып отыр деуге болады.

1974 жылдан бастап шельфті жалпы мемлекеттік картаға түсіру одан әрі дамыды, теңіз түбінің беті координаталар мен биіктіктердің бірыңғай жүйесінде кескінделді. Теңіз түбін түсіру үшін жер бетін әуеден суретке түсірген сияқты теңіз түбінің сурет карталары мен планын алуға мүмкіндік беретін қазіргі заманғы техникалық құралдар жасалды.

Қазақстанда топографиялық-геодезиялық және картографиялық қызметті Республикамыздың жер ресурстарын басқару Агенттігі басқарады. Геодезияның келешекте өркендеуіне жақсы жағдай жасалды деуге болады.

Оған 1940 жылдары Жамбыл мен Қарағандыда, 1946 жылы Талғарда ұйымдастырылған геодезиялық отрядтардың қазіргі таңда "Оңтүстікгеодезия", "Астанатопография", "Алматыгеокарта", "Солтүстікгеодезия" сияқты ірі мемлекеттік өнеркәсіпке айналып, Қазақстан Республикасы әскери күштерін геодезиялық-ақпараттармен қамтамасыз ететін Орталықтың ашылуымен қатар, Қазақстанда геодезиядан мамандар дайындауда Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеттің, т.б. еңбектері айқын дәлел.

Жоғарыда айтылған мекемелердің негізгі өндірістік міндеттері мыналар:

1. Республикамыздың кең-байтақ территориясында геодезиялық тірек жүйесін дамыту мен карталар жасауда қажетті топографиялық түсірулер жүргізуде жоғарғы дәлдіктегі жұмыстарды ұйымдастыру.

2. Әртүрлі мақсаттарға қажет карталарды, пландар мен атластарды жасау және оларды басып шығару.

3. Әртүрлі мекемелерге геодезиялық және топографиялық жұмыстарды жүргізуге рұқсат беру, олардың орындалу сапасын бақылау және барлық мәліметтерді бір жүйеге келтіру.

Жер ресурстарын басқару Агенттігінің жанында республикада атқарылған картографиялық және геодезиялық жұмыстардың бәрі жиналған. Орталық картографиялық қор және Мемлекеттік геодезиялық қадағалау басқармасы бар. Бұл мемлекеттік басқарма топографиялық және геодезиялық жұмыстарды жүргізуге рұқсат береді. Олардың орындалу сапасын бақылайды, әрі келешектегі геодезиялық жұмыстар үшін бастапқы мәліметтер қызметін атқаратын материалдарды бір жүйеге келтіреді.

1.4. Жердің пішіні мен көлемі туралы түсінік

Ғылым мен техниканың көптеген салалары (жердің жасанды серіктері мен ғарыштық ракеталарды ұшыруда, авиацияда, теңізде жүзу, радиобайланыс, т.б.), әсіресе жер бетін картада дұрыс кескіндеу, жердің пішіні мен көлемін дәл білуді қажет етеді.

Жер-Күн жүйесіндегі планеталардың бірі және оның қыртысы әртүрлі қыраттар мен ойпаттардан тұрады. Жердің шамалы ғана

бөлігі (20%) құрлық, ол 71%-ын дүниежүзілік мұхит алып жатыр. Дүниежүзілік мұхиттың орташа тереңдігі 3800 м-ге жуық, ал құрлықтағы кейбір таулардың, мәселен, Эверестің (Джомолунгма) биіктігі 9000м-ге жетеді. Теңіз деңгейінен биіктігі 875 м-ге тең. Сонымен құрлықтың көлемі дүниежүзілік мұхитқа қарағанда едәуір аз және де құрлықтың мұхит тереңдігі, қыраттармен салыстырғанда онша биік болмағандықтан, мұхит деңгейін жердің пішіні ретінде қабылдау қажеттігі туды. Сол себептен, жер беті үшін шамамен дүниежүзілік мұхит пен теңіз суларының тыныш жағдайына сәйкес келетін деңгей беті алынады. Құрлық астынан ойша жүргізілген мұндай бет тұйық фигура жасайды және кез-келген нүктесінде жердің ауырлық центріне бағытталған тіктеуіш сызықты тік бұрыш жасап, қиып өтеді. Яғни мұндай тұйық беттің кез-келген нүктесі ауырлық күшінің бағытына перпендикуляр. Осы деңгей бетпен шектелген денені-геоид деп атайды. Геоид-гректің *ge*-«жер» және *daio*-«бөлу» деген сөздерінен алынған. Геоидтың пішіні күрделі, оның пішіні мен көлемін дәлірек анықтау үшін, жер бетінің барлығына өлшеулер жүргізіледі.

Осы жоғары дәлдікпен жүргізілген геодезиялық, астрономиялық және гравиметриялық өлшеулер нәтижесінде жердің шарға емес, 1-суреттегі PE_1P_1E эллипсінің кіші осі PP_1 төңірегінде айналуынан пайда болатын математикалық бетке-айналу эллипсоидына жақын келетіндігі анықталды.

Жердің өз осінде айналуынан оның бетінде күн мен түн алмасып, күн тәулігі анықталады. 1-суретте бейнеленген осы осьті- PP' жердің айналу осі деп атайды. Бұл осьтің Жер бетімен қиылысқан екі нүктесі-Солтүстік және Оңтүстік полюстар деп аталынады. Жердің айналу осін тік бұрыш жасап және оның дәл ортасын кесіп өтетін жазықтықты-экватор жазықтығы дейді. Экватор жазықтығы мен жер бетінің қиылысу сызығы (EK_1E_1K)-экватор деп аталады. Жердің айналу осі арқылы өтетін жазықтық-меридиан жазығы делінеді де, ал сол жазықтықтардың жер бетімен қиылысқан сызықтары ($PKPK$)-меридиандар деп аталады. Халықаралық келісім бойынша, Лондондағы Гринвич обсерваториясы арқылы өтетін меридиан бастапқы (нөлдік) меридиан деп аталады.

Сөйтіп, геодезияда жердің пішіні үшін жер эллипсоиды деп аталатын сфероид алынды. Жер эллипсоиды өзінің үлкен және кіші жарты осьтерімен (a , b) және полярлық сығылушылығымен сипатталады (α)

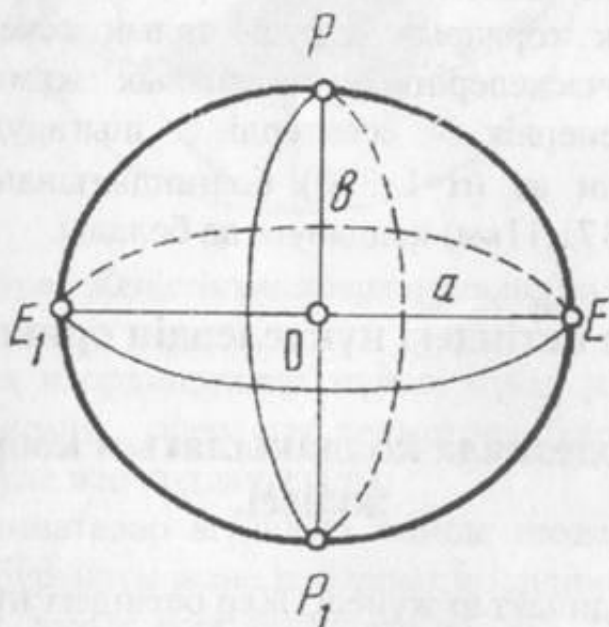
$$a = \frac{a-b}{\alpha} \quad (1)$$

a , b және α шамалары градустық өлшеулер арқылы анықталады, ол үшін меридиан доғасының ұзындығын әр 1° сайын өлшеу керек.

Меридианның әртүрлі жерлеріндегі градустың ұзындығын біле отырып, жердің пішіні мен көлемі анықталады.

Жер эллипсоидының көлемдерін әр елдің ғалымдары бірнеше рет анықтады. 1946 жылға дейін бұрынғы Одақта 1841 жылы неміс ғалымы Ф.В.Бессель есептеп шығарған жер эллипсоидының көлемі қолданылады ($a=6377397$ м, $b=6356079$ м, $\alpha=1+299,2$).

Жер эллипсоидының көлемін 1940 жылы үлкен дәлдікпен Ф.Н.Красовский мен А.А.Изотовтардың басқаруымен орыс ғалымдары да анықтады ($a=6378245$ м, $b=6356863$ м, $\alpha=1+298,2$).



1-сурет. Жер эллипсоиды

Алынған бұл өлшемдер 1946 жылы үкіметтің қаулысы бойынша еліміздің барлық геодезиялық және картографиялық жұмыстары үшін қабылданып алынып, Красовский эллипсоиды деп аталатын болды. Осы орайда айта кететін бір жәй, ол кейбір елдерде

геодезиялық өлшеулер нәтижесінде шығарылған өз эллипсоидтарының қолданылатындығы. Олар сол немесе бірнеше елдің территориясын толық не ішінара қамтиды. Мұндай эллипсоид–референц–эллипсоид деп аталады. Референц–эллипсоид дегеніміз нақты бір елде геодезиялық өлшеулерді өңдеу үшін қолданылатын, жер денесінде белгілі түрде бағдарланған, нақты көлемі анықталған эллипсоид.

Сөйтіп, қазіргі кезде Красовскийдің референц-эллипсоиды тек Ресейде ғана емес, бүкіл ТМД және Батыс Еуропаның бірнеше елдерінде қолданылады. Бұрынғы Кеңестер Одағы, Батыс Еуропа мен АҚШ-тың гравиметриялық және астрономиялық өлшеулері нәтижесінде алынған жер эллипсоидының көлемі–басқа елдердегі анықтамаларға қарағанда, қолданылған материалдардың аумағы жағынан да, оларды өңдеудің дәлдігі жағынан да неғұрлым басым.

1960 жылы Жердің үш жасанды серіктерін бақылаудың нәтижесінде жер сфероидының қысыңқылығы $\alpha=1+298,2$ -ге тең, ал АҚШ-та ұшырылған Жердің 13 жасанды серіктерін бақылау арқылы (1962) $\alpha=1+238,31$ -тең екендігінің анықталулары Красовский өлшеулерінің дүниежүзілік маңызы бар екендігінің айқын дәлелі.

Жер пішінінің көлемі өте жоғары дәлдікті қажет ететін геодезиялық тірек торларын құруда толық ескеріледі. Ал, жер бетінің шағын учаскелерінде геодезиялық жұмыстармен қатар, көптеген инженерлік есептерді шығаруда эллипсоид сығылушылығының аз ($\alpha=1+300$) болғандығынан, жердің пішіні үшін шарды ($R=6371,11$ км) қолдануға да болады.

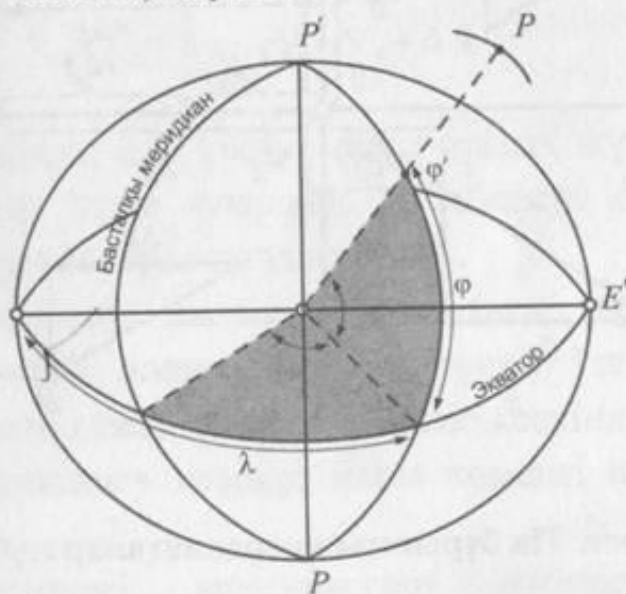
1.5. Жер бетіндегі нүктелердің орнын анықтау

1.5.1. Геодезияда қолданылатын координаталар жүйесі.

Кеңістік координаттар жүйесі. Жер бетіндегі нүктелердің орнын оның координаталары, яғни алынған координаталар жүйесінің бастапқы жазықтары мен сызықтарына қатысты ізделіп отырған нүктелерді сипаттайтын шамалар арқылы анықтайды. Геодезияда қолданылатын барлық координаталар жүйелері кеңістік және жазықтық жүйелері болып екіге бөлінеді.

Координаталардың кеңістік жүйелерінің ішінде көпшілікке танымалысы—географиялық координаталар жүйесі. Бұл жүйеде нүктенің жер бетіндегі орны жалпы дүниежүзілік масштабта анықталады. Оларды географиялық ендік— φ және географиялық бойлық— λ дейді (2-сурет). Геодезиялық (φ) экватор жазықтығы мен бекітілген P нүктесі арқылы өтетін тіктеуіш сызық арасындағы бұрыш. Ендік экватордан бастап, берілген нүктеге дейінгі географиялық меридианның доғасымен өлшенеді де, экватордан екі жаққа солтүстікке қарай 0° тан 90° -қа дейін өзгеріп отырады.

Геодезиялық бойлық (λ) бастапқы меридиан жазықтығы мен берілген нүкте арқылы өтетін меридиан жазықтығы арасындағы бұрыш. Бойлық бастапқы меридиан батысқа (батыс бойлық) және шығысқа (шығыс бойлық) қарай 0° -тан 180° -қа дейін салынады.



2-сурет. Кеңістіктік координаталар жүйесі

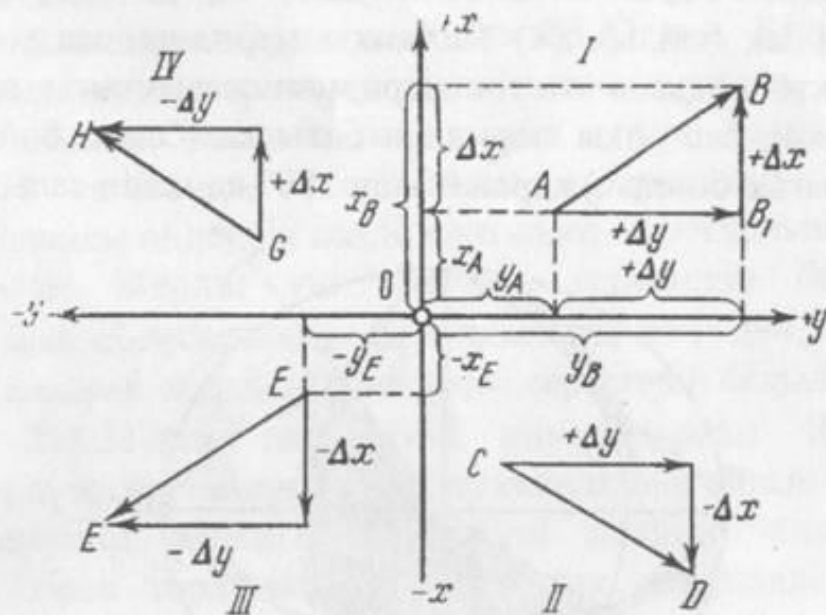
Географиялық координаталар жүйесі бүкіл жер шарына ортақ және олар астрономия, сфералық геометрия, картография, ғарыш мәселелерін шешуде жиі қолданылады.

Жазық координаталар жүйелері ішінде геодезияда ең кеңінен тарағандары—тік бұрышты және полярлық координата жүйелері.

Тік бұрышты жазық координаталар жүйесі. Шағын аймақтары біршама қысқа арақашықтықтарға байланысты есептерді шешкенде, тік бұрышты X және Y осьтерінен тұратын жазық координаталар жүйесі пайдалынады. Бұл жүйеде координаталар басы шартты түрде алынады, яғни еркін бір нүктеден басталады (3-сурет).

Тік бұрышты координаталар жүйесінде X осі—абсцисса, ал Y —

ордината осьтері болып белгіленеді. Горизонталь жазықтық координата осьтерімен төрт ширекке бөлінеді. Математикада қолданылатын декарттық тік бұрышты жүйеден геодезиядағы бұл жүйенің айырмашылығы—ширектен оң жаққа қарай нөмірленулері, яғни солтүстік—шығыс ширектен басталып, сағат тілінің бағытымен есептеледі. Әлбетте, мұның өзі геодезиялық есептеулер кезінде тригонометриялық формулаларды ешбір өзгеріссіз пайдалануға мүмкіндік береді.



3-сурет. Тік бұрышты координаталар жүйесі

3-суретте көрсетілгендей, кез-келген нүктенің орны, мәселен А нүктесінің орны координаталар басынан осы нүктелердің Х,У осьтеріндегі проекциялары (ОХ, ОУ), яғни x_A , y_A координаталарымен анықталады. Ал, осы Х пен У осьтеріндегі АВ сызығының проекцияларын координаталар өсімшелері деп атап, оларды Δx , Δy деп белгілейміз. Координаталар өсімшелерінің белгілері де ширектің орнына байланысты, егер өсімшелердің бағыттары, яғни тік бұрышты үшбұрыштардың қажеттері координаталық осьтердің оң бағытымен сәйкес келсе, онда координаталар өсімшелері оң, ал сәйкес келмесе—теріс болады. Координаталар өсімшелерінің әр ширектеріндегі белгілері 1-кестеде келтірілген.

1- кесте

Координата өсімшелерінің белгілірі

Ширектер	I	II	III	IV
Координата өсімшелері	СШ	ОШ	ОБ	СБ
Δx	+	-	-	+
Δy	+	+	-	-

Егерде А нүктесінің X_A, Y_A координаталары және А мен В нүктелері арасындағы Δx пен Δy координата өсімшелері белгілі болса, онда В нүктесінің координаталары мынаған тең болады

$$X_B = X_A + \Delta x; \quad Y_B = Y_A + \Delta y \quad (2)$$

Координаталардың бұл тікбұрышты жазық жүйесі горизонталь түсірістер жүргізіп және олардың нәтижелері бойынша жердің пландарын жасаған кездерде қолданылады.

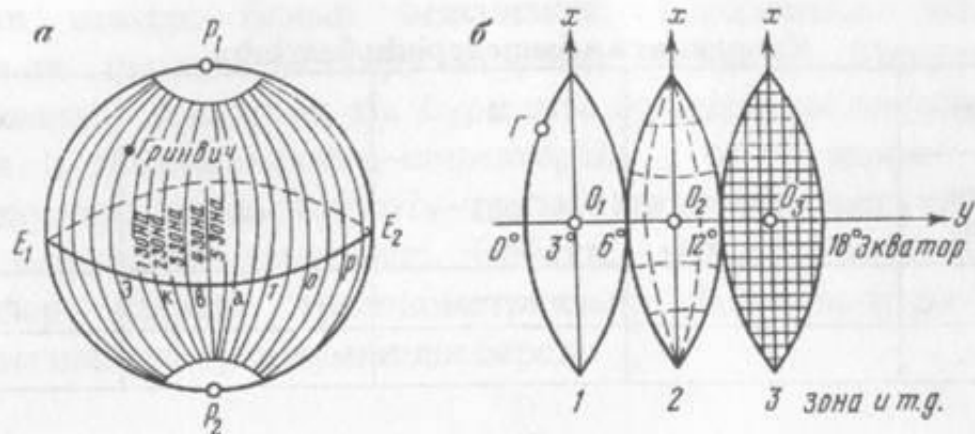
Зоналық тік бұрышты жазық координаталар жүйесі. Жер бетінің едәуір территориясын планға, картаға түсіру үшін жер бетіндегі нүктелерді эллипсоид бетінен жазық бетке кескіндеу қажет болады. Міне, осындай кескіндеу кезінде мына төменгі шарттар сақталуы керек:

- 1) жер бетіндегі арақашықтар өзгерістерінің шамалы болуы;
- 2) жер бетіндегі бұрыштың проекцияға ешқандай өзгеріссіз түсірілуі;
- 3) географиялық координаталардан тік бұрышты координаталар жүйесіне көшу мүмкіндігі.

Осы жоғарыда айтылған шарттарға көлденең цилиндрлік деп аталатын неміс ғалымы Гаусс ұсынған проекция тәсілі сәйкес келеді. Бұл проекцияға Жер эллипсоидының беті зоналарға бөлінген. Ол зоналар (4, а-сурет) шығысы мен батысында меридиандармен шектеліп, оңтүстік полюстен солтүстік полюске қарай созылып жатады.

76149(T)





4-сурет. Зоналық координаттар жүйесі

Зоналардың бойлықтағы ені 6° -тық болып келеді, нөмірлері Гринвич меридианынан шығысқа қарай белгіленеді.

Қазақстанның кең байтақ территориясы 6° -тық зоналар бойынша есептегенде 8-ден 15-ші зонаға дейінгі аралықты алып жатыр. Гаусс проекциясында зоналардың орталық (осьтік) меридианы жазықтыққа ешқандай өзгеріссіз проекцияланады, ал осьтік меридианнан алыстаған сайын, қашықтықтар аздаған өзгеріске ұшырайды.

Кейде үлкен дәлдікті қажет ететін жұмыстарда жер шарының бетін жазықтыққа 3° -тық зоналар арқылы проекциялайды. Зоналардың осьтік меридианы (x осі) мен (y) жазықтықта өзара перпендикуляр түзу сызықтармен кескінделеді, олардың қиысу нүктесі координаталар басы болады (4, ә-сурет). Қазақстан Солтүстік жарты шарда жатқандықтан, барлық нүктелердің абсциссалары (X) оң болып, ал ординаталары Y әр зонаның осьтік меридианының шығыс жағынан—оң, ал батысында—теріс болып келеді. Кейде теріс ординаталармен жұмыс істеудің қолайсыздығынан Y -осінің басын батысқа қарай 500 км-ге шегеру келісілген, демек зоналардың ординаталары қайталанып отырады. Сондықтан, нүктенің қай зонада орналасқанын білу үшін Y мағынасының алдына сол зонаның нөмірі жазылады. Мысалы, 4, ә-суретте A және B нүктелері 12-зонада орналасқан делік, ал олардың шын координаталары $Y_A=12625$ км, $Y_B=12385$ км-ге тең. Бұл мысалдан мынаны көруге болады: егер нүктенің ординатасы 500 км-ден артық болса, онда ол нүкте B -зонаның батыс жағында болғаны.

Әрі қарай әр зона осьтік меридианмен экваторға параллель етіп жүргізілген кереге көз сызықтарға бөлініп, олар—тік бұрышты координаталар торы не километрлік тор деп аталынады.

Сөйтіп, әрбір зонаның ортадағы меридианы—осьтік меридиан деп аталады. Шығыс жарты шарындағы кез—келген зонаның осьтік мериданының бойлығы мына формула бойынша анықталады:

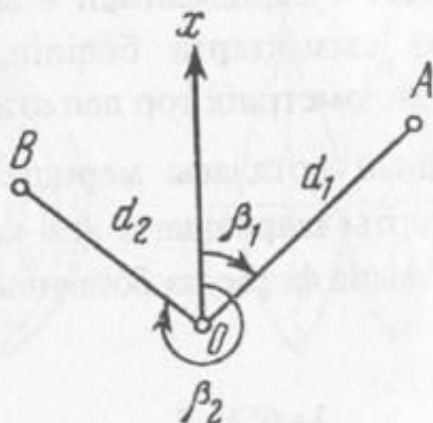
$$\lambda = 6^\circ N - 3 \quad (3)$$

мұндағы $N - 6^\circ$ - тық зонаның нөмірі.

Координаталық осьтер мен тік бұрышты координаталар басының әрбір зонада толық анықталған географиялық орны болатындықтан, тікбұрышты және географиялық жүйелері өзара байланыста болады. Ендеше, нүктенің тік бұрышты координаталарынан геодезиялық координаталарға көшуге немесе керісінше жасауға толық мүмкіндік бар.

Жазық полярлық координаталар жүйесі. Геодезиялық жұмыстарды жүргізген кезде, көптеген нүктелердің орындарын бастапқы бағыт немесе бағдар ретінде қабылданған белгілі бір нысанадан анықталатын жазық, полярлық координаталар жүйесі қолданылады. Осы координаталар жүйесінің элементтері 5-суретте көрсетілген: 1) бастапқы бағыт, полярлық осі— OX ; OX осінен кез—келген жаққа бағыттауға болады, мысалы, A және B нүктелеріне; 2) O —нүктесі—координаталар басы (полюс), түсірістер кезінде, полюс ретінде теодолиттік жүрістер нүктесі қабылданады. Жазық полярлық координаталар жүйесінде нүкте екі координата арқылы анықталады: полярлық осьтен нүктеге дейінгі бағыт аралығындағы горизонталь бұрыш— β ; полюстен бастап анықталатын нүктеге дейінгі арақашықтық— d . Мысалы,

A нүктесінің координаталары β_1, d_1 , ал B нүктесінің координаталары β_2, d_2 болып келеді.



5-сурет. Полярлық координаталар жүйесі

Полярлық бұрыштар полярлық осьпен сағат тілінің бойымен 0 мен 360° аралығында өлшенеді. Жазық полярлық координаталар жүйесі теодолиттік түсірістер мен жобадан жергілікті жерге құрылыс объектілерінің нүктелерін көшіргенде қолданылады.

1.5.2. Геодезиядағы проекциялау әдісі және биіктік жүйесі

Жер бетін планға немесе картаға түсіруде сызба геометриясында оқып-үйренген проекциялау әдісі кеңінен қолданылады. Жердің физикалық бетіндегі нүктелердің орны эллипсоидтың бетіне нормаль болып есептелетін тік сызықтар арқылы проекцияланады. Осы проекциялау негізінде нүктелердің тік бұрышты (ортогональды) проекциялары алынады.

Жер бетіндегі А-нүктесін тік сызық арқылы деңгей бетке (6-сурет)



6-сурет. Проекция әдісі

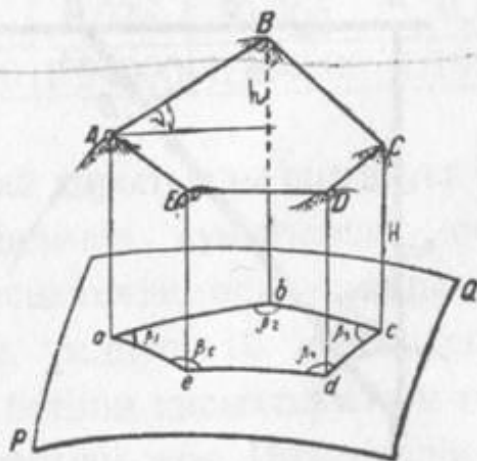
проекцияланғандығы H_A арақашықтығы—нүктенің абсолют биіктігі деп аталады, ал сол нүктеден бастап шартты бетке дейінгі қашықтық h —шартты биіктік болады. Бір нүктенің екінші бір нүктедегі деңгейлік бетінен айырмашылығын—салыстырмалы биіктік— h , немесе биіктік өсімшесі дейміз.

Мысалы, А нүктесінің В нүктесіне

карағандағы биіктік өсімшесі $h_A = H_A - H_B$ болады.

Мұхит деңгейін көп жылдар бойы бақылау нәтижесінде деңгейлік беттің орташа жағдайын анықтайды. Біздің елімізде абсолют биіктігінің бастапқы саны ретінде Балтық теңізінде орнатылған Кронштадт футштогінің нөлі қабылданған. Футштог дегеніміз—бөліктері бар мыстан жасалынған тақта, осы бөлектер бойынша оқтын-оқтын теңіз деңгейі тексеріліп, есептеліп отырады. Сөйтіп, деңгей беттен нүктелерге дейінгі вертикаль қашықтықтарды нүктелердің биіктіктері H дейміз.

Жер бетінің шағын учаскелерін кескіндегенде қолданылатын проекция әдісінің мәні мынандай (7-сурет): егер деңгей бетті V деп белгілеп, жердің бетіндегі A, B, C, D, E нүктелерін тіктеуіш сызықтар арқылы (H) проекцияласақ, жазық беттен сол нүктелердің (a, b, c, d, e) проекцияларын табамыз. Бұл проекция жазықтық (горизонталь) проекциясы деп аталынады. Осы аймақтың кеңістегі түрін бейнелеу үшін, сол нүктелерден (A, B, C, D, E) деңгей бетке дейінгі арақашықтары (Aa, Bb, Cc, Dd) нүктелер биіктігін (H) анықтауға тура келеді. Ол үшін, биіктіктердің айырмашылықтары ($h=Cc-Dd$) өлшенеді. Нүкте биіктіктерінің айырмашылығы— h —өсім биіктігі деп аталады. Өсім биіктігі нивелир деген аспаппен өлшенеді. Жер бетіндегі көлбеу сызықтар (AB, BC , т.б.) жазық бетке өздеріне сәйкес проекциялары ab, bc арқылы кескінделеді. Кейде осы проекцияларды жазықтықтағы горизонталь салындылар деп атайды. Демек, $ABCDE$ көпбұрышының жазықтықтағы проекциясын планға түсіру үшін, оның горизонталь проекциялары (ab, bc, cd, de, ea) мен горизонталь бұрыштары $\beta_1, \beta_2, \beta_3...$ белгілі болса жеткілікті.



7-сурет Жер беті нүктелерінің проекциялары

Көпбұрыш қабырғалары жер бетінде әртүрлі өлшеуіш құралдары (рулетка, өлшеуіш лента, т.б.), ал бұрыштары бұрыш өлшегіш аспаптар (теодолит т.б.) арқылы анықталады. Рулетка арқылы өлшенген арақашықтықтардың горизонталь проекцияларын табу үшін, олардың горизонт жазықтығымен жасайтын көлбеу бұрыштарын (ν) өлшеу қажет. (7-сурет). Тік бұрышты DCC , үшбұрышынан DC -ның горизонталь проекциясын (dc) мына формула арқылы табуға болады.

$$dc = DC \cdot \cos \nu \quad (4)$$

мұндағы DC —жер бетіндегі өлшенген көлбеу арақашықтық, м;

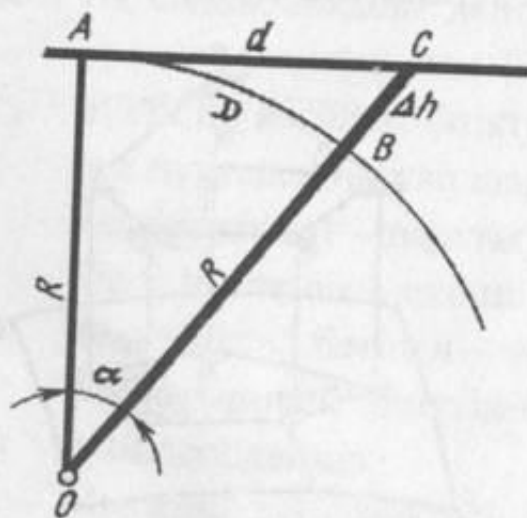
ν —көлбеу бұрыш, градус

dc — DC арақашықтығының жазық беттегі горизонталь проекциясы.

1.6. Жердің қисықтығының горизонталь арақашықтық пен нүкте биіктігіне әсері

Жердің шағын учаскелерін кескіндеуде геодезияда деңгейлік бетті жазық ретінде қабылдайды. Мұның өзі арақашықтықтарды және нүкте биіктіктерін анықтағанда қателіктерге әкеліп соқтырады.

Мысалы, 8-суреттегі $AB=D$ доғасы R —радиусі сфераның деңгей бетіндегі проекциясы делік. A -нүктесінен BB_0 тіктеуіш сызығымен қиылысқанша, жанама сызық жүргізіп, қиылысқан нүктесін B_0 деп белгілейміз. Сонда AB деңгей бетті AB_0 жазық бетпен ауыстырғанымызда мынадай қателік шығады:



8-сурет. Жер қисықтығын ескеру

горизонталь арақашықтықты өлшегенде:

$$\Delta d = AB' - AB = d - D \quad (5)$$

вертикаль қашықтық (биіктік) өлшегенде:

$$\Delta h = OB' - OB \quad (6)$$

Бұл қателіктерді есептейтін жұмыс формулалары мыналар:

$$\Delta d = R\alpha^3/3 \quad (7)$$

егер $\alpha = D/R$ екенін ескерсек, онда:

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

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (9)$$

мұндағы $R=6371,11$ км деп алып, әрі D -ға әртүрлі мәндер бере отырып, сфералық бетті жазықтықпен ауыстырғанда пайда болатын ұзындық қателіктерінің шамаларын анықтауға болады. Олар 2-кестеде берілген.

2-кесте

Жер қисықтығының әсерінен горизонталь ұзындықтарды өлшегенде кететін қателер

D, км	10	15	20	25	50	100
Δd , м	0,008	0,028	0,066	0,13	1,02	8,14
$\Delta d/D$	1:1200000	1/54000	1/304000	1/195000	1/49000	1/12000

Бұдан мынандай қорытынды шығаруға болады: егер AB доғасын AB жанама кесіндімен ауыстырсақ, онда 10 км-ге дейінгі арақашықтықты өлшегенде, осы ұзындығынан $1/10^6$ есе кем қате жіберіледі. Демек, радиусі 10 км-ге тең шеңбердің ауданында жердің деңгейлік бетінің қисықтығының горизонталь арақашықтар үшін іс жүзінде маңызы жоқ. Инженерлік есептерді шешкен кезде геодезияда жазықтық үшін 20 км-ге тең деңгейлік бет учаскесін

алуға толық болады, өйткені жердің пішіні оның қисықтығының әсеріне қарамай, қатесіз кескінделеді.

Енді 9-формуладағы D -ға әртүрлі шамалар бере отырып, Δh қателіктерінің мәндерін анықтауға болады (3-кесте).

3-кесте

Жер қисықтығының әсерінен биіктерді өлшегенде кететін қателер

$D, \text{км}$	0,1	0,4	0,6	0,8	1	2	3	5	10
$\Delta h, \text{см}$	0,078	1	3	5	8	31	71	196	780

Бұдан, инженерлік мақсаттар үшін жүргізілетін геодезиялық өлшеулерде (мәселен, техникалық нивелирлеу кезінде) жер беті нүктелерінің биіктігін көбіне 1 км-ге 2 см-ден аспайтын қателікті жобалап, салыстырмалы түрде жоғары дәлдікпен анықтау қажет. Демек, нүктелер биіктерін анықтамаған жердің қисықтығын, горизонталь арақашықтар— D аз болса да, ескермеуге болмайды.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Геодезия пәнінің маңызы және атқаратын міндеттері.
2. Геодезияның басқа ғылымдармен байланысы.
3. Геодезияның даму тарихы, ғылымдардың қосқан үлесі.
4. Геоид, референц-эллипсоид деген не?
5. Геодезиядағы координаталар жүйесі.
6. Геодезиядағы проекциялау әдісі.

2. ЖЕР БЕТІН ЖАЗЫҚТЫҚТА БЕЙНЕЛЕУ

2.1. План, карта, профиль

Жер бетінің немесе оның жеке бөлшектерінің кішірейтіліп, арнаулы деректері толық көрсетіліп, жазықтық бетке кескінделуін карта дейді. Ал, шағын аймақтың дәл осындай кескінін, яғни ірі масштабтағы картаны план деп атайды. План мен карталардың біздің халық шаруашылығымыздың қай саласында болсын атқаратын рөлі зор. Жерге байланысты ғылыми және практикалық жұмыстар ең алдымен карта арқылы сол территорияны жете зерттеу

кажет, яғни зерттеу объектісін белгілеп, жүретін маршруттарды, жолдарды, т.б. қағаз бетіне (планға) түсіру керек. Жергілікті жердің территориясын зерттеп, көптеген жаңалықтар енгізіліп, бұрынғы карта мен план толықтырылады. (9, а-сурет).

Демек, барлық жүргізілген жұмыстар картадан, планнан шығады және картаға (планға) түседі, картадан (планнан) басталады да, картаман (планмен) аяқталады.

План мен картаның негізгі ерекшеліктері:

1. Панда жердің шағын аймақтары үлкен масштабпен алынса, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 карталарда үлкен аймақтар ұсақ масштабпен 1:50000, 1:100000 алынады.

2. Картада меридиандар мен параллельдер міндетті түрде сызылады, ал план бетінде тік бұрышы координаталық тордың кескіні ғана болады.

3. Панда жердің дөңестігі ескерілмейді. Кескіндеу масштабы панның барлық бағытында тұрақты болса, картада ол тек меридиандар мен параллельдер бағытында ғана сақталады.

Жер бетін план мен картадан басқа профиль деп аталатын жердің вертикаль бағыттағы кесіндісі арқылы бейнелеп көрсетуге де болады (9, ә-сурет).

Жалпы алғанда, профиль көлденең кескіннің (қиманың) дербес (жеке) түрі болып есептелінеді. Жер қыртысының бетінен оның терең қабаттарына дейінгі аралығының тік бағыттағы (вертикаль) көрінісін қима немесе көлденең кесінді дейді.

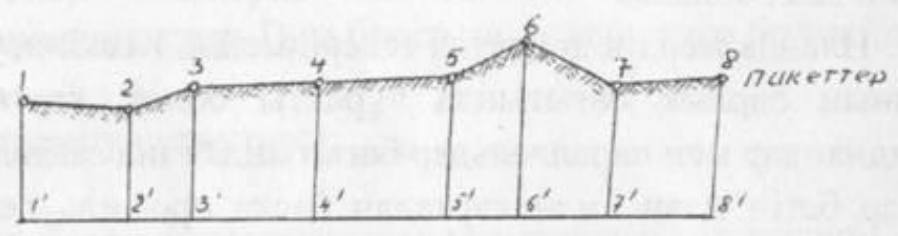
Қималар әрқашанда горизонталь және вертикаль масштабтарда сызылады. Жол және әртүрлі құрылыс салуда, сол жердің рельефі мен геологиялық құрылысы арасындағы байланысты анықтау қажет болғанда, қиманың вертикаль масштабы горизонталь масштабпен ондаған, кейде жүздеген есе үлкейтіліп (іріленіп) сызылады. Мәселен, горизонталь масштаб 1:5000 болса, оның вертикаль масштабы 1:500 болып келеді.

Қималар (9, б-сурет) геологияда маркшейдер және тау-кен ісінде пайдалы қазбалардың орналасуын анықтауға, ізденіс және барлау, сумен қамтамасыз ету жұмыстарын жобалауға мүмкіндік береді.

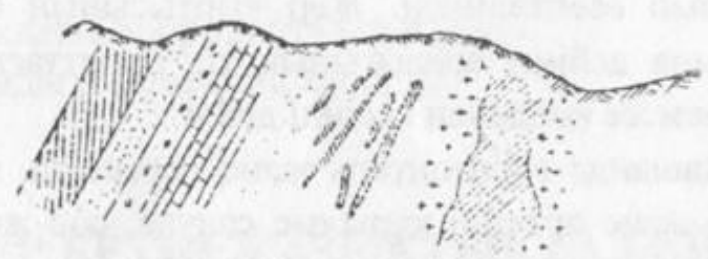
а



б



в



9-сурет. План, профиль, қима

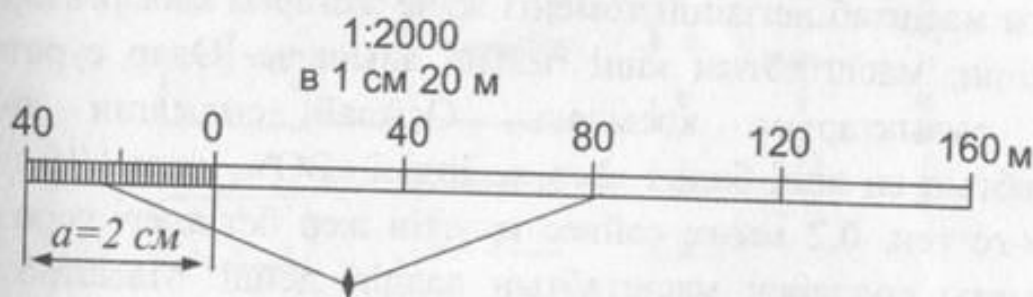
2.2. Масштабтар мен олардың дәлдігі

Жер беті мен оның шағын аймақтары қағаз бетіне белгілі бір масштаб арқылы кішірейтіліп кескінделеді.

Масштаб дегеніміз пландағы, картадағы сызықтың (кесіндінің) өзіне сәйкес жер бетіндегі ұзындығының горизонталь проекциясына қатынасы. Масштаб сандық, сызықтық және көлденең болып бірнеше түрге бөлінеді.

Егер план 1:1000 масштабында жасалса, онда жер бетіндегі ұзындығы 1000 см-лік арақашықтық планға 1 см-лік кесінде түрінде кескінделген болады. Мұндай масштаб сандық масштаб делінеді. Мына төмендегі бірнеше сандық масштабтар 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000, т.б. ірісінен ұсақтарына қарай қатармен жазылады. Масштаб ірі болса, ол планда арнаулы деректер толық көрсетіледі. Әр планның мақсатына лайықты өзіне сәйкес масштабы болады. Егер сандық масштаб белгілі болса, сызықтың ұзындығын қағаз бетіне не керісінше, пландағы кесінді арқылы оның жер бетіндегі ұзындығын анықтауға болады. Бірінші мысал: жер бетіндегі сызықтық проекциясы 275 м-ге тең делік. 1:5000 сандық масштабта бұл қашықтық планға $275 : 5000,00 = 0,055$ м, 5 см-ге тең кесінді болып кескінделеді. Екінші мысал: 1: 2000 масштабты пландағы кесінді ұзындығы 6,5 см болса, онда жер бетіндегі ұзындығы $6,5 \times 2000 = 13000$ см 130 м.

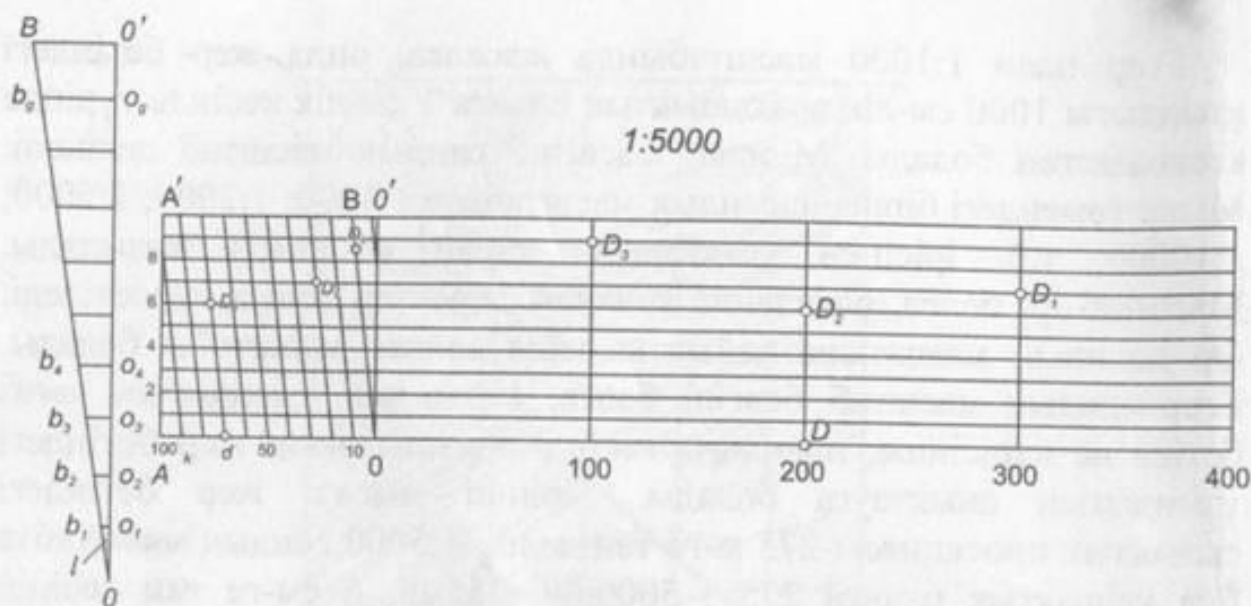
Іс жүзінде бұл есептерді қолдану ыңғайсыз болғандықтан, сандық масштабтың орнына сызықтық, көбінесе көлденең масштаб қолданалады. Сандық масштабтың қағаз бетінде график түрінде бейнелеуін—сызықтық масштаб дейді.



10-сурет. Сызықтық масштаб

Сызықтық масштаб бір түзудің бойын масштаб негізі деп аталатын біріне-бірі тең бірнеше кесінділерге бөлгеннен шығады. Масштаб негізгі әдетте 1 см-ге тең болып келеді (10-сурет). Сол жақтағы шеткі негіз тең 10 бөлікке бөлінеді де, оның оң жақ ұшы 0-деп белгіленеді.

Сандық масштабтың да кемшілігі бар, ол сызықтық масштабпен пайдаланғанда, оның 0-ден сол жақтағы негізінің ұсақ бөлшектерінің аралығын көз мөлшермен бағалаудан тұрады. Сондықтан өте үлкен дәлдікті қажет ететін өлшеулер үшін көбіне көлденең масштаб қолданылады. 1:5000 масштабына сәйкес келетін көлденең масштаб 11-суретте көрсетілген.



11-сурет. Көлденең масштаб

Түзу сызық жоғарыдағыдай «масштаб негізін» 2см-ге тең етіліп, бірнеше бөліктерге бөлінеді. Оң жақтағы 0, 2, 4, 6, 8 нүктелерінен перпендикуляр тұрғызылып, олар төменге түзу сызықтан бастап, әрқайсысы 2 не 3 мм-ге тең 10 бөлікке бөлінеді. Бөлінген нүктелер арқылы бастапқы түзу сызыққа параллель сызықтар жүргізіледі. Сол жақтағы масштаб негізінің төменгі және жоғарғы қабырғалары «10-ға бөлініп, масштабтың кіші негізі» алынады. Олар суреттегідей қиғаш сызықтармен қосылады. Осылай сызылған көлденең масштабтың ең кіші бөлігі «bo» кесіндісі «BO'» –ның 1/10 не, яғни 0,2 мм-ге тең. 0,2 мм-ге сәйкес келетін жер бетіндегі горизонталь ұзындықты көлденең масштабтың дәлдігі дейді. Масштаб дәлдігі мына формуламен анықталады:

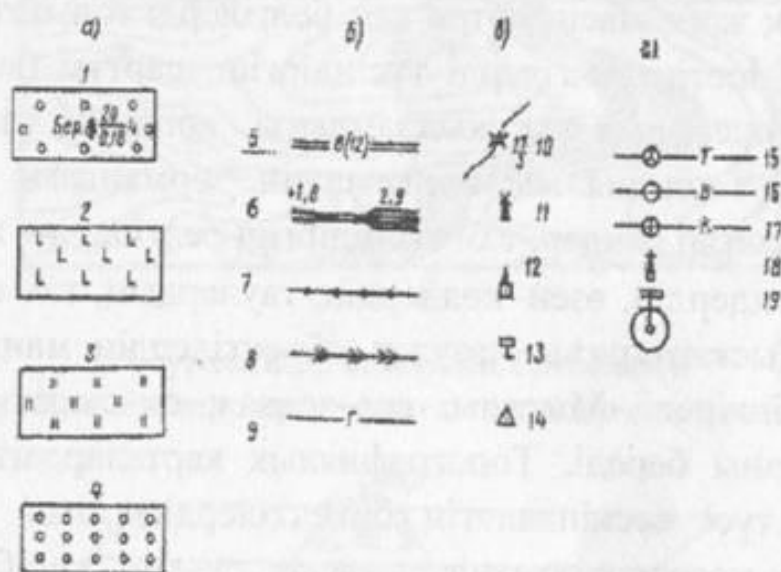
$$t = ob = \frac{AO}{m \cdot n} = \frac{a}{m \cdot n} \quad (10)$$

мұндағы a -масштаб негізі 2см; n -масштаб негізі бөліктерінің саны; m -масштаб биіктігі бөліктерінің саны. Мысалы: 1:1000; 1:2000; 1:5000 масштабтарының графиктік дәлдіктері 0,2; 0,4; 1,0 м тең болып келеді. Мұндай көлденең масштабтар топографиялық транспортирлер мен металдан жасалған сызғыштарға қондырылады. Оларды масштабтық сызғыштар дейді.

2.3. Пландар мен карталардың шартты белгілері

Жер бетін планға, картаға түсіру күрделі жұмыс, ол өте аса дәлдікті қажет етеді және дәл аспаптарды пайдаланып, маман-геодезистер, маркшейдерлер жасайды. План мен картаның мазмұны толық, түсінікті және көрнекті болуы үшін пішіні, түрі мүмкіндігінше жердегі заттарды бейнелейтін белгілер қолданылады.

Топографиялық картадағы шартты белгілер: карталарды түрлі-түсті безендіруден, түсіндірме жазулардан, цифрлы белгілерден тұратын бір тұтас жүйеден тұрады. Шартты белгілер мен олардың түстері жердің әртүрлі объектілері, тектік түрлерін көрнектендіре түседі. Ал, түсіндірме жазбалар мен цифрлық белгілеулер шартты белгілерде кескінделетін объектілердің және ерекшеліктері туралы мәліметтермен толықтырылады. Карталар мен пландардағы шартты белгілер масштабты (контурлық), сызықтық, масштабтан тыс және түсіндірме шартты белгілерге бөлінеді (12-сурет).



12-сурет. Шартты белгілер

а- контурлық; б- сызықтық; в- масштабтан тыс; г- арнайы (түсіндірме)
 1-орман, 2-кесілген ағаштар, 3-шалғын, 4-жемісті бақ, 5-асфальт жол,
 6-темір жол, 7-байланыс жүйесі, 8-электр өткізгіш жүйе, 9-газ трубасы,
 10-ағаш көпір, 11-желдермен, 12-зауыт, фабрика, 13-километрлік діңгек,
 14-трангуляция пункті, 15-трасса, 16-су жүйесі, 17-канализация,
 18-су жинағыш колонка, 19-фонтан.

Жер бетіндегі заттарды планға масштабпен кішірейтіп салу үшін қолданылатын шартты белгілерді контурлық деп атайды.

Контурлық белгілер орманның, шабындықтың және олардың көлемін де білуге мүмкіндік береді. Объектілердің контурлары нүктелік пунктирлермен немесе жіңішке тұтас сызықпен жер бетінің белдерін және шын мәніндегі сұлбаға ұқсастығын сақтай отырып белгіленеді.

Бейнелейтін заттардың көлемі кішкентай болып, оны масштаб арқылы көрсету мүмкін болса, ондай заттар масштабтан тыс шартты белгілермен көрсетіледі. Мәселен, жаңа өскен ағаштар, құдықтар, километр бағаналары, т.б. заттардың мөлшері көрсетілмей тұрған орындары белгіленеді, яғни масштабтан тыс шартты белгілер тиісті объектінің сыртқы түрін еске салатын геометриялық фигуралар. Өзендер, каналдар, жолдар, т.б. сызықтық объектілер де масштабтан тыс шартты белгілермен кескінделеді. Олар объекті осін оның табиғи орнына сәйкес береді, ал олардың ені біршама ұлғайтылып көрсетіледі.

Контурлық және масштабтан тыс белгілерді толықтыратын және оларды түсіндіретін белгілерді түсіндіргіш шартты белгілер дейді. Мәселен, өзендердің ағын жылдамдығы, көпірдің ұзындығы мен көтерімділігі, геодезиялық пункттердің, ормандағы ағаштардың жанында жазылған сандар, т.б. түсіндіргіш белгілеріне жатады.

Елді-мекендердің, өзен-көлдердің, таулардың, т.б. аттары толық жазылады. Қысқартылған жазулар объектілердің маңызын немесе қасиетін түсіндіреді. Мысалы: вокз-вокзал; ск-скважина; қ-құдық деген мағынаны береді. Топографиялық карталардағы түрлі-түсті бояулардың түсі кескінделетін объектілердің шын өзіне сәйкес болып келеді; мәселен: ормандар-жасыл; су-көк, жер бедері-қоңыр, темір жолдар, өнеркәсіптік, шаруашылық және әлеуметтік-мәдениет объектілері-қара бояулармен боялады.

2.4. Жердің бедері және оны пландар мен карталарда бейнелеу

Жер бетіндегі таулардың, сайлардың, жота-ойпаттардың жинағын жердің бедері дейді. Ал, жер бетіндегі әртүрлі құрылыстар, жолдар, т.б. жиынтығын геодезияда ситуация дейді.

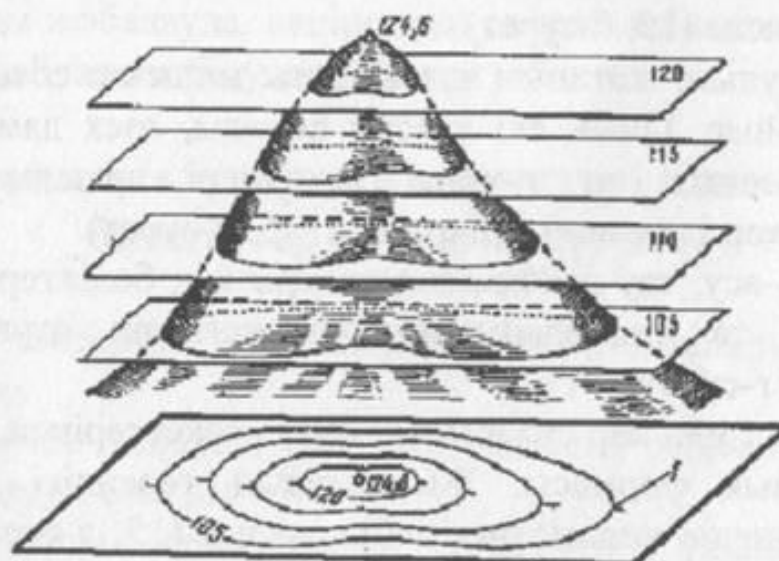
Жер бедері ерекшеліктеріне байланысты мекен-жай, таулы, және жазық болып бөлінеді: тау, қазаншұңқыр, жота, өзен, қайқы, бел. Таудың ең биік жері—шың, ал тау табаны тау етегі деп аталады (13-сурет).

Жер бетінің бедері топографиялық карталар мен пландарда горизонтальдар, шартты белгілер және биіктерді жазу арқылы бейнеленеді. Құрлық бетіндегі абсолют биіктіктері бірдей нүктелерді біріктіретін қисық-тұйық сызықты горизонтальдар деп аталады.



13-сурет. Жер бедерінің бейнеленуі

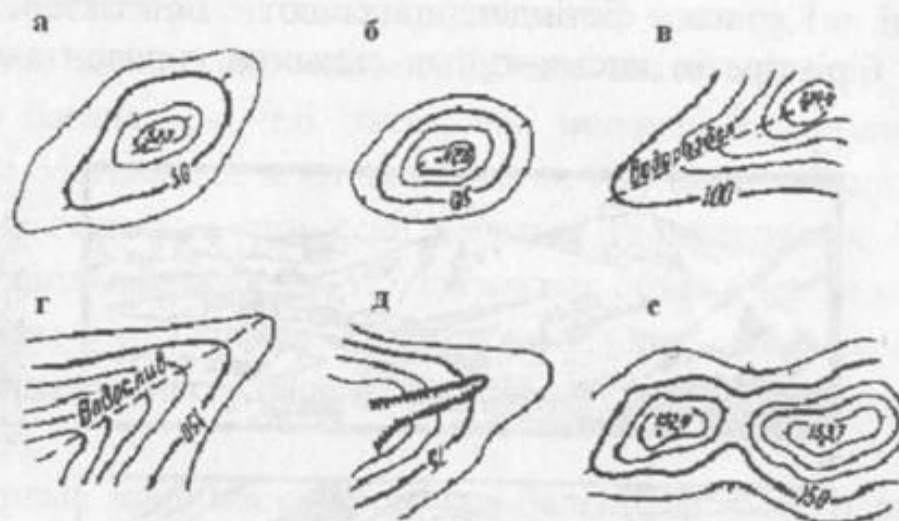
а-бедердің негізгі түрлері, ә-горизонтальдар арқылы бейнелеу



14-сурет. Таудың горизонтальдар арқылы бейнеленуі

14-суретте таудың горизонталь сызықтармен қалай бейнеленгені көрсетілген. Тау бір-біріне параллель жазықтармен қиылып, біркелкі қиылысу нүктелері планда тұйық сызықтар арқылы бейнеленген.

Бейнелеу кезінде жер беті бедерінің төмендегідей негізгі түрлері ерекше көзге түседі (15-сурет).



15-сурет. Жер бедерінің түрлері

- 1) тау, төбе–айналадағы жазық кеңістікпен биік көрсетілген, күмбез, конус тәрізді жер береді. Оның төбесі, беткейі және етегі болады
- 2) қазаншұңқыр–жер бетіндегі қазанға ұқсас ойпаң. Оның түбі, бүйірлік беткейі, кернеуі болады (15, ә-сурет).
- 3) жота, тау–жотасы–бір бағытта созылып жатқан таудың, не төбенің көтеріңкі беті. Ол екі жақты болып келеді, яғни екі беткейден тұрады (15, б-сурет).
- 4) өзек–екі таудың, жотаның арасындағы ылдилап созылып жатқан, су жататын ойыс. Оның екі қабағы болады, өзек дами келе сайға айналады. Өзектің ең төменгі нүктелері арқылы жүргізілген сызықты–су ағар (тальят) деп атайды (15, в-сурет).
- 5) қайқы, бел–асу, тау жотасы қырқаларының бөліктері арасындағы ойпаң. Олар тау жоталарының бір жағынан өтуге мүмкіндік туғызады (15, г-сурет).
- 6) жыра–жауын мен қар суларының бұзу әрекеттерінен пайда болған рельефтің ойық формасы. Жыралардың тереңдігі 10-15 м, ал ұзындығы бірнеше километрге дейін жетеді (15, д-сурет). Жыралар мен жарлардың тік бейнелері картада ұсақ, ирек сызықтармен белгіленеді.

Рельефтің ерекше нүктелеріне таудың төбесі, шұңқырдың түбі, жоталардың ең төменгі және жоғарғы нүктелері, т.б. жатады. Горизонтальдарға перпендикуляр етіп жүргізілген кішкене сызықшалар—бергштрихтар беткейдің бағытын көрсетеді. Тауды, жотаны бейнелегенде бергштрихтар горизонталь бұрылысының сыртынан, ал қазаншұңқырлар мен өзектерді бейнелегенде, горизонталь бұрылысының ішінен қойылады (15-сурет). Карталарға горизонтальдардың биіктігі өрлеу бағытына бағытталып жазылады.

Горизонтальдардың пландағы арақашықтығын салынды (заложение) табан деп атайды. Егер горизонтальдар бір-біріне жақын жатса, яғни салынды қысқа болса, беткейдің тік болғаны, ал аралары бір-бірінен алыс болса онда беткейдің жатық болғаны.

Іргелес орналасқан горизонтальдар биіктігінің айырмашылығын (h) кима биіктігі деп атайды. Рельефтің кима биіктіктері карта мен пландардың масштабы мен рельефтің күрделілігіне тікелей байланысты. Осыған орай әртүрлі масштабтағы карталар үшін төмендегідей кима биіктіктер (h) қабылданған.

Масштабтар:	1:500	1:1000	1:5000	1:10000	1:25000
h	0,5	0,5	1,0	2,0	5,0
рельеф күрделі болса	1,0	2,5	5,0	10	т.б

Жер бедерінің халық шаруашылығының қай саласына болсын тигізетін әсері өте зор. Әсіресе, тау—кен жұмыстарын ашық әдіспен жүргізгенде, жер бедерінің ерекшеліктерін ескермеуге болмайды. Инженер мамандар жер бедерінің (рельефтің) түрлерін айырып, құрылыстарды жобалауда, кеніштерді салуда және де оларды дұрыс та нәтижелі пайдалана білулері қажет.

2.5. Горизонтальдардың қасиеттері және оларды биіктіктер арқылы жүрігізу

Жердің бедерін кескіндейтін горизонтальдың мынадай қасиеттері бар:

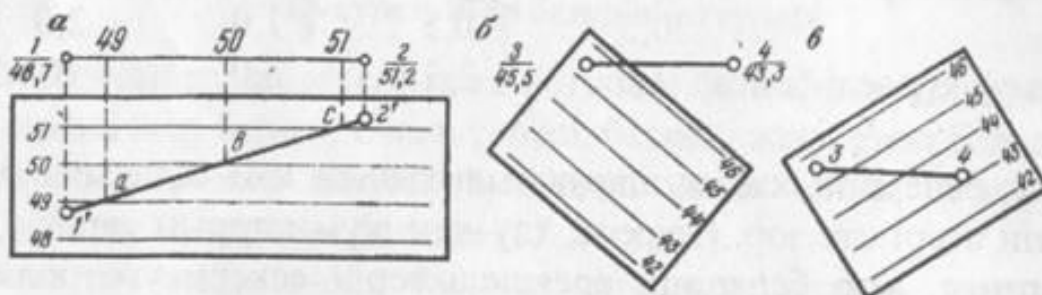
1. Бір горизонтальдың бойына жатқан барлық нүктелердің биіктіктері бірдей болады.

2. Тұйықталған горизонталь төбе не қазаншұңқырларды білдіреді. Оларды бергштрихтар немесе жазулар арқылы айыруға болады.

3. План мен карталардағы горизонтальдар үздіксіз болуы тиісті.
4. Горизонтальдар бір-бірімен қиылыспайды.

Горизонтальдар арасындағы қашықтар еңістің қаншалықты құлама екенін білдіреді, яғни құлама бұрышын— V көрсетеді.

Топографиялық түсірістер нәтижесінде жер бетіндегі нүктелердің пландық орны мен биіктіктері алынады. Осы нүктелер биіктіктері негізінде жердің бедері горизонтальдар арқылы бейнеленеді. Ол үшін ең алдымен жер бедері қимасының биіктігі таңдалып алынады. Содан кейін бір еңістікте жатқан нүктелер түзу сызықпен қосылады да, сол сызықтар бойынан жер бедері қимасының биіктігіне сай келетін нүктелер табылады. Бұл әрекетті—интерполяциялау деп атайды. Мысалы: 16, а-суретте биіктіктері 48,7 м және 51,2 м нүктелерден тұратын 1'-2' сызығында 49,50 және 51 м биіктегі горизонтальды жер бедері қимасының h 1 м-ге тең болған кездегі орындарын табу керек болса, миллиметрлік немесе мөлдір қағаз бетіне сызықтар жүргізіледі. Оларды нүктелер биіктіктеріне сәйкес цифрлайды.



16-сурет. Горизонтальдарды графиктік интерполяциялау

1-2 сызығына миллиметрлік қағазды параллель тақап ұстап, 1 және 2 нүктелерін олардың биіктігіне сәйкес миллиметрлік қағазға түсіреді. Белгіленген нүктелерді (1 және 2) түзу сызықпен қосып, 1-2 сызықтығының профилін табамыз. 1'-2' сызықтығының (профильдің) миллиметрлік қағаздың цифрланған сызықтарымен қиылысқан нүктелерін (а, б, с нүктелері) белгілейміз. Осы нүктелерді 1-2 сызығына проекциялап, биіктіктері 49,50 және 51 миллиметрлік горизонтальдар өтетін нүктелердің орындарын табамыз.

Іс жүзінде интерполяциялау үшін миллиметрлік қағаздың орнына параллель сызықтар жүргізілген мөлдір қағаз (калька) жиі қолданылады. Калькадағы параллель сызықтарды жер бедерінің

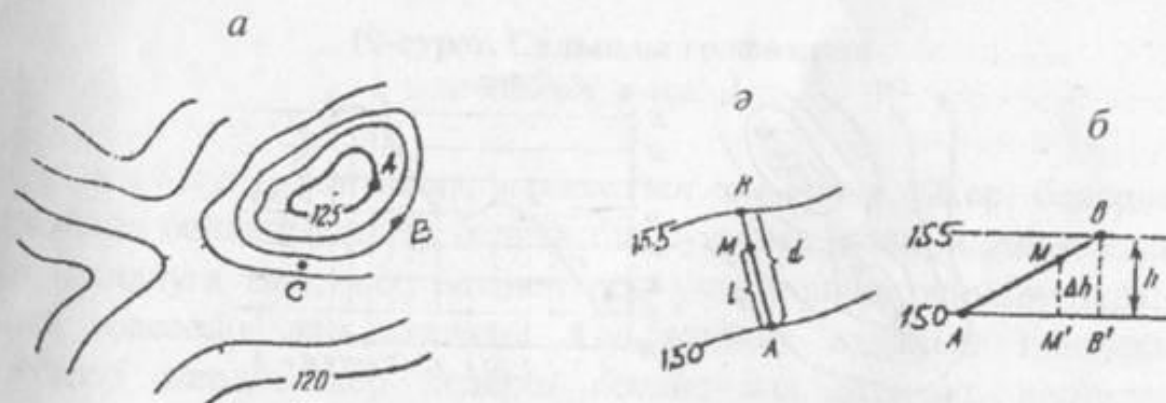
кймалары мен пландағы нүктелердің биіктіктеріне сай етіп цифрлайды. Палетканы интерполяция жасайтын нүктелердің үстіне дәл орналастырады да (16, ә-сурет), 3-нүктеге циркульдің ашасымен бекітіп қояды. Содан кейін 4-нүктенің биіктігі палеткадағы биіктікпен сәйкес болғанша, палетканы осы 3-нүкте төңірегінде айналдырады. Мұнан кейін 3-4 сызығының палеткадағы параллель сызықтармен шаншып, әрбір нүктенің қасына өзіне сәйкес биіктерін жазады. Дәл осылайша, басқада нүкте араларын интерполяциялайды, (16, б-сурет). Содан кейін пландағы биіктіктері біркелкі нүктелерді бірқалыпты қисық сызықтармен қосып, жер бедерінің кескінін горизонтальдар арқылы алады.

2.6. Горизонтальдар арқылы топографиялық карталар мен пландарда есептерді шешу

Горизонтальдар арқылы мынандай есептер шығарылады:

- 1) нүктелердің биіктіктерін анықтау;
- 2) жердің профилін сызу;
- 3) құламаның тігін анықтау;
- 4) су жиналу ауданының шекарасын анықтау;
- 5) картадағы шартты белгілерді оқып-білу, т.б.

Нүктелердің биіктігін анықтау. Нүктелердің биіктігін картадағы горизонтальдарға қарап анықтауға болады. Егер биіктігі анықталатын нүкте (*A* және *B*) горизонтальдан тікелей орналасса, онда оның биіктігі сол горизонтальға тең болады (17, а-сурет). Демек, $H_A = 125, 0\text{м}$; $H_B = 123, 0\text{м}$.



17-сурет Нүкте биіктіктерін анықтау

Ең жиі кездесетін жағдай, ол нүктелердің горизонтальдардың арасына орналасуы, мысалы, 17 ә-суреттегі *M* нүктесі. Осы нүктенің биіктігін анықтау үшін 17-суреттегі ә және б схемасына көз

салайық. M -нүктесі 150 және 155 м-лік биіктік горизонтальдар арасында жатыр делік. Осы схемадан M нүктесі арқылы жүргізілген екі горизонтальдың арасын қосатын ең қысқа кесінді (AB), яғни салынды (заложение) $d=AB$ және $l=BM$ кесіндісін анықтауға болады.

Ал осы AB кесіндісінің профиліне қарап, төменгі 150 м-лік горизонтальдан M нүктесінің биіктік өсімшесін (h) есептеп шығаруға болады. 17, б-суретінде көрсетілген BAA , және BMM үшбұрышының ұқсастығына мынандай пропорция жасауға болады:

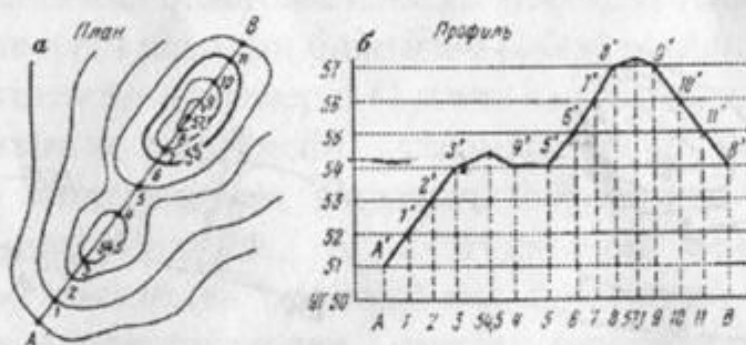
$$\Delta h / h = l \cdot d$$

Осыдан $\Delta h = (l \cdot h) / d$ есептеліп шығарылды.

Ал M нүктесінің биіктігі H_M мына төменгі формуламен анықталады:

$$H_M = H_A + \Delta h \quad (10)$$

Картадағы бағыт бойынша профиль сызу. Профиль сызу үшін горизонталь масштаб карта масштабына сәйкес алынады, ал вертикаль масштаб 10 есе ірі болып келеді. Қима әдетте миллиметрлік қағазға сызылды. Картадағы бағыт (AB) өзгеріссіз миллиметрлік қағазға түсіріледі де, бағыттың картадағы горизонтальдармен қиылысқан нүктелері белгіленіп, олардың абсолюттік биіктіктері жазылады (18, а-сурет).



18-сурет. Бағыт бойынша профиль сызу.

Сол нүктелерден биіктіктеріне сәйкес перпендикуляр тұрғызылып, олардың ұштары сызықтармен қосылады, сонда жердің профилі анықталады (18, б-сурет).

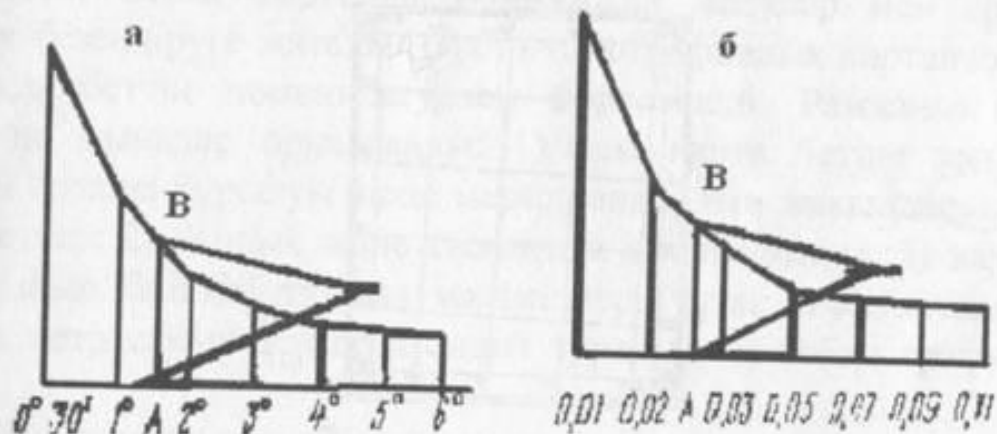
Горизонтальдар арқылы беткейдің тіктігін анықтау. Құлама тіктігі мен ылдилдығы мына формуламен анықталады:

$$i = \operatorname{tg} v = h/d \quad (11)$$

мұндағы, h —қима биіктік белгілі шама: $d-r$ —көршілес горизонтальдар арақашықтығы өлшенеді. (11) формула арқылы әр картаға тән арнайы графиктер жасалынып, олар картаның сыртқы рамасының төменгі жағына сызылады (19, а-сурет).

Іс жүзіндегі беткейдің тіктігін, ылдилығын жоғарыда көрсетілген формуламен әрдайым есептеп жатпай-ақ, мына төмендегі (19, ә-сурет) салынды графиктерін пайдаланып, оңай табуға болады.

Бұл графикте циркуль-өлшегіш арқылы A және B нүктелері арасындағы салындыға сәйкес беткейдің тіктігі $v=1^{\circ}30'$ және еңгістігі $i=0,026$ көрсетілген.



19-сурет. Салынды графиктері

а-тіктігі; ә-ылдилдығы

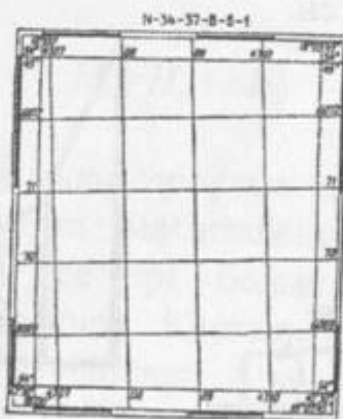
Су жиналу ауданының шекарасын анықтау. Жер бедерінің жағдайына байланысты су белгілі бір суағарға (өзен, қойнау, т.с.с.) ағып жиналуға тиіс; жер бетінен осы учаскесін су жиналу ауданы немесе бассейн деп аталады. Су жиналу ауданын контурлау жергілікті жердің жер бедерін есепке ала отырып, картадағы горизонтальдар арқылы жасалынады.

Горизонтальдарды тік бұрышпен қиып өтетін су-арық сызықтары су жиналу ауданының шегі болып саналады. Су жиналу ауданының жауын-шашынның жылдық орташа мөлшерін, жердегі ылғалдың булану және сіңу жағдайын біле отырып, су ағынының күш-қуатын

есептеп шығаруға болады: ал мұнын өзі көпірлердің, бөгендердің және басқада гидротехникалық ірі құрылыстардың аудандарын есептеуге қажет.

2.7. Картадағы градусың және километрлік торлар. Нүктелердің координаталарын анықтау

Басылып шығарылатын ірі масштабты және орта масштабты топографиялық карталардың көлемдері территория мен масштабына байланысты белгілі ендік және бойлықтармен шектеледі. Картаның солтүстік және оңтүстік ішкі сызықтары параллельдер, ал батыс және шығыс рамкалары—меридиандар болып келеді. Карта рамкасының ішкі бұрыштарында олардың ендігі мен бойлық координаталары жазылған (20-сурет).



20-сурет. Карта рамасы

Картадағы кескінделген заттармен жергілікті жердің контурларының географиялық координаталарын анықтау үшін, картада градус рамкасы болады, ол карта бетінің ішкі және сыртқы рамкаларының аралығында орналасқан. Градус рамкасы шығыс пен батыс қабырғаларындағы ендіктің минуты мен солтүстік пен оңтүстік қабырғаларындағы бойлықтың минуты кезектесіп отыратын қара және ақ шашқалармен белгіленген. Әр ендік пен бойлықтың минуты (шашқа) нүктелер арқылы алтыға тең бөлінген. Осы белгіленген нүктелердің арақашықтығы 10-ға тең. Градус рамкасының квадрат сызықтарын пайдаланып, карта бетінде градус торын жүргізуге болады. Олар картада нүктелердің географиялық координаталарын анықтауға мүмкіндік береді.

Картаға градус торынан басқа тік бұрышты зональды координаталар схемасының квадратты координаталар торы салынады. Осы тор квадратының қабырғасы әдетте километрдің толық санымен белгіленетіндіктен оны километрлік тор деп те атайды.

Оңтүстіктен солтүстікке қарай жүргізілген километрлік тор сызықтары зонаның осьтік меридианына параллель (яғни, Ох осіне) болады.

Горизонталь сызықтардың жазуы экватордан километрмен берілген арақашықтығына, ал вертикаль сызықтар олардың келтірілген ординаталарына (бірінші сан зонаның нөмірін көрсетеді, ал келесілері сызықтың ординатасына плюс 500 км-ге) сәйкес. Километрлік тордың көмегімен нүктелердің тік бұрышты координаталары (X, Y) анықталады.

Карта бетінің градус рамкасының сыртында безендіру рамкасы сызылады. Оның сыртында орналасқан жазулар мен графиктер шектік безендіруге жатады. Әрбір топографиялық картаның үстіңгі жағында беттің номенклатурасы көрсетіледі. Рамканың төменгі жағында мыналар орналасады: 1) осы карта бетіне тән магнит тілінің орташа бұрылуы және меридиандардың жақындасуы туралы мәліметтер; 2) сандық және сызықтық масштабтары; 3) жер бедері қимасының биіктігі туралы мәліметтер (тұтас горизонтальдардың қанша метр сайын жүргізілгендігі туралы); 4) табан графигі және т.б.

Карта рамасының (21-сурет) оңтүстік-батыс бұрышында оның бойлығы ($\lambda = 18^\circ 00'$) мен ендігі ($\varphi = 54^\circ 40'$) көрсетілген.



21-сурет. Карта арқылы координаталарды анықтау

А нүктесінің бойлығы мен ендігін анықтау үшін сол нүкте арқылы картаның сыртқы рамасымен қиылысқанша параллельдер мен меридиандар жүргізіліп, минуттық рама көмегімен қиылысу нүктесінің географиялық координаталары анықталады, мысалы

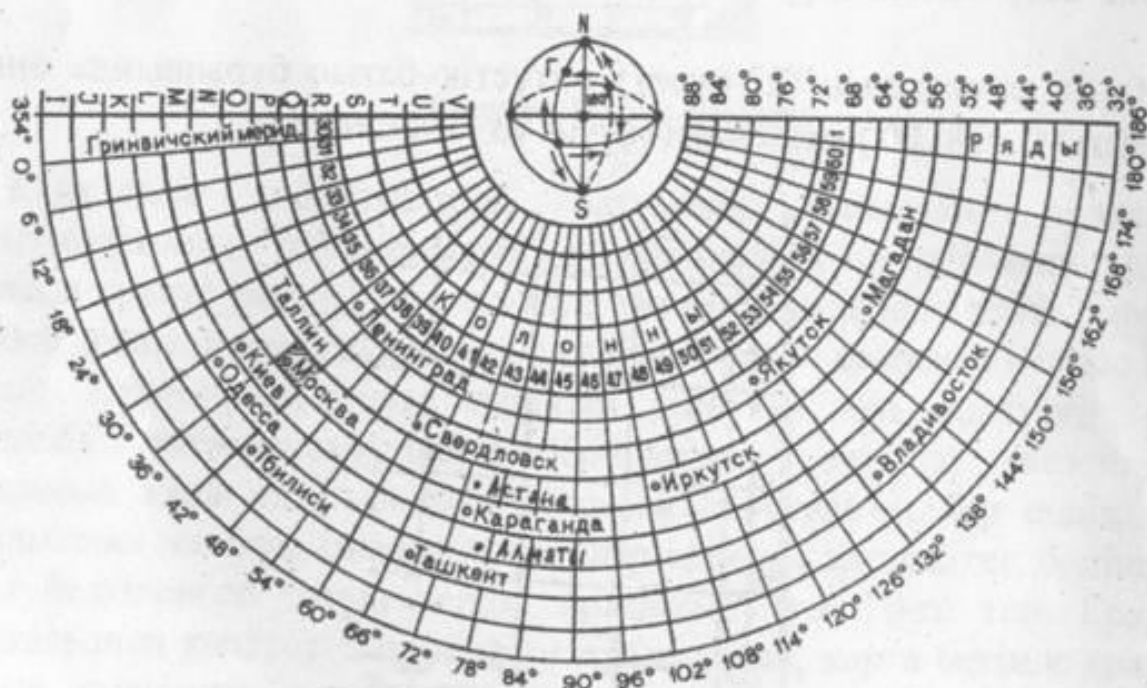
$$\lambda_A = 18^\circ 01' 10'' \text{ және } \varphi_A = 54^\circ 41' 20''$$

Демек, градустық және минуттық раманың көмегімен кез келген нүктенің географиялық координаталарын анықтауға болады.

В нүктесінің (21-сурет) тік бұрышты координаталарын (X, Y) анықтау үшін километрлік тордың цифрларын пайдаланып, берілген нүкте орналасқан оңтүстік-батыс бұрыштың координаталарын табады. Содан кейін В нүктесінен квадраттың қабырғаларына перпендикуляр түсіреді де, карта масштабын ескеріп олардың ұзындықтарын табады. Суреттегі В нүктесі 4-зонада, экватордан солтүстікке қарай 6064,6 км жерде және осьтік меридианның шығыс жағында 310,8 км жерде орналасқан, яғни $X_v = 6064,6$ км; $Y_v = 4310,8$ км тең болып келеді.

2.8. Пландар мен карталардың номенклатурасы

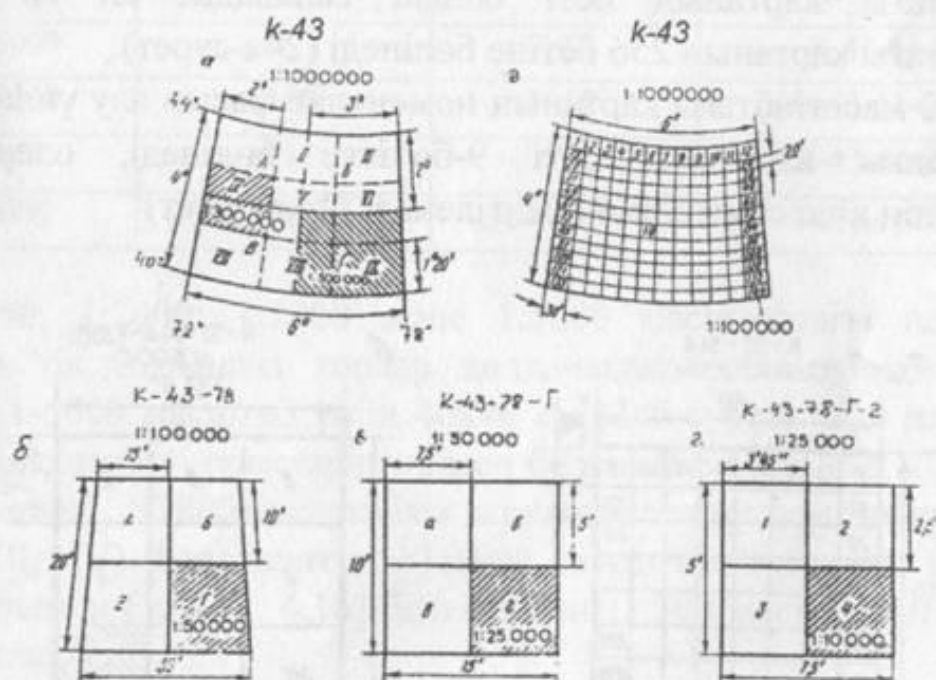
Пландар мен карталарды пайдалану қолайлы болу үшін олар белгілі бір жүйемен белгіленеді. Әрбір планды, картаны белгілеу (нөмірлеу) жүйесін - номенклатура дейді



22-сурет. Карта номенклатурасы

Халықаралық географиялық конгрестің шешімі бойынша миллиондық (1:1000000) масштабтағы карталар жасалынып, оның трапециясының мөлшері бойлық бойынша 6° , ал ендігі 4° болып тағайындалған. Демек Гринвич меридианнан бастап жер шарын 6° -тық бойлық бойынша меридиандармен бөлсек, зоналар шығады. Егер зоналарды нөмірлеу Гринвич меридианынан бастамай, бойлығы 180° -тық меридианнан бастап, сағат тілінің бағытына қарсы нөмірлесе, онда колонна деп атаймыз. Сонда әрбір зона нөмірінің оған сәйкес колонна нөмірінің айырмашылығы 30-ға тең болмақ. Яғни, 37 колонна 7 зона, ол 43 колонна 13 зона болып кете бермек.

4° сайын жүргізілген параллельдер экватордан бастап латын алфавитінің бас әріптерімен солтүстік және оңтүстік полюстерге қарай белгіленеді, яғни жер эллипсоидында трапециядан тұратын картографиялық тор құрылып, әрбір трапеция қатарлары әріппен және колонна нөмірімен белгіленеді. Мысалы, Москва 37 трапециясында, ал Алматы *K-43* трапециясында орналасқан. Бұл трапециялар картаға 1:1000000 масштабпен салынған. 1:500000 масштабтағы картаны алу үшін әрбір миллиондық (1:1000000) трапецияны меридианмен параллель арқылы төрт бөлікке бөліп, әрқайсысын *A, B, C, D* әріптерімен белгілейді (23-сурет). Бөлетін трапециямыздың номенклатурасы *K-43-A, K-43-B*, т.б. болады.



23-сурет. Карта номенклатурасы

Егер осы *K-43* трапециясын 144 тең бөлікке бөлсек (23, ә-сурет), онда жаңа картаға 1:100000 масштабымен салынады. Ал бұл карталардың әрқайсысы араб цифрларымен (1,2,3....144) белгіленіп, номенклатурасы *K-43-1, K-43-2. K-43-144* болады.

1:100000 масштабтағы картадан 1:50000 масштабтағы картаға көшу үшін жүз мың масштабтағы картаның бір трапециясы 4-ке бөлінеді (29б-сурет). Олар орыс алфавитінің бас әріптерімен (*А, Б, В, Г*) белгіленіп, номенклатурасы *K-43-78-А*, т.б. болып кете береді.

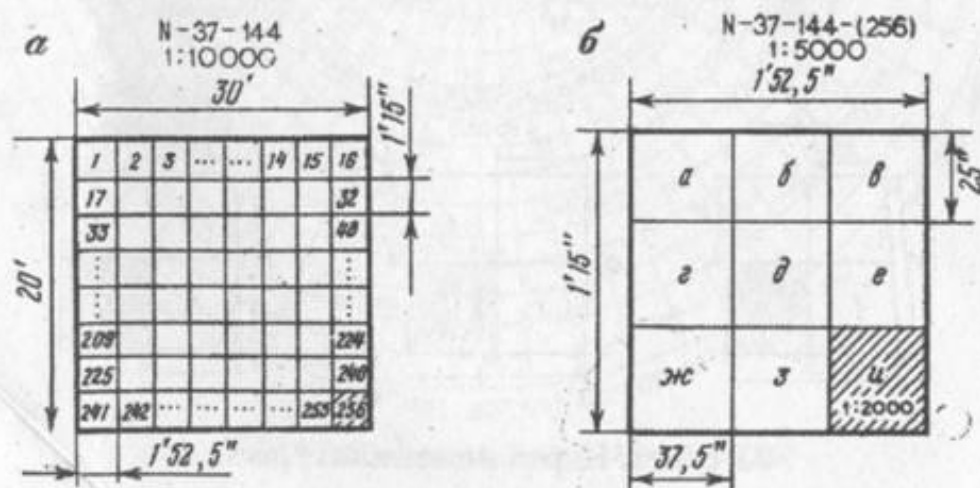
Өз кезінде 1:50000 масштабындағы картаның бір трапециясы 4-ке бөлініп, 1:25000 масштабтағы карталар алынады да, олар орыс алфавитінің кіші әріптерімен белгіленіп (23, в-суреті) номенклатура нөміріне қосылып жазылады. Мысалы, *K-43-/8-А-в*.

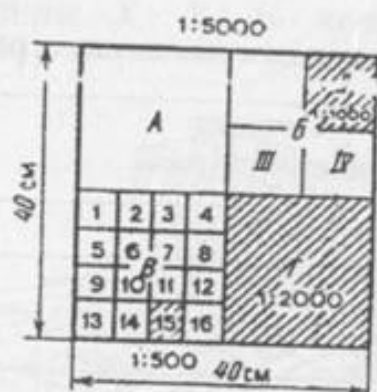
Ал, 1:25000 масштабтағы карта өз кезегінде тағы да бөлініп, олар араб цифрларымен белгіленіп, 1:10000 масштабтағы карталар алынады. Ол карталар трапециясының нөмірі былайша жазылады: *K-43-А-В-4* (23, г-суреті).

Ауданы 20 шаршы километрден кем жердің топографиялық пландарын алу үшін трапециялық емес квадраттық бөлу қолданылады.

1:5000 масштабтағы карта номенклатурасының негізгі 1:10000 масштабтағы картаның беті болып саналады, ал ол 1:5000 масштабтағы картаның 256 бетіне бөлінеді (24а-сурет).

1:2000 масштабтағы картаның номенклатурасын алу үшін 1:5000 масштабтағы картаның беті 9-бөлікке бөлінеді, олар орыс алфавитінің кіші әріптерімен белгіленеді.(24,ә-сурет)





24 –сурет. 1:5000, 1:2000 масштабтағы пландар парақтарының номенклатурасы

Топографиялық карталардың масштабына байланысты жеке парақтардың өлшемдері туралы мәліметтер мен номенклатура үлгілері 4-кестеде берілген.

4-кесте

Карталардың номенклатурасы

Масштабтары	Парақ өлшемдері		Номенклатурасы
	Ендік	Бойлық	
1:1000000	4°	6°	К-43
1:100000	20'	30'	К-43-64
1:50000	10'	15	К-43-64-Б
1:25000	5'	7' 30"	К-43-64-Б-а
1:10000	2° 30'	3/ 45"	К-43-64-Б-а-4
1:5000	1° 15'	1' 52", 5	К-43-64 (256)
1:2000	25"	37", 5	К-43-64 (256-И)

1:5000; 1:2000; 1:1000 және 1:5000 масштабтағы пландарды жасауда тік бұрышты торлар қолданылады. Оның рамкасының өлшемі 1-5000 масштаб үшін 40x40 см (24б-сурет). Бұл планшетке 1:2000 масштабты орыс әріптерімен белгіленген (А, Б, В, Г) 4 парақ сәйкес келеді, 1:2000 масштабты картаның бетіне рим цифрларымен (I, II, III, IV) белгіленген 1:1000 масштабтағы төрт бет араб цифрларымен (1, 2, 3, 4,16) белгіленген 1:500 масштабтағы 16 бет сәйкес келеді.

Масштабтары 1:5000-1:500 аралығындағы план парақтарының номенклатуралары мен өлшемдерді 5-кестеде келтірілген.

5-кесте

Пландардың номенклатуралары

Масштабтар	Планшет номенклатурасы	Рамалардың өлшеулері, см
1:5000	4	40x40
1:2000	4-Б	50 x50
1:1000	4-Б-ІУ	50x50
1:500	4-Б-15	50x50

2.9. Жер бетін цифр түрінде бейнелеу

Есептеу техникаларының және автоматты сызба аспаптарының (графиктік сызба жабдығы) дамуы құрылыстарды жобалау және жүргізудегі әртүрлі инженерлік есептерді тез шешу үшін автоматтандырылған сызба жүйелерін құруға әкелді. Бұл есептердің жартысы топографиялық пландар мен карталарды пайдалана отыра шешіледі. Осы тұрғыда жергілікті жердің топографиясы туралы мәліметтерді цифрлы түрде компьютерде сақтау және керек болған жағдайда жедел пайдалана білу мүмкіндігі туды.

Компьютер жадында жергілікті жердің мәліметтері X, Y, H координаталары бар көптеген нүктелер түрінде сақталады. Осындай координаталары белгілі көптеген нүктелер жер бетінің цифрлық моделін (жцм) құрайды.

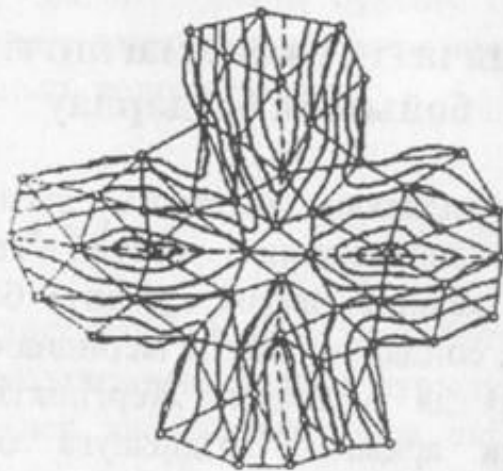
Мазмұнына қарай жердің цифрлық моделі ситуациялық цифрлы модель (сцм) және бедерлік цифрлы модель (БЦМ) болып бөлінеді.

Ситуацияның барлық элементтері X және Y координаталары белгілі нүктелермен бейнеленіп, жергілікті жердің контурын және заттардың орнын анықтайды. Бедерлік цифрлы модель жер бетінің топографиялық жағдайын сипаттайды, яғни жердің бедерін қажетті түрде бейнелейтін, X, Y, H координаталары белгілі көптеген нүктелер арқылы беріледі.

Жер бедерінің әрқилылығына байланысты оны цифр түрінде жан-жақты бейнелеу өте күрделі мәселе.

Сондықтан шешілетін мәселеге байланысты және жер бедерінің сипатына қарай цифрлы модельдерді жасаудың әртүрлі тәсілдері қолданылады. Мәселен, бедерлік цифрлы модельді жер учаскесінің ауданында біркелкі орналасқан квадраттар немесе дұрыс

үшбұрыштар төбелерінің X , Y , H координаталарының кестесі түрінде құралады.



25-сурет. Жер бедерінің цифрлы моделіндегі нүктелерінің орналасуы

Төбелердің арақашықтықтары жер бедерінің түрінде (пішініне) және шешілетін есепке байланысты алынады.

Цифрлы модель жер бедерінің ерекше нүктелері орналасқан (су айырғыш, қайқы бел және т.б.) жерлер немесе горизонтальдар координаталарының кестесі түрінде де бейнеленеді (25-сурет). Цифрлы модель нүктелерінің координаталары мәндерін пайдалана отыра, жер бедерін компьютерлік программа арқылы бейнелеп, адам жер учаскесінің кез-келген нүктесінің биіктігін анықтауға болады.

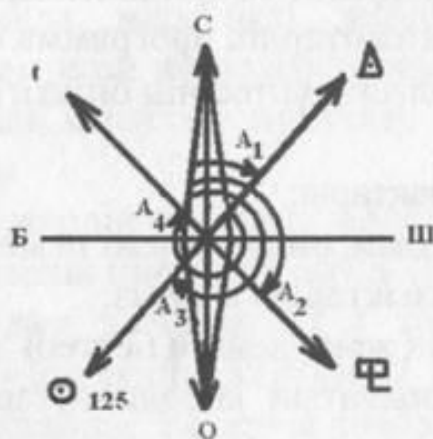
Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Жердің пішіні қандай, оның көлемі немен сипатталады?
2. Жердің негізгі сызықтарын атаңыз.
3. Жердің физикалық және деңгей беттері дегеніміз не?
4. Геодезияда қолданылатын координаттар жүйелеріне анықтама беріңіз.
5. Геодезиялық және тік бұрышты координаттар жүйесі деген не?
6. Геодезияда қандай проекциялау әдістері қолданылады?
7. Координаталардың кеңістік жүйесінен тік бұрышты жазық жүйеге немесе керісінше оған қалай көшуге болады?
8. Нүктелердің абсолют және шартты биіктіктері дегеніміз не?
9. Нүктелердің салыстырмалы биіктігі дегеніміз не?
10. Жер қисықтығының горизонталь және вертикаль арақашықтықтарға тигізетін әсері?
11. Цифрлы карталар қалай жасалынады?

3. СЫЗЫҚТАРДЫ БАҒДАРЛАУ, ТУРА ЖӘНЕ КЕРІ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ЕСЕПТЕР

3.1. Сызықтарды негізгі және магниттік меридиандар бойынша бағдарлау

Жер бетінде орналасқан заттарды, сызықтарды бағдарлау дегеніміз, олардың меридианнан бастап есептелген бағытын анықтау. Бағдарлау кезінде негізгі тұрақты бағыт географиялық, магниттік меридиан, сондай-ақ, осьтік меридиан (X -осі) немесе оған параллель сызықтар да алынады. Жергілікті жердегі заттарды компас не буссоль арқылы бағдарлауға болады. Компастың (буссольдың) шеңбері 360° -қа бөлінеді. Меридианның солтүстік басынан бір затқа қарай сағат тілінің бағытымен есептелген жергілікті немесе картадағы горизонталь бұрышты *азимут* деп атайды, ал азимут арабшадан аударғанада «бағытты» білдіреді. Мысалы, егер бір зат (тригонометриялық белгі) біздің солтүстік шығыс–СШ жағымызда тұрса, онда азимут 60° -қа, оңтүстік шығысында–ОШ болса, 150° -қа тең деп айтуға болады.



26-сурет. Сызықтарды бағдарлау

Берілген бір нүктеде меридианды астрономия тәсілімен тапсақ, онда меридиан негізгі (географиялық), ал магнит стрелкасы арқылы тапсақ, магниттік меридиан болып аталады.

Осыған сәйкес өлшенетін азимутта негізгі– A_n және магниттік– A_m азимут болып келеді. Әр нүктенің магниттік меридианы оның географиялық негізгі меридианына сәйкес келмейді (27-сурет), олардың арасындағы бұрыш магнит стрелкасының бұрылу бұрышы (δ) деп аталады. Егер стрелканың солтүстік ұшы негізгі

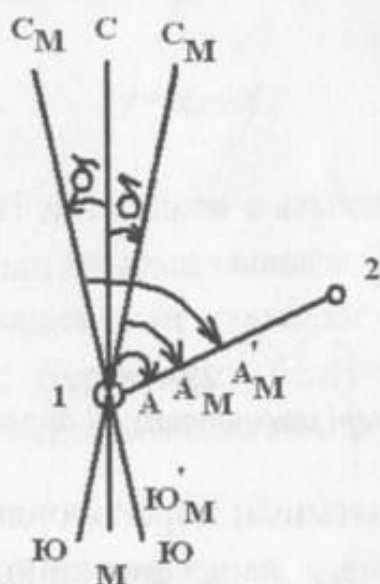
меридианнан шығысқа қарай бұрылса, батыстық бұрылу бұрышы болады, шығыстық бұрылу оң (+), ал батыстық бұрылу теріс (-) болып келеді. Егер магнит тілінің бұрылу бұрышы δ -ның мәні белгілі болса, магниттік азимуттан негізгі азимутқа мына төмендегі формуланы пайдаланып, көшуге болады:

$$A_n = A_m + \delta_{ш}; \quad A_n = A_m - \delta_{б} \quad (12)$$

мұндағы $\delta_{ш}$, $\delta_{б}$ - магнит тілінің шығыс және батыс бұрылулары.

Егер жоғарыда айтылғандай шығыс бұрылуды оң (+), ол батыс бұрылуды теріс (-) деп қабылдасақ, онда екі жағдайда да мына формуланы аламыз:

$$A = A_m + \delta \quad (13)$$



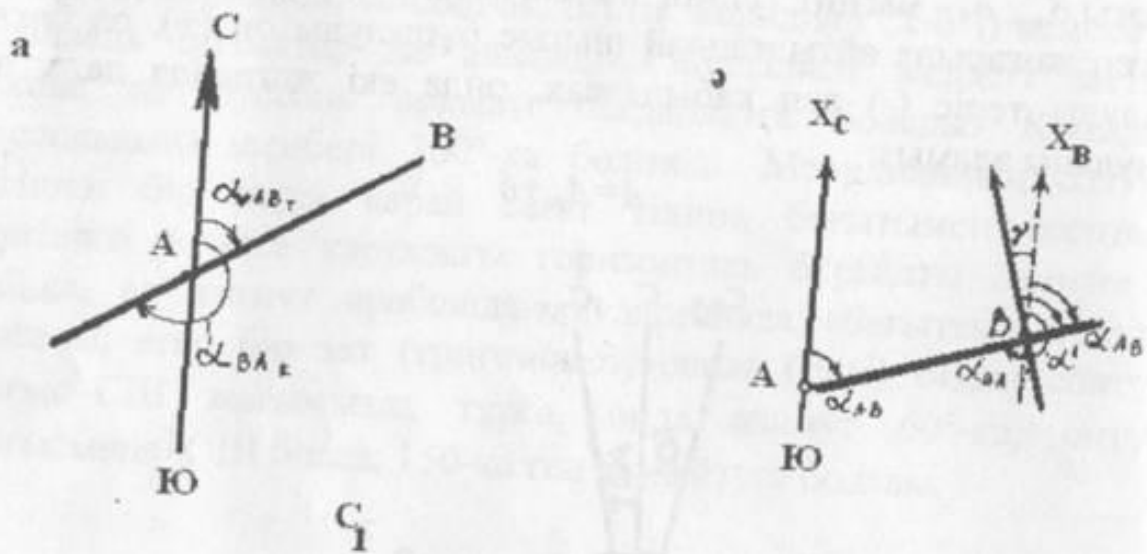
27-сурет. Магнит стрелкасының бұрылу бұрышы

Магнит тілінің бұрылуы жер бетінің әр жерінде әртүрлі болып келеді. ТМД елдерінде δ -ның шамасы 0° -тан 20° -ға жуық шамаға екі жаққа ауытқиды. Демек, сызықтарды магниттік меридиан бойынша бағдарлау тек қана жер бетінің шағын учаскелерінің пландарын жасағанда ғана қолданылады.

Кез-келген жердің өзіне тән магниттік бұрылуын жақын жердегі метеорологиялық стансадан немесе сол жердің топографиялық картасынан алуға болады.

3.2. Сызықтарды осьтік меридиан бойынша бағдарлау

Карталар мен пландар координаталардың зоналық тік бұрышты жүйесінде жасалатындықтан, геодезияда дирекциондық бұрыштар жиі қолданылады. Дирекциондық бұрыш (α) деп осьтік меридианның солтүстік жағынан сағат тілінің бағытымен бағдарланғыш сызыққа дейінгі горизонталь бұрышты айтады (28, а-сурет). Дирекциондық бұрыштар азимуттар сияқты 0° -тан 360° -қа дейін өзгереді.



28-сурет.

а) тура және кері азимуттар; ә) дирекциондық бұрыштар

28-суреттегі AB бағытының дирекциондық бұрышы α_{AB} тура, BA бағытының бұрышы α_{BA} кері дирекциондық бұрыштар болып есептеледі. Осы суреттен:

$$\alpha_{\text{кері}} = \alpha_{\text{тура}} + 180^\circ \quad (14)$$

яғни, кері дирекциондық бұрыш пен тура дирекциондық бұрыштардың айырмашылығы 180° -қа тең.

Жалпы алғанда мына формуланы пайдаланған дұрыс,

$$\alpha_{\text{кері}} = \alpha_{\text{тура}} + 180^\circ \quad (15)$$

Геодезиялық және маркшейдерлік өлшеулердің барлығы да сызықтар дирекциондық бұрыштар арқылы бағдарланады, өйткені сызықтың дирекциондық бұрышы жер бетінің кез-келген нүктесінде өз мәнін өзгертпейді, яғни тұрақты. Бұл–дирекциондық бұрыштың азимутқа қарағандағы бір ерекшелігі. Ал, тура және кері азимуттар арасындағы байланысты мына формулада көруге болады:

$$A_{\text{кері}} = A_{\text{тура}} + 180^{\circ} + \gamma \quad (16)$$

мұндағы γ –меридиандардың жақындасу бұрышы; яғни меридиан мен осьтік меридиан (x) немесе оған параллель сызық арасындағы бұрыш. Бұл бұрыштың мәні әр нүктенің O –дік меридианнан қашықтауына байланысты ауытқып отырады. 28-сурет бойынша AB сызығының негізгі азимуты A_n , ал дирекциондық бұрышы α_{AB} десек, онда:

$$\gamma = \alpha_{AB} - A_n \quad (17)$$

яғни, нақты бір нүктедегі кез келген сызықтың негізгі азимутымен дирекциондық бұрышының айырмашылығы (γ –осы нүктедегі негізгі меридиан мен осьтік меридианның жақындасуына тең.

Егер дирекциондық бұрыш–(α) белгілі болса, онда негізгі азимутты мына формула арқылы анықтайды:

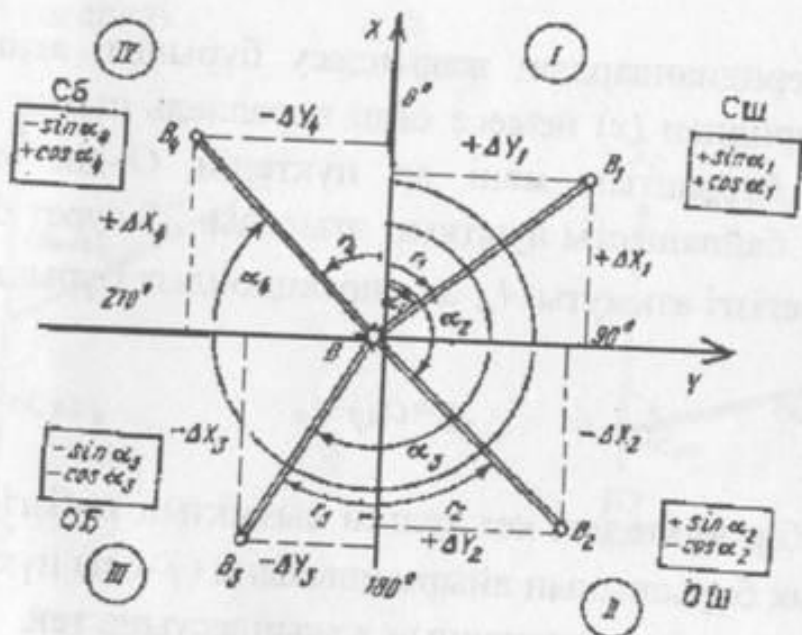
$$A_n = \alpha + \gamma \quad (18)$$

Осьтік меридианнан батысқа қарай орналасқан нүктелер үшін меридиандардың жақындасу бұрышының мәні теріс болып келеді.

3.3. Румбтар және олардың дирекциондық бұрыштармен байланысы

Сызықтарды бағдарлау және өлшеу нәтижелерін өңдеу кезінде румб деп аталатын сүйір бұрыш пайдаланылады. Шамасы 0° –тан 90° –қа дейін өзгертін осьтік меридианның солтүстік не оңтүстік жағынан екі жаққа қарай бір нақты сызыққа дейін есептелетін сүйір бұрышты *румб* дейді.

29-суретте әр ширекте алынған төрт сызықтың румбтары көрсетілген. Бағытты румб арқылы табу үшін оның сан мәнінің алдына ширектің аты көрсетіледі. Мысалы, *СШ* (солтүстік–шығыс), *ОШ* (оңтүстік–шығыс), *ОБ* (оңтүстік–батыс), *СБ* (солтүстік–батыс) деп белгіленеді және осы суреттен әрбір ширекте румбтар (таблицалық бұрыштар) мен дирекциондық бұрыштар арасындағы байланысты көруге болады. Ол байланыс формулалары 6-кестеде берілген.



29-сурет. Румбтар және дирекциондық бұрыштар арасындағы байланыс

6-кесте

Дирекциондық бұрыштар мен румбтар арасындағы байланыс

Ширектер нөмірлері	Дирекциондық бұрыштардың өзгеруі	Румбтардың аттары	Байланыс формалары
I	$0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	СШ	$r_1 = \alpha_1$
II	$90^\circ \leq \alpha_2 \leq 180^\circ$	ОШ	$r_2 = 180 - \alpha_2$
III	$180^\circ \leq \alpha_3 \leq 270^\circ$	ОБ	$r_3 = \alpha_3 - 180$
IV	$270^\circ \leq \alpha_4 \leq 360^\circ$	СБ	$r_4 = 360 - \alpha_4$

Дирекциондық бұрыштарды румбтарға (таблицалық бұрыштарға) аударғанымыз, тригонометриялық функциялардың 0° -ден 90° аралығындағы таблицалық нақтылы мәндерін пайдалануға мүмкіндік береді.

3.4. Келесі сызықтың дирекциондық бұрышын анықтау

Егер AB сызығының дирекциондық бұрышы α_{AB} белгілі және B нүктесіндегі оң жақ горизонталь бұрыш $\beta_{оң}$ өлшенген болса, онда келесі BC қабырғасының дирекциондық бұрышы α_{BC} (30-сурет) былайша анықталады:

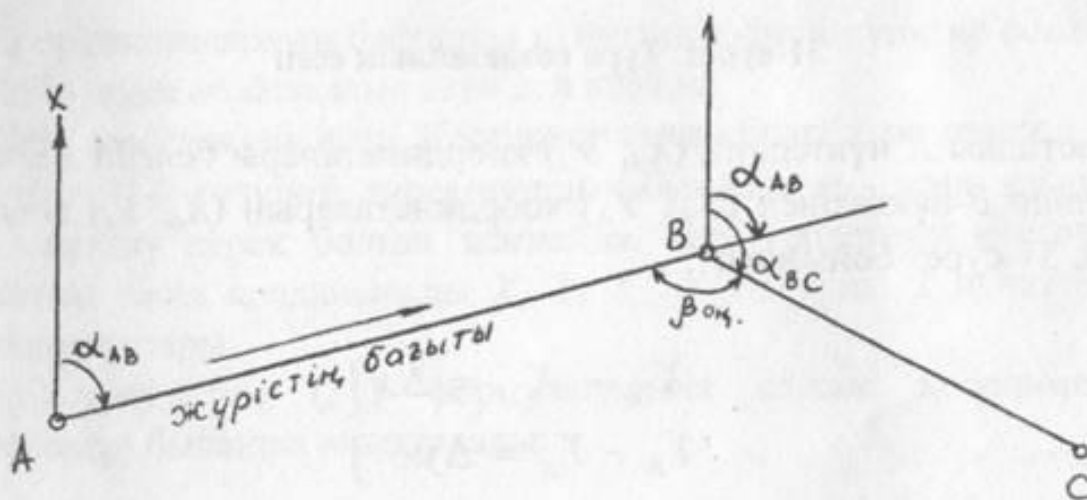
$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + X \quad (19)$$

мұндағы $X = 180^\circ - \beta_{оң}$

онда: $\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + 180^\circ - \beta_{оң}$

Егер B нүктесіндегі сол жақ бұрыш $\beta_{сол}$ өлшенген болса, онда α_{BC} дирекциондық бұрышы мына формуламен анықталады:

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} - 180^\circ + \beta_{сол} \quad (20)$$

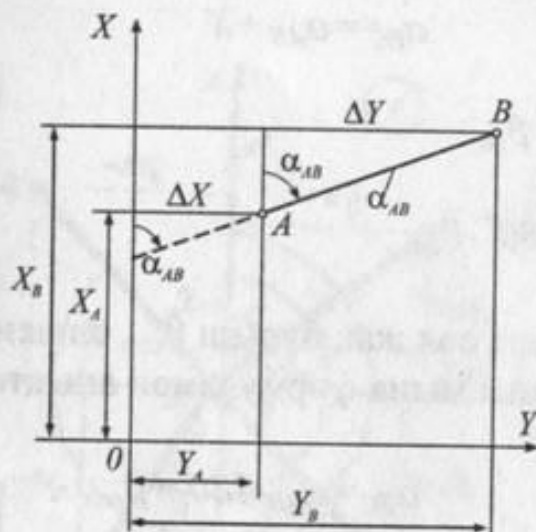


30-сурет. Дирекциондық бұрышты анықтау схемасы

3.5. Тура және кері геодезиялық есептер

Геодезиялық және маркшейдерлік жұмыстарда пункттер координаталары, олардың арақашықтықтары мен дирекциондық бұрыштары тікелей немесе кері геодезиялық есептерді шешу арқылы анықталады.

Тура геодезиялық есеп. Егер координаталары белгілі A пунктiнен, екiншi B пунктiне дейiнгi арақашықтық d және дирекциондық бұрыш α_{AB} белгiлi болса, онда B пунктiнiң координаталарын табуға болады. Координаталардың бiр пунктте осылайша берiлуiн тура геодезиялық есеп деп атайды. AB полигонның бiр қабырғасы, оның жазықтағы проекциясы d , ал дирекциондық бұрышы α_{BA} делiк (31-сурет).



31-сурет. Тура геодезиялық есеп

Бастапқы A нүктесiнiң (X_A, Y_A) координаталары белгiлi де, шарт бойынша B -нүктесiнен (X_B, Y_B) координаталарын (X_A, Y_A) анықтау керек. 31-сурет бойынша:

$$\left. \begin{aligned} X_B - X_A &= \Delta x \\ Y_B - Y_A &= \Delta y \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

мұндағы Δx пен Δy —координата өсiмшесi деп аталады. Тiк бұрышты үшбұрыш ABC —дан Δx -пен Δy былайша анықталады:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= d \cos \alpha \\ \Delta y &= d \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

Тексеру:

$$d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

Координаталар өсімшелері Δx пен Δy -тің таңбалары $\cos \alpha$ мен $\sin \alpha$ -ға байланысты оң және теріс болып келеді. Дирекциондық бұрыш α -ның әртүрлі мағынасына сәйкес Δx пен Δy таңбаларының өзгеруі 7-кестеде көрсетілген.

7-кесте

Координаталар өсімшелерінің ширектегі таңбалары

Координаталар өсімшелері	Ширектер			
	I-СШ	II-ОШ	III-ОБ	IV-СБ,
Δx	+	-	-	+
Δy	+	+	-	-

Анықталған өсімшелер Δx пен Δy арқылы екінші B пунктінң координаталары (21) формулалармен есептелінеді:

$$X_B = X_A + \Delta x$$

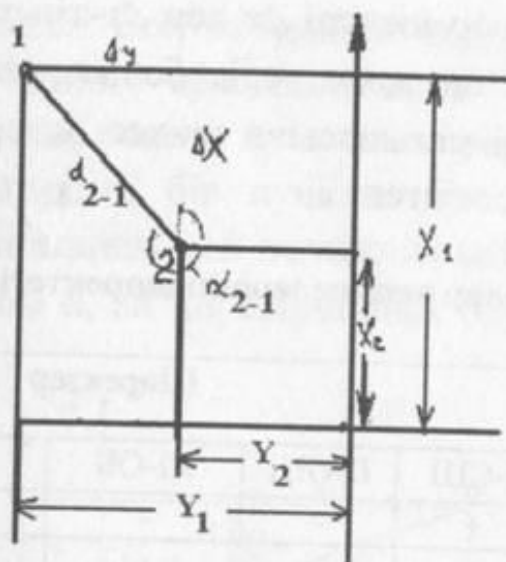
$$Y_B = Y_A + \Delta y$$

Координаталардың бастапқы пункттен екінші пунктке осылайша берілуін *тура геодезиялық есеп* деп атайды.

Кері геодезиялық есеп. Координаталары белгілі екі пункт 1 және 2 арқылы 1-2 түзуінің дирекциондық бұрышы $\alpha_{1,2}$ және ұзындығы $d_{1,2}$ анықтау керек болған жағдайда, кері геодезиялық есеп деп аталатын тәсіл қолданылады X_1, Y_1, X_2, Y_2 және 2 пункттерінің координаталары.

32-сурет пен (21) формулаларына сәйкес координаталар өсімшелері былайша анықталады:

$$\Delta X = X_2 - X_1; \quad \Delta Y = Y_2 - Y_1$$



32-сурет. Кері геодезиялық есеп.

Ал таблицалық бұрыш (румб) 1-2-1 үшбұрышынан анықталады:

$$\operatorname{tg} r = \frac{\Delta y}{\Delta x}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x};$$

Дирекциялық бұрыш пен координаталар өсімшелері бойынша түзудің жазықтықтағы проекциясы есептелінеді.

$$d = \frac{\Delta x}{\cos a_{1-2}} = \frac{\Delta y}{\sin a_{1-2}} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}.$$

(23)

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Жер бетіндегі сызықтарды бағдарлау деген не?
2. Сызықтық азимуты деген не?
3. Негізгі және магниттік азимуттардың айырмашылығы неде?
4. Дирекциондық бұрыш дегеніміз не және оның өзгеру шектері қандай?
5. Ромб дегеніміз не және оның өзгеру шегі қандай?
6. Меридиандардың жақындасу бұрышы деген не?
7. Магнит тілінің бұрылуы деген не?
8. Дирекциондық бұрыштардан ромбтарға қалай көшуге болады?
9. Тура геодезиялық есеп деген не?
10. Кері геодезиялық есеп деген не?
11. Берілген $\alpha_{AB} = 48^\circ 20'$ және $\beta_{он} = 243^\circ 14'$ және $\beta_{сол} = 104^\circ 07'$ бұрыштары арқылы (13-сурет) BC қабырғасының дирекциондық бұрышы мен ромбасын есептеңіздер.

4. ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТОРАПТАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТ

4.1. Тірек тораптары туралы түсінік және оның түрлері

Геодезиялық түсірістердің қай түрі болсын, олар алдын ала жер бетінде бекітілген және өте жоғары дәлдікпен пландық координаталары (X, Y) және биіктік координатасы (H) анықталған нүктелерге сүйенеді. Мұндай пункттерді тірек пункттері дейді. Координаталары геодезиялық тәсілмен біртұтас координаталар жүйесінде анықталған тірек жүйелерін геодезиялық тірек жүйелері деп аталады.

Жалпыдан жалқыға көшу принципіне қарай мемлекетіміздегі барлық тірек жүйесі бірнеше кластарға бөлінеді.

Оларды құру ең жоғарғы кластан төменгі, күрделі және дәл геометриялық құрылымдардан ұсақ, дәлдігі төмендеу кластарға көшеді. Жоғарғы класты пункттер бір-бірінен (бірнеше ондаған километр) әжептәуір үлкен арақашықтықта орналасады. Одан кейін олардың аралары, төменгі кластарда жиілетіледі. Геодезиялық жұмыстарды осындай принциппен жүргізу қысқа мерзім ішінде үлкен территорияны біртұтас координаталық жүйемен қамтамасыз ете алады.

Геодезиялық тірек жүйелері пландық және биіктік жүйелері болып бөлінеді. Пландық жүйеде тірек пункттерінің тік бұрышты жазық координаталары (X пен Y -ті) анықталады, ал нүктелердің биіктіктері (H) Балтық теңізінің биіктік жүйесімен есептеледі.

Геодезиялық жүйе мемлекеттік жиілету және түсіріс жүйелері болып бөлінеді, ал олардың өзі дәлдігіне қарай өзара кластарға бөлінеді.

Геодезиялық жұмыстарды дұрыс жүргізу үшін түсіріс жүргізер алдында күні бұрын керекті өлшеу дәлдігімен тапсырма беріледі, одан соң жұмысты жүргізу әдістерімен тиісті аспаптар таңдалып алынады.

4.2. Мемлекеттік геодезиялық тораптар

Мемлекеттік геодезиялық тораптар жиілету және түсіріс торларын одан әрі дамытудың, сонымен қатар ізденіс, құрылыс, жер

қойнауын пайдалану, жерге орналастыру, т.б., көптеген инженерлік есептерді шешудің негізі болып табылады.

Сондықтан, геодезиялық тораптарды құрудың дәлдігін қамтамасыз ету үшін оның бұрыштық және ұзындық өлшеулері тиісті аспаптар мен тәсілдер арқылы жүргізілуге тиісті

Мемлекеттік геодезиялық тораптарға мыналар жатады:

а) 1,2,3,4 кластың пландық жүйелер, олар өзара бұрыштық және ұзындық өлшеулер дәлдігімен, жүйе қабырғаларының ұзындықтарымен ерекшеленеді. Пландық жүйелер триангуляция, триатерация, полигонометрия әдістерімен құрылады.

ә) I, II, III және IV класты биіктік нивелирлік тораптар. Олар геометриялық нивелирлеу әдісімен құрылады.

Геодезиялық жүйелер жалпыдан жекеге қарай көшу принципімен: жоғары жүйеден, яғни I-кластан төменге қарай неғұрлым дәл құрылғаннан, соғұрлым ұсақтау және дәлдігі кемдеу класқа қарай құрылады. I-класты жүйе мейлінше жоғары дәлдікке ие болады және ол төменгі кластарға геодезиялық жүйелердің дамуы мен олардың пункттерінің координаталарын біртұтас жүйеде есептеу үшін, негіз қызметін атқарады.

Триангуляция әдісі. Триангуляция әдісі жергілікті жерде үшбұрышты жүйесін құрудан тұрады, оларда барлық бұрыштар мен кейбір базис қабырғаларының ұзындығы өлшенеді (33 а-сурет).

Үшбұрыштың басқа қабырғаларының ұзындықтары тригонометрияның белгілі формулалары бойынша есептеледі.

I класс триангуляциясының тұтас жүйесін орасан зор территорияда құру едәуір уақыт пен материалдық қаражатты жұмсауды керек етеді. Сондықтан I класты геодезиялық жүйені, мүмкіндігінше меридиан және параллель бағытында бірінен-бірі 200 км-ге дейінгі алыс қашықтықтарда орналасқан үшбұрыштар қатары түрінде құрады. I кластық триангуляция қатарының параметрі 800 км-ге дейінгі тұйық полигонды құрастырады. (33, ә-сурет)

2 класты триангуляция бірінші класты полигонның бүкіл ауданын толтыратын және I класты пункттерімен сенімді байланыстағы үшбұрыштардың жаппай жүйелі түрінде дамиды.

3 және 4 класты триангуляциялар мемлекеттік геодезиялық жүйелердің одан арғы жиілендіруі болып табылады.

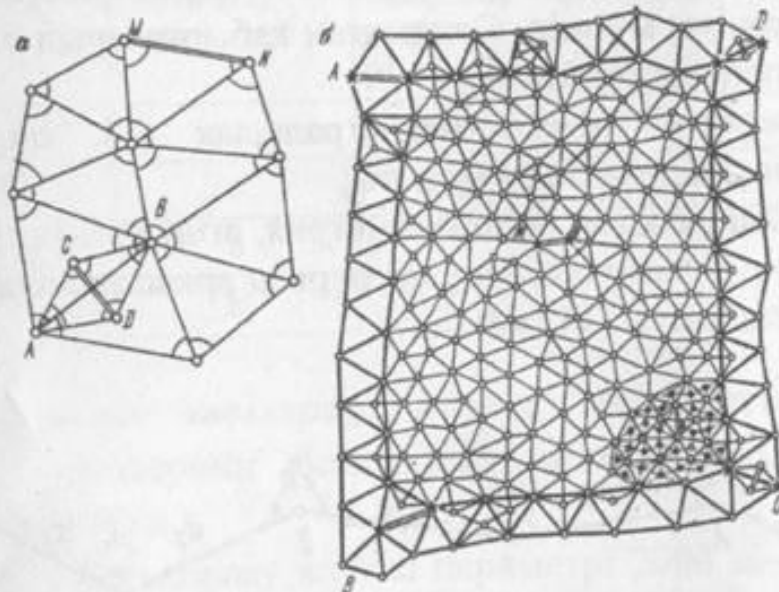
I және II, III класты мемлекеттік геодезиялық жүйе 50-60 км²-қа бір пункт тығыздықпен жасалынады. Пункттердің осындай тығыздығы 1:25000 және 1:10000 масштабтағы топографиялық түсірулерді қамтамасыз етеді.

1, 2, 3 және 4 класты триангуляциялық жүйенің негізгі сипаттамалары 8-кестеде келтірілген.

Трилатерация әдістері. III және IV класты мемлекеттік геодезиялық жүйелер, трилатерация әдісімен де құрылуы мүмкін.

Трилатерация триангуляция тәрізді, барлық қабырғалар ұзындықтары өлшенген үшбұрыштар жүйесі болып саналады. Үшбұрыштарды шешу арқылы горизонталь бұрыштарын, ал одан қабырғаларының дирекциондық бұрыштарын анықтайды. Содан кейін пункттердің координаталарын есептеуді триангуляциядағыдай жүргізеді.

Трилатерация жүйесінде қабырғаларының ұзындығы әдеттегідей радио және жарық қашықтық өлшеуіштерімен өлшенеді. Бұл жағдайда қабырғаларды өлшеудің салыстырмалы қателігі мынадан аспауы керек: III класс үшін—1:100000, IV класс үшін—1:40000.



33-сурет. Триангуляция тізбектері

8-кесте

Триангуляциялық тораптың сипаттамасы

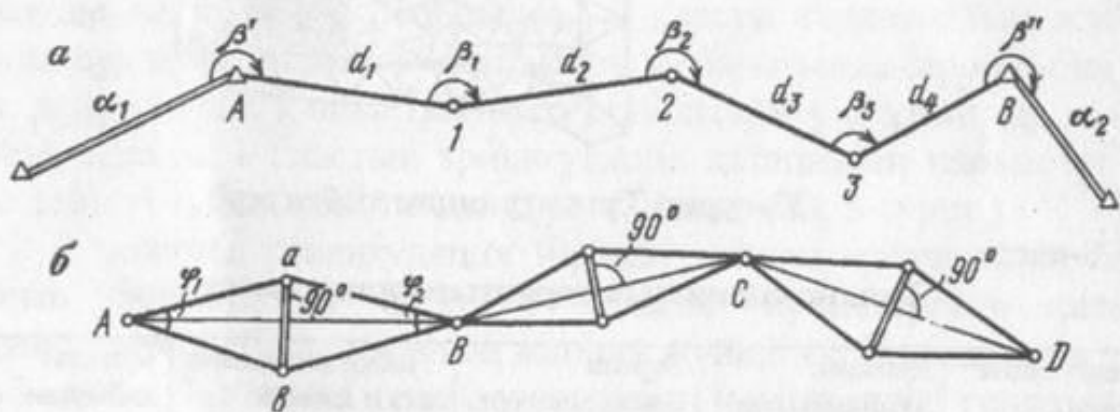
Триангуляция кластары	Қабырға ұзындығы, км	Бұрыш өлшеудің орт. Қв. шекті қателік	Үшбұрыштардағы шекті қателік	Базисты қабырған. өлш. салыст. шекті қателік
1	20-25	0,7"	3,0"	1:400000
2	7-20	1,0"	4,0"	1:300000
3	5-8	1,5"	6,0"	1:200000
4	2-5	2,0"	8,0"	1:200000

Полигонометрия әдісі. Орманды жазық жерде триангуляция жүйесінің дамуы қиындау немесе жергілікті жағдайдың күрделілігінен экономикалық жағынан орынсыз кезде полигонометрия әдісі қолданылады. Осы әдіс жергілікті жерде жүрістер және полигондар жүйесін салудан тұрады, олардың барлық бұрыштары мен қабырғалары өлшенеді (34-сурет). Егер бір пункттің координаталары және бір қабырғасының дирекциондық бұрышы белгілі болса, онда полигонометриялық жүрістің барлық пункттерінің координаталарын есептеп шығаруға болады.

Полигонометриялық жүрістің бұрыштары тиісті дәлдіктегі теодолиттермен өлшенеді. Полигонометриялық жүрістердің қабырғаларының ұзындығын өлшеу үшін жарық және радио қашықтық өлшеуіштер, оптикалық-механикалық қашықтық өлшеуіштер, болат және инварлық сымдар, ленталар мен рулеткалар қолданылады. Қабырғаларының ұзындығы, сонымен қатар өлшенген базистен, қосалқы бұрыштары өлшенген геометриялық фигуралар арқылы анықталуы мүмкін. Сондықтан қабырғаларын өлшеу әдісіне байланысты полигонометрия;

а) траверстік немесе магистральдық (34, а-сурет), яғни қабырғаларын тікелей өлшеу арқылы;

ә) параллактикалық полигонометрия, яғни қабырғаларды қысқа базис және параллактикалық сүйір бұрыш арқылы жанама тәсілмен анықтауға негізделген (34, ә-сурет).



34-сурет. Полигонометрия жүрістер

Егер ab базисі полигонометриялық жүрістің AB қабырғасына перпендикуляр болса және онымен екіге бөлінсе, онда AB қабырғасының ұзындығын анықтау үшін ab -базисін және φ_1 мен φ_2 параллактикалық бұрыштарын өлшеу жеткілікті.

I класты полигонометрия меридиан және параллель бағытында созылған жүріс түрінде құрылады, олар бірінші класты периметрі 700-800 км полигонның буындарын құрады, 2 класты полигонометрия I класты триангуляция мен полигонометрияның ішінде периметрі 150-180 км-лік тұйық полигон жүйесі ретінде дамиды.

3 және 4 класты полигонометриясы торапты пункттері бар жүрістер жүйесі немесе жоғарғы класты мемлекеттік геодезиялық жүйенің пункттеріне сүйенетін жекелеген жүрістер түрінде құрылады.

Полигонометрияның негізгі сипаттамалары 9-кестеде келтірілген.

9-кесте

Полигонометрияның сипаттамалары.

Полигонометрия кластары	Қабырғалар саны	Қабырғалар ұзындығы, км	Бұрыш өлш. орт. кв. катесі	Ұзындық өлш. салыст. кателік
1	12	8-30	0,4//	1:400000
2	6	5-18	1,0"	1:200000
3	6	3-10	1,5"	1:100000
4	20	0,25-2	2,0"	1:40000

Мемлекеттік нивелирлеу жүйесі. Мемлекеттік нивелирлеу жүйесінің пункттерінің биіктіктерін геометриялық нивелирлеу әдісімен анықтайды.

I класты нивелирлеу жүйесі периметрі 2000 км-ге жуық тұтас полигонды құрайтын жүрістерден тұрады. I класты нивелирлеу мейлінше жоғары дәлдікпен жүргізіледі, оған барынша жетілдірілген аспаптар мен бақылау әдістерін қолдану арқылы жетуге болады.

Салыстырмалы биіктікті анықтаудың орташа квадраттық кездейсоқ кателігі 1 км жүрісте m_n 0,5 мм болады.

II класты нивелирлеу сызығы I класты нивелирлеу пункттерінің арасында периметрі 500-600 км полигондар түрінде салынады. II класты нивелирлеу жүрісінде салыстырмалы биіктікті

анықтаудың орташа квадраттық қателігі 1 км жүрісте $m_h=0,8$ мм-ден аспауы керек.

III класты нивелирлеу жүйесі I және II класты нивелирлеу полигонының ішінде жүйе немесе II кластық полигонды периметрі 150-200-ден 6-9 полигонға бөлетін жеке жүрістер түрінде жасалынады (1 км жүрісте $m_h=1,6$ мм-ден аспауы керек). III класты нивелирлеу жүйесін одан ары жиілендіру IV класты нивелирлік жүрістер жүйелерін құру арқылы орындалады. Олар топографиялық түсірулердің тікелей биіктік негізі болып табылады. Оларды салу жиілігі түсіру масштабымен және жергілікті жердің жер бедерінің сипатымен сабақтас болады.

Барлық кластағы нивелирлеу жүрістері жергілікті жерде орташа есеппен алғанда 5 км сайын тұрақты реперлер және таңбалармен бекітіледі.

4.3. Геодезиялық жиілендіру және түсіру тораптары

Геодезиялық жиілету жүйелері мемлекеттік геодезиялық жүйелер негізінде дамиды, әр қалалар мен ауылдарды, ірі өндіріс объектілерінің құрылыс аландарында, тау-кен өндірісі территориясында атқарылатын ірі масштабтағы түсірулерді, сондай-ақ инженерлік және геодезиялық жұмыстарды негіздеу үшін қызмет етеді.

Топографиялық түсіруді белгілі бір масштабта жасау үшін геодезиялық жүйелерді керекті тығыздыққа жиілендіру, түсіру жүйелерін немесе осылай аталатын геодезиялық түсіру негіздеулерін дамыту есебінен жасалады, негіздеу *пандық және биіктік* болып бөлінеді.

Ал, түсіріс торлары да пандық және биіктік торлары болып бөлінеді.

Пандық түсіріс жүйелері *теодолиттік, тахеометриялық және мензулалық* жүрістер немесе триангуляция арқылы құрылады. Торлардың тығыздығы түсіру масштабына, жердің-рельефіне тікелей байланысты. Мәселен, 1:500 масштабты түсіруде пункт саны 4-тен кем болмауы керек. 1:2000 масштабта 10 нан, ал 1:1000 масштабтағы түсіруде 16-дан кем болмауы керек.

Арақашықтықтары өлшеу қиынға түсетін жерлерде түсіру пункттері үшбұрыштар тізбегін құру, тура және кері қиылыстыру әдістері не теодолиттік жүрістер арқылы анықталады.

Түсірудің масштабтары өндіріс жұмыстарының ерекшеліктеріне байланысты алынады. Мәселен, көлемі үлкен, ірі кен орындарын барлау және игеру кезінде жер бетін 1:5000 масштабта, ал шағын кен орындары планға 1:2000 және 1:1000 масштабтармен түсіріледі.

Күнделікті жұмысқа қажет сызбалар 1:1000 не 1:500 масштабтарға қима биіктіктері 0,5 м болып жасалады.

4.4. Геодезиялық жұмыстар жүргізудің негізгі принциптері туралы қысқаша мәлімет

Өлшеулер қаншалықты ұқыптылықпен жүргізіліп, қолданылатын аспаптар қаншама жетілдірілген болса да, өлшеулердің азды-көпті қателері кетіп отырады. Оған кез-келген шаманы бірнеше рет өлшеген кезде, оңай жеткізуге болады.

Бастапқы нүктелерден (пункттерден) алыстаған сайын, өлшеудің дәлдігі азайып, қателіктер көбейе береді. Бұдан бұрынғы тарауда айтып кеткендей, өлшеудің дәлдігін тек қатенің абсолюттік (орташа квадраттық) не салыстырмалы шамаларына қарап қана жобалауға болады.

Қателердің ұлғайып-азаюын, дәлдігін арттыра түсу үшін, елімізде өлшеу жұмыстарын сезімтал аспаптар арқылы қажетті дәлдікке сай белгілі әдістермен шебер өлшеуші адамдар (геодезистер, маркшейдерлер) жүргізеді.

Геодезиялық жұмыстарды ғылыми түрде жүргізу төмендегі принциптердің міндетті түрде орындалуын қажет етеді.

1. Геодезиялық тірек торларын "жалпыдан жалқыға (нақтылыққа) көшу" деген принциппен әрі қарай дамыту, яғни алдымен геодезиялық бастапқы (тірек) торлары құрылады, олардың координаталары жоғары дәлдікпен табылады да, олар әрі қарай жиілетеді.

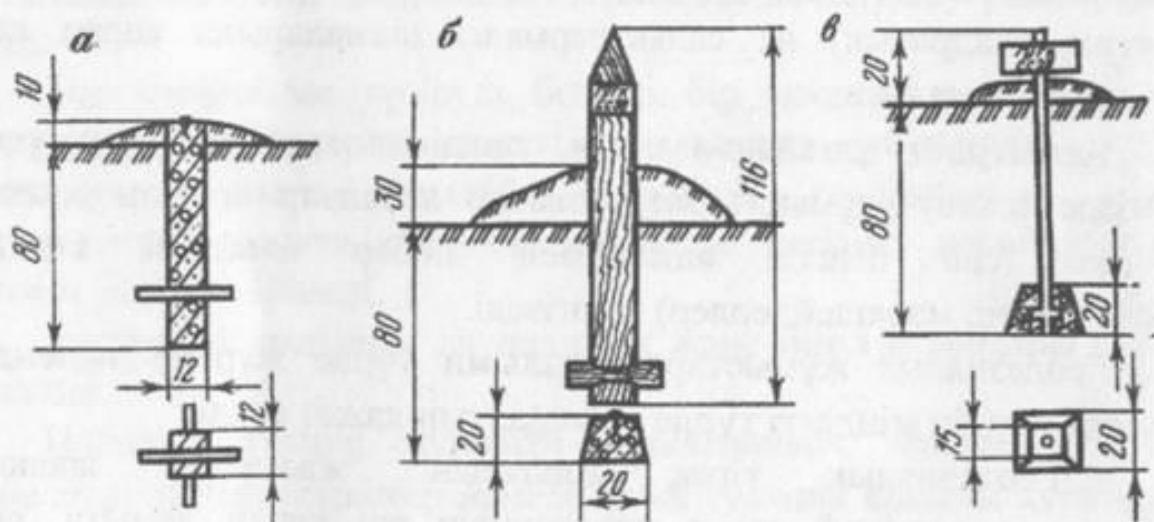
2. Өлшеу, есептеу және графигтік жұмыстардың әрбір кезеңдерін міндетті түрде тексере отырып, бастапқы өлшеулер нәтижесінің дәлдігіне көз жетпейінше, кейінгі өлшеулерге кіріспеу.

4.5. Геодезиялық пункттерді жергілікті жерде белгілеу және бекіту

Тірек жүйелері пункттерінің ұзақ мерзім бойында беріктігін, орнының тұрақтылығын, бұзылмаушылығын қамтамасыз ету үшін әрбір тірек нүктесі жерде центрді жерге (35 сурет) орнату арқылы бекітіледі.

Жұмыстар жүргізілетін ауданның физикалық және географиялық орнын, жергілікті жердің ерекшеліктерін, яғни центрдің түрі мен конструкциясын, сондай-ақ оның жерге орнату тереңдігін анықтайды. Әдетте, құрылыс салынбаған жерде геодезиялық пункт ретінде темір бетонды пилон алынады, оның жоғарғы табанының ортасына кресі бар шойын таңба қондырылған. Креспен қиылысу нүктесі геодезиялық пункттің центрі болып саналады, ал оның координаталары X , Y , H болады.

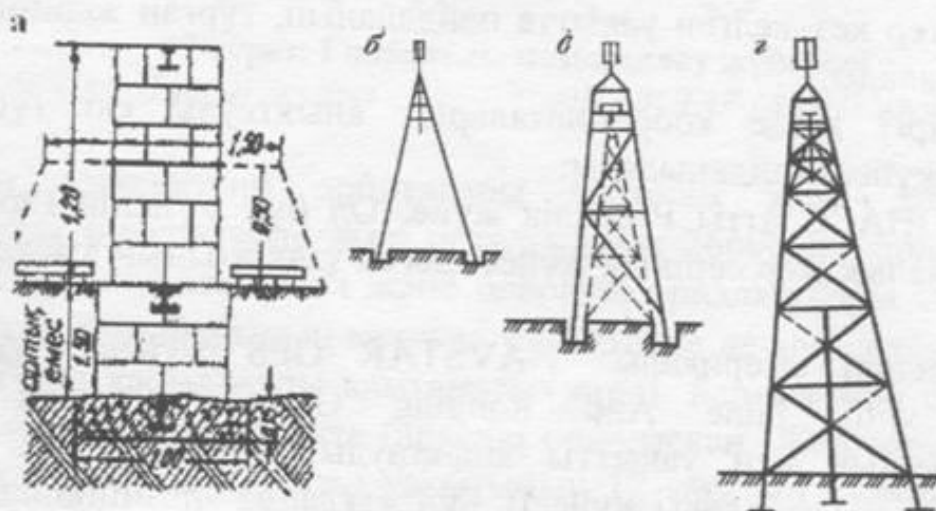
Геодезиялық биіктік жүйелерінің пункттері грунттық қабырғалық реперлермен және маркалармен бекітіледі. Қабырғаға салынған реперлер шойын дөңгелек таңбамен белгіленеді.



35-сурет. Центрлерді бекіту

Түсіру негіздеудің нүктелері уақытша белгілермен (темір қазықтармен, трубалармен, ағаш бағаналармен немесе қысқа қазықтармен) және ішінара ұзақ мерзімдік белгілермен бекітіледі. Пункттер нүктелерді бекіткенде 1:5000 масштабтағы түсіру планның әрбір бетінің ішінде ұзақ мерзімдік белгілермен бекітілген пункттердің саны кем болмауын ескерген жөн (36-сурет).

Бетоннан, ағаш және металл трубалардан жасалған түсіру пункттерінің центрлері бейнеленген.



36-сурет. Пункт белгілері

Бұрыштық және ұзындық өлшеулер кезінде геодезиялық көршілес пункттердің арасында өзара көрінушілігін қамтамасыз ету үшін, центрлердің үстіне жер бетіндегі геодезиялық белгілер орнатылады. Конструкциясына байланысты сыртқы геодезиялық белгілер турларға, пирамидаларға, қарапайым және күрделі белгілерге бөлінеді. Турлар жартасқа орнатылған белгінің үстіне тастан, кірпіштен не бетоннан жасалған бағаналар. Олар таулы жерлердегі жартастың төбесіне орнатылады.

Пирамидалар үш және төрт қырлы штатив түрінде болады және олардың биіктігі әдетте 5-10 м дейін жетеді.

4.6. Тұрған жердің орнын анықтаудың НАВСТАР және ГЛОНАСС глобальды жүйелері

Ғылым мен техниканың соңғы он жыл ішінде қарқындап дамуы геодезияға координаттар мен координата өсімшелерін анықтаудың жер серіктік атты жаңа әдісін дүниеге әкелді. Бұл әдісте геодезистер әдеттегідей геодезиялық тораптардың жылжымайтын пункттерін пайдаланбай, оның орнына жылжымалы жер серіктерінің координаталарын қолданады. Әлбетте, ол координаталарды геодезистер кез-келген уақытта пайдаланып, тұрған жерінің орнын анықтай алады.

Қазіргі кезде координаталарды анықтауды екі түрлі жер серіктік жүйесі қолданылады:

ГЛОНАСС атты Ресейлік жүйе. Ол бұл жүйенің глобальдык навигациялық жер серіктік жүйесі деген ұзақ атының қысқартылған түрі.

Екіншісі америкалық NAVSTAR GPS жүйесі NAVigation System with Time And Ranging Global-Positioning System (арақашықтық пен уақытты анықтаудың навигациялық жүйесі, позициондау глобальды жүйесі). Бұл жағдайда «позициондау» деген сөзді координаттарды анықтау деу керек. Екі жүйе де әскери есептерді шешуге арналған, бірақ соңғы кезде геодезияда кеңінен пайдалануда. Координата өсімшелерін өте жоғары дәлдікпен, яғни орташа квадраттық қателігі $5\text{мм} + D \cdot 10^{-6}$ дәлдікпен, ал жеке қабылдағыш координаталарын 10 м ден 100 м-ге дейінгі орташа квадраттық қателікпен анықтайды.

Геодезиялық өлшеулерде GPS (позициондау глобальды жүйесі) кеңінен қолданыс тапқандықтан әрі қарай осы жүйеге жан-жақты тоқталамыз.

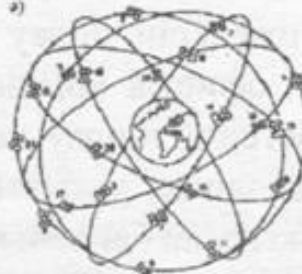
Тұрған жердің орнын анықтаудың барлық жер серіктік навигациялық жүйесін үш сегментке бөлуге болады:

Ғарыштық сегмент; бақылау және басқару сегменті, пайдаланушылар (жер серіктік сигналды қабылдағыш) сегменті.

Қазіргі кездегі NAVSTAR GPS және ГЛОНАСС жүйелерінің толық комплектісіне 21 жұмыстағы және 3 запастағы жер серіктері кіреді. Жер серіктерінің орбиталары іс жүзінде дөңгелек және үш орбиталық жазықтықтарда (37, а-сурет), ал NAVSTAR жүйесі алты орбиталық жазықтықтарда (37, ә-сурет) орналасқан. Жер серіктері

оның барлық жүйесін оның ішінде, жер серіктің жердің көлеңкесінде болған кезінде де энергиямен қамтамасыз ететін күн сәулесі батареясымен жабдықталған.

а)



37-сурет. Глобальды позициялау жүйелері

а) ГЛОНАС (Ресей) жүйесі

ә) НАВСТАР (АҚШ) жүйесі

Жер серіктерінің орбиталары дөңгелек және 20180 км геодезиялық биіктіктерде Жер орталығынан 26600 км орналасқан. Жер серіктерінің осы саны және олардың орналасулары сигналды бір уақытта Жер шарының кез-келген бөлігіне де кем дегенде төрт жер серігінен қабылдауды қамтамасыз етеді. Барлық жер серіктері алты орбиталық жазықтықта біркелкі орналасқан. Жер серіктерінің айналу кезеңдері жұлдыздар уақытының 12 сағатын құрады, соған байланысты әр жер серігі күн сайын бір жерде өткен күнгі уақыттан 4 минут ерте пайда болады.

4.7. Қазіргі кездегі түсіру негізін GPS технологиясын пайдалану арқылы құру

Геодезиядағы GPS өлшеулердің принципі. Геодезиялық GPS өлшеулерін GPS қабылдағыштарымен төрт (одан да көп) жер серіктерін бір уақытта бақылау арқылы жүргізіледі. Екі қабылдағыштың бірі—базалық, ал екіншісі қабылдағыш—ровер болып келеді. Базалық қабылдағыш барлық өлшеу процесі бойы координаталары белгілі геодезиялық негіз пункттерінде орналасады. Ал, ровер координаталары анықталатын нүктелер бойынша жылжиды. Осы екі қабылдағыштар арқылы алынған деректердің нәтижесінде, база мен ровер аралығындағы кеңістіктік вектор анықталады. Бұл вектор базалық сызық деп аталады.

Базадан есептегендегі ровердің орнын анықтау үшін әртүрлі өлшеу әдістері қолданылады. Бұл әдістер өлшеулерді жүргізудің

ұзақтығымен ерекшеленеді, яғни нақтылы уақытта өлшеулер жүргізу үшін радио модель қолданылады. Ол база деректерін роверге жіберіп отырады. Нәтижелер, яғни нүкте координаталары далалық жағдайда белгілі болады.

Өлшеу нәтижелерін өңдеу алғаш далалық деректерді жазып алып және кейін офистік компьютерлерде қайтадан өңдеуді талап етеді. Өңдеу әдістерін таңдау келесі факторларға: қабылдағыштық түріне, қажетті дәлдікке, уақыттық тығыздығына және нәтижелерді алудың нақты уақытына байланысты болады.

GPS өлшеу әдістері. GPS өлшеулер кинематикалық, дифференциалдық және тез статика әдістері арқылы жүргізіледі. Кинематикалық және дифференциалдық әдістер тек нақтылы уақытта өлшеуге, ал тез статистика кейін өңдеуге қолайлы.

Кинематикада ровер мен базаға ортақ төрт немесе одан да көп жер серіктерімен фазалық өлшеулер жүргізіледі. Егер өлшеу уақытында жалпы жер серігінің саны төрттен кем болса, онда өлшеулер кейін жер серіктері төрт немесе одан да көп болған кезде қайталанады.

Дифференциалдың өлшеу әдістерінде координаталарды анықтауды кодтық GPS-өлшеулерді пайдаланады. Дифференциалдық өлшеулер үшін жер серіктерін үздіксіз бақылаудың қажеті жоқ. Нәтижелердің дәлдігі көбіне 1 м-лік болып келеді. Бұл өлшеу әдісінде біржиілік немесе екіжиілік қабылдағыштар қолданылады.

Жедел статика өлшеудің кейін өңдеу әдісі, ол 1 см деңгейдегі дәлдікті қамтамасыз етеді. Базалық сызықты сегіз минутта өлшеу үшін бұл әдісте негізгі фазалық өлшеу пайдаланылады. Бұл әдіс қабылдағыштың түріне, базалық сызық ұзындығына, көрінетін жер серіктерінің санына және жер серіктерінің геометриясына (жер серіктерінің аспанда орналасуына) байланысты болып келеді. Статика әдісі ең жоғарғы дәлдіктегі өлшеулерде қолданылады, стансада өлшеу уақыты шамамен бір сағат.

Тез статика-геоинформациялық жүйенің аппараттық және бағдарламалық бөліктерінің ең алдыңғы қатарлары нәтижесі деп санауға болады. Тез статика әдісімен өлшеуде біржиілікті немесе екі жиілікті қабылдағыштар пайдаланылады.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Мемлекеттік геодезиялық тораптар деген не?
2. Пландық және биіктік геодезиялық тораптар қандай әдістермен құралады?
3. Триангуляция деген не?
4. Трилатерация деген не?
5. Полигонометрия деген не?
6. Жиілету тораптары не үшін қажет?
7. Геодезиялық тірек пункттері қалай бекітіледі және белгіленеді?
8. Геодезиялық жұмыстарды жүргізудің негізгі принциптері қандай?
9. НАВСТАР және ГЛОНАСС глобальды жүйелері не үшін керек?
10. GPS–технология деген не?

5. ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ӨЛШЕУЛЕР

5.1. Геодезиялық өлшеулер туралы түсінік. Олардың дәлдігі. Өлшеудің түрлері

Геодезиялық өлшеу деп өлшенетін шаманы бастапқы бірлік ретінде қабылданатын басқа бір шамамен салыстыру процесін айтады. Геодезиялық өлшеулерді негізінен үш түрге бөлуге болады:

–сызықтық–жер бетіндегі нүктелердің арақашықтықтарын анықтау;

–бұрыштық–горизонталь және вертикаль бұрыштардың мәндерін анықтау;

–биіктік (нивелирлеу)–жекелеген нүктелер арасындағы биіктік айырымдарын анықтау.

Сызықтық және биіктік өлшеулерде (арақашықтық, биіктік, биік айырым) ұзындық өлшеу бірлігіне метр (м) алынады. Метрдің ұзындығына шамамен Париж арқылы өтетін меридиан ұзындығының $1:40000000$ бөлігі алынған. Осының негізінде платина-иридий қорытпасынан метрдің эталоны жасалынды, ол «архив метрі» деп аталды. Кейінгі кездегі жүргізілген дәлдігі жоғары өлшеулер негізінде «архивтік метрдің» ұзындығы бастапқы анықталғаннан $0,21$ мм-ге қысқа екендігі анықталды. Сөйтіп, 1899

жылы 90% платина мен 100% иридий корытпасынан метрдің халықаралық жаңа 31 эталоны жасалынды. Ресей оның 11 және 28 көмірлі екеуіне ие болды. №28 метрлік эталон Лениградтағы Д.И. Менделеев атындағы ғылыми-зерттеу институтында сақтаулы.

Ұзындық өлшеу жұмыстары дәлдігінің артуы мен метрлік эталон жаңғыртудың қажеттігіне байланысты, метрдің жарық толқынының ұзындығына негізделген табиғи эталонына көшу мақсаты көзделді. Өлшеуіштер мен таразылар жөніндегі XI - Бас конференция 1960 метрдің халықаралық бірліктер жүйесінің негізіне «метр-криптон-86 атомының, вакуумдегі шығару ұзындығына тең ұзындық» деген жаңа анықтама қабылдады. Сөйтіп, 68 жылдың 12 қаңтарында Кеңестер үкіметінің стандарты бойынша мемлекеттік тұрақты шама жаңа метрлік эталон болып бекітілді.

Ал, қашықтық өлшеуіш сымдар мен рулеткалардың ұзындықтарының дәлдігін анықтап тұру үшін, ұзындығы мемлекеттік эталонмен салыстырылған үш метрлік арнайы белгілер (компараторлар) дайындалған. Еліміздің көптеген қалаларында орнатылған осындай компараторлардың бірі—№541 Мәскеудің геодезия, аэрофототүсірістер және картография инженерлік институтындағы белгілі компаратор.

Бір метрде (м) 100 см. немесе 1000 мм. бар. Бұрыштарды өлшеудің бірлігіне градус алынған, ол тік бұрыштың 1/90 бөлігіне тең. Толық шеңбер 360°-тан тұрады, бір градуста—60 минут (′), бір минутта - 60 секунд (″) бар.

Бұрыштардың мәндерін радиандық өлшеммен көрсетуге болады. Радиан—радиуска тең шеңбер доғасына тірелген центрлік бұрыш. Ұзындығы $2\pi R$ доға 2π радианнан тұрады. Демек, радианның градустық, минуттық, секундтық мәндері $\rho=57,3^\circ$; $\rho=3438'$; $\rho=206265''$ тең.

Аудандар өлшемінің бірлігі шаршы метр (м): $10000 \text{ м}^2=1$ гектар (га); $1000000 \text{ м}^2=100\text{га}=1 \text{ км}^2$.

Уақыт, салмақ және температура өлшем бірліктеріне секунд, халықаралық килограмм және Цельсия шкаласы бойынша градус алынған.

Атмосфера ауасының жер бетіне және ондағы барлық заттарға түсетін қысым *атмосфералық қысым* деп аталады. Атмосфералық қысым мм-мен көрсетілген сынап бағанасының биіктігімен өлшенеді. Нормальдық атмосфералық қысым деп, деңгейінен

есептегенде 45° географиялық ендік бойындағы биіктігі 760 мм-ге тең болғаны. Халықаралық бірліктер жүйесі атмосфералық қысым өлшемінің бірлігі паскаль (Па) деп қабылдады, 1 мм сын.бағ. = 133.322 Па.

Геодезиялық өлшеулер тура және жанама болып келеді. Егер шама аспаптың көмегімен тікелей анықталса, оны тура өлшеу деп атайды. Егер шама есептеулер арқылы анықталса, онда ол өлшемдердің шама тәсілі болып есептеледі.

Геодезиялық жұмыстар *далалық және өңдеу* жұмыстары болып бөлінеді. Далалық жұмыстарда әртүрлі өлшеулер жүргізіледі, ал өңдеу жұмыстары: есептеу мен *графикалық* процестерден тұрады.

Далалық өлшеулерге пландар мен карталар жасауда немесе арнайы мақсаттарда барлау траншеялары мен құрылыстарын бөлу, трассалар салуда) жер бетінде жүргізілетін геодезиялық өлшеулер жатады. Өлшеулер кезінде қолданылатын аспаптарға:

– арақашықтықтарды өлшеуге арналған өлшеу ленталары, сымдар, рулеткалар, оптикалық қашықтық өлшеуіштер, жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштер, т.б;

– бұрыштарды өлшеуге арналған теодолиттер, буссольдар, гониометрлер және т.б;

– вертикаль биіктіктерді өлшеуге арналған нивелирлер, рейкалар, барометр-анероид, т.б. жатады.

Геодезиялық жұмыстардың нәтижелері арнайы журналдарға жазылады да, дала жағдайында тексеріліп, түсірілетін объектінің схемалық сызбалары жасалынады. Ол сызбаларды *сұлба* (арбис) деп атайды.

Жер бетінің әркілы физика–географиялық жағдайлары жүргізілетін геодезиялық өлшеулер дәлдігіне әсерін тигізеді. Сондықтан да қоршаған ортаның зиянды әсерін жою немесе әлсірету өлшеу жұмыстары кезінде пайдаланатын аспаптарды, өлшеу әдістерін және жұмыс жүргізу тәртібін дұрыс таңдауға тікелей байланысты.

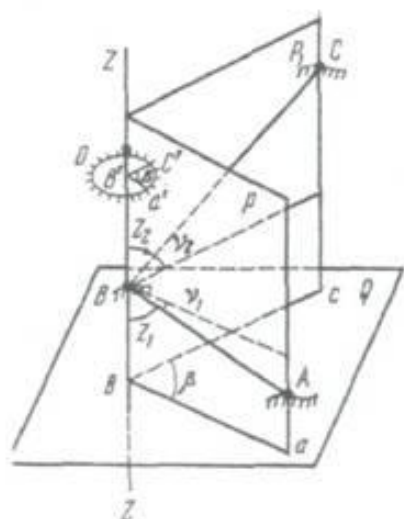
Есептеу процесі өлшеу нәтижелерін бір жүйеге келтіріп, математикалық өңдеуден және оларды пайдалануға неғұрлым жарамды түрге келтіруден тұрады. Есептеулерді жеңілдетіп, қажет нәтижелерді тез табуға және есептеулердің дұрыстығына көз

жеткізу үшін, барлық есептеулер белгілі бір схемалар (ведомостер) бойынша жүргізіледі. Геодезиялық өлшеулердің әртүріне лайықты арнайы есептеу схемалары таңдалынып алынады. Есептеу жұмыстарын жеңілдету үшін әртүрлі қосымша құрал-жабдықтар: кестелер, графиктер, электрондық есептеу машиналары, т.б. қолданылады.

Графикалық процесс өлшеу мен есептеу нәтижелерін белгілі шартты белгілерді сақтай отырып, сызба түріне келтіру. Алынған жазбалар жүргізілген геодезиялық немесе маркшейдерлік жұмыстардың түпкі өнімі болып саналады. Кейінгі әртүрлі инженерлік жобалау, есептеу және жобадан жергілікті жерге көшіру жұмыстары алынған осы сызбалар негізінде жүргізіледі. Сондықтан, сызбалар мұқият тексеріліп, өте дәл мәліметтер нәтижесінде жасалынуы қажет. Сонымен қатар, графикалық жағынан сапасы өте жоғары болуға тиіс.

5.2. Бұрыштық өлшеулер

Горизонталь және вертикаль бұрыштарды өлшеу геодезия мен ең жиі жүргізілетін жұмыстарға жатады. Бұрыштарды өлшейтін негізгі аспапты теодолит деп атайды. 38-суретте A, B нүктелері жер



38-сурет.

Бұрыш өлшеудің схемасы

бетінде әртүрлі биіктікте орналасқан. Олардың горизонталь жазықтықтарының проекциялары a және b . Кеңістіктегі AOB горизонталь бұрышты өлшеу дегеніміз сол бұрыш қабырғалары OA және OB проекцияларының (oa және ob) арасындағы β бұрышын өлшеу болып табылады. Демек, aob бұрышы AOB бұрышының жазық проекциясы. Горизонталь aob бұрышын K' горизонталь дөңгелегі бойынша өлшеуге болады. K' дөңгелегі градусық шкалаларға бөлінген, ал центрі P_1 және P_2 тік

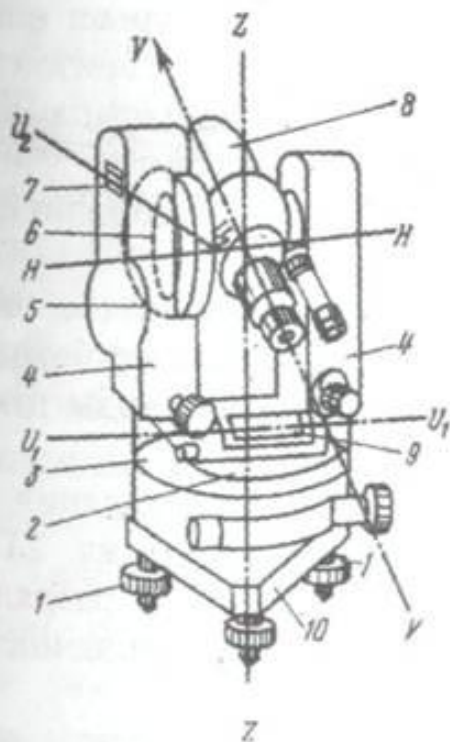
жазықтықтарының қиылысу сызығы арқылы— OO' өтеді. Дөңгелектің P_1 және P_2 жазықтықтармен қиылысу нүктелері a және b арқылы екі есеп алып, олардың айырмашылығын тапсақ, ол өлшенетін горизонталь бұрышқа, немесе $aob = \beta$ -ның мәніне тең болады.

Демек, горизонталь бұрышты өлшейтін аспаптың негізгі лимб деп аталатын градустық және ұсақ бөліктері бар горизонталь дөңгелектен жылжымалы визирлік вертикаль жазықтықтан тұрады. Егер дөңгелектегі бөлшек цифрлары сағат тілінің айналу бағытымен белгіленсе, β бұрышы лимбпен алынған екі есептің (a және b) айырмасына тең болады, яғни $\beta = a - b$.

Вертикаль бұрыштарды сызықтардың горизонталь проекцияларынан жердегі сызықтардың бағыттарына дейін есептегендегі бұрыштар v_1 және v_2 көлбеу бұрыштары болып табылады. Вертикаль бұрыштарды градустың шкалаларға бөлінген вертикаль дөңгелек арқылы өлшеуге болады. Бір аспаппен горизонталь және вертикаль бұрыштарды өлшеу үшін, онда екі жазықтық (дөңгелек) бар. Горизонталь және вертикаль бұрыштарды өлшеуге қолданылатын аспап не деп аталады?

5.3. Теодолиттің құрылысы және оның түрлері

Горизонталь және вертикаль бұрыштарды өлшеудің жоғарыда айтылған принципіне орай 39-суретте теодолит осьтерінің схемасы

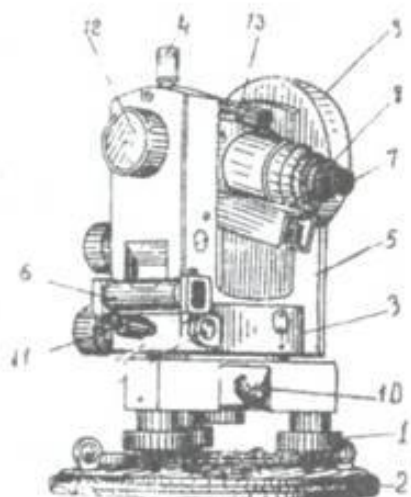


39-сурет
Теодолиттің негізгі осьтері

көрсетілген, теодолит мынандай осьтерден тұрады. ZZ —теодолиттің вертикаль айналу осі; TT —көру дүрбісінің айналу осі; UU —цилиндрлік деңгейдің осі; VV —көру дүрбісінің нысаналау (визирлік) осі.

Көтергіш үш винттердің (1) көмегімен цилиндрилік деңгей (6) нөл пунктке қою арқылы теодолиттің айналу осі ZZ тік бағытқа келтіріледі. Үш көтергіш винттер (2) тұғырығына орнатылған. Теодолиттік негізгі жұмыстық бөлігі 0-ден, 360-қа дейін бөлінген шыныдан жасалған дөңгелек шеңбер—лимб (3) және дүрбімен бірге айналатын алидада деп аталатын

тетіктер.



40-сурет. 2Т30-теодолиті

Көру дүрбісі (8) айналу осіне TT екі тұғырық (5) арқылы ұстатылады. Лимб (10) пен алидаданың (11), дүрбінің бекіткіш (11) және жетекші винттері болады.

Бұрышты өлшеген уақытта, теодолит штативке орнатылады. 40-суретте геодезиялық және маркшейдерлік жұмыстарда кеңінен қолданылып жүрген 2Т30 теодолиттің сыртқы бейнесі көрсетілген. Мұнда есеп алатын құрылғы микроскоп (7), вертикаль (9) және горизонталь дөңгелектер, дүрбі, т.б. қай жерде орналасқандары көрсетілген. Дүрбі (8) бақылайтын нүктені жуықтап

нысаналау үшін, оптикалық визирмен (13) жабдықталған. Дүрбіні фокустау кремальераны (12) айналдыру арқылы жүзеге асады. Есеп алатын микроскопқа жарық түсіру үшін, шалқаймалы айна қолданылады.

Кейінірек теодолиттің негізгі бөліктеріне толығырақ тоқталамыз.

Қазіргі кезде қолданылып жүрген теодолиттер бұрыш өлшеу дәлдігіне, есеп алу құрылғыларының түрлеріне, горизонталь дөңгелектің вертикаль осьтері жүйесінің конструкциясына және атқаратын міндеттері жағынан әртүрлі болып бөлінеді.

Горизонталь бұрыштарды өлшеу дәлдігіне қарай теодолиттер 3 топқа бөлінеді:

1. Техникалық $T15K$, $2T30$, $2T30M$ теодолиттік және тахеометриялық жүрістер мен түсірістерде, сондай-ақ жер бетіндегі және жерасты қазбаларындағы маркшейдерлік жұмыстарды атқару кезінде бұрыштарды өлшеуге арналған.

2. Дәл теодолиттер $2T2-3$ және 4 кластық триангуляция мен полигонометриядағы бұрыштарды өлшеуге арналған, ал $2T5K$ –триангуляциялық жүйелер мен 1 және 2 разрядтық полигонометриялық, сонымен қатар, жер беті маркшейдерлік жұмыстарда бұрыштарды өлшеуге арналған.

3. Жоғарғы дәлдікті электронды теодолиттер және тахеометрлер $Ta2M$ мен полигонометриядағы бұрыштарды өлшеуге

арналған.

Теодолиттің шартты белгілеріндегі Т әрпі "теодолит" деген аспап атын білдірсе, сол әріптен кейінгі цифр горизонталь бұрышты өлшеудің секундтық орташа квадраттық қателігін білдіреді, мысалы *T5* теодолиті үшін $m_{\beta}=5''$, *T30M* үшін $m_{\beta}=5''$, ал *M*-деген әріп маркшейдерлік жұмыстарға арналғандығын көрсетеді. Кейінгі кезде теодолиттер жаңартылып, *2T2*, *2T5*, *2T30* тектес болып шығарылуда.

Есеп алу тетіктерінің түріне байланысты теодолиттер тағы үш топқа бөлінеді: а) бағалау микроскобы; ә) шкалалы микроскоп; б) оптикалық микрометрлер.

Горизонталь дөңгелектің вертикаль осьтері конструкциясына байланысты қайталанатын және қайталанбайтын теодолиттер болып бөлінеді. Қайталанатын теодолиттерде лимб пен алидада жеке айналады, әрқайсысының қысып қоятын және жетекші бұрандалары болады. Оларға *T30*, *2T30* теодолиттері жатады. Ал қайталанбайтындарға *2T30M*, *2T5*, *2T2*, т.б. жатады, оларда лимб арнайы құрылғы арқылы керекті жағына бұрылады.

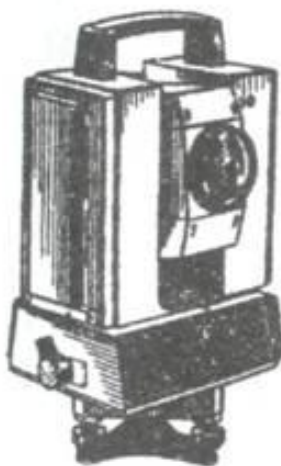
5.4. Электронды теодолиттер мен тахеометрлер

Қазіргі кездегі дәлдігі мен өнімділігі жоғары геодезиялық өлшеу аспаптарына электронды теодолиттер мен тахеометрлер жатады. Олар арқылы барлық өлшеулерді автоматтандырылған режимде орындауға мүмкіндігі туды. Бұндай өлшеу аспаптары бұл жағдай өлшеу нәтижелерін тіркеу және сақтау, әрі қарай ЭЕМ арқылы өңдеуге мүмкіндігін беретін оларда орналастырылған есептеу және ақпараттарды сақтау құралдарымен жабдықталған.

Дыбыс арқылы топографиялық–геодезиялық ақпараттарды далалық жағдайда өңдеу еңбекті жақсартады және есеп алушының қателерін азайтады.

Топографиялық түсіріс және басқа инженерлік-геодезиялық жұмыс түрлерін жүргізуде далалық өлшеулерді автоматтандыру үшін жоғары дәлдіктегі электрондық тахеометрлер жасалып шығарылған. Электрондық тахеометр конструкциясы кодты теодолиттің негізінде жасалған. Ол бұрыш өлшеу бөлігінен, сәулелі

арақашықтық өлшеуіштен және біріктіріп орналастырылған ЭЕМ тұрады. Бұрыш өлшеуіш бөлігімен горизонталь және вертикаль бұрыштар өлшеніс, сәулелі арақашықтық өлшеуіш арқылы ұзындық анықталады, ал ЭЕМ әртүрлі геодезиялық есептерді шығаруды аспаптың жұмысын басқаруды өлшеу нәтижелерін бақылауды және оларды сақтауды қамтамасыз етеді. Мысал ретінде Ресейде шығарылатын (41-сурет) электрондық тахеометрді *Ta3M* атауға болады: ол арқылы горизонталь бұрыштарды 4, зенит аралығын 5, көлбеу аралықты 10 мм үйлеспеушілікпен анықтауға болады және горизонталь салындылар, өзара биіктіктер, көздеу биіктіктері координата өсімшелері немесе көздеу нүктелерінің координаттары анықталады.



41 сурет. *Ta3M* электрондық тахеометр

Аспап үш режимде жұмыс істей алады: жекеленген, жартылай автоматты, автоматты және бақылау режимінде. Геодезиялық есептер атмосфераның рефракциясын, жердің қисықтығын, температураны, қысымды, аспап штативтерінің және шағылыстырушылар биіктерінің айырмашылықтарын есепке ала отырып шығарылады.

Бұрыштық өлшемдер градусар мен гон арқылы өлшенеді. Аспаптың бұрыштық датчигі кодылы жинағыш типті болып келеді. Тахеометрдің комплектісіне шағылыстырушылар, штативтер, ток көзі, заряд беру, зарядты жою құрылғылары, аспапты түзету және күту жабдықтары кіреді

Түнде жұмыс істеу үшін тахеометр *Ta3M* электр жабдығымен қамтамасыз етілген. Цифрлық таблоға түсетін оперативтік

ақпаратты тахеометрдің жадысына немесе сыртқы жинағышқа енгізуге болады.

Ресейде шығарылатын *2Та5* тахеометрі *Та3М* орындайтын жұмыстарды орындайды, бірақ оның техникалық сипаттамалары өзгеше горизонталь бұрыш өлшеу қателігі $5''$ зенит аралығын өлшеу қателігі $7''$ көлбеу аралықты өлшеу қатесі $(5+3 D \text{ км})$ мм.

Шет елдік фирмалар (США Германия Швеция, Япония және басқа) бұрыш өлшеу дәлдігі $-0,5''$ –тан $20''$ қа дейінгі, арақашықтық өлшеу дәлдігі 2-ден 10 мм дейінгі, ішкі жады 10000 нүкте бойынша бақылау нәтижелерін сақтай алатын әртүрлі электронды тахеометрлер шығарады.

Роботталған электронды тахеометрлерде баршылық, мысалы. «Геотроникс» (Швеция) фирмасының «Геодиметр 640» электронды тахеометрі, берілген программа бойынша өзі шағылыстырушылардың орнын табады, оларға дейінгі аралықты горизонталь және вертикаль бұрыштарды өлшейді және әр шағылыстырушының координаттарын есептейді. Карьерлерде бұндай аспаптардың көмегімен карьер ернеулерінің, кертпештерінің деформацияларын анықтайды.

5.5. Теодолиттің горизонталь және вертикаль дөңгелектері. Есеп алу құрылғылары

Теодолиттің горизонталь дөңгелегі арқылы горизонталь бұрыштар өлшенеді және ол лимб пен алидададан тұрады.

Лимб бұрыш өлшегіш шыныдан жасалған шеңбер және ол градусты шкалаларға бөлінген. Техникалық теодолит штрихтары $5'$, $10'$, $20'$, $30'$ және 1° сайын бөлініп, цифрлары әр градус сайын сағат тілінің бағытына сәйкес жазылған. Лимбтың жақын екі штрихтарына сәйкес доғасының шамасын лимб бөліктерінің дәлдігі (бағасы) дейді.

Осы күні теодолиттерде алидаданың қызметін арнайы есеп алу жүйелері атқарады. Алидада өз осінің айналасында лимб қозғалмай тұрған кезде, теодолиттің жоғарғы жағымен (дүрбімен) бірге айналса, онда горизонталь дөңгелектегі есеп өзгереді. Егер алидада

өз осінде лимбпен бірге айналса (алидаданың бекіткіш винті жабық, ал лимбті ашық), онда горизонталь дөңгелектегі есеп өзгермейді.

Лимбті шаң-тозаң, ылғалдан сақтау және сынып қалмауы үшін сыртын қаптап қояды.

Теодолиттің вертикаль дөңгелегі лимб пен алидададан тұрады. Вертикаль дөңгелектің лимбісі айналу осіне бекітілген және онымен бірге айналады. Лимбтің нөлдік диаметрі визірлік (көздеу) осіне параллель болып келген.

Вертикаль дөңгелектің алидадасында цилиндрлік деңгей орнатылған.

Теодолиттен есеп алу дегеніміз, лимб нөлдік штрихымен есептеу индексі арасындағы доғаның мәнін анықтау. Есеп индекстері микроскоп ішіндегі шыны пластинкаларға сызылған.

Геодезиялық және маркшрейдерлік жұмыстарға арналған теодолиттердегі есеп алу құрылғыларының түрлері туралы бұрынырақ айтылды. Жалпы геодезияда, солардың ішіндегі тек техникалық теодолиттерде кездесетін екі түрі—бағалау микроскобы мен шкалалы микроскоптар оқып үйретіледі.

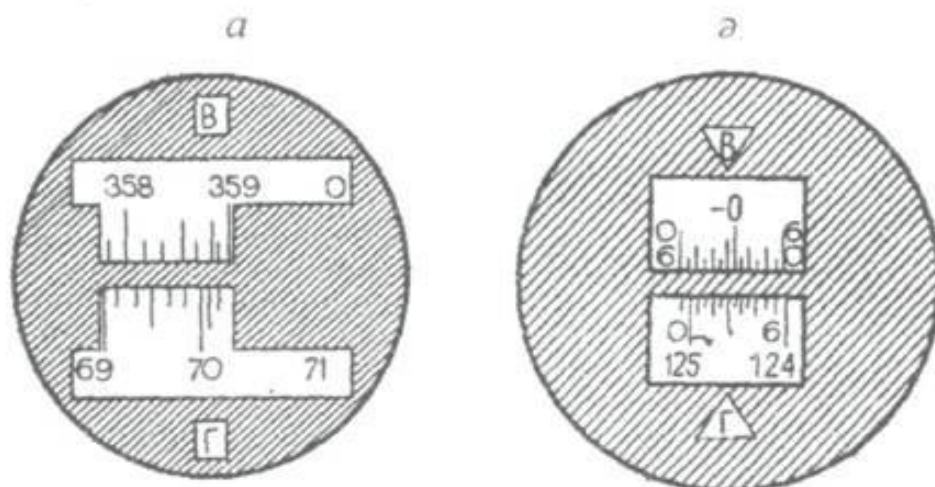
42-суретте $T30$ және $2T30$ теодолит микроскоптарының көз жетерлері көрсетілген. $T30$ теодолитінде есеп бір индекс штрих арқылы бағаланып алынады. Бұлай есептеу әдісі неғұрлым қарапайым және мейлінше кіші аралықтың ондық үлестерін бағалауға мүмкіндік береді.

Микроскоптың көз жетерінде (42, a -сурет) вертикаль (үстінде В әрпімен) және горизонталь (астында—Г әрпімен) дөңгелектердің кескіндері көрініп тұрады. Екі дөңгелектің де бағалау бөліктері $10'$ -қа тең. Есептеулерді қозғалмайтын индекс арқылы бөліктердің ондық үлесін көзбен бағалау арқылы жүргізеді. 51, a -суретте вертикаль дөңгелектегі есеп $358^{\circ}48'$ -қа, ал горизонталь дөңгелектегі есептеу $70^{\circ}05'$ -қа тең.

Қазіргі уақытта $T30$ теодолитті жаңа моделі $2T30$ теодолитімен ауыстырылған, ол негізгі теодолиттен горизонталь және вертикаль дөңгелектер шкаласының бағалау бөлігі $5'$ -тік шкалалық микроскоптың қолданылуымен ерекшеленеді. Есептеулер бұл кезде шкала бөлігінің ондық үлесіне дейінгі дәлдікпен $0,5'$ -қа дейін жүргізіледі. 42, a -суретте горизонталь дөңгелектегі есеп $125^{\circ}06'$ -қа,

ал вертикаль шкаласындағы есеп $-0^{\circ}26'$ -қа тең. Вертикаль дөңгелек шкаласының таңбалары "+" және "-" екі қатар цифрлары болады. Шкаланың таңбасы "+" лимб штрихы қиып өтсе, шкала жазулары солдан оңға өседі. Егер лимб штрихының таңбасы "-" болса, онда шкаланың төменгі жазулары оңнан солға қарай өсетін цифрлар қолданылады. Осылайша вертикаль дөңгелектей есеп $-0^{\circ}26'$ тең болып тұр.

Сөйтіп 42, а-суретіндегі Т30 теодолитінің есеп алу тетігі-бағалау микроскобы да, 43 ә-суреттеріндегі 2Т30 теодолитінде шкалалы микроскопы бейнеленген.



42-сурет. Теодолит есеп алу тетіктері

Есеп алу құрылғыларының біржақты және екіжақты оптикалық микрометрлер деген түрлеріне 3-курстағы «Геодезиялық аспаптар» пәнінде көбірек көңіл аударылады.

5.6. Теодолиттерді тексеру және жөндеу

Теодолитті жасағанда горизонталь бұрышты өлшеу принципі схемасынан шығатын, геометриялық шарттардың орындалуын сақтайды, яғни 39-суретте көрсетілген теодолиттің негізгі осьтері арасында геометриялық өзара байланыс болуы қажет. Осы байланыс шарттарын сақтау үшін, теодолитті тексеру мен жөндеулерден өткізеді. Енді техникалық теодолиттің негізгі тексеруі мен жөндеулеріне тоқталамыз:

1. *Горизонталь дөңгелектегі цилиндрлік деңгейдің осі-UU* теодолиттің айналу осіне перпендикуляр болуы тиіс. Осыны тексеру

үшін теодолитті штативке бекітіп, цилиндрлік деңгейдің осін (UU) трегердің (1) екі көтергіш винттеріне параллель бағытта орнатады. Содан кейін сол екі винтті қарама-қарсы бағытта бұрап, деңгейдің үлбіреуігін ортасына келтіреміз.

2. Дүрбінің визирлік осі (VV) оның айналу осіне (TT) перпендикуляр болуға тиіс.

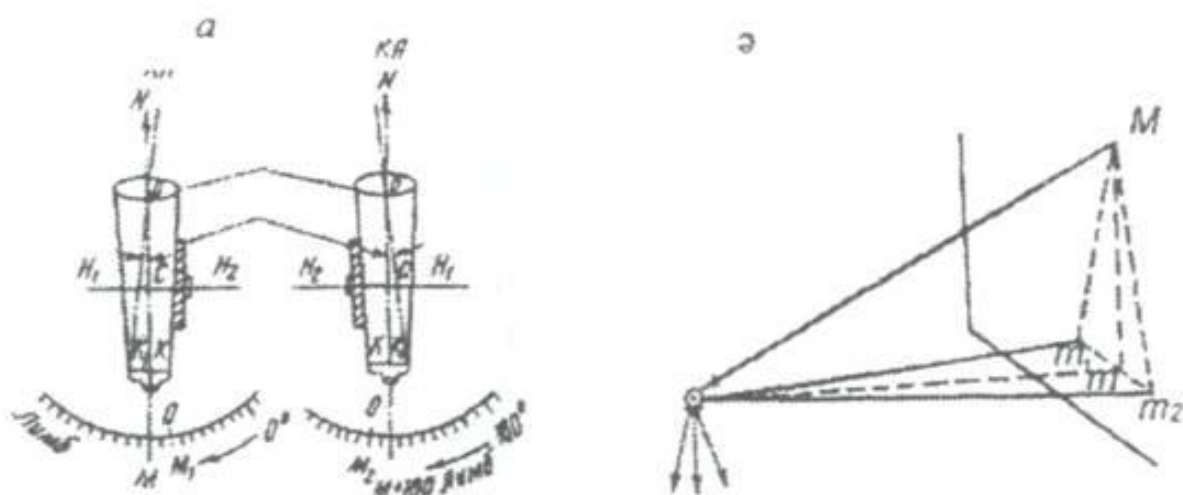
Бұл шарттың орындалмауы коллимациялық қатеге (C) әкеліп соғады. Коллимациялық қатені табу үшін теодолиттің айналу осін тік бағытқа келтіреміз де, дүрбіні алыс бір нүктеге көздейміз.

Алдымен дүрбіні вертикаль дөңгелек оң жақта тұрған жағдайда ($KП$) көздейміз де, микроскоптан есеп (a_1) аламыз. Сонан кейін дүрбіні зенит арқылы айналдырып (яғни вертикаль дөңгелек дүрбінің сол жағында болады— $KП$), қайтадан сол нүктеге көзделеді де, есеп (a_2) алынады.

43-суретте көрсетілгендей, вертикаль дөңгелек оң жақта ($KП$) тұрғандағы есеп a_1 дұрыс есеп a -дан C -шамасынан кіші, ал $KЛ$ -дағы есеп a_2 -нақты есептен $a+180^\circ$ -тан C -шамасына артық, демек

$$a = a_1 - C; \quad a + 180^\circ = a_2 + C.$$

Екі теңдіктен коллимациялық қате (C) мен есептің дұрыс мәні a -ны анықтаймыз.



43-сурет. Теодолиттің тексерулері

$$C = a_1 - a_2 \pm 180^\circ \quad (24)$$

$$a = \frac{a_1 - a_2 \pm 180^0}{2} \quad (25)$$

(25)–формуладан лимбтен алынған екі есептеудің арифметикалық ортасында коллимациялық қате жоқ екені көрініп тұр.

Демек, горизонталь бұрыштың қатесінің дәл мәнін алу үшін екі рет өлшеп, арифметикалық ортасын алу керек. Бірінші рет вертикаль дөңгелек дүрбінің оң жағына орналасқан жағдай (КП), екінші рет сол жағына болғанда (КЛ).

Коллимациялық қате–С теодолиттің бұрыш өлшеу дәлдігінен аспауы керек. Егерде қате мөлшерден асып кетсе, онда дүрбінің көздеу осі түзетіледі. Оны түзету үшін дүрбі сол белгілі нүктеге көзделіп, алидаданың жетекші винті арқылы микроскопқа дұрыс есеп "а' қойылады.

$$a = \frac{a_1 + a_2 - 180^0}{2}$$

Сол уақытта жіп торларының қиылысқан жері К көзделген нүктеден ығысады. Ол ығысуды жіптер торының түзеткіш винттері көмегімен К–ні бұрынғы орнына келтіру арқылы түзейді. Түзетілгеннен кейін теодолит қайтадан тексеріледі.

3. Дүрбінің айналу осі (ТТ) теодолиттің негізгі осіне (ZZ) перпендикуляр болуға тиіс. Үй қабырғасына 10-15 м-лік қашықтықта теодолит орнатылып, жазық бағытқа келтіріледі. Қабырғада биік бір нүкте (М) белгіленіп, соған дүрбі оң жақта–КП көзделінеді. М нүктесінің m_1 проекциясы белгіленеді. Одан кейін дүрбі зенит арқылы айналдырылып (КЛ), тағы да сол М нүктесіне бағытталынады. Алидада бекітіліп, төменгі деңгейден нүктенің m_2 проекциясы табылады (43, ә-сурет).

Егер екі проекция бір-біріне дәл келсе, онда жоғарғы перпендикулярлық шарттың орындалғаны. Ал проекциялар дәл келмесе, онда бұл қате тек арнаулы сайманханаларда ғана түзетіледі. Қазіргі кезде теодолиттерде бұл шарттың орындалуына аспапты шығарған завод кепілдік береді.

4. *Жіп торларын тексеру.* Жіп торларының тік штрихы коллимациялық жазықтықта жатуы керек. Теодолит жазық бағытқа келтіріліп, дүрбі бір нүктеге көзделінеді. Содан кейін дүрбінің жетекші винті арқылы оны тік бағытта ерсілі-карсылы жылжыту керек. Егер белгіленген нүкте әрдайым тік орналасқан қыл жіптің бойында қалса, онда шарттың орындалғаны. Керісінше болғанда, окулятор винттерін жауып тұрған қақпақты ашып, төрт винтті азырақ босатып, тік жіп вертикаль бағытқа келгенше, окулярды бұру керек. Түзетіп болғаннан кейін жіптер торы қайтадан тексеріледі.

5.7. Горизонталь бұрыштарды өлшеудің тәсілдері

Бұрыштар тек мұқият тексерілген теодолиттермен өлшенеді. Горизонталь ABC бұрышын өлшеу үшін теодолит B пункттеріне орнатылады (44, a -сурет). Теодолитті пунктке орнату центрлеу мен жазықтыққа келтіруден тұрады. *Центрлеу* деп теодолитті жіп не оптикалық тіктеуіш арқылы B нүктесінің дәл үстіне орнату, яғни осін өлшенетін бұрыштың төбесі арқылы өткізуді айтады. Содан кейін теодолит көтергіш винттер деңгей арқылы жазық жағдайға келтіріледі. Көздеуге ыңғайлы болу үшін A және C нүктелеріне кадарлар орнатылады. A нүктесі артқы, ал C нүктесі алдыңғы болып есептеледі.

Бұрыш өлшейтін аспаптың конструкциясын, өлшеуге қойылатын талаптарға байланысты бұрыштарды өлшеуге мынандай тәсілдер қолданылады:

1. *Жеке бұрыш өлшеу тәсілі* теодолиттік жүрістерді салуда, жобаны жергілікті жерге көшіруде, бұрыштарды өлшеу үшін қолданылады.

2. *Айналдырып өлшеу тәсілі* бір нүктеде тұрып, үш бағыт арасындағы және одан да көп бағыттары бар триангуляция жүйесіндегі бұрыштарды өлшеуге қолданылады.

3. *Қайталау тәсілі* есептеу қателіктерінің әсерін азайту мақсатымен, өлшеудің ақырғы нәтижесінің дәлдігін арттыру қажет болғанда қолданылады.

Жеке бұрыш өлшеу тәсілі. Горизонталь бұрышты бұл тәсілмен өлшеу мына жүйемен жүргізіледі.

Сол жақтағы дөңгелек (КЛ) кезінде лимб бекітілігі, алидаданың және дүрбінің жетекші винттері арқылы жіптер торының қиылысқан жерін А нүктесіне дәл нысаналайды да, микроскоптан а-есебі алынады. Одан кейін алидаданы босатып, дүрбіні алдыңғы С нүктесіне нысаналайды. Дүрбі нысанаға дәл келгеннен кейін b-есебі алынады.

Сонда өлшенген бұрыш екі есептеудің айырмасына тең болады, яғни $\beta = a - b$. Бұл бұрышты оң өлшенген бұрыш дейді.

Егер екінші есеп в-ны, бірінші есеп а-ны алсақ, онда бұрыш теодолиттік жүрістің сол жағындағы бұрыш болып есептеледі, яғни $\beta_{сол} = a - b$.

Аспап қателерді азайту үшін, өткен параграфта теодолиттің 2-тексеруінде айтып кеткендей, бұрыш екі рет өлшенуі керек: біріншіде вертикаль дөңгелек оң жақта (КП), екіншіде – сол жақта (КЛ).

Екінші рет өлшер алдында вертикаль дөңгелек зенит арқылы екінші жағдайға (КЛ) келтіріледі, лимб 90° шамасына ығыстырылады да, қайтадан А және С нүктелерінен есептеулер алынады.

Осылайша бұрышты екі рет өлшеу, жеке бұрышты толық өлшеу болып саналады. Ал, әр екі өлшеулер (КП және КЛ) жартылай есеп алу делінеді.

Екі жартылай есеп алудан шыққан нәтижелердің айырмашылығы теодолиттің қос есеп алу дәлдігінен (2t) аспауы қажет, яғни:

$$\beta_{кп} - \beta_{кл} \leq 2t \quad (26)$$

Егер айырмашылық $2t$ -ден аспаса, өлшенген бұрыш екі нәтиженің арифметикалық орта шамасына тең болады, яғни:

$$\beta = (\beta_{кп} + \beta_{кл}) / 2 \quad (27)$$

Кері жағдайда бұрыш қайта өлшенеді. Бұрыш өлшеуде алынған есептеулердің жазылу жолы 10-кестеде көрсетілген.

Егер артқы нүктеден алынған есеп, алдыңғы нүктеден алынғаннан кем болса, онда оған 360° қосылады.

Әр өлшеудегі бұрыштар мен олардың мәні есептелмейінше, теодолитті тұрған станциядан қозғалтпау қажет.

10-кесте

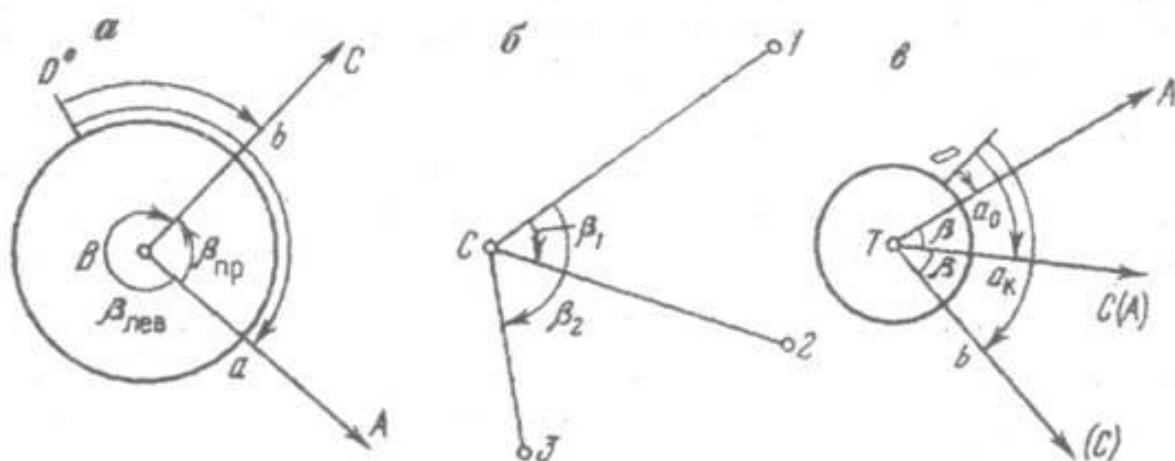
Горизонталь бұрыштарды жеке бұрыш тәсілімен өлшеудің журналы

Уақыты 15.07.2005 ж.
Теодолит 2Т30 N13561

Өлшеуші Асқарова А.
Есептеуші Жанаев Е.

Нүктелер		Вертикаль дөңгелектің орны КП, КЛ	Горизонталь дөңгелектен алынған есептер	Өлшенген бұрыштар	Орта бұрыш
Түсіру	Бақылау, көзде у				
В	А	КП	151°20,0' (1)	63°45,5'(3)	63°45,2'
	С		87°34,5' (2)		
	А	КЛ	31°56,5' (4)	63°45'(6)	
	С		328°11,5' (5)		

Айналдырып өлшеу тәсілі. Мұнда теодолитті нүкте үстіне орналастырып, барлық бағыттардан (С1, С2, С3) сағат тілінің бағытымен, жүйелі нысаналау жолымен есеп алады (44, ә-сурет). Лимбтың орнынан қозғалмағандығына көз жеткізу үшін, соңғы нысаналауды бастапқы бағытпен аяқтайды. Осы әрекеттер бірінші жартылай тәсілді құрады. Екінші жартылай тәсілде лимбаны орнынан жылжытып, дүрбіні зенит арқылы ауыстырады да, барлық бағыттарды сағат тілінің бағытына қарсы жүйелі түрде нысаналайды.



44-сурет. Бұрыш өлшеудің тәсілдері

Горизонталь бұрыштарды техникалық теодолиттермен өлшеу дәлдігіне негізінен аспаптар мен нысаналаудың қателіктері, аспапты, қаданы орналастыру және есептеу қателіктері әсерін тигізеді.

Қазіргі кездегі теодолиттер тиісті жөндеулерден өткізілсе және өлшеудің лайықты әдісі қолданылса, онда қателіктер өте аз жіберілетін болады.

Аспап пен қаданы мұқият орналастырғанда және қабырғаларының ұзындығының ең аз болуына шек қойылғанда, центрлеу мен редукция қателерінің әсерін азайтуға мүмкіндік туады. Есептеудің қателігін, есептеу құрылғысының дәлдігінің жартысына тең деп қабылдайды, яғни $m_e = t/2$.

Қайталаулар әдісі. Горизонталь бұрышты қайталау жолымен өлшеу әдісі төмендегідей (44, б-сурет): 1) вертикаль дөңгелек сол жақта болғанда, алидаданы 0° -қа жақын есептеуге қояды да, содан соң алидаданы бекітіп, лимбаны босатып артқы нүктені (A) нысаналап, a_1 есептеуін алады; 2) лимба бекітулі күйде тұрғанда, алидаданы босата отырып, дүрбіні алдыңғы нүктеге (B) бағыттап, a_2 есептеуін алады; 3) дүрбіні зенит арқылы ауыстырып, вертикаль дөңгелектің оң жақтағы орнына келтіреді; 4) лимбаны босатып, дүрбіні артқы нүктеге бағыттайды, бірақ есептеуді алмайды; 5) лимба бекітулі күйде тұрғанда, алидаданы босатып, дүрбіні алдыңғы нүктеге бағыттайды да, a_3 есептеуін алады.

Бір жартылай қайталау кезіндегі бұрыштың мәні бақылау мәні деп аталады, ол былайша анықталады:

$$\beta_{\bar{o}} = a_2 - a_1 \quad (28)$$

Бір қайталаудан өлшенген бұрыштың орташа (соңғы) мәнін мына формула бойынша анықталады:

$$\beta_{\bar{o}} = a_3 - a_1 / 2 \quad (29)$$

Бұрыштың соңғы және бақылау мәндерінің арасындағы рұқсат етілген айырмашылық, теодолиттің есептеу құрылғысының бір жарым еселік дәлдігінен (t) аспауы керек, яғни:

$$\beta - \beta_{\bar{o}} = 1,5t$$

Өлшеу дәлдігін жоғарылату үшін, бұрыш бірнеше рет қайталап өлшенеді.

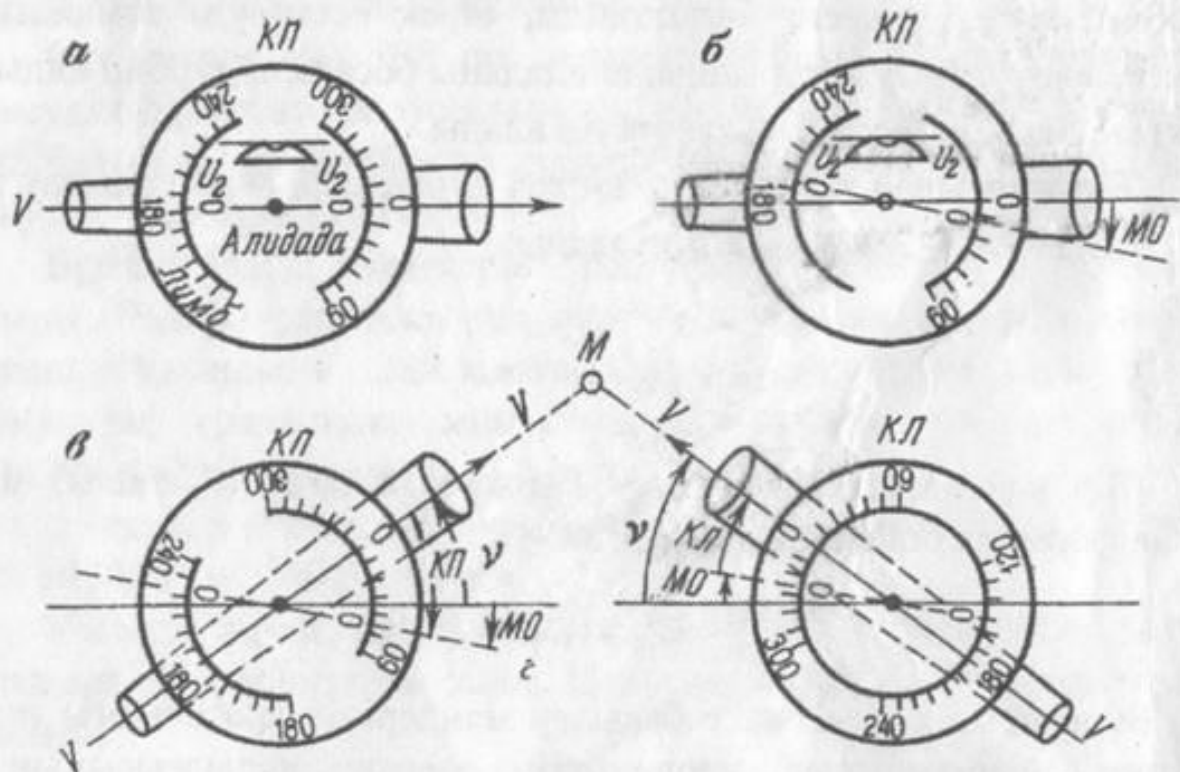
Өлшеу дәлдігін жоғарылату үшін, бұрыш бірнеше рет қайталап өлшенеді.

5.8. Вертикаль бұрыштарды өлшеу

Вертикаль немесе көлбеу бұрыштарды вертикаль дөңгелектің көмегімен өлшейді (45-сурет). Вертикаль дөңгелекте дүрбінің визирлік осі VV горизонталь бағытта және ондағы деңгей үлбіреуігі нөл пунктте тұрғанда, вертикаль дөңгелектен алынған есеп $0^{\circ}00'00''$ – ке тең болуы керек. Шынына келгенде есеп былай болмай қалуы да мүмкін. Нөлдің орны (MO) деп визирлік осінің горизонталь бағытта және үлбіреуіктің нөл пунктте тұрған кезіндегі вертикаль дөңгелектен алынған есепті айтады.

Егер нөлдің орны алдын-ала белгілі болса, онда көлбеу бұрышты вертикаль дөңгелектен алынған екі есептеу ($KП$ және $KЛ$) нәтижелері арқылы анықтауға болады. 45-суретте көрсетілгендей, дүрбіні M нүктесіне көздегенде, көлбеу бұрыш мынаған тең болады:

$$\nu = KП - MO; \quad \nu = 360^{\circ} - KЛ + MO \quad (30)$$



45-сурет. Вертикаль бұрыштарды өлшеу

Егер толық шеңбер— 360° -ты шығарып тастасақ, (30) формуласы мына түрге келеді:

$$v = MO - KЛ, \quad (31)$$

(30) және (31) формулаларынан v , MO мәндерін тауып көрелік:

$$v = \frac{KП - KЛ}{2}, \quad (32)$$

$$MO = \frac{KП + KЛ}{2}. \quad (33)$$

Ескере кететін жағдай, кейбір теодолиттердің ($T30$) көлбеу бұрышы v мен нөлдің орны MO төменгі формулалармен анықталады (яғни, 180° қосылады).

$$MO = \frac{KП + KЛ + 180^\circ}{2}, \quad (34)$$

$$v = \frac{KЛ - (KП + 180^\circ)}{2}, \quad (35)$$

$$v = KЛ - MO = MO - (KП + 180^\circ). \quad (36)$$

Мысал: вертикаль дөңгелектен алынған есептеулер $KП = 1^\circ 38'$, $KЛ = 358^\circ 26'$.

$$MO = \frac{KП + KЛ}{2} = \frac{(1^\circ 38' + 360^\circ) + 358^\circ 26'}{2} = 360^\circ 02',$$

немесе $MO = 0^\circ 02'$ -ке тең.

Көлбеу бұрышы v -ді (32) формуласы бойынша анықтасақ,

$$v = \frac{KП - KЛ}{2} = \frac{361^\circ 38' - 358^\circ 26'}{2} = 1^\circ 36'.$$

Енді v -ді (30) формула бойынша анықтап көрелік.

$$V = KП - MO = 1^\circ 38' - 0^\circ 02' = 1^\circ 36'.$$

Жұмысқа кірісер алдында нөлдің орны шын 0-ге жақын екендігіне көз жеткізу қажет. Ол үшін бірнеше рет жоғары формулалар арқылы нөлдің орны MO анықталады. Анықталған нөлдің орны теодолиттің екі еселенген есеп алу дәлдігінен $2t$ аспауы қажет. Керісінше жағдайда, вертикаль дөңгелектегі нөлдің орнын түзету қажет.

Ол үшін дүрбіні алыс нүктеге бағыттап, вертикаль дөңгелектің тік жағдайында ($KП$ және $КЛ$) есептеулер алып, нөлдің орны мен көлбеу бұрышын анықтайды. Содан кейін вертикаль дөңгелекті, мысалы оң жаққа келтіріп, тағы да сол нүктеге көздеп, дүрбінің жетекші бұрандасы арқылы микроскопқа есептелген көлбеу бұрыш мәнін қояды. Осы кезде дәл ортасында тұрған деңгей үлбіреуігі орнынан ауады. Деңгейдің түзету винттері арқылы үлбіреуік қайтадан орнына келтіріледі. Түзетілгеннен кейін вертикаль дөңгелек қайтадан тексеріледі.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Горизонталь бұрышты өлшеудің мәні неде?
2. Горизонталь бұрыштарды неге екі рет ($KП$ және $КЛ$) өлшейді?
3. Вертикаль дөңгелектің нөлдік орны (MO) қалай анықталады?
4. Теодолиттің негізгі бөліктерін атаңыз.
5. Теодолиттер қалай жіктеледі?
6. Теодолиттің вертикаль осін қалай тік бағытқа келтіреді?
7. Коллимациялық қате қалай анықталады?
8. Теодолитті нүкте үстіне қалай орнатады?
9. Жеке бұрыш өлшеу тәсілі мен бұрыш өлшеудің басқа да тәсілдеріне сипаттама беріңіз?
10. Электрондық теодолиттер арқылы не өлшенеді?

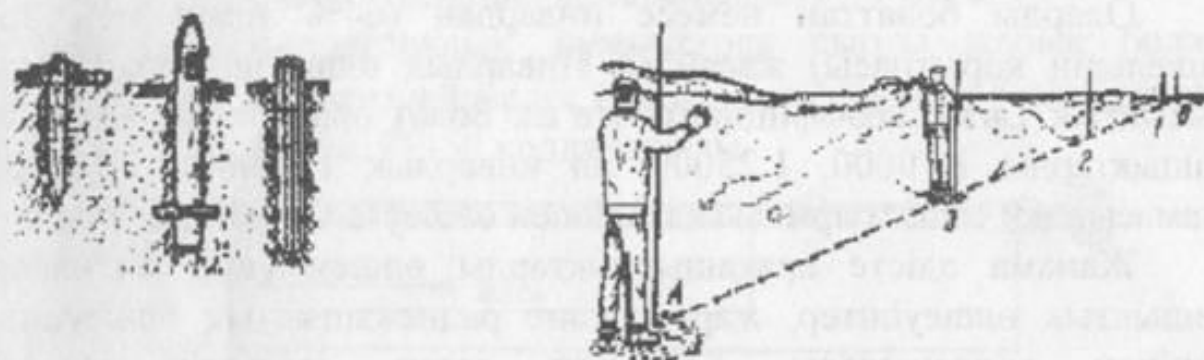
6. СЫЗЫҚТЫҚ ӨЛШЕУЛЕР

6.1. Жер бетінде нүктелерді белгілеу Сызықтарды кадалау

Арақашықтықтарды өлшеу оларды жер бетінде белгілеуден (бекітуден) басталады, яғни бастапқы және соңғы нүктелер

белгіленеді. Қашықтықтар қажеттігіне қарай уақытша немесе тұрақты нүктелер арқылы бекітіледі, 46-суретте ұзындығы 25-30 см, жуандығы 4-5 см ағаштан жасалған қазықша көрсетілген. Нүктені дәл көрсетіп және центрлеу үшін қазықшаның басына шеге қағылады, ал ол нүктелерді тез табу үшін айналасына дөңгелек шұңқыр қазылады, не топырақ үйіледі.

Ұзақ уақыт қолданылатын тұрақты пункттер ағаш дінгектер, рельстер, трубалар арқылы бекітіледі (46, а және 46, б-суреттер).



46-сурет.

а) нүктелерді белгілеу; б) сызықтарды қадалау

Тұрған нүктеден сызықтың соңғы нүктесін көру үшін сызық бағытымен соңғы нүктеге алдынан, не артынан қада қойылады.

Егер өлшенетін арақашықтық 150-200 м шамасынан артық ойлы қырлы жерде болса, ұзындықты жергілікті дәлдікпен өлшеу үшін екі нүктенің арасын қадалау керек. Қадалау деп бастапқы және соңғы нүктелердегі екі ағаш қаданың аралығына жарма сызық бойынша қосымша қадаларды орнатуды айтамыз (46, б сурет). Қадалардың ұзындығы 2-2,5 м, диаметрі 2,5-3 см, әр 20 см сайын ақ және қызыл бояулармен боялып, төменгі жағы үшкір болып келеді. Қадалау үшін өлшеушінің біреуі бастапқы нүктеде қалады да, жәрдемші адамның біреуін соңғы нүктеге қойып, қалғандарын өлшеушінің бағыттауымен жарманың үстіне бірнеше жерге бірін-бірі тасалайтын етіп орнатады. Яғни соңғы нүктеден бастапқы нүктеге қарай жүріп отырады. Осылайша жүргізілген қадалау «өзіне қарай» қадалау дейді. Бұл жиі қолданылатын тәсіл.

Қадалаудың «өзінен бастап» деген дәлдігі төмендеу тәсілі де

бар. Дәл қадалау үшін теодолит қолданылады.

6.2. Арақашықтықтарды өлшеу әдістері

Жер бетіндегі нүктелердің арақашықтығын тікелей өлшеуге немесе есептелген басқа шамалар арқылы, яғни жанама әдіспен анықтауға болады. Әр тәсілдің өз аспаптары, әдістері бар.

Тікелей әдіс кезінде ұзындықтарды өлшеу рулеткалардың, ленталардың және сымдардың көмегімен жүзеге асырылады.

Оларды болаттан немесе инвардан (64% темір мен 36% никельдің қорытпасы) жасайды. Инварлық өлшеуіш аспаптардың сызықтық ұлғаю коэффициенті өте аз. Болат өлшеуіш аспаптар арақашықтықтарды 1:10000, 1:25000, ал инварлық 1:25000.. 1:1000000 шамасындай салыстырмалы қателікпен өлшеуге мүмкіндік береді.

Жанама әдісте арақашықтықтарды өлшеу үшін оптикалық қашықтық өлшеуіштер, жарық және радиоқашықтық өлшеуіштер кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, ізделініп отырған арақашықтық аналитикалық жолмен есептеп шығару үшін, өлшенген базистер мен бұрыштардың геометриялық арақатынасы пайдалынады. Оптикалық қашықтық өлшеуіштермен арақашықтықты анықтаудың салыстырмалы қателіктері 1:200-ден 1:500-ге дейін, ал жарық және радиоқашықтық өлшеуіштерде 1:10000-нан 1:250000-ға дейінгі аралықтарда болады.

Геодезиялық жұмыстарда жүктелген міндетіне, олардың дәлдігіне қойылатын талаптарға, сондай-ақ өлшеу жағдайына қатысты сызықтардың ұзындығын өлшеу үшін әртүрлі әдістер мен аспаптар қолданылуы мүмкін.

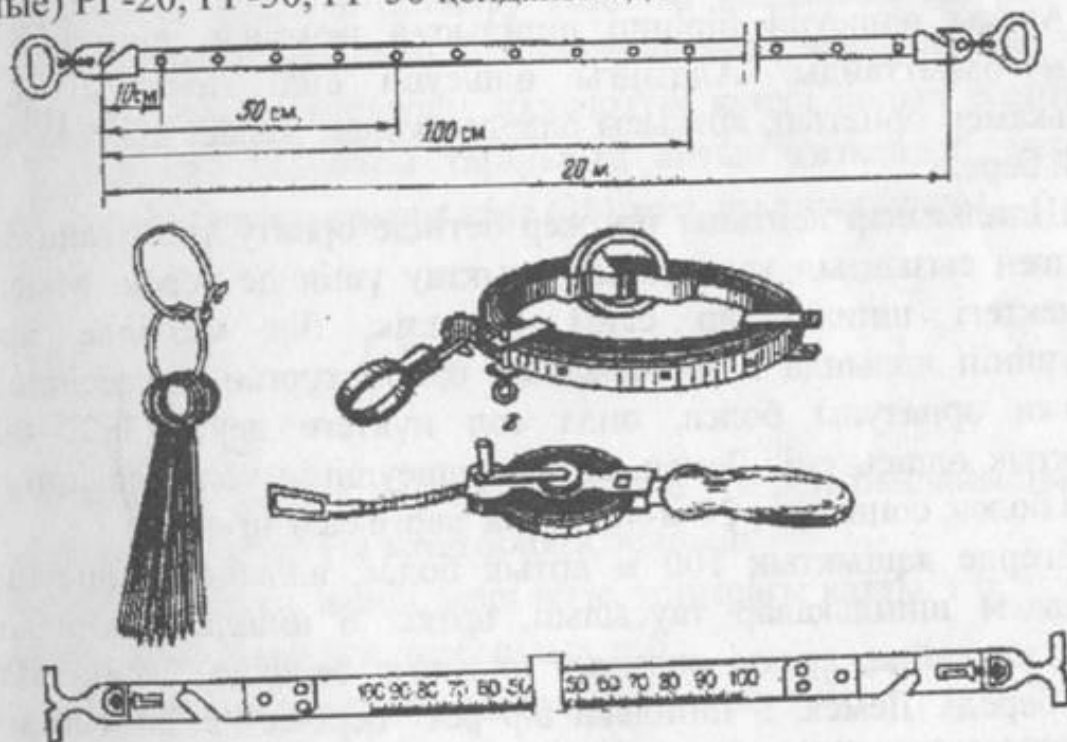
6.3. Арақашықтықтарды тікелей өлшеу әдісі

Бекітілген нүктелер арасын тікелей 20 метрлік болаттан жасаған өлшеуіш ленталар, рулеткалар және инвар сымдардың көмегімен өлшейді. Өлшеуіш ленталардың ені 10 мм-ден 25 мм-ге дейін, қалыңдығы 0,2-0,45 мм болып келеді (47, а-сурет). Лентаның барлық ұзындығында әр 10 см сайын кішкентай тесіктер тесілген. Әрбір бесінші тесік диаметрі 5 мм-дей пластинкалармен тойтарылған және әрбір метрден кейін лентаның екі жағында

пластинкалар шегеленген, оларға лентаның екі шетінен есептелетін метрдің реттік нөмірлері таңбаланған. Лента пайдаланбай тұрған кезде, дөңгеленіп (47, ә-сурет) жиналады. Өлшеу лентасының құрамына 6 немесе 11 түйреуіш (щпилькалар) және оларды тізіп алып жүретін шығырық кіреді (47, б-сурет). Ленталар өлшеуіш және дәлдігі жоғары шкалалы болып (47, в-сурет) бөлінеді.

Рулеткалар маркшейдерлік, геодезиялық және құрылыс жұмыстарында қысқа қашықтықтарды өлшеу үшін қолданылады. Рулеткалар ұзындығы 10, 20, 30, 50 м-лік болат пен ұзындықтары 5,10 және 20 м тоқыма таспадан жасалынады (47, г-сурет).

Инженерлік-геодезиялық жұмыстарда сырты жабық болат рулеткалар РЗ, ал маркшейдерлік жұмыстарда тау-кен рулеткалары (горные) РГ-20, РГ-30, РГ-50 қолданылады.



47-сурет. Ұзындық өлшеу аспаптары

Рулеткалармен ұзындықтарды 1:50000 дейінгі дәлдікпен өлшеуге болады.

Инвар сымдар триангуляцияда, полигонометрияда өлшейтін аспаптар құрамына кіреді. Инвар 65% болат және 35% никельден жасалған қоспа.

Болат сымдар мен қашықтық өлшеу дәлдігі 1:10000-1:25000, ал инвар сымдар арқылы өлшеу дәлдігі 1:30000-1:1000000 дейінгі аралықта.

Қашықтықты өлшеу екі адамның жұмысы: оның бірі артқы, екіншісі алдыңғы өлшеуші болып есептеледі. Өлшер алдында бір шпилька артқы өлшеушіде, қалған бесеуі (шпилька саны 6 болғанда) алдыңғы адамда болады. Артқы өлшеуші шпильканы бастапқы нүктедегі ағаш қазықшаның ортасынан ұстап, оған лентаның штрихын түйістіріп, алдыңғы серігін бағыттайды. Алдыңғы өлшеуші лентаның екінші ұшын тартып, ілгері арқылы 5 шпильканың біреуін жерге бекітеді де, бекіткеннен кейін "болды" деп команда береді. Сол команда бойынша артқы өлшеуші өз шпилькасын жерден алады, ал алдыңғы сол жерге қадап кетеді. Бұдан әрі артқы өлшеуші қашан алдыңғының жерге кіргізіп кеткен шпилькасына жеткенше екеуі лентаны алып, қадалар бойымен ілгері қарай жүреді.

Артқы өлшеуші бірінші шпилькаға лентаны іліп, алдыңғы серігін бағыттайды. Алдыңғы өлшеуші енді лентаны екінші шпилькамен орнатып, артқысы оларды жинап, келесі нүктеге дейін өлшей береді.

Шпилькалар лентаны тек жер бетінде орнату үшін ғана емес, өлшенген сызықтың ұзындығын анықтау үшін де керек. Мысалы, комплекттегі шпилькалар саны 6 делік, бір мезгілде артқы өлшеушінің қолында 3 шпилька, ал өзінің тұрған нүктесінде бір шпилька орнатулы болса, онда сол нүктеге дейін $3 \times 20 = 60$ м қашықтық өлшенгені. Демек, артқы өлшеушінің қолында шпилька қанша болса, сонша рет 20 м-лік лента жерге салынғаны.

Егерде қашықтық 100 м артық болса, алдыңғы өлшеушінің қолындағы шпилькалар таусылып, артқы 6 шпилька жиналады. Ондай жағдайда, артқы өлшеуші алдыңғы серігіне 5 шпильканы санап береді. Демек, 5 шпилька бір рет "берілсе" $5 \times 20 = 100$ м-лік қашықтық өлшенгені.

Арғы нүктеге келген кезде лентаға толмайтын кесінді қалады. Бұл қалдықтың ұзындығын сол лента арқылы сантиметрлік дәлдікпен өлшейді. Өлшенген қашықтықтың жалпы ұзындығы мына формула арқылы есептеледі:

$$D=nl+g \quad (37)$$

Мұндағы n —тұтас салынған лента саны (шпилькалар саны);

l —лентаның ұзындығы;

g —қалдықтың ұзындығы.

Мысалы, қашықтықты өлшеу кезінде 20 м лента 4 рет жерге салынып, қалдығы 9,25 м-ге болды делік, сонда өлшенген ара қашықтық мынаған тең болады.

$$D=4 \cdot 20+9,25=89,25 \text{ м.}$$

Қателіктер теориясында айтылғандай, қашықтық өлшеу кезінде өрескел, кездейсоқ және жүйелі қателер болуы мүмкін. Көп уақыт пайдаланылған не үзілген ленталар өзінің бастапқы ұзындығына сәйкес келмейді. Сондықтан, өлшер алдында лента мұқият тексеріледі. Тексеріп, өлшеуіш лентаның нақтылы ұзындығын анықтауды компанирлеу дейді. Егерде лента 20 м кем, не артық болса, онда лентаның ұзындығына түзету енгізіледі.

Өлшеудің дәлдігін арттыру үшін әр қашықтық екі рет (тура және кері) бағытта өлшенеді. Екі өлшеудің айырмашылығы $\Delta = D_2 - D_1$ сол ұзындықты өлшеудің абсолюттік қатесі болып есептеледі. Өлшеу қателері теориясы тарауында айтып кеткендей, ұзындық өлшеу дәлдігі салыстырмалы қате (38) арқылы анықталады.

$$f_c = \frac{m_D}{D} = \frac{1}{D \div m_D} \quad (38)$$

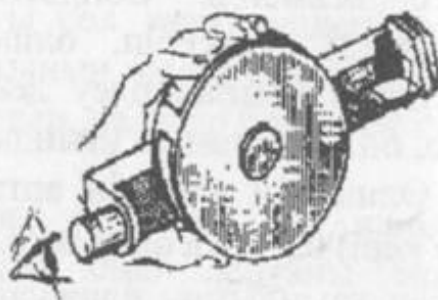
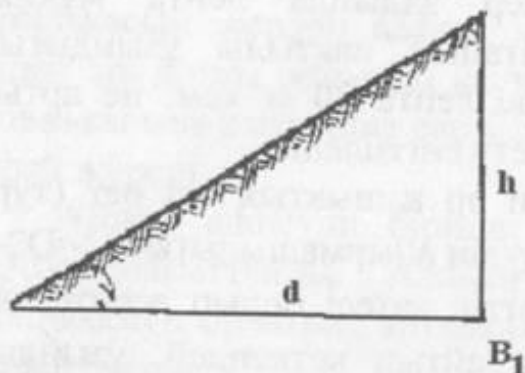
Өлшеудің дәлдігі жердің рельефіне тікелей байланысты. Жер беті рельефіне қарай үш категорияға бөлінеді:

- 1) өлшеуге қолайлы, жеңіл, жері тегіс, топырағы қатты, т.б;
- 2) орташа: топырағы бос, шабындық, т.б.;
- 3) өлшеуге лайықсыз: сазды, құмды, шенгелді, т.б.

Осы категорияға сәйкес салыстырмалы қателер мөлшерлері белгіленген. Мысалы, 1-категориялы жерде $f_c \leq 1/3000$ болуға тиісті. 2-категорияда $f_c \leq 1/2000$, ал 3-категорияда $f_c \leq 1/1000$ болуға тиісті. 2-категорияда $f_c \leq 1/2000$, ал 3-категорияда $f_c \leq 1/1000$ шамасынан аспауы керек.

Өлшеу нәтижесіндегі қателер осы шектерден аспаса, онда өлшенген ұзындықтың мәні ретінде екі өлшеудің арифметикалық ортасын алады. Егер салыстырмалы қате шектен асып кетсе, қашықтық қайтадан өлшенеді.

План мен картаға жер бетінде өлшенген қашықтықтардың (сызықтардың) проекциялары салынады. Сондықтан лентамен өлшенген ұзындықтардан олардың проекцияларына көше білу қажет. Өлшенген АВ түзуінің горизонталь проекциясын АВ (48-сурет) сол түзудің салындысы дейміз. Егер ұзындықтың көлбеу бұрышы ν теодолит арқылы өлшенеді десек, онда проекциясын (салындысын) мына формуламен есептеуге болады:



48-сурет. Горизонталь проекцияны анықтау

49-сурет. Эклиметр

$$d = D \cdot \cos \nu \quad (39)$$

Жазықтықтағы проекцияларды көлбеудің түзулері арқылы анықтауға болады, яғни

$$d = D - \Delta d, \quad (40)$$

мұндағы

$$\Delta d = 2 D \sin^2 (\nu/2) \quad (41)$$

Көлбеу бұрыштары теодолиттің тік дөңгелегі не эклиметр (49-сурет) арқылы өлшенеді.

6.4. Өлшеу аспаптарын тексеру

Қашықтық өлшеуіш аспаптың нақтылы ұзындығы оның үлгісіндегіден, яғни оның көрсетілгенінен $l = l_0 + \Delta l_0$ айырмасы болады. Сондықтан өлшер алдында аспаптың нақты ұзындығын үлгідегі ұзындығымен салыстырып, анықтап алады. Осындай үлгімен салыстырып аспаптың жұмыс ұзындығын анықтауды

лентаны компарирлеу дейді.

Лентаны компарирлеу лабораториялық және далалық компараторларда жүргізіледі.

Болат пен инвар сымдар, өлшеуіш ленталар мен рулеткалар далалық компараторларда да тексеріледі. Далалық компаратор тегіс және ашық жер бетінде 12 м немесе 24 м ұзындықтар салынып белгіленген жер. Компаратордың екі ұшы бетондалып бекітіліп, бетон үстінде арнайы маркалар салынған.

Компараторлардың ұзындығы инвар сымнан жасалған үлгімен бірнеше рет өлшенеді. Одан кейін осы ұзындықты жұмыс лентасымен бірнеше рет өлшеп, компарирлеудің түзетпесін есептейді.

Болат ленталар мен рулеткалардың ұзындықтарын жеңіл тәсілмен тексеруге де болады. Тегіс жазықтықта (мысалы, бетондалған жер немесе асфальт) екі лентаны (үлгі және жұмыс) нөлдік бөліктерін бір-біріне келтіріп, қатар салады. Ленталардың екеуіне де динамометрмен бірдей салмақты (10 кг) күш беріп тартады да, нақтылы лента ұзындығы l -мен үлгідегі (тексергіш) аспап ұзындығының l_0 айырмашылығын Δl сызғышпен өлшейді, яғни:

$$\Delta l_k = l - l_0$$

мұндағы Δl – компарирлеуге енгізілетін түзетпе

Сонда жұмыс лентасының нақтылы ұзындығы мынаған тең болады.

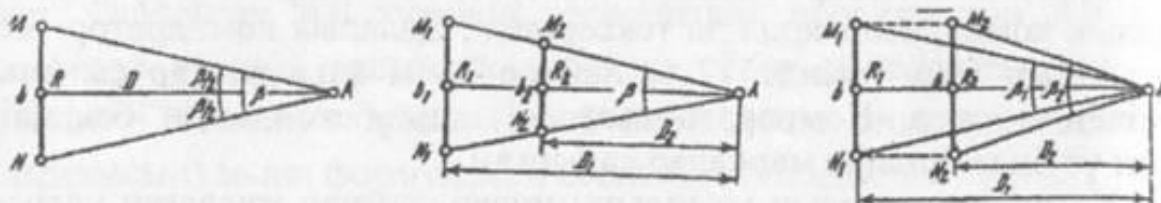
$$L = l_0 + \Delta l_k \quad (42)$$

Егер ұзындық өлшеген кезде температураның өзгеруі әсер ететін болса, онда компарирлеу кезінде де температураны t_0 -өлшеу қажет. Лентаны компарирлеу аяқталғанда, әрбір өлшеу аспабына (сымға, лентаға, рулеткаға) компарирлеу тәсілі мен мезгілі, созылуы, аспаптың ұзындығы және компарирлеу температурасы көрсетілген куәлік құжат беріледі

6.5. Оптикалық қашықтық өлшеуіштер

Оптикалық қашықтық өлшеуіштер көлбеу мен жазық қашықтықтарды анықтайды. Қашықтық анықтаудың негізгі принципі бір қабырғасы қысқа бүйірлі бұрышты өлшеу (50-сурет).

Мұндай үшбұрыштың үшкір бұрышын параллактикалық бұрыш (β), ал қысқа қабырғасын—(в) база деп атайды. Анықталатын қашықтық 50, а-сурет арқылы мына формуламен есептеледі.



50-сурет. Оптикалық қашықтық өлшеудің схемасы

$$D = \frac{b}{2 \operatorname{ctg} \beta / 2} \quad (43)$$

β —бұрышы шамалы ғана болғандықтан ($\beta < 1^\circ$), $\operatorname{tg} \beta / 2$ функциясын $\beta / 2$ -ға тең деп, (43) формуласын былайша өзгертуге болады.

$$D = \frac{b}{2} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \beta / 2} = \frac{b}{2} \cdot \rho; \quad (44)$$

Бұл формуладан, база— b тұрақты сан болса, бұрыш өлшенетіні, керісінше, бұрыш— β тұрақты болса, онда базаны өлшеу қажеттілігі көрініп тұр. Осыған сәйкес оптикалық қашықтық өлшегіштер де екі түрге бөлінеді:

1) Тұрақты базалы өлшегіш (50, а-сурет). Бұл қашықтық өлшегіштерде тұрақты база— b рейкаларда арнайы маркалармен белгіленеді және қашықтық мына формуламен анықталады:

$$D = k / b \quad (45)$$

мұндағы k —қашықтық өлшеуіш коэффициенті, тұрақты сан.

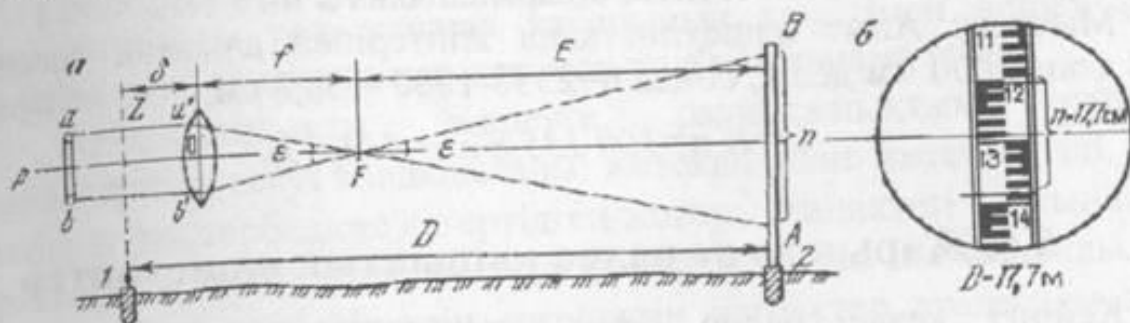
2) Тұрақты бұрыш өлшеуіш (50, б-сурет). Мұндай қашықтық өлшеуішпен жұмыс істегенде, (44) формуласындағы ρ / β тұрақты санға тең және оны қашықтық өлшеу коэффициенті K -деп белгілесек, онда қашықтық мына формуламен анықталады:

$$D = K \cdot b \quad (46)$$

мұндағы K —қашықтық өлшеуіш коэффициенті.

Тұрақты параллактикалық бұрыш қыл жіпті қашықтық

өлшеуіштерде қолданылады. Теодолит пен нивелирдің жіптер торының екі шеткі горизонталь қыл жіптері тұрақты бұрыш жасайды, сөйтіп арақашықтық өлшеуге мүмкіндік береді (51-сурет).



51-сурет. Қыл жіпті қашықтық өлшеуіш

Жіптер торы мен қыл жіптерінен өткен жарық сәуле, объективтің F фокусында қиылысып, рейканың A және B нүктелеріне келіп түседі. Сөйтіп, $MFN = \beta$ және nFm үшбұрыштарының ұқсастығынан мынандай пропорция аламыз:

$$D_1 / n = f/p, \text{ бұдан } D = f/p \cdot n,$$

мұндағы f —объективтік фокус аралығы;
 p —екі шеткі горизонталь қызыл жіптердің арақашықтығы;
 n —рейкадан алынған санақ;
 f/p —тұрақты болғандықтан, оны қашықтық өлшеуіштің коэффициенті дейді.

51-суретке сәйкес арақашықтық мынаған тең:

$$D = D_1 + C \quad (47)$$

Енді формулаға D_1 —нің мәнін қойсақ:

$$D = K \cdot n + c, \quad (48)$$

мұндағы $C = f + \delta$ тұрақты және іштен фокусталған дүрбілерде өте кішкентай шама болғандықтан, оны еске алмаса да болады. Сонда

$$D = K \cdot n \quad (49)$$

Демек, бұл формула бойынша қыл жіпті қашықтық өлшеуіш арқылы анықтағанда, тек рейкадан алынатын есеп n -ні білсек болғаны. Ал, қашықтық өлшеуіштің коэффициенті геодезиялық аспаптардың бәрінде 100-ге жуық, яғни:

$$D = 100 \cdot n. \quad (50)$$

Қыл жіпті қашықтық өлшегіштердің өлшеуіштегі салыстырмалы дәлдігі орташа есеппен 1:300-ге тең.

Практикада қашықтықты өлшеу жұмысы былайша жүргізіледі.

Дүрбіні рейкаға көздеп және есептеуді жеңілдету үшін жоғары қыл жібі дүрбінің жетекші винті арқылы ыңғайлы (10 см) цифрға дәлдеп келтіріледі. Содан кейін рейкадан төменгі қыл жіп арқылы есеп алады. Алынған екі есептің айырмашылығы n -ге тең.

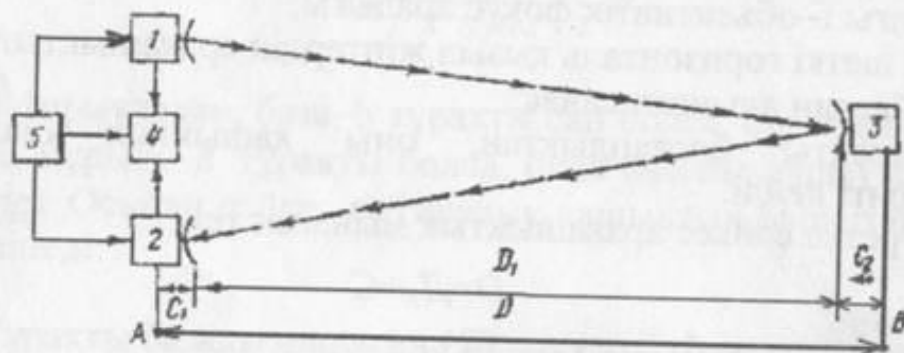
Мысалы: Алыс өлшеудің қыш жіптерінен алынған есептер 2358 және 1000 мм делік, сонда $n=2358-1000=135,8$ см.

$$D=K \cdot n=100 \cdot 135,8 \text{ см}=135,8 \text{ м.}$$

6.6. Жарық және радио қашықтық өлшеуіштер

Кейінгі кезде радио және электрооптикалық қашықтық өлшеуіштер кеңінен өріс алды. Бұл аспаптардың негізіне радио толқындар мен сәуле толқындарының белгілі бір нүктеге барып-келу уақытын өлшеу қойылған. Жарық қашықтық өлшеуіштің принциптік схемасы 52-суретте көрсетілген.

Радиоқашықтық өлшеуішпен жұмыс істегенде ұзындық мына формула арқылы анықталады:



52-сурет. Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштің схемасы

$$D = \frac{1}{2} V \cdot t \quad (51)$$

мұндағы V —радиотолқындардың ауада таралу жылдамдығы;
 t —радиотолқынның белгілі нүктеге барып-келу уақыты.

Жарық қашықтық өлшеуіш сигналды таратып және шағылдырғыштан қайтып келгеннен соң, оны қабылдап алатын қабылдағыш—хабарлағыштан тұрады. Қазіргі уақыттағы жарық қашықтық өлшеуіштерде фазалық әдіс қолданылады, себебі сигналдың сол арақашықтыққа барып қайтуға кететін уақытын

азайтып, бірде күшейтіп тұрады. Бұл жағдайда шашылған жарық қабылдағыш-хабарлағышқа таратылған кезіндегі фазада максимумы—максимум, ал минимумы—минимум болып оралады.

Геодезиялық радиоқашықтық өлшеуіштер едәуір ара қашықтықтарды радиосигнал хабарының көмегімен өлшеу үшін қолданылады. Олардың массасы мен көлемі біршама үлкен.

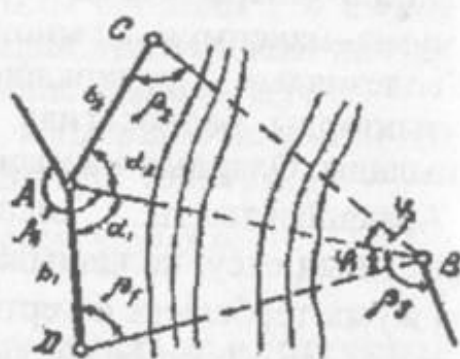
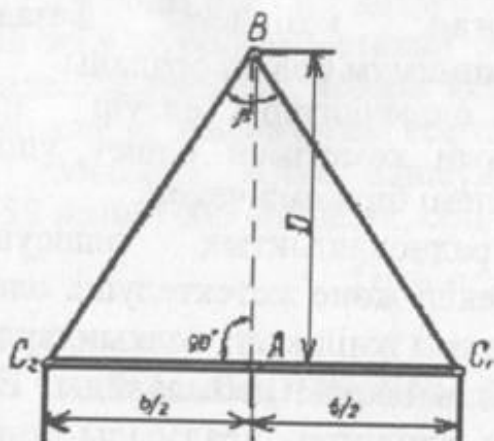
Арақашықтықты өлшеуге радиоқашықтық өлшеуіш станциясының екеуі қолданылады: жетекші және жетектелуші, олар жиілігі жуық тербеліске өзгертілген жоғары жиіліктегі толқындарды таратып, басқа станциядан түскен толқындарды қабылдайды. Екі станцияда да тербелістерін өзгертетін жиіліктер араласады және олардың жиілік айырмашылығы бөлінеді. Бірінші және екінші станциялардағы толқындар арасындағы жиілік айырмашылығының өзгеру фазасы станциялардың арақашықтығына пропорционал болады. Фазаның өзгеруі жетекші станцияда жетектелуші станциядан фазалық бұрыштың нөлдің мезетіндегі импульсін электронды сәулелік түтікшенің экранында тіркеу арқылы өлшенеді.

30 км-лік арақашықтықты күндіз және 50 км арақашықтықты түнде дәлдігі жоғары жарық өлшеуішпен өлшеу кезінде жіберілетін орташа квадраттық қателік $m = \pm(1 \pm 0,1D)$ см-ден аспайды, мұндағы D —арақашықтық, км. Радиоқашықтық өлшеуіш (РДГ) 20 км-ден 30 км-ге дейінгі арақашықтығын 5...15 см дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік береді.

6.7. Тікелей өлшеуге болмайтын арақашықтықтарды анықтау

Егер жер бетіндегі қашықтықты тікелей лентамен өлшеуге болмайтын болса, онда қашықтық әртүрлі жанама тәсілдер қолданып, сол жерде құрылған геометриялық фигураларды шешу арқылы анықталады.

$AB=D$ (53, а-сурет) арақашықтығын анықтау керек делік. Ол үшін A нүктесіне AB бағытына перпендикуляр етіп, b базисін саламыз да, B нүктесіндегі β параллактикалық бұрышын мұқият өлшейміз. Сонда ізделініп отырған арақашықтық мына формуламен анықталады:



53-сурет. Қашықтық өлшеудің жаңама тәсілдері

$$D = \frac{1}{2} b c \operatorname{tg} \alpha \quad (52)$$

Жергілікті жердің жағдайына байланысты (өзен, жыра, өзек, т.б.) ұзындықтарды өлшеудің мүмкіндігі көбіне бола бермейді. Ондай кезде мынандай тәсіл қолданылады.

Өзеннің қарама-қарсы жиегінде орналасқан В және С нүктесінің арақашықтығын табу керек делік. Арақашықтық ВС, ВСК және ВСМ үшбұрыштары арқылы анықталады. Ол үшін үшбұрыштардың ВМ және ВК қабырғалары (базис) лентамен және α , β , α_1 және β_1 горизонталь бұрыштары теодолитпен өлшеніп анықталатын ВС қабырғасы синустар теоремасы бойынша екі рет есептеледі:

$$a = b \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad a = b \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad (53)$$

Өлшенген бұрыштардың дәлдігін тексеру үшін үшбұрыштардың үшінші бұрыштарын (γ және γ_1) өлшеуге болады. Үшбұрыштардың барлық бұрыштары өлшенгендіктен, олардың қосындысы 180° тең болып, анықталған екі нәтижесінің салыстырмалы қатесі 1:1500-ден аспауы керек.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Жер бетіндегі қашықтық қалай бекітіледі?
2. Ұзындық шамасы деген не?
3. Тікелей өлшеу аспаптарына не жатады?
4. Өлшеу аспаптарын компарирлеу деген не?
5. Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштер туралы не білесіз?
6. Оптикалық қашықтық өлшеуіштер қандай түрлерге бөлінеді?
7. Қылжіпті қашықтық өлшеуіш арқылы ұзындық қалай анықталады?

Тікелей өлшеуге болмайтын ұзындық қалайша анықталады? Жергілікті жердің жағдайына байланысты (өзен, жыра, өзек, т.б.) ұзындықтарды өлшеудің мүмкіндігі көбіне бола бермейді. Ондай кезде мынандай тәсіл қолданылады.

Өзеннің карама-қарсы жиегінде орналасқан В және С нүктесінің арақашықтығын табу керек делік. Арақашықтық ВС, ВСК және ВСМ үшбұрыштары арқылы анықталады. Ол үшін үшбұрыштардың ВМ және ВК қабырғалары (базис) лентамен және α , β , α_1 және β_1 горизонталь бұрыштары теодолитпен өлшеніп анықталатын ВС қабырғасы синустар теоремасы бойынша екі рет есептеледі:

$$a = b \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad a = b \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad (53)$$

Өлшенген бұрыштардың дәлдігін тексеру үшін үшбұрыштардың үшінші бұрыштарын (γ және γ_1) өлшеуге болады. Үшбұрыштардың барлық бұрыштары өлшенгендіктен, олардың қосындысы 180° тең болып, анықталған екі нәтижесінің салыстырмалы қатесі 1:1500-ден аспауы керек.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Жер бетіндегі қашықтық қалай бекітіледі?
2. Ұзындық шамасы деген не?
3. Тікелей өлшеу аспаптарына не жатады?
4. Өлшеу аспаптарын компарирлеу деген не?
5. Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштер туралы не білесіз?
6. Оптикалық қашықтық өлшеуіштер қандай түрлерге бөлінеді?
7. Қылжіпті қашықтық өлшеуіш арқылы ұзындық қалай анықталады?
8. Тікелей өлшеуге болмайтын ұзындық қалайша анықталады?

7. ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТҮСІРІСТЕР

7.1. Геодезиялық түсірістер және онда қолданылатын аспаптар туралы жалпы мәлімет

Жергілікті жердің картасы мен планын жасау үшін жүргізілетін геодезиялық өлшеулер процесін түсіріс деп атайды. Егер түсіріс нәтижесінде жердегі заттардың, объектілердің контурлары мен өзара пландық орны, яғни жергілікті жердің жай-жапсары анықталатын болса, онда түсіру горизонтальдық деп аталады. Егер жердің жай-жапсарынан басқа жердің бедері түсірілетін болса, онда түсіріс топографиялық деп аталады.

Қолданылатын аспаптардың аттары мен әдістерге байланысты түсірістер мынандай түрлерге бөлінеді:

1. *Теодолиттік түсіріс*—жердің контурлық планын алу үшін теодолит (бұрыш өлшегіш аспап) пен өлшеу лентасының (қашықтық өлшеуіш) көмегімен орындалатын геодезиялық жұмыстардың түрі. Теодолиттік түсірулер кезінде горизонталь бұрыштар β және арақашықтықтар S өлшелінеді.

2. *Тахеометриялық түсіріс* тахеометр деген аспап арқылы жүргізіледі. Тахеометр арқылы горизонталь α , вертикаль V бұрыштар, қашықтық S және биіктік өсімшесі h анықталады.

3. *Мензулалық түсіріс* мензула және кипрегель арқылы жүргізілетін жұмыс. Бұл түсірудің нәтижесінде қашықтықтың горизонталь проекциясы мен биіктік өсімі анықталады, план тікелей далада сызылады.

4. *Аэрофототопографиялық түсіріс* әуеде ұшып жүріп, жер бетін аэрофотоаппаратпен суретке түсіру арқылы план мен карта жасаудағы жұмыстар.

5. *Жердегі сферофотограмметриялық түсіріс* арнайы жерде тұрып фототеодолит арқылы жүргізілетін жұмыстар.

Түсірулердің соңғы екі түрі кенорындарын ашық әдіспен қазып алуда өндіріс орындарында (карьерлерде) кеңінен тараған.

6. *Нивелирлеу* арнаулы аспаптардың көмегімен пункт биіктіктерінің айырмасын, яғни биіктік өсімділерін анықтау тәсілі.

Өз кезеңдегі нивелирлеу:

а) *геометриялық нивелирлеу* түзу визирлік сәулесі нивелир аспабы және рейка көмегімен жүргізіледі;

ә) *тригонометриялық көлбеу визирлік сәулесі* теодолит пен рейка арқылы жүргізіледі;

б) *барометрлік нивелирлеу* атмосфералық қысымның биіктікке байланысты өзгеруінің физикалық заңы негізінде;

в) *гидростатикалық нивелирлеу* жалғасқан ыдыстардағы сұйық заттың бір деңгейде орналасу қасиетіне негізделген;

г) *механикалық нивелирлеу* автоматты түрде профиль сызығын құрылғыға негізделген түрлерге бөлінеді.

7. Көзмөлшерлік және буссольдық түсіріс компас және көздеу сызғышы арқылы жүргізілетін геодезиялық жұмыстардың жиынтығы.

Геодезиялық түсірулердің материалдары уақыт өткен сайын көнере береді, өйткені жергілікті жерде шаруашылыққа пайдалану процесі жүріп жатады: жана объектілер салынады, пайдалы қазбаларды қазу жүргізіледі, т.с.с. Оның үстіне физика-географиялық жағдайлар да өзгеріп тұрады, солардың бәрі топографиялық карталарда бейнеленіп көрсетілуі тиіс. Топографиялық карталарды қазіргі заман талабына сай деңгейде жасап тұру үшін, оларды уақытылы жаңартып отыру керек.

7.2. Теодолиттік түсіріс, оның мәні және жұмыс тәртібі

Теодолиттік түсіріс деп жер бетінің тек контурлық планын жасау үшін теодолит пен өлшеу лентасының немесе қашықтық өлшеуіштің көмегімен орындалатын жұмыстарды атайды. Теодолиттік түсірістер жазық жер бетінде, елді-мекенді аймақтарда, құрылыс, тау-кен өндіріс алаңдарында, теміржол тораптары, т.б. жерлерде пландар жасау үшін жүргізіледі.

Теодолиттік түсіріс үшін тірек жүйесі, әдетте теодолиттік жүрістер түрінде құрылады да, олардың нүктелерінен ситуацияны түсіре отырып, қажетті нүктелердің орнын полярлық әдіспен, перпендикулярлар және жарма әдістермен, сонымен қатар әртүрлі бұрыштық және ұзындық қиылыстырулар көмегімен анықтайды.

Теодолиттік түсіріс дайындық, далалық және өңдеу жұмыстарынан тұрады.

Дайындық жұмыстары кезінде жергілікті жердің жай-жапсарын түсіру дәлдігіне байланысты түсірістің масштабын таңдайды. Қолдағы бар барлық картографиялық құжаттарды (планды, картаны, профильді) мұқият қайта қарап зерттейді. Егер түсіріс жүргізілетін ауданда геодезиялық тірек жүйесінің пункттері болса, онда олардың орналасқан жерінің схемасын жасап, каталогтан координаталарын жазып алады.

Далалық жұмыстарға:

- 1) жергілікті жерді рекогносцировка (байқап қарау) және пункттерді бекіту;
- 2) бұрыштар мен ұзындықтарды өлшеу;
- 3) жердегі заттарды, контурларды түсіру;
- 4) жүріс пункттерін жергілікті жердегі тірек пункттеріне байланыстыру.

Рекогносцировка негізінде геодезиялық тірек жүйесінің пункттерін іздеп тауып, теодолиттік жүрістің неғұрлым қолайлы (ашық жерде орналасқан) орындарын белгілейді.

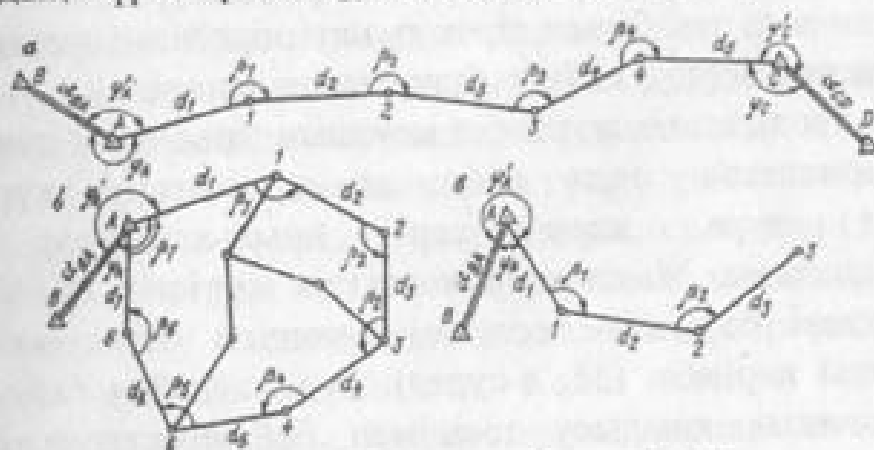
7.3. Жергілікті жерде теодолиттік жүрістерді жүргізу

Теодолиттік жүрістер деп, тұйықталған не тұйықталмаған сынық сызықтар жүйесінен тұратын полигондарды айтады. Теодолиттік жүрістердің бірнеше түрлері бар:

1) Тұйықталмаған жүрістің басы мен аяғы геодезиялық пункттерге жанасады (55, а-сурет).

2) Тұйық жүріс (полигон) геодезиялық негізгі пунктке байланыстырылған тұйықталған көпбұрыш (55, ә-сурет).

3) Бір жағы байланыстырылған аспалы жүрісте (55, б-сурет) сынық сызықтардың бір жағы тірек пунктіне жанасып, екінші жағы бос болып келеді. Теодолиттік жүріс түрлері түсірілетін жер бетінің өзгешелігіне байланысты. Қажет болған жағдайда полигонның ішіне диагональдық жүрістер де жүргізіледі. (55, а-сурет).



54-сурет. Теодолиттік жүрістер

а-тұйықталмаған жүріс; ә-тұйықталған жүріс; б-аспалы жүріс.

Теодолиттік жүрістерде горизонталь бұрыштар $T15$, $T30$, $2T30$, т.б. теодолиттер тәсілімен толық есеп алу тәсілімен ($KП$ және $KП$) өлшенеді.

Теодолиттік жүрістегі арақашықтықтар 20 м-лік өлшеуіш лента немесе рулеткамен тура және кері бағытта өлшенеді; өлшеудің екі нәтижесін және олардың орта мәнін арнайы дайындалған журналға жазады. Әрбір қабырғаның екі рет өлшенген ұзындығының арасындағы айырмашылығы 1-разрядты жүрістерде ұзындық 1:2000-нан, ал 2-разрядты жүрістерде 1:1000-нан аспауы керек.

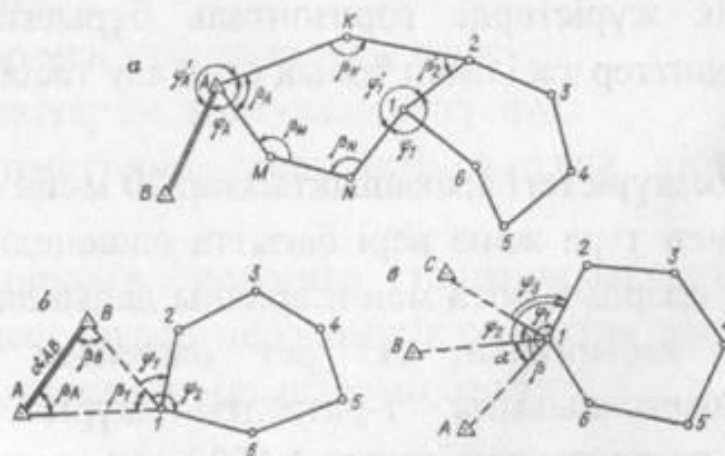
7.4. Теодолиттік жүрістерді геодезиялық тірек жүйелері пункттеріне байланыстыру

Теодолиттік жүріс нүктелерінің (пункттерінің) координаталарын мемлекеттік бір жүйеде анықтау және өлшеу нәтижелерін тексеру үшін, оларды геодезиялық тірек пункттерімен байланыстыру қажет. Яғни, олардың координаталарын геодезиялық пункттерінің координаталары арқылы анықтау керек.

Теодолиттік жүрістерге кіргізілген B және C тірек пункттерін негізгі пункттер деп атайды (55, a -сурет). Себебі, олардың координаталары (X, Y және AB, C) қабырғаларының α_{AB}, α_{CD} дирекциондық бұрыштары белгілі. Байланыстыру кезінде бастапқы (Y_1) және ақырғы қабысу бұрыштары (Y_2) өлшенеді.

Ал, тұйық теодолиттік жүрістерде (55, a -сурет) байланыстыру кезінде полигонға тек бір-ақ тірек пункті кіргізілсе жеткілікті. Бұл жағдайда бастапқы (Y'_A) қабысу бұрышы өлшенеді.

Егерде теодолиттік жүріс геодезиялық тірек торы пункттерінен қашықта орналасса, онда қосымша теодолиттік жүрістер не геодезиялық тура және кері қиылыстырулар арқылы байланыстырылады. Мысалы, теодолиттік жүрістің маңайында екі тірек пункттері бар және сол екі пункттен полигонның бір-ақ нүктесі жақсы көрінсін (55, a -сурет). Бұл жағдайда байланыстыру тура геодезиялық қиылысу тәсілімен байланыстырылады, яғни негізгі A және B пункттерінен β_A, β_B жазық бұрыштары және полигонның 1 пунктінде φ_1, φ_2 қабысу бұрыштары өлшенеді.



55-сурет. Теодолиттік жүрістерді байланыстыру.

Егерде анықталатын 1-пункттен геодезиялық тірек торларының 3 пункті көрініп тұрса (55 б-сурет), онда теодолиттік жүріс кері геодезиялық қиылыстыру тәсілімен байланыстырылады, яғни 1-нүктеде тұрып, теодолит арқылы α , β бұрыштары өлшенеді.

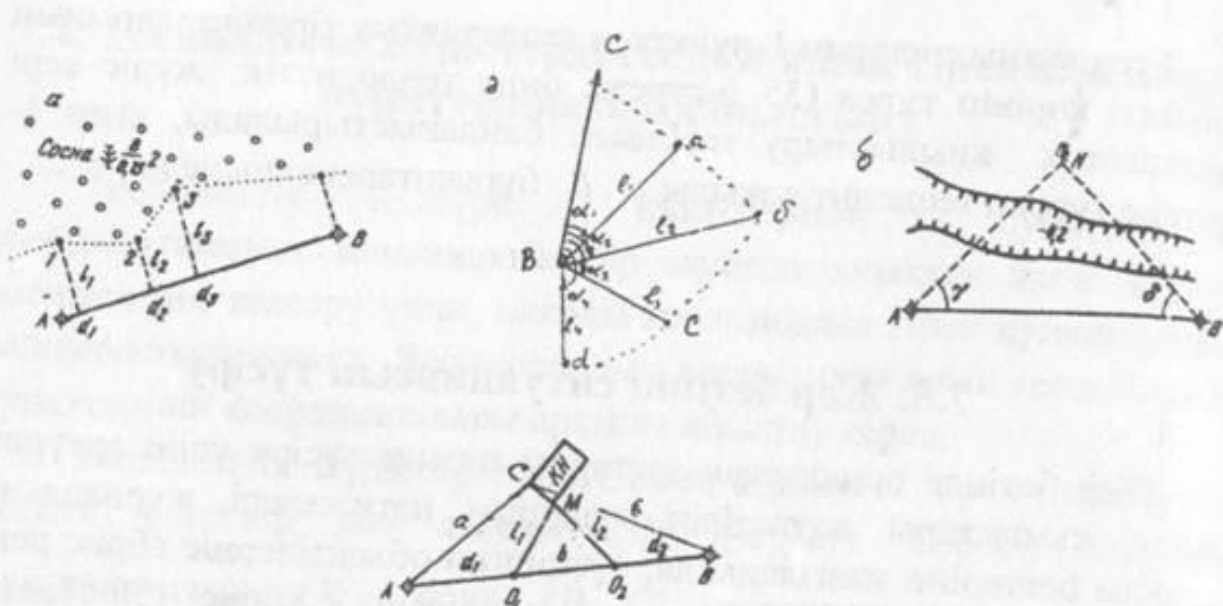
7.5. Жер бетінің ситуациясын түсіру

Жер бетінде орналасқан заттарды планға түсіру үшін әртүрлі өлшеу жұмыстары жүргізіліп, олардың нәтижелері журналдың арнаулы беттеріне жазылады да, түсірілген объектілеріне абрис деп аталатын схемалық жоба (тұрпы) сызылады. Абрис (56-сурет) теодолиттік түсірудің негізгі документі болып есептеледі де, ол план жасағанда қолданылады.

Жер беті ситуацияларын планға түсірудің бірнеше тәсілдері бар. Енді солардың бірнешеуіне тоқтала кетелік.

Перпендикуляр тәсілі (56, а-сурет). Теодолиттік жүрістік AB қабырғасының жанында орналасқан орманның 1, 2, 3 деп белгіленген ерекше нүктелерін планға түсіру үшін, сол нүктелерден AB -ға перпендикуляр түсіріліп, олардың ұзындықтары ($1d_1, 2d_2, 3d_3$) және бастапқы пункттен сол перпендикулярға дейінгі қашықтықтар (Ad_1, Ad_2 және Ad_3) өлшенсе жеткілікті. Өлшеулер өлшеу лентасы мен рулетка арқылы жүргізіледі. Кейін планға бұл өлшеулер масштаб арқылы салынады. Қысқа перпендикуляр көз мөлшерімен, ал ұзынды эккердің (57-сурет) көмегімен тұрғызады. Эккер үш қырлы призма болып келеді. Оның екі қыры теодолиттік жүрістің қабырғасына перпендикулярларды түсіретін және көз алдына келтіретін айнадан тұрады.

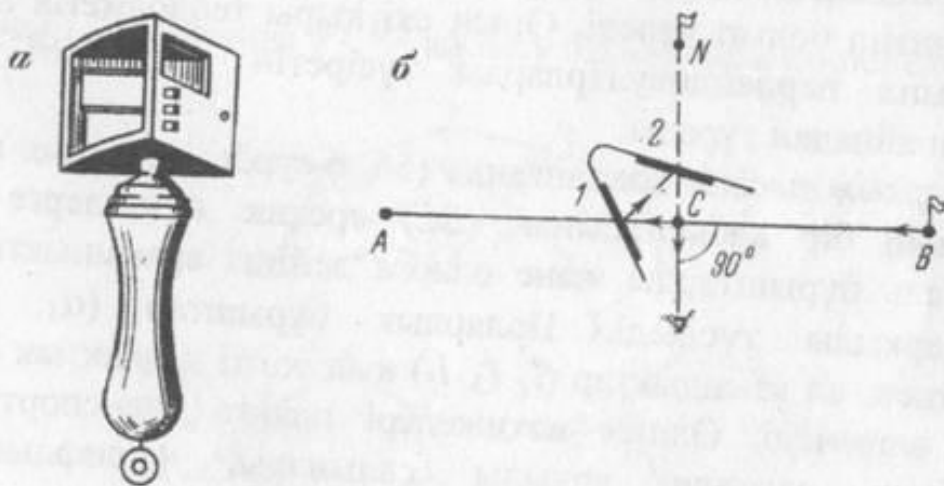
Полярлық тәсілді қолданғанда (56, ә-сурет) ситуация контуры полигонның бір қабырғасынан (BC) ерекше нүктелерге дейінгі горизонталь бұрыштарды және оларға дейінгі арақашықтықтарды өлшеу арқылы түсіреді. Полярлық бұрыштар ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$) теодолитпен, ал ұзындықтар (l_1, l_2, l_3) қыл жіпті қашықтық өлшеуіш арқылы өлшенеді. Өлшеу нәтижелері планға транспортер және масштабтық сызғыш арқылы салынады. Полярлық тәсіл геодезиялық және маркшейдерлік жұмыстарда кеңінен қолданылады.



56-сурет. Абрис

a—перпендикулярлар тәсілі; *ә*-полярлық тәсілі;
б-бұрыштық қиылыстыру; *в*-сызықтық қиылыстыру тәсілі.

Қиылыстыру тәсілдері тікелей кашықтық өлшеу қиын жағдайларда (56, б-сурет) бұрыштың қиылыстыру тәсілі қолданылады, яғни *A* және *B* пункттерде теодолитпен α, β бұрыштары өлшенеді де, өлшенген бұрыштар транспорт арқылы салынып, қиылысқан нүктеге жел диірменді шартты белгімен белгілейді.



57-сурет. Эккер

Үйдің бір бұрышын C нүктесін $AC = a$ және $BC = b$ арақашықтықтарын өлшеу арқылы да анықтауға болады (57, в-сурет).

Кейін C нүктесін планға салу үшін A және B нүктелерінен a мен b –ға тең радиуспен циркуль арқылы доғалар жүргізіп, олардың қиылысқан жері белгіленеді.

7.6. Теодолиттік жүріс нәтижелерін

математикалық өңдеу

Теодолиттік түсірістегі камеральдық жұмыстар есептеулер мен сызу жұмыстарынан тұрады. Есептеулер нәтижесінде пункттердің координаталары анықталып, ал графикалық жұмыстар арқылы белгіленген масштабта теодолиттік түсірістің планы жасалады.

Теодолиттік жүріс пункт координаталарының есептеу жұмыстары өзара мынандай түрлерге бөлінеді:

- 1) өлшенген бұрыштарды өңдеу;
- 2) дирекциондық бұрыштарды есептеу;
- 3) өлшенген ұзындықтардың горизонталь проекцияларын есептеу;
- 4) координаттар өсімшелерін есептеу;
- 5) пункттердің координаталарын есептеу.

Осы айтылған есептеулер арнайы ведомоста жүргізіледі (11-кесте). Тұйықталған және тұйықталмаған полигондар пункттерінің координаталарын есептеудің ерекшеліктері бар. Сондықтан оларға екі бөлек тоқталамыз.

Енді тұйықталған теодолиттік жүрістегі нүктелердің координаталарын есептеп шығару жолын қарастыралық (58-сурет). Есептеп шығарулар арнайы ведомость қолданылып (11-кесте), төмендегі ретпен жасалынады:

1. Бұрыштарды өлшеу журналынан 2-графаға горизонталь бұрыштардың орташа мәнін жазып алады.

КООРДИНАТТАЛАРДЫ ЕСЕПТЕУДІҢ ВЕДОМОСІ

нүктелер	Горизонталды бұрыштар		Дирекционык бұрыштар α	румбтар ρ	cos ρ sin ρ	Горизонт талдық проложения L, M	Жұмықтатылған координаттар						Координаттар			
	өлшегі	түзетілген					есептелген			түзетілген			X	Y		
							\pm	Δx	\pm	Δy	\pm	Δx			\pm	Δy
1			220°20'	ЮЗ	0,763796 0,647250	187,30	-	-0,07 143,06	-	-0,15 121,23	-	143,13	-	121,38	800,00	1000,00
2	81°13,5'	0,5	319°06'	СЗ	0,755396 0,654755	225,00	+	-0,08 169,96	-	-0,18 147,32	+	169,88	-	147,5	656,87	878,62
3	142°34'		356°32'	СЗ	0,997938 0,060453	156,65	+	-0,05 156,33	-	-0,12 9,47	+	156,28	-	9,59	626,75	731,12
4	103°51,5'	0,5	72°40'	СВ	0,302369 0,954601	271,37	+	-0,09 82,05	+	-0,21 259,05	+	81,96	+	259,84	983,03	721,53
5	76°57'		175°43'	ЮВ	0,996820 0,074662	265,73	-	-0,1 264,89	+	-0,21 19,84	-	264,99	+	19,63	1064,99	980,37
1	135°22,5'	0,5													800,00	1000,00

P=1106,05

$$- 407,95 - 278,02$$

$$+ 408,34 + 278,89$$

$$f_x = +0,39 \quad f_y = +0,87$$

$$f_{\text{сис}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

$$f_{\text{сис}} = \sqrt{0,39^2 + 0,87^2} = 0,9$$

$$f_{\text{сис}} = \frac{f_{\text{сис}}}{P} = \frac{1}{1106,05} \approx \frac{1}{1000}$$

$$\sum \beta_{\text{вп}} = 539^{\circ}58,5'$$

$$\sum \beta_{\text{н}} = 540^{\circ}00'$$

$$f_{\beta} = -1',5$$

$$f_{\beta_{\text{сис}}} = \pm 1' \sqrt{5} = \pm 2',3$$

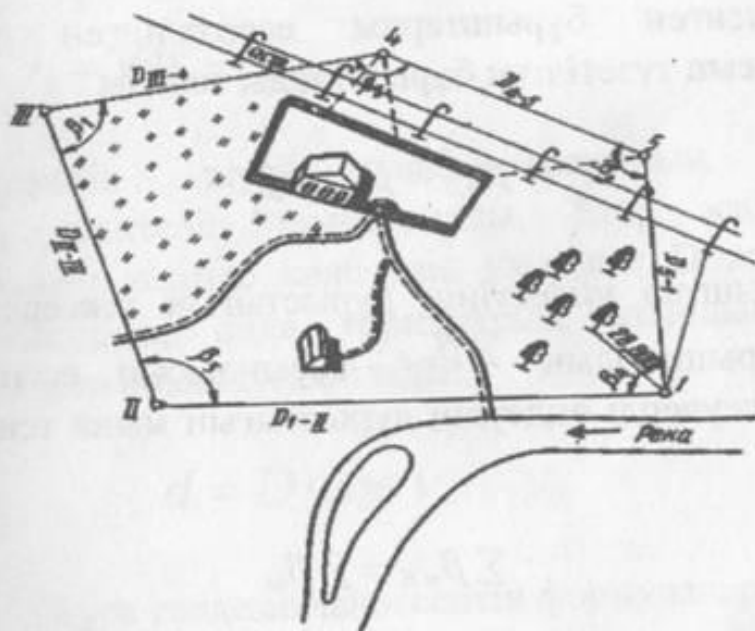
2. Ведомостың 6-графасына өлшенген ұзындықтардың горизонталь проекциялары енгізіледі.

3. Өлшенген бұрыштардың қосындысын есептеп, полигонның бұрыштық қиылыспаушылығын мына өрнекпен анықтайды:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{пр} - \sum \beta_m, \quad (54)$$

мұндағы $\sum \beta_{пр}$ – өлшенген бұрыштардың практикалық қосындысы;

$\sum \beta_m$ – полигонның ішкі бұрыштарының теориялық қосындысы.



58-сурет. Теодолиттік жүрістің схемасы

Тұйықталған теодолиттік жүріс бұрыштарының теориялық қосындысы мына формуламен есептеледі:

$$\sum \beta_m = 180^\circ (n - 2), \quad (55)$$

мұндағы n – көпбұрыштың ішкі бұрыштарының саны.

4. Бұрыштық қиыспаушылықтың f_{β} анықталған шамасы ықтимал шеткі қиыспаушылықпен $f_{риск}$ салыстырылады. Бұрыштық қиыспаушылық бұрыш өлшеудің дәлдігін көрсетеді және ол төмендегі шектен шықпауы керек:

$$f_{\beta} \leq 1' \sqrt{n} \quad (56)$$

мұндағы n – өлшенген бұрыштар саны.

5. Егер бұрыштық қиыспаушылық шектен аспаса, онда бұрыштарды өлшеу сапасының жоғары болғаны. Бұл жағдайда бұрыштық қиыспаушылық барлық өлшенген бұрыштарға таңбасын теріс етіп бөледі, яғни бұрыштарға кері таңбамен түзетулер енгізіледі.

$$\delta_{\beta} = -f_{\beta} / n; \quad (57)$$

Түзетулерді минуттық ондық бөлігіне дейін дөңгелектеп енгізеді.

6. Өлшенген бұрыштарды есептелінген түзетулермен, алгебралық қосып түзетілген бұрыштарды табады.

$$\beta_{m.б} = \beta_{\theta} + \delta_{\beta}. \quad (58)$$

7. Бұрыштар үйлесуінің дұрыстығын тексереді, сол үшін түзетілген бұрыштардың $\sum \beta_{m.б}$ қосындысын есептейді, сонда бұрыштық өлшеулерді өңдеудің дұрыстығын мына теңдік бойынша тексереді:

$$\sum \beta_{m.б} = \sum \beta_m \quad (59)$$

8. Бастапқы белгілі қабырғасының алғашқы дирекциондық бұрышы мен полигонның түзетілген ішкі бұрыштарының мәні бойынша жүйелілікпен ішкі полигонның барлық қалған қабырғаларының дирекциондық бұрыштарын мына формуламен есептеп шығарады:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} \pm 180^{\circ} - \beta_{m.он_1} \quad (60)$$

немесе

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} \pm 180^{\circ} - \beta_{m.сол}. \quad (61)$$

мұндағы $-\beta_{m,av}, -\beta_{m,cos}$ — сол жүрістегі оң және сол жақтарға сәйкес түзетілген бұрыштар: α_i — келесі қабырғаның дирекциондық бұрышы; α_{i-1} — бастапқы қабырғаның дирекциондық бұрышы.

9. Дирекциондық бұрыштарды анықтауды тексеру. Бұл тұйықталған теодолиттік жүрісте, бастапқы қабырғаларының дирекциондық бұрышын табу есептеулері болып табылады.

10. Румбалардың мәндері мына формуламен есептеледі:

$$\begin{aligned} 1 \text{ ширек} \quad r_1 &= \alpha_1 \\ 2 \text{ ширек} \quad r_2 &= 180^\circ - \alpha_2 \\ 3 \text{ ширек} \quad r_3 &= \alpha_3 - 180^\circ \\ 4 \text{ ширек} \quad r_4 &= 360^\circ - \alpha_4 \end{aligned} \quad (62)$$

11. Теодолиттік жүріс қабырғаларының горизонталь проекциялары есептеліп шығарылады. Егер қабырғаларының ұзындығын өлшеу кезінде көлбеулік ұзындық D және көлбеулік бұрыш ν — анықталса, онда горизонталь ұзындықтарды мына өрнектің көмегімен анықтауға болады:

$$d = D \cdot \cos \nu \quad (63)$$

12.12. Тура геодезиялық есептің формулалары пайдаланып, координата өсімшелері есептелініп шығарылады;

$$\begin{aligned} \Delta x &= d \cos \alpha = \pm d \cos r, \\ \Delta y &= d \sin \alpha = \pm d \sin r. \end{aligned} \quad (64)$$

Координата өсімшелерінің таңбалары берілген бағыттың қай ширекте жатқанына байланысты болады, яғни қабырғаның дирекциондық бұрышының мәнімен анықталады (11-кесте).

Координата өсімшелерінің есептелініп шығарылған мәндерін координаталар ведомысының 7 және 8 графаларына жазады.

13. X және Y осьтеріндегі координата өсімшелеріндегі қиыспаушылықты (f_x және f_y) мына формулаларды қолданып анықтайды

$$\sum \Delta x = \pm f_x \quad (65)$$

$$\sum \Delta y = \pm f_y$$

Осы мақсатпен 7 және 8 графалардағы оң және теріс өсімшелерді жеке-жеке қосады, содан соң алгебралық қосындысын есептеп, оның нәтижесін қорытынды сызықтың астына жазады.

14. Теодолиттік жүрістің периметріндегі абсолюттік ұзындық қиыспаушылығын табады.

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (66)$$

15. Теодолиттік жүрістегі абсолюттік ұзындық өлшеулердің дәлдігі, салыстырмалы ұзындық қиыспаушылықтың шамасымен бағаланады. Ол абсолют ұзындық қиыспаушылығына f_{abc} тура пропорционал, ал полигонның периметріне P кері пропорционал болады, оның мәні периметрдің $1/2000$ бөлігінен аспауы тиіс.

$$f_c = f_{abc} / P = \frac{1}{P : f_{cos}} \quad (67)$$

16. Егер салыстырмалы ұзындық қиыспаушылық шегінен аспаса, онда координаталар өсімшелерін теодолиттің жүріс қабырғаларының ұзындығына пропорционал етіп, кері таңбамен түзету енгізіледі.

$$\begin{cases} (\delta_x)_i = f_x / P \cdot d_i \\ (\delta_y)_i = f_y / P \cdot d_i \end{cases} \quad (68)$$

мұндағы $(\delta_x)_i$, $(\delta_y)_i$ — X және Y осьтеріндегі координата өсімшелерінің тиісті түзетулері.

Табылған түзетулерді метрдің жүз бөлігіне дейін дөңгелектеп, оларды ведомстың 7 және 8 графаларға тиісті өсімше мәндерінің үстіне жазады.

17. Тексеру мақсатымен түзетулердің $(\delta_x)_i$, және $(\delta_y)_i$ қосындыларын табады: олар тиісті қиыспаушылықтарға кері таңбамен тең болуы тиіс, яғни

$$\sum(\delta_x) = -f_x; \quad \sum(\delta_y) = -f_y; \quad (69)$$

18. Есептеліп шығарылған координата өсімшелері мен түзетулері бойынша координаталардың түзетілген өсімшелерін анықтайды (9 және 10 графалар):

$$\begin{aligned} \Delta x_m &= \Delta X + (\delta_x) \\ \Delta y_m &= \Delta y + (\delta_y) \end{aligned} \quad (70)$$

Әрбір осьтегі түзетілген координата өсімшелерінің алгебралық қосындысы нөлге тең болуы тиіс:

$$\sum \Delta x_m = 0; \quad \sum \Delta y_m = 0 \quad (71)$$

19. Түзетілген өсімшелер мен нүктелердің координаталары бойынша жүйелі түрде полигонның барлық ұштарының координаталарын есептеп шығарады:

$$\begin{aligned} X_{i+1} &= X_i + \Delta x_{T,i} \\ Y_{i+1} &= Y_i + \Delta y_{T,i} \end{aligned} \quad (72)$$

мұндағы X_{i+1} , Y_{i+1} — X және Y осьтеріндегі келесі нүктелердің тиісті координаталары;

X_i , Y_i — X және Y осьтеріндегі алдыңғы нүктелердің тиісті координаталары;

$\Delta X_{m,i}$, $\Delta Y_{m,i}$ —өздерінің таңбаларымен алынған координаталардың түзетілген өсімшелері.

Есеп шығарылған координаталарды 11-кестенің 11 және 12-графаларына жазады. X_{11} , Y_{11} —мәндері есептеудің дұрыстығын көрсетеді. Координаталарды есептеп шығару компьютерде жүргізіледі.

7.7. Теодолиттік түсірістің планын сызу

Теодолиттік түсірістің планын сызу қабырғалары 10 см квадраттардан тұратын координаталар торын құрудан басталады. Сызылатын панның дәлдігі координаттық тордың дұрыс құрылуына тікелей байланысты болғандықтан, торды сызу, арнаулы аспаптар арқылы мұқият түрде жүргізіледі.

Координаттық торды құру үшін X және Y осьтері бойынша қанша квадрат қажет екендігі есептелінеді. Мәселен, 12-кестедегі өңдеу нәтижелері негізінде масштабы 1:2000 план сызу керек болса, онда квадраттар қабырғасы 200 м болып келеді. Осындай квадраттан санын білу үшін 12-кестеден X пен Y -тің жоғарғы және ең төменгі мәндері жазылып алынады.

Мысалы $X_{max}=800,0$; $X_{min}=554,12$; $Y_{max}=554,12$; $Y_{min}=3346,61$.

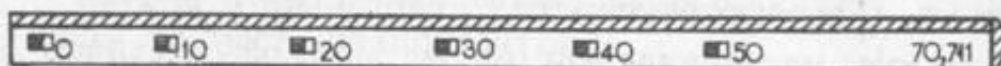
Енді осы шамаларға сүйене отырып, X осі бойынша ең үлкен мәні бар 1-пункт тордың ішінде болуы үшін, тордың солтүстік жағындағы сызық координатасы 800,0, ал ең кіші мәні бар 4-пункт тор ішінде болуы үшін, тордың оңтүстіктегі төменгі сызығының координатасы 400,0 тең болуы тиіс. Осыған сай Y осінің батыс жағы 200,0, ал шығыс жағындағы сызық координатасы 600,0.

Бұл сызғыш ені 50 мм, қалыңдығы 5 мм-лік жоғары сапалы жезден жасалған, біржақ жиегі мен бір шеті қиғашталған (59-сурет). Сызғышта аралары 100 мм-ден межеленген тік бұрышты оймалары бар. Оймалардың әрқайсысының біржағы және қиғаш шеті радиустері 100, 200, 300, 400, 500 және 707,11 мм-дік шеңбер доғаларына сәйкес болып келген. Яғни, сызғыштың ұзындығы $L=707,11$ мм, ал қабырғалары 500 мм-лік квадраттың диагоналына тең. Демек, бұл сызғыш мөлшері 50x50 координаталар торын немесе тордың қабырғалары 40x30 см тік бұрышты үшбұрыштың гипотенузаларын анықтауға негізделген.

Координаттық торды құру үшін план салатын қағаздың төменгі жағында параллель етіп Дробышев сызғышын қояды да, қиғаш жағымен AB түзу сызығын жүргізеді. Содан кейін сызғыштың әрбір оймалары арқылы жақсы ұшталған қарандашпен сызық–10 тең бөлшектерге бөлінеді. Сызғышты 90° -қа бұрып, (60, ә-сурет) оймалар арқылы доғалар жүргізіліп, 60, б-суреттегідей сызғыштың бірінші оймасын бастапқы нүктеге келтіріп, екінші мен соңғы доғаны қиып өтетін C нүктесі белгіленеді.

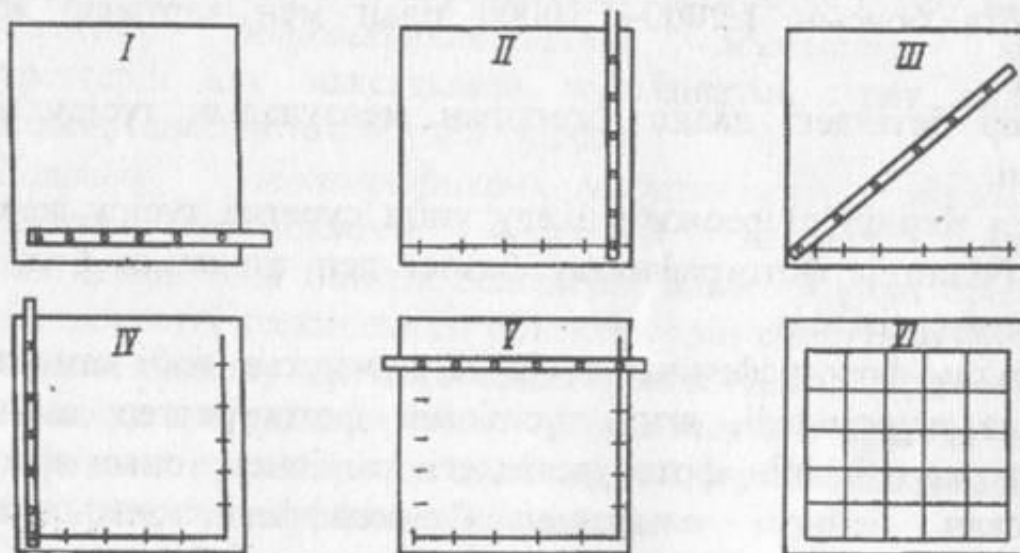
Осы әдіспен D нүктесі табылады да, C мен D -ның аралары тең кесінділерге бөлінеді. Белгіленген нүктелер қосылып, координаталық тор сызылады (60, в-сурет). Мөлшері 40×30 см координаталық торды сызу жолы 60-суретте көрсетілген. Мұнда сызғыштың біріншіден алтыншы оймасына дейінгі қашықтығы диагональ болып есептеледі. Координаталық тор құрылып болған соң, оларды цифрлайды және масштабқа сәйкес әр сызықтың координаталары жазылады.

Теодолиттік жүріс пункттері координаталары арқылы планға салынады. Пункттердің планға дұрыс салынғанын анықтау үшін өлшеуіш циркульмен көлденең масштаб арқылы горизонталь проекциялары (d) тексеріледі. Егер қиыспаушылық $0,2$ мм-ден аспаса, онда пункттердің дұрыс салынғандығы. Сонымен қатар, транспортер арқылы сызықтардың дирекциондық бұрыштары 1 тексеріледі.



59-сурет. Дробышев сызғышы

Теодолиттік жүрістің барлық пункттері салынып болған соң абрисқа сүйене отырып, ситуация салынады. Планға ситуация салу жоғарыда айтылғандай түсіру тәсіліне сәйкес жүргізіледі.



60-сурет. Координаталық торды құру

Ең ақырында, планға тушпен шартты белгілер салынады, дарамасы сызылып, безендіріледі.

7.8. Аэрофототопографиялық және фототеодолиттік түсірістер

Фототопографиялық түсіріс фотосуреттер бойынша топографиялық план мен картаны жасауға негізделген геодезиялық жұмыстардың бір түрі. Суретке түсіру әдістеріне байланысты фототопографиялық түсірістер аэрофототүсіріс және жер бетіндегі фототүсіріс болып бөлінеді.

Аэрофототүсірісте жер беті самолеттен, вертолеттен және жер серігінен арнайы аэрофотоаппараттар (АФА) арқылы түсіріледі. Бұл әдіс көлемі үлкен аймақтардың 1:1000–1:5000 масштабты карталары мен пландарын жасау үшін қолданылады.

Топографиялық карталардың түпнұсқаларын жасауда қолданылып жүрген әдістерге қарай аэрофототүсіріс құрама және стереотопографиялық болып екіге бөлінеді.

Құрама аэрофототүсірісте картаның контур бөлігін аэрофототүсіріс материалдарын өңдеу арқылы жасайды, ал жер бедерін фотопланға немесе фотосхемаға далада түсіреді. Бұл әдісті жазық аудандар мен ірі масштабтағы түсірістерде және аэросуреттер арқылы топографиялық карталар мен пландарды жасау жатады.

Ал, жер бетіндегі фототүсіріс теодолит пен фотокамерадан тұратын фототеодолит жүргізіледі. Түсірістің бұл түрімен қай масштабта болсын 1:2000–1:10000 план мен карталар жасауға болады.

Жер бетіндегі дәлдігі жағынан мензулалық түсіруден кем түспейді.

Бұл жердің стереожұбын алу үшін суретке түсіру жергілікті жерде бөлінген фотографиялау базисі деп аталатын белгілі бір базистен жүргізіледі.

Жалпы фотографиялық түсіруде жұмыстың көбі камеральдық жағдайда жүргізіледі, яғни түсірілген фотосуреттер жан-жақты өңделіп, жер бетінің фотосуретіндегі кескіннен, оның кеңістікте орналасқан бейнесі алынады. Стереозффект деп аталатын объективтің кеңістіктегі бейнесін стереоскоп аспабы арқылы көруге болады.

Берілген масштабта фотосуреттер арқылы қос фотосуреттер өңделіп, өңдеу нәтижелері топографиялық план болып, горизонтальдары сызылып, шартты белгілермен безендіріліп

отырылады. Бұл түсірістің тахеометриялық және мензулалық түсірістерге қарағанда артықшылығы мынада:

- дала жұмыстарында еңбек өнімділігінің артуы;
- рейка ұстайтын адамның қажеті болмағандықтан, жұмыс қауіпсіздігінің артуы.
- фотосуреттер арқылы план жасағанда рельефті толық бейнелейтін нүктелердің көптігі.
- ұшудың сапасы стереофотографиялық түсірісті жүргізуді қамтамасыз ете алмайтын жағдайда қолданылады.

Стереотопографиялық аэрофототүсіріс топографиялық картаның түпнұсқасын жасауға қажетті жұмыстардың жиынтығы. Құрама түсірістермен салыстырғанда, бұл әдісте далалық жұмыстардың көлемі аз болады. Стереотопографиялық түсірістің артықшылығы: далалық, топографиялық жұмыстарды едәуір қысқарту; түсірілетін ауданның физика-географиялық жағдайына тәуелсіз жұмыстардың бірқалыпты дәлдігін сақтау және барлық жұмыстарды жыл бойына біркелкі бөлу.

Топографиялық карталар мен пландарды аэрофототүсіріс әдістермен жасау, өзара байланысты мынадай жұмыстардан тұрады: ұшу-түсіру, далалық фотолабораториялық, топографиялық-геодезиялық және фотограмметриялық.

Ұшу-түсіру жұмыстарына ұшу-түсіру және навигация аппаратураларын даярлау, жергілікті жерді суретке түсіру жатады.

Далалық фотолабораториялық жұмыстар жанасқан аэросуреттерді алу максатымен жүргізілетін сурет өңдеу мен суреттердің сапасын тексеруден тұрады.

Далалық топографиялық-геодезиялық жұмыстарды аэросуретте кескінделген жергілікті жердегі нүктелердің координаталары мен биіктік белгілерін анықтау үшін орындайды. Олар фотосуретті кескінделген объектілердің сипаттамаларын табу, түсінік және анықтау жұмыстарынан тұратын далалық дешифлеу.

Фотограмметриялық өңдеу жұмыстарына арнайы далалық, топографиялық аспаптар мен далалық, топографиялық геодезиялық жұмыстардың мәліметтерін пайдаланады.

Басқа әдістерімен түсірілуі қиын объектілердің де қамтылуы.

Фотографиялық түсірістер карьерлерді түсіруде, инженерлік құрылыстарды жобалауда, жер қорларын, тау-кен жыныстарының және үлкен құрылыстардың деформацияларын зерттегенде, геологиялық барлауға, т.б. жұмыстарға қолданылады.

7.9. Мензулалық түсіріс

Топографиялық планды тікелей далада салу үшін қолданылатын графикті әдіс мензулалық түсіріс деп аталады. Мензулалық түсіріс шағын учаскеде мензула мен кипрегельдің көмегімен атқарылады. Түсірісті жасау, жергілікті жердегі нүктелердің планшеттік өзара орындарын графикалық түрде анықтауға негізделген. Нүктелерге дейінгі ара қашықтық кипрегельдің ара қашықтық өлшеуіш пен қашықтық өлшеуіш рейканың көмегімен өлшенеді, ал бұрышты графикалық түрде салады. Құрылыс салынған территорияны түсіргенде, ара қашықтық өлшеуіш саптамамен өлшейді.

Мензулалық түсірістің артықшылығы оның көрнектілігі. Себебі, түсіру процесі кезінде планды жергілікті жермен салыстыруға мүмкіндік туады, ал кемшілігі жұмыстың негізгі бөлігі далада өтетіндіктен, қыста және жауын-шашынды күндері жұмыс істеуге мүмкіншілік болмайтындығы, жабдықтардың үлкендігі, істелетін жұмысты бөлудің қиыншылығы. Сондықтан өлшеулер мен планды сызуды тек бірғана орындаушы жасайды.

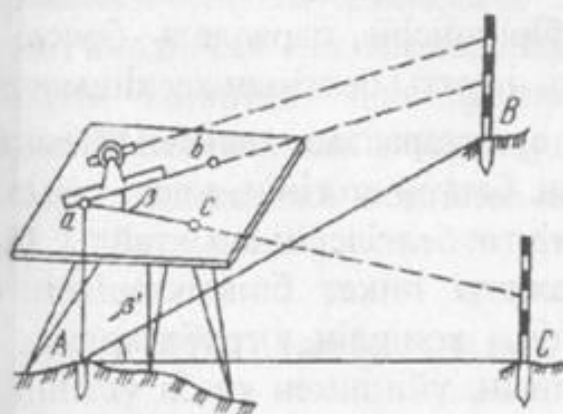
Мензулалық түсірісте түсіргі жүйенің жиі болуы талап етіледі. Түсіргі жүйе жергілікті жер жағдай мен түсірістің қажетті дәлдігіне байланысты графикалық немесе аналитикалық әдістер мен құрылуы мүмкін. Аналитикалық әдістерге қиылыстырулар, теодолиттік және тахеометриялық жүрістер, ал графикалық әдістерге қиылыстырулар, мензулалық, буссольдық жүрістер жатады. Жүйелерді ашық жерлерде құрады, ал жабық жерлерде жүрістер жүргізіледі.

1:5000 және одан да ұсақ масштабпен алынған түсірістер үшін геометриялық жүйелер құрғанда, әрбір нүкте үш пункттен қиылыстырылуы керек, ал қиылыстыру бұрыштары 30° және 150° -тан артпауы тиіс. Қабырғалары 0,4 мм үшбұрыш кателіктеріне жол беруге болады. Трапецияда бастапқы пункттер 2-ден кем болмауы керек.

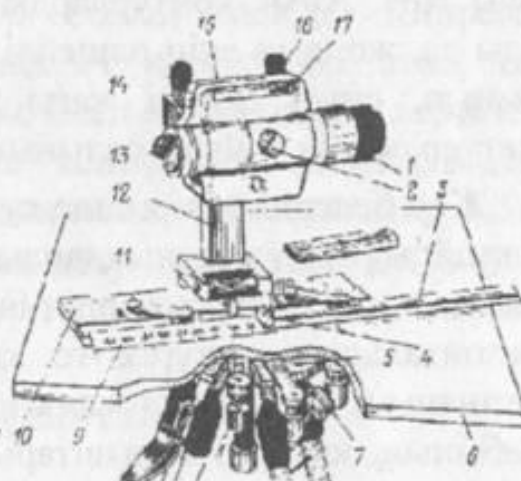
Түсіріс алдында планшетті дайындайды: ол үшін Дробышев сызғышының, штангенциркуль мен координатографтың көмегімен қабырғалары 10 см-лік квадрат торкөздерге бөледі.

Мензулалық түсіріс кезінде қағаз жапсырылған планшет штативке горизонталь жағдайда белгілі бір нүктенің үстіне орнатылады (60-сурет). Планшетте жергілікті жердегі A нүктесінің

проекциясы болып саналатын a нүктесі кипрегельдің көмегімен B нүктесін нысаналайды да, планшетте av сызығын, содан кейін C нүктесін нысаналап, ac сызығын сызады. Планшетте сызылған сызықты кипрегель дүрбісінің коллимациялық жазықтығының, планшеттің горизонталь жазықтығымен қиылысу ізі болып саналады. Демек планшетте табылған $BAC = \beta'$ бұрыштың горизонталь проекциясы. B және C нүктелеріне дейін қашықтықтарды қашықтық өлшеуішімен анықтайды да, олардың горизонталь проекцияларын алынған масштабта планшетке салады. Нүктелердің салыстырмалы биіктіктерін тригонометриялық нивелирлеу әдісімен анықтайды. Түсірісті жасаған кезде планшеттегі және табиғаттағы жергілікті жердің контурлары мен сызықтарының горизонталь проекциялары бір-біріне параллель болуы тиіс. Сондықтан, планшетті жұмыс жағдайына келтіргенде оны бақылау нүктесінің үстінде центрлеу мен горизонтальдаудан басқа, планшетті жер шарына байланысты бағдарлауды орындау қажет.



61-сурет. Мензулалық түсіріс



62-сурет. Кипрегель

және өтпелі нүктелермен атқарылады. Негізгі жүрістегі салыстырмалы қиыспаушылық жүріс ұзындығының 1:300-нан, ал пландағы ұзындық қиыспаушылық—0,8-1,5 мм-ден аспауы керек. Жүрісте болған қиыспаушылықты параллель сызықтар әдісімен графикалық жолмен бөледі. (жүрістің нүктелері арқылы қиыспаушылықтың бағытына параллель жүргізілген сызықтарға сәйкес пропорционал кесінділерді салады). Нүктелер арасындағы салыстырмалы биіктікті екі мәрте анықтайды, олардың алшақтығы

100 м болғанда, қиыспаушылық 4 см-ден аспауы тиіс. Жүрістегі болатын қиыспаушылық мына формуламен есептеледі:

$$f_h = \frac{0.03 \cdot P_M}{\sqrt{n}} \text{ (см)} \quad (73)$$

мұндағы P_M —жүріс периметрі, м; n —жүрістің қабырғалар саны. Шығарылған қиыспаушылық, қабырғаларының ұзындығына пропорционал бөлінеді.

Өтпелі нүктелер, яғни геодезиялық жүйе пункттері түсіргі негіздеулер нүктелер мен қиылыстырулардан, сондай-ақ геодезиялық жүйе пункттерінің аралығындағы жармадан рулетка немесе болат лентамен өлшеу арқылы анықталады.

Әртүрлі масштабтағы түсірісте аспаптан рейкаға дейінгі ең үлкен қашықтық 150-350 м, ал план масштабтағы пикет арқылы 2 см болуы тиіс. Анық контурларды түсіргенде пикеттерді бір жағынан алады да, жолдың енін өлшейді. Егер жолдың ені план масштабына салынып, оның екінші жағы біріншісіне параллель болса, онда пикеттер осьтің бойына салынып, шартты белгімен кескінделеді.

Жер бедерін түсіргенде су арықтары мен тальвег сызықтарын анықтайды; бұл үшін шындардың, беткей етегінің, алқап сағасының, басқа да сипатты нүктелердің биіктік белгілерін анықтайды. Планда горизонтальдарды жүргізуге қажетті пикет биіктіктерінен басқа платинаның, бөгеттің, шлюздің, көпірдің, трубалардың, жол торабының, квартал бұрыштарының, үйіндімен қазба үстінің және етегінің, ордың, құдықтың, төбенің, т.с.с.биіктік белгілерін анықтау керек. Су деңгейінің төмендеуін 15 см сайын анықтап, күнін көрсетіп жазады. 5-ке еселі горизонтальдарды қалыңдатып, беткейдің бағытын бергштрихтармен көрсетеді.

Мензулалық түсірістің кемшілігі ауа райына байланыстылығы, планның тек бір масштабта сызылуы, өлшеу мен сызу жұмыстарын бір адамның ғана атқаруы.

Ал, тахеометриялық түсіріспен салыстырғанда айырмашылығы топографиялық планның тікелей далада сызылуы, яғни салынған планы мен жер бедерін сол жергілікті жерде салыстыруға мүмкіндік болады.

Жер бетіндегі нүктелерді көздеу мен биіктік өсімшелерін анықтау үшін кипрегель қолданылады. Кипрегель арқылы планшетке бағыт сызылады, қашықтық проекциясы c және h өсімше анықталады. Қазіргі кезде d және h -ты номограммалар арқылы анықтайтын КН-кипрегель шығарылып, кеңінен қолданып жүр.

Кипрегель КН (62-сурет) көздеу дүрбісі (1) бағана (6) негізгі (3) және қосымша (4) деп аталатын екі сызғыштан тұрады. Бақылауда ыңғайлы болу үшін дүрбі сынық окулярмен (5) жабдықталған. Дүрбінің сыртында оны фокустайтын тұтқасы (2) бар. Кипрегельдің бағанасында жетекші (7) және бекіткіш есептер бар. Вертикаль дөңгелекті нөлге келтіру үшін цилиндрлік деңгей (8), ал планшетті жазық бағытқа келтіру үшін бағананың төменгі жағына деңгей (10) орнатылған. Өлшенген жазық проекцияны планға салу үшін қосымша масштабтық сызғыш (9) бар. Кипрегельдің дүрбісін 40° -қа дейін еңкейтуге болады. Горизонталь проекциясын беретін номограммалық қисықтарды коэффициенттері көлбеу бұрыштарға байланысты ± 10 , ± 20 және ± 100 болып келеді. Кипрегель номограммасының ең төменгісін негізгі қисық деп атап, оны рейканың нөлдік санына нысаналайды. Есеп алар алдында вертикаль дөңгелектің көпіргіші нөл пунктке келтіріледі. Номограммалы кипрегель КН қашықтықты анықтаудың салыстырмалы қатесі 1:500-ге дейінгі дәлдікте, ал өсімшені анықтау дәлдіктері $K=20-6$ см болады.

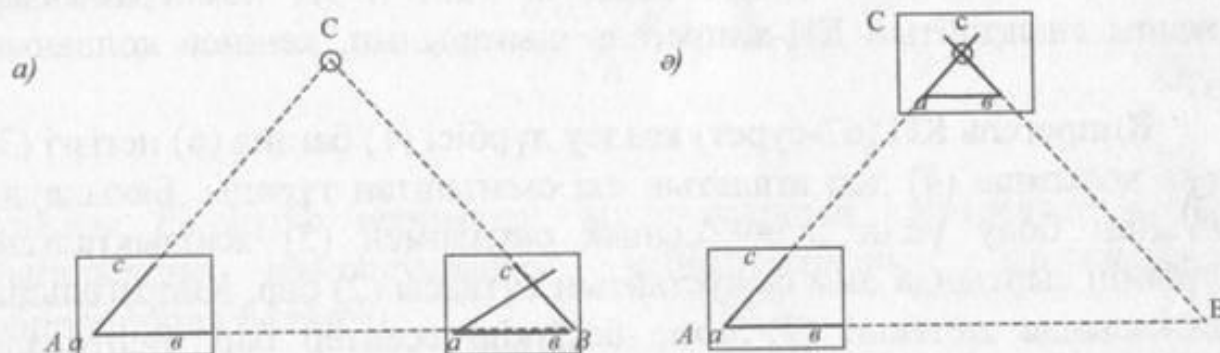
8.10. Мензулалық түсірісті жүргізу

Мензулалық түсірістің план готандық торларына полигонометриялық пункттер, теодолиттік жүріс нүктелері, т. б. жатады. Оларды жиілету қажет болғанда, геометриялық тор мен мензулалық жүрістер пункттерінен толықтырылады.

Мензуралық түсірісте нүктелердің планшеттегі орындары тура, кері және құрама қиылыс арқылы анықталады.

Тура қиылыстыруда (63, a -сурет) мензуланы A нүктесіне орнатып, AB бойынша бағдарлайды. AB -ның проекциясы планшете сызылған. Кипрегельді a нүктесі арқылы C -ға көздеп, алған бағытын сызып алады. Одан кейін B нүктесі мензуланы орнатып, BA -ға бағдарлайды. Кипрегельді b нүктесі арқылы тағы да C -ға көздеп, c

бағытын сызады. Сызылған екі бағыттың қиылысқан нүктесі жер бетіндегі C нүктесінің пландағы орны болып есептеледі.



63-сурет. Тура және кері мензулалық қиыстырулар

Кері қиылыстыру (62, б-сурет) жер бетіндегі белгілі үш-төрт пунктке қарап, планшеттегі бір нүктенің орнын табады. C нүктесіне мензула орнатып, планшет үстіне бекітіледі де, оған c нүктесі белгіленеді. Кипрегель сызғышын c нүктесіне келтіріп, дүрбіні кезектеп A , B және C пункттеріне нысаналайды. Әр нысаналанған сайын ca , cb бағыттары сызылады. Содан кейін осы сызылған планшеттегі a , b және c нүктелерімен беттескенше, кальканы айналдыра қозғап, c нүктесін планға түсіреді.

Құрама қиылыстыру негізгі нүктенің бірі B нүктесі, мензула орнатуға қолайсыз болған жағдайда қолданылады. Бұл жағдайда A нүктесіне орнатылып, AB бойынша бағдарланады. C нүктесіне көздеп ас түзуі сызылады да, мензуланы C нүктесіне орнатып, ш бағыты бойынша планшетті бағдарлайды. Одан кейін сызғыш планшетті B нүктесіне келтіреді, дүрбідегі жіптер торының қиылысу нүктесі B -нүктесі бейнесіне беттескенше, кипрегельді қозғайды. B нүктесіне тура нысаналанған жағдайда, сызғыш бойынша v нүктесі арқылы va бағыты жүргізіледі. Бұрынғы сызылған ас-мен кейінгі ес-нің қиылысу нүктесі C нүктесінің планшеттегі орны болып есептеледі. Мензулалық түсіру пункттерінің биіктіктері техникалық немесе тригонометриялық нивелирлеу арқылы анықталады.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Геодезиялық түсірістердің түрлерін атаңыз.
2. Теодолиттік түсірістің мәні неде?

3. Теодолиттік жүрістер.
4. Жер бетінің ситуациясын түсірудің тәсілдері.
5. Теодолиттік жүріс нәтижелерін математикалық өңдеудің тәртібін атаңыз.
6. Теодолиттік түсірістің планын қалай сызады?
7. Фототопографиялық түсірістің мәні, ерекшеліктері.
8. Фотографиялық түсірісте қолданылатын аспаптарды атаңыз.
9. Далалық фототүсірістерді атаңыз.
10. Аэротүсірістерді дешифрлеу деген не?
11. Мензулалық түсірістің мәні, кемшіліктер мен ерекшеліктері.
12. Мензулалық түсірісте қолданылатын аспаптар.
13. Кипрегель деген қандай аспап және оның тексерулері?
14. Мензулалық түсірістегі стансада жүргізілетін жұмыстарды атаңыз.

8. ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ НИВЕЛИРЛЕУ

8.1. Биіктік өсімшелерін өлшеу әдістері

Жергілікті жердегі нүктелердің биіктіктерін немесе өсімшелерін анықтау мақсатымен жүргізілетін өлшеулерді *нивелирлеу* деп атайды. Нивелирлеудің геометриялық, физикалық механикалық, стереофотограмметриялық деген бірнеше әдістері бар.

Геометриялық нивелирлеуде екі нүкте биіктіктерінің айырмашылығы (биіктік өсімшесі) горизонталь нысаналау сәулесінің көмегімен анықтауға негізделген. Мұнда дүрбісі горизонталь орналасқан нивелир деген аспап пен рейка қолданылады.

Тригонометриялық нивелирлеуде биіктік өсімшесін сол екі нүкте арасындағы қашықтық пен көлбеу бұрышты өлшеу арқылы анықтайды. Биіктік өсімшесін тригонометриялық формулаларды қолданып есептейді. Нивелирлеудің бұл әдісі көбіне тахеометриялық түсірісте тахеометр мен рейка қолданылады.

Физикалық нивелирлеу жергілікті жердегі нүкте биіктігі мен атмосфералық қысымға негізделген барометрлік және бір-бірімен жалғасқан екі ыдыстағы сұйық зат деңгейінің тең биіктікке негізделген гидростикалық нивелирлеулер деген екі түрге бөлінеді.

Механикалық нивелирлеу велосипедке, автокөлікке орнатылған арнайы аспаптар көмегімен жүргізіледі. Мұндай аспап жылжығанда, автоматты түрде жүрген жол мен нүктелердің биіктіктері бейнеленген профиль сызылады.

Стереофотограмметриялық нивелирлеу биіктік өсімшесін бір жердің екі қос фотосуреті арқылы анықтауға негізделген.

8.2. Геометриялық нивелирлеу

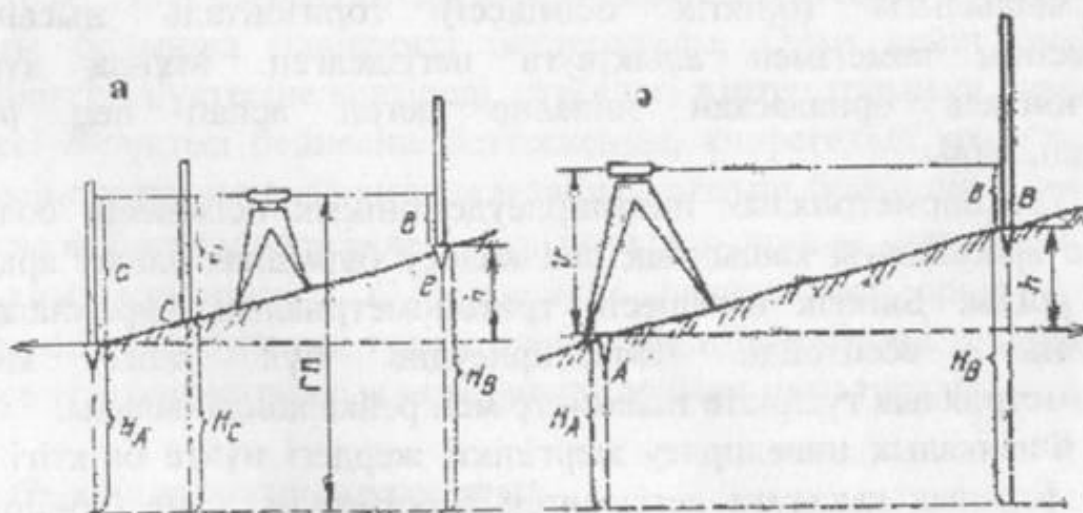
Геометриялық нивелирленуде нүктелердің биіктік өсімшесі нивелир деп аталатын аспап пен рейкалар арқылы анықталады, нивелир горизонталь жазықтыққа келтірілген дүрбі арқылы рейкадан есеп алуға негізделген. Геометриялық нивелирлеудің "ортадан" және "алға" нивелирлеу деген әдісі бар.

Ортадан нивелирлеу кезінде нивелир-нүктелер арасына, ал рейкалар сол нүктелерге орнатылады (64, а-сурет).

Содан кейін А және В нүктелерінде тұрған рейкаларға кезекпен қарап, дүрбінің визир сәулесінің осы нүктелерден биіктіктері "а" және "b" есептелініп алынады. Егерде А нүктесін артқы, ал В нүктесін алдыңғы деп белгілесек, онда "а" рейкадан алынған артқы есеп, "b"–алдыңғы есеп болады. Содан В нүктесінің А нүктесіне қарағандағы биіктігінің айырмашылығы былайша анықталады:

$$h = a - b \quad (74)$$

мұндағы h -биіктік өсімшесі.



64-сурет. Нивелирлеудің түрлері

Демек, ортадан нивелирлеу әдісінде биіктік өсімшесі артқы және алдыңғы есептердің айырмашылығына тең.

Ескере кететін жағдай, егер $a > b$ болса, онда h -тың оң таңбалы, ал $a < b$ болса, онда h -теріс таңбалы болғаны.

Нивелирді екі нүктенің ортасына орнатып, биіктік өсімшесін осылайша анықтауды "ортадан" нивелирлеу деп атайды.

Ортадан нивелирлеудегі аспаптан рейкаға дейінгі қашықтық нивелирлеу жұмыстың дәлдігіне, сол жердің рельефіне байланысты және де екі қашықтық бір-біріне тең болуы қажет.

Алға нивелирлеу әдісінде (64, ә-сурет) нивелир дүрбісінің оқулары мен A нүктесі бір тіктеуіш сызық бойында орналасады да, есеп алынатын рейка екінші нүктеге орнатылады. Бұл жағдайда визирлік остің A нүктесінен биіктігін i рулеткамен өлшеп, B нүктесі тұрған рейкадан « v » есебін алады. Көрсетілген суретке сай, биіктік өсімшесі былайша анықталады:

$$H = i - v, \quad (75)$$

мұндағы i -аспап биіктігі.

Екі нүкте арасындағы өсімше белгілі болса, B нүктесінің биіктігін мына формула арқылы анықтауға болады:

$$H_B = H_A + h, \quad (76)$$

яғни, келесі нүктенің биіктігі алдыңғы нүкте биіктігіне өсімшені қосқанға тең.

Деңгей жазықтықтан нивелирдің визирлік осіне дейінгі тіктеуіш сызықты аспаптың горизонты $ГИ$ деп атайды. Аспап горизонты 63, a -суретке сай мынаған тең:

$$ГИ = H_A + a \text{ немесе } ГИ = H_B + v, \quad (77)$$

яғни, аспап горизонты $ГИ$ нүкте биіктігіне H_A сол нүктеде орналасқан рейкадан алынған есепті " a " қосқанға тең. Аспап горизонты арқылы да нүктелер биіктіктерін анықтауға болады.

Мысалы, 63 a -суреттегі екі пункт арасындағы C нүктесінің биіктігі H_c төменгі формула арқылы анықталады:

$$H_c = ГИ - c \quad (78)$$

мұндағы c - C нүктесіне қойылған рейкадан алынған есеп.

Әдетте, аспап горизонты бір станцияда тұрып, бірнеше нүктелердің биіктіктерін анықтағанда қолданылады.

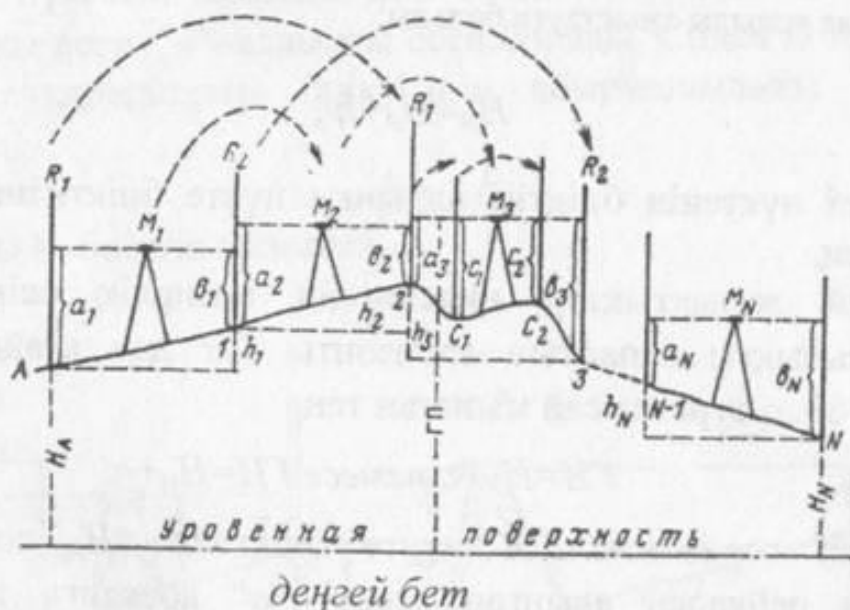
Егерде ниверлирленетін екі нүктенің арасы 100 м-ден аспаса, онда екеуінің арасындағы биіктік өсімі жалғыз станциядан анықталады, мұны қарапайым нивелирлеу деп атайды.

Егер 65-суретте көрсетілгендей, A және N нүктелерінің арақашықтығы едәуір қашық болса, онда өсімшені h_{MN} анықтау үшін нивелирді бірнеше станцияға орналастырып, күрделі нивелирлеу жүргізіледі, 65-суретке сәйкес нүктесінің A нүктесінен өсімшесі әр станциядағы биіктік өсімшелерінің қосындысына тең:

$$\sum h_{AN} = \sum h_i = \sum a_i - \sum b_i \quad (79)$$

Мұндағы $\sum a_i$ – барлық артқы есептердің қосындысы;

$\sum b_i$ – барлық алдыңғы есептердің қосындысы.



65-сурет. Күрделі нивелирлеу

Ақырғы нүктенің абсолют биіктігі (83) формуласына сәйкес былайша анықталады

$$H_N = H_A + \sum h_i \quad (80)$$

8.3. Нивелир және оның құрылысы.

Нивелир—жер беті нүктелерінің биіктік айырмасын, өсімшесін өлшеуге қолданылатын аспап. Нивелир өлшеу дәлдігіне қарай үш түрге бөлінеді.

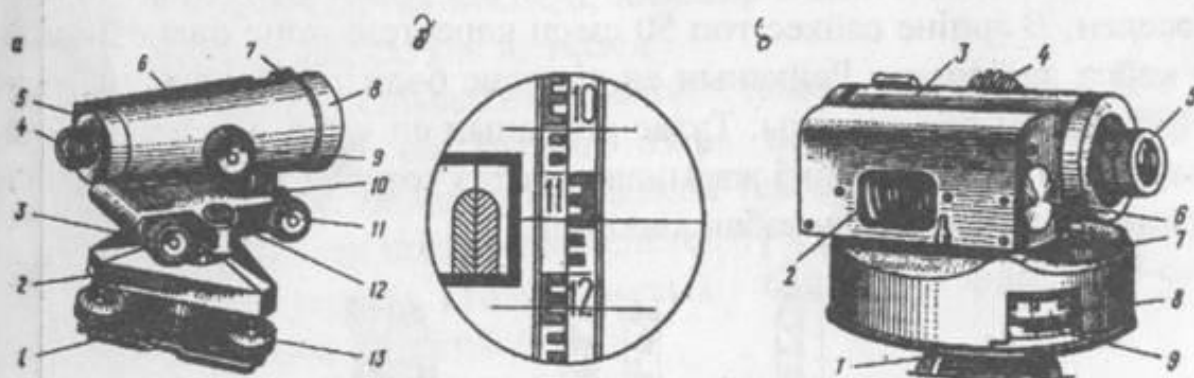
1) *H-05*—дәлдігі өте жоғары нивелир 1 км-лік қос жүрістегі өсімшемен анықтаудың орташа дәлдігі 0,5 мм-ге тең.

2) *H-3*—дәл нивелир. Орташа квадраттың дәлдігі 3 мм.

3) *H-10*—техникалық нивелир. Өсімше анықтау дәлдігі 10 мм аспайтын нивелир түрі.

Енді геодезиялық жұмыстарда кеңінен қолданылып жүрген нивелирлер *H-3* пен *H-10*-ның құрылыстарына тоқталамыз.

1. *H-3*—нивелирі 3,4 кластық және техникалық нивелирлеу үшін қолданылады. Оның негізгі бөлшектеріне: цилиндрлік деңгей (6) қондырылған дүрбі (8), көтергіш винттер (3) бар қондырғы (2), штатив бекіту үшін жасалған винт оймасы бар серіппелі пластинка (1) жатады (66, а-сурет).



66-сурет. Нивелирлердің түрлері

Цилиндрлік деңгеймен бір коробкада орналасқан призмалы құрылған деңгей үлбіреуігінің бейнесін көз алдына келтіреді.

Нивелирге қойылатын басты талап нысаналау сәулесінің горизонталь болып орналасуы. Оны горизонталь жағдайда дәл келтіру элевациондық бұранда (3) арқылы жүргізіледі, яғни деңгей үлбіреуігінің ең шетін ұштастыру арқылы (66, ә-сурет).

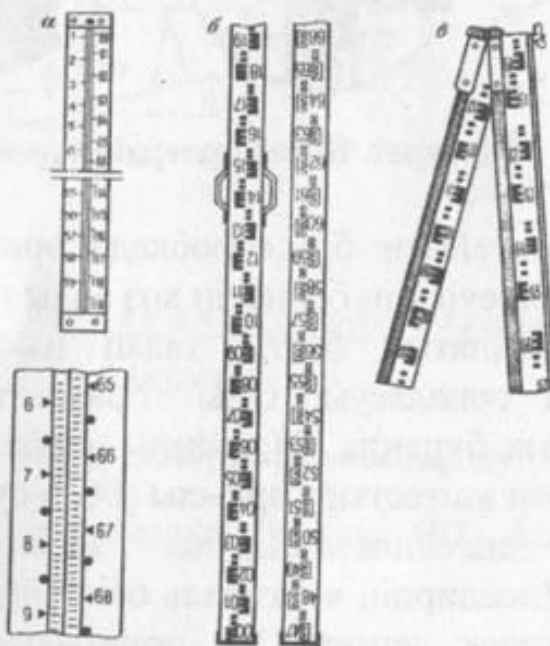
Цилиндрлік деңгейдің сыртқы жабық төрт түзетпе бұрандалары бар. Нивелирдің вертикаль осін алдын ала тік бағытқа келтіру үшін, дөңгелек деңгей (12) орнатылған және оның үш түзетпе винттері бар.

Ең алдымен дүрбінің көздегіші (7) мен бекітпе (10) арқылы бағыттап, одан кейін жетекші винт (11) көмегімен дәл көзделеді. Дүрбідегі жіптер торының анық көруін қамтамасыз ететін кремальера (3) бар.

Элевациондық винтпен деңгей үлбіреуігінің екі шеті ұштастырылғаннан кейін, жіптер торының ортаңғысы арқылы рейкадан есеп алынады (66, ә-сурет). Есеп әрқашанда төрт таңбалы сан болып келеді, яғни көрсетілген мысалда есеп 1145 мм-ге тең.

8.4 Нивелирлік рейкалар

Нивелирлеуде сантиметрлік бөліктері бар екі жақты рейкалар қолданылады. Олар ұзындығы 3-4 метр, ені 8-10 см және қалыңдығы 2-3 см тұтас ағаш тақтайдан жасалынады (67-сурет). Алып жүруге қолайлы бүктемелі рейкалар да жасалынады. Тақтайлар ақ майлы бояумен боялып, оларға сантиметрлік торкөз бөліктер түсіріледі. Онда әрбір дециметр жазылады, ал сантиметрлік бөліктер есеп алуды жеңілдету мақсатымен 5 см сайын топтарға біріктірілген. Мәселен, *E* әрпіне сәйкес топ 50 см-ді көрсетеді және оны санамай-ақ қойса да болады. Рейканың ең кішкене бөлігінің сандық шамасы рейка бағасы деп аталады. Тұтас рейканың ең үлкен ұзындығы 3 м-ге тең. Рейканың төменгі жағында оны тез тозудан қорғайтын болат пластинкадан жасалған табан қағылған.



67-сурет. Нивелирлік рейкалар

8.4. Нивелирлік рейкалар

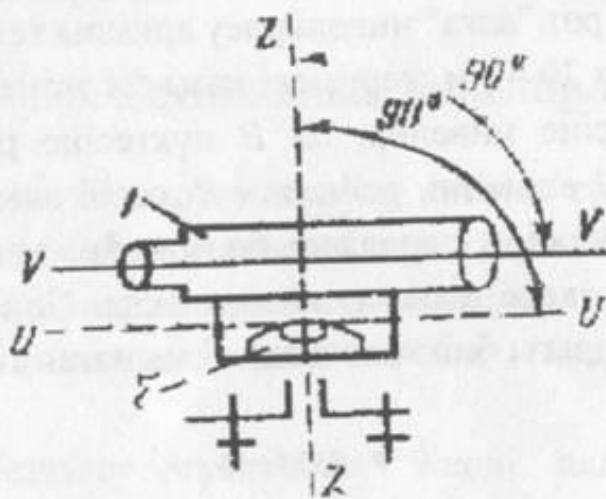
Рейкалар бір жақты немесе екі жақты да болуы мүмкін. Екі жақты рейкалардағы бір сантиметрлік бөліктер бір жағында қара, ал екінші жағында қызыл түспен белгіленген. Рейканың қара жағында есептеу нөлден басталады да, ол негізгі жағы болып есептелінеді. Рейканың қызыл жағын тексеру үшін қажет, оның табаны нөлден емес басқа саннан, мысалы, 4687 не 4787 мм-ден басталады. Егерде нивелирлеу кезінде рейканың екі жағынан есептер алынса, онда қызыл жағынан алынған есептен қара жағынан алынған есепті шегергенде, әрқашан 4687 4787 саны қалып отыруы қажет. Бұл сан есеп алудың дәлдігін де, дұрыстығын да көрсетеді.

Жұмыс жүргізер алдында нивелирлік рейкалар тексерілуге тиіс.

8.5. Нивелирдің тексерулері мен жөндеулері

Далалық нивелирлеу жұмысы басталар алдында аспапты ең алдымен толық сыртқа өткізеді, нивелир бөліктерінің жиынтығына, винттерінің түзулігіне көз жеткізеді.

Нивелирге қойылатын басты талап деңгейлік ось пен нысаналау сәулесі бағытының өзара параллель болуы. Жұмыс жүргізер алдында нивелир жан-жақты тексеріліп, биіктік өсімшесін дәл анықтауға әсер ететін кемшіліктер түзетілуге тиісті. Нивелирдің осьтері арасындағы геометриялық байланыстарды (67-сурет) тексеру былайша жүргізіледі.



68-сурет. Нивелирдің осьтік құрылысы

Дөңгелек деңгейді тексеру. Дөңгелек деңгейдің осі нивелирдің айналу осіне параллель болуы тиіс. Көтергіш үш винт арқылы дөңгелек деңгей үлбіреуігі ортасына келтіріледі.

Одан кейін нивелир дүрбісін 180° -қа бұрады да, көпіршіктің орнын тексереді. Егер көпіршік нөл пунктке қалса, онда жоғарғы тексеру шартының орындалғандығы. Керісінше, шарттың орындалмаған жағдайында дөңгелек ұстап тұрған үш түзеткіш бұрандалары арқылы ауытқудың жартысы түзетіледі. Ал қалған жартысы көтергіш бұрандалар әсеріменен түзетіледі.

Жіп торларын тексеру. Жіп торларының горизонталь штрихы нивелирдің айналу осіне перпендикуляр, ал вертикаль штрихы параллельді болуы тиіс. Екі штрихтың бір-біріне перпендикуляр болуына завод кепіл береді, сондықтан бұл тексеруді вертикаль штрихтың көмегімен жасаған дұрыс. Ол үшін нивелирден 20-25 м қашықтық жерге тіктеуіш (отвес) іліп қойылады да, нивелирдің айналу осі тік бағытқа келтіріледі.

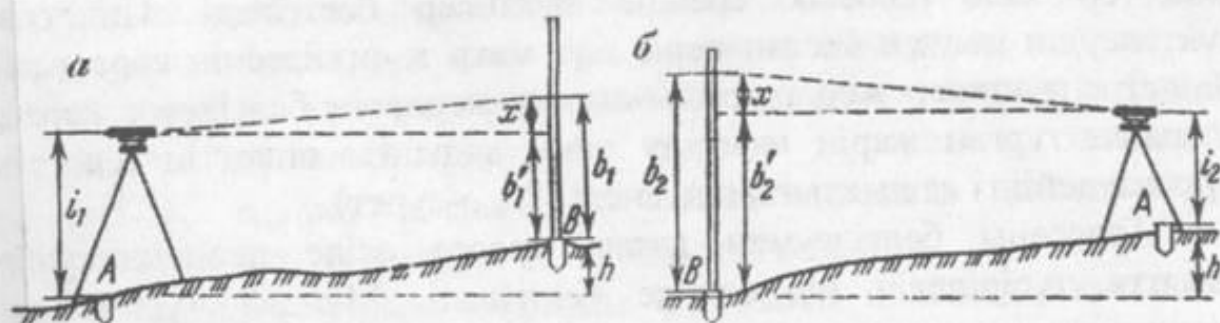
Егер дүрбіні тіктеуішке көздеген кезде вертикаль штрих тіктеуіш жібімен қабысып, оның бойымен өтетін болса, онда тексеру шартының орындалғандығы. Керісінше, бұл шарт орындалмаса, онда тордың түзету бұрандаларын босатып, диафрагманы жіптер торымен түзетеді.

Негізгі геометриялық шартты тексеру. Цилиндрлік деңгейдің осі көздеу осіне параллель болуы үшін бір жазықтықта жатуы керек.

Бұл тексеру екі рет нивелирлеу арқылы жүргізіледі, яғни бір қашықтықты екі рет "алға" нивелирлеу арқылы тексеріледі.

Қашықтығы 30-40 м жерге екі қазық A және B қағылып (69, а-сурет), A нүктесіне нивелир, ал B нүктесіне рейка орнатылады. Аспап биіктігі (i) өлшеніп, рейкадан B_1 есебі алынады. Егер көздеу осі VV мен деңгей осі vv параллель болмаса, онда B_1 есебінің орнына B_1 есебі алынып, қате шамасы анықталады. Сонда B нүктесінің A нүктесіне қарағандағы биіктік өсімшесі мынаған тең болды:

$$h = i - v_1 = i_1 - (v_1 - x) \quad (81)$$



69-сурет. Нивелирдің тексеруі

Енді нивелир мен рейканың орнын алмастырып, қайтадан аспап биіктігі (i_2) өлшенеді және A нүктесіне тұрған рейкадан есеп i_2 алынады (68, ә-сурет). Екі нүктенің арасы өзгеріссіз қалғандықтан i_2 есебіндегі қате шамасы тағы да X тең болады, яғни:

$$h = b_2 - i_2 = b_2 - x - i_2 \quad (82)$$

(84) және (85) формулаларынан x анықтайық:

$$X = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} \quad (83)$$

Егер $x < \pm 4$ мм болса, түзету жүргізілмейді. Керісінше, 4 мм-ден асып кетсе, элевациондық бұранданың көмегімен тордың ортаңғы штрихын түзетілген есепке $b_1 = b_2 - x$ келтіріледі. Бұл жағдайда цилиндрлік деңгей көпіршігі нөл пункттен ауытқиды, яғни дүрбі ішіндегі көпіршіктің ұштасқан екі шеті алшақтайды. Көпіршіктің ауытқуы цилиндрлік деңгейдің түзеткіш бұрандалары арқылы қалпына келтіріледі.

8.6. Техникалық нивелирлеу

Топографиялық жұмыстар жүргізу кезінде түсіру пункттерінің биіктіктері техникалық нивелирлеу арқылы анықталады. Техникалық нивелирлеу сондай-ақ, инженерлік құрылыстарды, темір жолдар мен тас жолдарды жобалау, құру және профиль сызудан тұрады.

Трассаны белгілеу түсірілетін жерді алдын-ала байқап, келешекте салынатын құрылыстың осін белгілеп, пикеттерді және құрылыс нүктелерін бекіту. Трассаның осі бойынша әр 100 м сайын

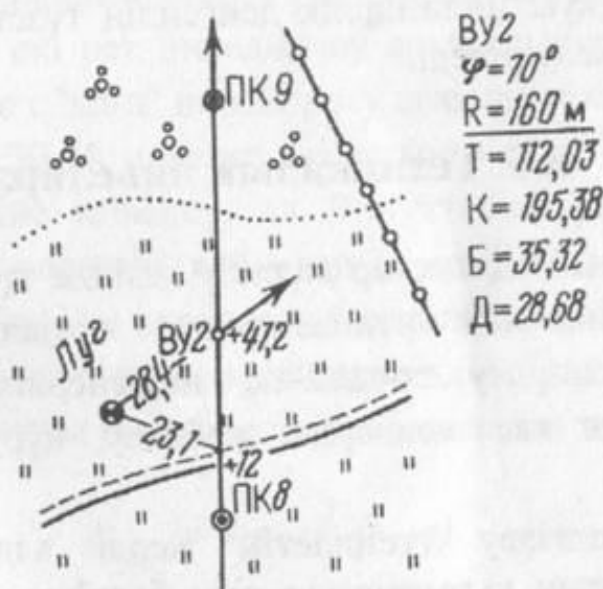
пикеттер мен плюстік ерекше нүктелер бекітіледі. Пикеттік нүктелердің нөлден бастап неше жүз метр жүргізілгенін көрсетеді. Плюстік нүктелер жердің ойлы-қырлы жерлерін белгілеуге керек, олардың тұрған жерін анықтау үшін алдыңғы пикеттің плюстік нүктеге дейінгі қашықтығы өлшенеді (70, а-сурет).

Трассаны белгілеумен қатар, трасса осіне перпендикуляр бағытта түсірілетін нүктелерде бекітіледі. Мұндай түсірулерді кесе-көлденең нивелирлеу деп атайды. Көлденең профильдердің ұзындығы 20-25 м-ге дейін жетеді (70, ә-сурет).



70-сурет. Техникалық нивелирлеу

Трассаны белгілеу кезінде пикеттің журналы жасалып, оған бекітілген барлық нүктелер салынып, жер ерекшеліктерінің схемасы жасалынады (71-сурет).



71-сурет. Пикеттік журнал

Трассаның қисық сызықпен кездесетін нүктесін қисықтық басы, аяғын–қисықтық аяғы– $ҚА$, ортасын–қисықтық ортасы– $ҚО$ деп белгілейді. Бұл үш нүкте қисықтың негізгі нүктелері болып есептеледі де, олар трассаның бұрылу бұрышы– φ , қисықтық радиусі– R , жанасу сызығы– T , қисық доғаның ұзындығы– K , биссектриса– B және қалдық– D арқылы анықталады.

Трассаның бұрылу бұрышы φ тікелей өлшенеді, қисықтық радиусі техникалық нормалар бойынша алынады, ал қисықтық қалған элементтері мына формулалар бойынша

$$T = R \operatorname{tg} \varphi / 2 \quad (84)$$

$$K = \frac{\varphi}{180^\circ} \pi R \quad (85)$$

$$D = 2T - K; \quad B = R(\sec \varphi / 2 - 1). \quad (86)$$

немесе арнаулы қисықтарды бөлу кестесі арқылы анықталады.

Нивелирлеу бір бағытта орындалады. Рейкалар бойынша есептеулер тек қана ортаңғы жіптен алынады. Әдеттегі екі жақты рейкаларды қолданғанда станциядағы жұмыс атқару реті төмендегідей болады:

- 1) артқы рейканың қара және қызыл жақтарынан есептеулер алу;
- 2) алдыңғы рейканың қара және қызыл жақтарынан есептеулер алу.
- 3) аралық нүктелердегі рейканың тек қара жағынан есеп алу.

Станциядағы салыстырмалы биіктіктің айырмашылығы екі немесе біржақты рейкаларды қолданғанда 4 мм-ден аспауы тиіс.

Жүрістердегі қателік $\pm 50 \sqrt{L}$ мм-ден аспауы керек, мұндағы L –жүрістің км-лік ұзындығы.

Нивелирлеу кезіндегі жұмыс атқару реті 64-суретте, ал есеп алу нәтижелерін журналға жазу және өңдеу 12-кестеде көрсетілген. Рейкадан есеп алу тәртібі кестеде жақша ішінде берілген. 64-суретке сәйкес нивелирді 0 мен 1–пикет араларына орналастырады. Аспапты жұмыс жағдайына келтіріп, дүрбіні соңғы нүктеге нысаналайды да, рейканың қара жағынан 0515 (1) (12-кесте) есебін алады, содан

кейін дүрбіні алдыңғы нүктеге нысаналап, рейканың қара жағынан 1645 (2) есебін алады. Есептеулерді нивелирлеу журналына енгізеді. Осыдан кейін рейкалардың қызыл жақтарын бақылаушыға қарай айналдырады, бұл кезде бақылаушы 6333 (3) және 5304 (4) есептеулерін алады. Қара $0615-1645=1030$ (5) және қызыл $5304-6333=-1029$ (6) есептеулерінің айырымы +4 мм-ден аспауы тиіс.

Бұдан кейін артқы рейкашы № 1 пикетке, ал бақылаушы 2-станцияға көшеді, № 0 пикетте тұрған рейкашы рейканың қара жағын нивелирге қарай қаратады. Нивелирді горизонталь жағдайға келтіргеннен кейін рейканың қара жақтары бойынша есептеулер алынады; ал соңғы 1330 (7) және алдыңғы 1657 (8) рейкалардың қызыл жақтарын бақылаушыға қаратқаннан кейін, бақылаушы 6346 (9) және 6017 (10) есептеулерін алады. Осыдан кейін салыстырмалы биіктік қара $1390-1657=-327$ және қызыл $6011-6346=-329$ есептеулермен шығарады да, айырмашылығы +4 мм-ден аспайтынына көзі жеткеннен кейін орташа салыстырмалы биіктік -328-ді тауып, оны 9-графаға жазады. Одан кейін № 0 пикетте тұрған рейкашы +20 аралық нүктеге көшіп, оған рейканы қойып, қара жағын нивелирге қаратады. Бақылаушы рейкадан 0681 (1) есебін алады. Аралық (+20) нүктеден рейкашы № 2 пикетке көшеді, бақылаушы ниверлерді 3-станцияға апарады, ал № 1 пикетте тұрған рейкашы рейканың қара жағын бақылаушыға қаратады және т.с.с. жалғаса береді.

Әр станциядағы жұмыс салыстырмалы биіктігі есептен шығарумен және оларды 3-кестенің 9-графасына жазумен аяқталады. Бақылаушы есептеулер мен есептен шығарулардың дұрыстығына көзі жеткенде ғана стансаны тастап, келесі стансаға көшеді.

8.7. Техникалық нивелирлеудің нәтижесін өңдеу

Техникалық нивелирлеу нәтижесін өңдеу далалық журналдардағы жазулар мен есептеп шығаруларды тиянақты түрде қарап шығудан және бақылаушы жасайтын әр беттік тексеруден басталады. Әр беттік тексеру жасалып біткеннен кейін, жүрістің қиыспаушылығын есептеп шығаруға кіріседі.

Бірінші стансадағы нивелирлеудің дұрыстығын тексеру үшін биіктік өсімшесін (79) формуласы арқылы анықтап, рейкалардың қара және қызыл жақтарының көмегімен алынған биіктік өсімшесін есептеп шығарады:

$$h_{\text{қара}} = Z_{\text{қ}} - II_{\text{қ}} \quad h_{\text{қызыл}} = Z_{\text{қызыл}} - II_{\text{қызыл}} \quad (87)$$

Одан кейін биіктіктің орташа мәнін мына формуламен анықтайды.

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \frac{\sum h}{2}; \quad (88)$$

$$\text{Әр беттік } \sum a = 29940 \quad \sum b = 32257$$

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = -1159$$

$$\frac{\sum h}{2} = -1159$$

$$h_{\text{орт}} = -1159$$

$$h_{\text{тыра}} = -1159$$

$$h_{\text{орт}} = -1159$$

$$h_{\text{теор}} = -1174$$

$$f_h = +15 \text{ мм}; \quad L = 1,5 \text{ км}. \quad f_h = 50\sqrt{1,5} = 60 \text{ мм}.$$

12-кесте

Техникалық нивелирлеудің журналы

Станция	Пикет нүктелер	Рейкадан алынған есептер, мм			Өсімшелер h, мм	Орташа өсімшелер, h м		Аспапты горизонты ГИ, м	Абсолюттік биіктіктер H, м
		Артқы а	Алдыңғы в	Аралық		+	-		
		3	4	5		8	9	10	11
	R ₄	0615(1) 5304(4)	1645(2) 6333(3)		30(5)1 029(5)		-2 1030(6)		850,000 848,968
II	0 +20 -1	1330(7) 6017(10)	1657(8) 6346(9)	0681	327 329	850,29 8	328 ⁻²	850,298	848,968 849,617
III	-1 +42	1035 572					1202 ⁻²	849,66	848,628

	+68 -2		2236 6925	0652 2730		201 203			849,011 846,933 847,424
IV	2	2515 7302							8476424 8486823
	9		1212 5903		140 313 99		1401 ²		

Нивелирлеу журналының әр бетінде жүргізілетін бұл тексеруге полюстік нүктелерден алынған есептер енгізілмейді.

Анықталған өсімшелердің дұрыстығына көз жеткізгеннен кейін жалпы нивелирлік жүрістің қателігі анықталады.

Егер нивелирлік жүріс екі репердің арасында болса, онда өсімшенің қателігі мына формуламен анықталады:

$$f_h = h_{opt} - (H_{соң} - P_{бас}) \quad (89)$$

Мұнда $H_{бас}$ және $H_{соң}$ — бастапқы және соңғы реперлердің абсолюттік биіктіктері;

Егерде нивелирлік жүріс тұйық болса, онда өсімше $h_{opt} = 0$ тең. Демек

$$f_h = \sum h_{теор.} \quad (90)$$

Техникалық нивелирлеуде биіктік өсімшенің шекті қиыспаушылығы мына формуламен есептеледі:

$$f_{\etaи} = \pm 50 \text{ мм } \sqrt{L}; \quad (91)$$

немесе

$$f_{\etaи} = \pm 10 \text{ мм } \sqrt{n} \quad (91)$$

Мұнда L — нивелирлік жүрістің ұзындығы, км

n — нивелирлік жүрістегі стансалар саны.

(95) формула таулы жерлерді нивелирлегенде және 1 км-лік жүрісте станциялар саны $n > 25$ болса қолданылады.

Егер іс жүзіндегі қиыспаушылық $f_{\etaи}$ теориялық қиыспаушылықтан кем болса, онда кері таңбамен барлық орташа биіктік өсімшелеріне тепе-тең етіп бөлінеді де, түзету енгізіледі.

$$\delta_{\text{мүз}} = -f_{\text{мп}}/n \quad (92)$$

Түзетулер 1 мм-ге дейін дөңгелектенеді.

Түзетілген биіктік өсімшелері бойынша барлық пикеттік нүктелер биіктіктері есептеледі:

$$H_n = H_{n-1} + h_{\text{мүз}} \quad (93)$$

Барлық пикеттік нүктелердің биіктіктерін анықтағанан кейін аспаптың горизонттарын есептеп шығарады. Аспап горизонты тек қана аралық (плюстік) және көлденең нүктелері бар стансалар үшін есептеледі. Мұнда аспаптар горизонтын мына формула бойынша анықтайды:

$$AG = H_0 + a_{\text{қара}} \quad (94)$$

Мұндағы $a_{\text{к}}$ —артқы рейканың қара жағы бойынша алынған есеп.

Аралық нүктелердің биіктік белгілерін аспаптың горизонтының биіктік белгісінен тиісті аралық нүктеге қойылған рейканың қара жағынан алынған есептеуді алып тастау арқылы табады, яғни

$$H_{\text{ара}} = AG - C; \quad (95)$$

Осы тәртіппен техникалық нивелирлеуді нәтижесі өңделгеннен кейін нивелирленген трассаның профилін салуға кіріседі.

8.8. Трассаның профилін сызу

Профиль сызуда екі түрлі масштаб қолданылады: горизонталь және вертикаль масштабтар жол салуда, әртүрлі құрылыс ісінде, жердің рельефі мен геологиялық құрылысын көрсетуде. Вертикаль масштаб горизонталь масштабтан ондаған есе үлкейтіліп сызылады. Мысалы, горизонталь масштаб: 1:100 болса, оның вертикаль масштабы 1: 100 болып келеді.

Профиль салу мына жүйемен жүргізіледі:

1) *Шартты горизонтты анықтау.* Шартты горизонт *ШГ* сызығы деп биіктігі ең төменгі нүкте 5-6 см-ге жоғары орналасуын

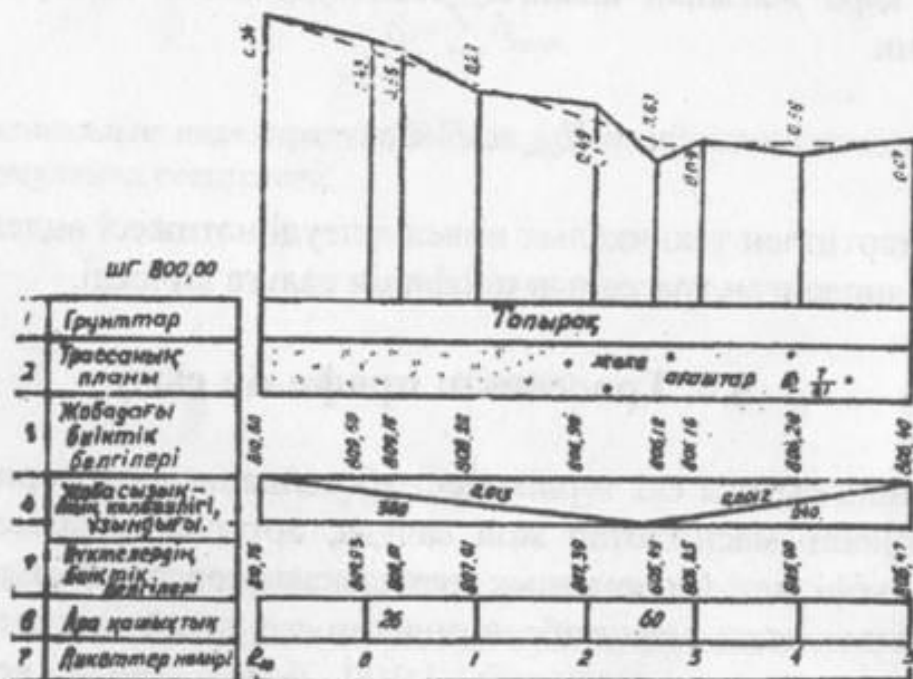
ескеріп, 10 м-лік санға дейін ықшамдалған горизонт сызығын айтады. Мысалы, 8-кестеден биіктігі ең төменгі нүкте $ПК1+68$, яғни $H=846,933$. Демек, осы нүктеге лайықты горизонт сызығы $ШГ=340,00$ м (72-сурет)

2) *Профильдің торын сызу.* Шартты горизонттың төменгі жанына 72-суретінде көрсетілген размерлер арқылы профильдің торы құрылады. Бұл торға профильдегі нүктелердің дәл және жоба-Н' биіктіктері, т.б. мәліметтері жазылады.

3) *Профильді сызу.* Шартты горизонт сызығына горизонталь масштабта пикеттер мен полюстік нүктелер салынып, олардан перпендикуляр тұрғызылады. Сол перпендикулярларға вертикаль масштабта нүкте биіктіктері кесінді ретінде салынып, кесінді ұштарын сызықтармен қосылады да, трассаның профилі салынады.

4) *Жоба сызығын жүргізу.* Жоба сызығы, жүргізілетін қазу жұмыстарының көлемінің аз болуын, аз шығынды және де жоба көлбеулігін ескере отыра жүргізіледі. 72-суретінде жоба сызығы пунктирмен көрсетілген. Жоба көлбеулігі былайша анықталады.

$$i = \frac{h}{d} = \frac{H'_{\text{бас}} - H'_{\text{соң}}}{d}; \quad (96)$$



72-сурет. Трассаның профилі

Мұнда $H'_{\text{соң}}$ және $H'_{\text{бас}}$ —жоба сызығының соңғы және бастапқы нүктелерінің профильден алынатын биіктіктері.

Трассаның басқа нүктелерінің жоба биіктіктері мына формула арқылы есептеледі:

$$H_n = H_0 + id_n \quad (97)$$

Мұнда d_n —бастапқы нүктеден трассаның n –нүктесіне дейінгі қашықтық i - жоба сызығының көлбеулігі.

5) *Жұмыстық биіктіктерді есептеу.* Нүктенің жобалық және нақты биіктіктерінің айырмашылығын жұмыстық биіктік дейді. Оң таңбалы жұмыс биіктіктері жоба сызығының үстіне (үйінді), ал кері таңбалы астына (ойып алғандық) жазылады.

6) *Жұмыс істелінбейтін (нольдік) нүктелерді анықтау.* Жоба сызығы (қызыл сызық) мен профиль сызығының (қара сызық) қиылысқан нүктелерін нольдік, не жұмыс істелінбейтін нүктелер деп атайды.

Яғни ол жерлерде жер қыртысын сызу не басқа жақтан топырақ әкеліп төгу жұмыстары жүргізілмейді, жер сол бастапқы қалпында қалады. Ол нүктелердің трасса бойында орналасқан жерлерін 0,1 м дәлдікпен өлшеп табады, өйткені жер қазу жұмыстары солардан басталады. Бұл нүктелер профильде көк тушьпен белгіленеді.

8.9. Жер бетін квадраттар арқылы нивелирлеу

Күрделі инженерлік құрылыс жұмыстары жүргізілетін аудандардың, тау-кен өндіріс орны алаңдарының рельефін планды толық етіп бейнелу үшін және де суару, құрғату жүйелері т.б. жобалау жұмыстарын жасау үшін жер бетін квадраттар арқылы нивелирлейді.

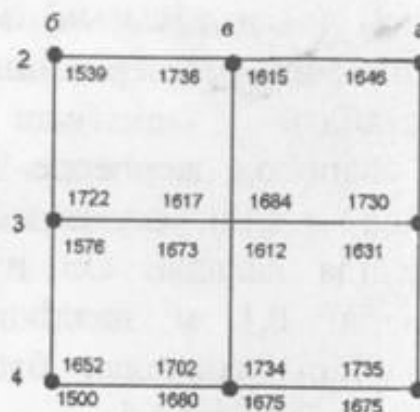
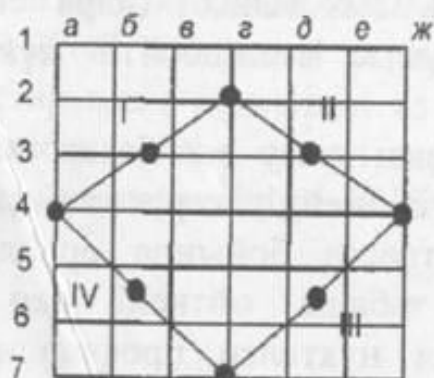
Нивелирлеудің бұл тәсілі ашық алаңдарды 1:500-1:5000 дейінгі масштабтарда түсіру және қазу жұмыстарының көлемін анықтау үшін жүргізіледі. Рельефтің кима биіктіктері 0,1-0,5м болып келеді.

Жердің рельефіне және бейнелеудің дәлдігіне байланысты квадраттардың қабырғалары 10 м–ден 100 м–ге дейін барады.

Квадраттар торын құру үшін екі теодолиттің көмегімен бір-біріне перпендикуляр қабырғалары 200-400 м бар үлкен полигон белгіленеді де, содан кейін ол қабырғалар кіші квадраттарға бөлінеді.

Егер масштаб 1:1000 болса, онда квадрат қабырғалары 20 м, ал масштаб 1:2000 болса—40м болады.

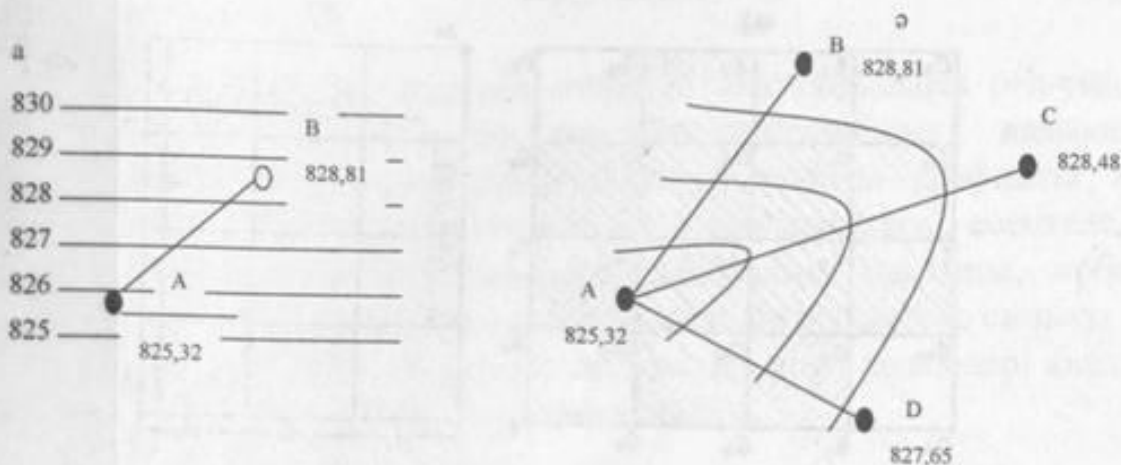
Жер бетін нивелирлеудің схемасы 73, а суретінде көрсетілген полигонды төрт станциядан түсіруге болады, сондықтан осы станциялар арасын нивелирлік жүріспен қосып, биіктері анықталады. Нивелирлік жүрістің ішіне кейбір квадраттар төбесі байланыстырушы нүктелер есебінде кіреді. Мысалы, 2/2, жс/4, а/4 нүктелері тұйық полигон құрайды. Тұйық полигон нүктелерін де есеп рейканың қара және қызыл жақтарынан, ал аралық нүктелерде рейканың тек қара жағынан алынады. Есептер квадраттардың төбесіне жазылады (73, б-сурет).



73-сурет. Аланды квадратта арқылы нивелирлеу

Түсірілген нүктелердің биіктіктері анықталған соң, берілген масштабта квадраттар планға салынып, әр нүктенің жанына 0,01м-ге дейін жинақталған биіктіктер жазылады. Рельефтің қима биіктігіне сәйкес, интерполяциялау арқылы горизонтальдар жүргізіледі.

Интерполяциялау екі нүктенің белгілі биіктіктері арқылы оның қима биіктігіне сәйкес аралық мәндерін анықтау. Интерполяциялау үшін мөлдір қағаз (калька) қолданылады. Калькаға аралары бір-біріне тең параллель сызықтар жүргізіліп (73 сурет), әр сызыққа қима биіктігіне сәйкес сандар жазылады.



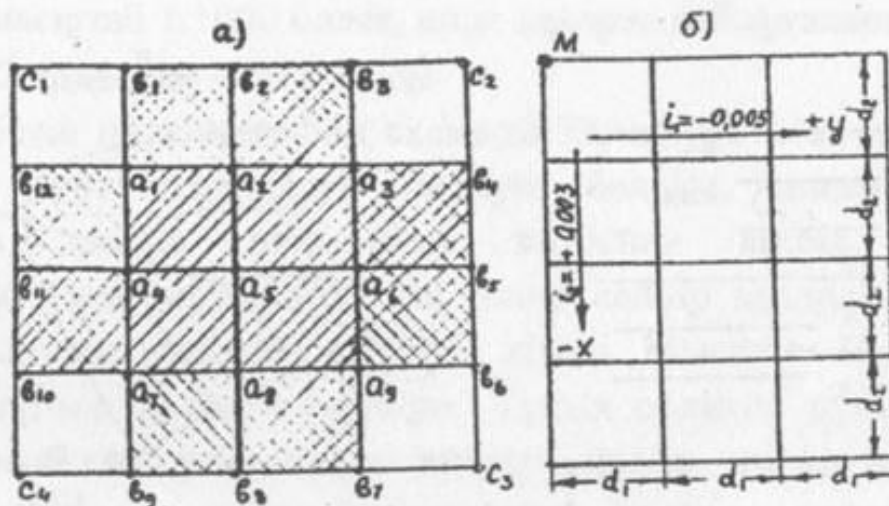
74-сурет. Горизонтальдарды жүргізу

Мысалы, AB сызығын $h=1m$ интерполяциялау үшін параллель сызықтарға 825, 826, 827, 829 деп жазып алып, кальканы 73 а суретінде көрсетілген планға саламыз. Планды калькамен беттестіргенде A және B нүктелері өз биіктеріне сәйкес параллель сызықтардың аралығына орналасуы қажет. Осы қалпында кальканы бекітіп, AB түзуінің бойындағы параллель сызықтармен қиылысқан нүктелердің үстінен түйреп, із қалдырады, яғни A және B нүктелері арасынан 826, 827 және 828 горизонтальдары өтеді. Осы әдіспен басқа нүктелер аралары да интерполяцияланады және бірыңғай нүктелер сызықтармен қосылып, горизонтальдар сызылады (74, б-сурет).

8.10. Алаңдарды вертикаль тегістеу

Табиғи рельефті ғимарат салу үшін техникалық талапқа сәйкес өзгертуді вертикаль бағытта жоспарлау деп атайды. Вертикаль жоспарлаудың жобасы құрылыстың бас планының негізі болып саналады. Жоба жасау үшін жер бетін квадраттар арқылы нивелирлеп 1:1000-1:500 масштабта топографиялық план жасалынады.

Құрылысқа горизонталь алаң жасау вертикаль жоспарлардың бір түрі. Мұнда жер қазу жұмыстарының нольдік балансы болуы, яғни бір жерді қазып, екінші жерге топырақ төгудегі теңестік көзделінеді. Ол үшін квадраттар төбелерінің нақтылы биіктіктері пайдаланылады.



75-сурет

Жер қазу жұмыстарының нольдік балансын сақтау үшін горизонталь алаңның жоба биіктігі анықталады. Жоба биіктігін анықтау схемасы 75-суретінде көрсетілген.

$$H_{\text{жоба}} = \frac{4\sum a_i + 2\sum b_i + \sum c_i}{4n} \quad (98)$$

мұнда $\sum a_i$ - төрт квадратқа тән нүкте биіктіктерінің ($a_1, a_2, a_3, \dots, a_9$) қосындысы

$\sum b_i$ - екі квадратқа тән нүкте биіктіктерінің ($b_1, b_2, b_3, \dots, b_{12}$) қосындысы;

$\sum c_i$ бір квадратқа тән нүкте биіктіктерінің (c_1, c_2, c_3, c_4) қосындысы;

n - барлық квадраттар саны.

Технологиялық жабдықтарды және т.б. құрылыс объектілерін орналастыру үшін көлбеу алаңды берілген ылдильық бойынша жоспарлайды. Мұнда нүктелердің жоба биіктіктері берілген ылдильықтар арқылы есептеледі, яғни

$$H_{\text{ж}} = H_{\text{бас}} + i_1 \cdot d_1 + i_2 \cdot d_2 \quad (99)$$

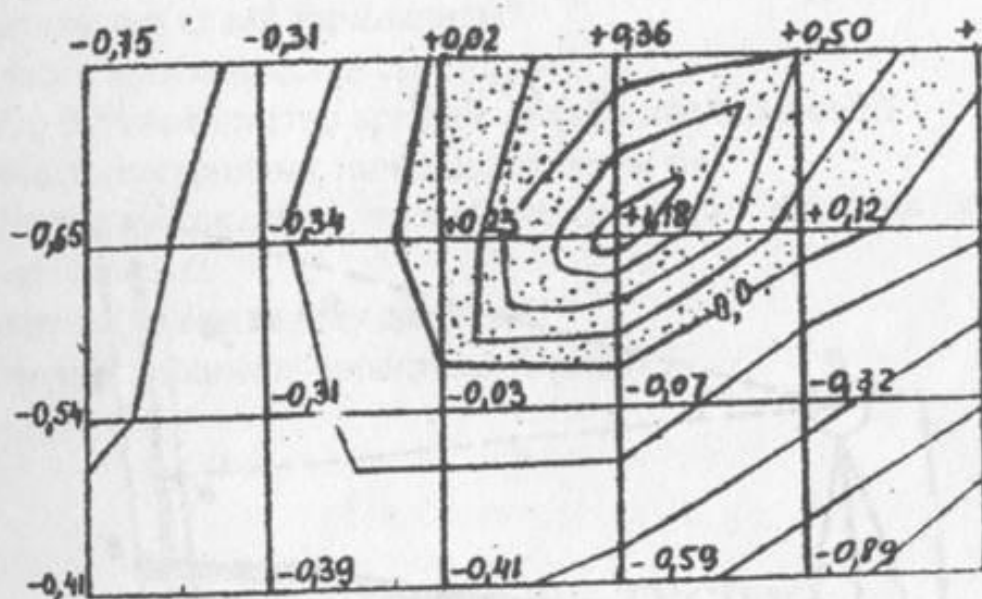
Мұнда i_1, i_2 - берілген жоба ылдильықтары;

d_1, d_2 - бастапқы нүктеден анықталатын нүктеге дейінгі арақашықтықтар.

Квадрат төбелерінің жоба биіктіктері- $H_{\text{ж}}$ мен нақтылы биіктіктері- $H_{\text{н}}$ арқылы жұмыс биіктіктері есептеледі

$$H_{\text{жұм}} = H_{\text{жоба}} - H_{\text{нак}} \quad (100)$$

Жұмыс биіктіктерінің өздеріне тән таңбалары (+h-үйінді, -h-қазып алу сияқты) әр квадрат төбелеріндегі қазықшаларға жазылады. Вертикаль жоспарлаудың ақырғы графиктік құжаты болып жер қазу жұмыстарының картограммасы есептеледі (76-сурет). Картограммада квадрат төбелерінің нақтылы, жоба және жұмыс биіктіктері, сонымен қатар нольдік жұмыстар сызығы (қалың сызық) көрсетіледі. Жер қазу жұмыстарының көлемдері квадраттар, үшбұрышытар тәсілдерімен анықталады.



76-сурет. Алаңды вертикаль тегістеу

8.11. Тригонометриялық нивелирлеудің мәні

В нүктесінің А нүктесінен салыстырмалы биіктігін (биіктік өсімшесін— h) анықтау қажет болғанда (77-сурет), А нүктесіне теодолит, ал В нүктесіне рейка немесе қада орнатылады. Рулеткамен аспап биіктігі i және AB ұзындығы лента немесе оптикалық қашықтық өлшеумен өлшенеді. Дүрбіні рейкадағы бір нүктеге M көздеп, теодолиттің вертикаль дөңгелегі арқылы көлбеу бұрыш V өлшенеді. Көзделген нүктеден (M) рейканың табанына дейінгі қашықтық v көздеу биіктігі деп аталады. Осы 77-суреттен биіктік өсімшесін былайша анықтауға болады:

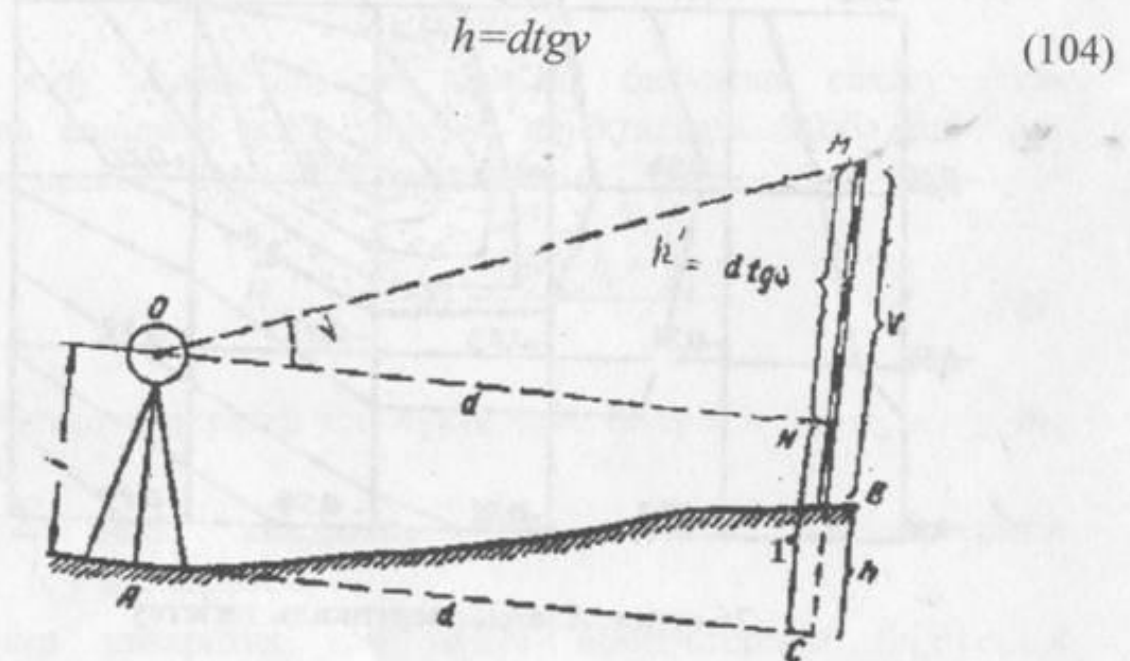
$$h = h' + i - v \quad (101)$$

$$h = h' + i - v \quad (102)$$

Мұндағы $h' = dtg v$ тең екенін ескерсек

$$h = dtg v + i - v \quad (103)$$

Егер рейкада немесе қадада аспап биіктігін i -ді белгілеп қойып, дүрбіні сол биіктікке көздесек, яғни $v = i$ деп алсақ, онда (103) формула мына түрге келеді.



77-сурет. Тригонометриялық нивелирлеудің схемасы

Егер арақашықтың $AB = D$ лентамен немесе оптикалық қашықтық өлшеуішпен өлшенсе, онда $d = D \cos v$ тең болады да (105), формула былайша түрленеді:

$$h = D \cdot \sin v \quad (105)$$

Егер де A нүктесінің биіктігі H_A белгілі болса, онда B нүктесінің биіктігі мына формуламен есептеледі

$$H_B = H_A + h \quad (106)$$

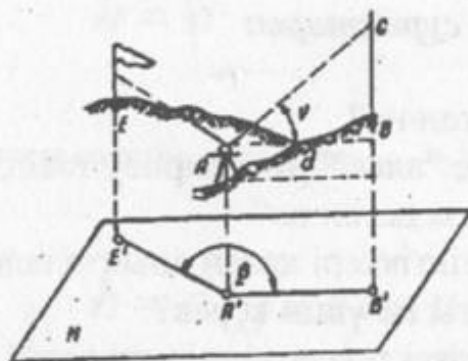
Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Нивелирлеу деген не?
2. “Ортадан” және “алға” нивелирлеу тәсілдерінің мәні неде?
3. Аспап горизонты деген не?
4. Нүктелердің биіктіктері қалай анықталады?
5. Аспап горизонты не үшін керек?
6. Нивелирдің негізгі тексерулерін атаңыз?
7. Техникалық нивелирлеу деген не?
8. Тұйық нивелирлік жүрістер қателігі неге тең?
9. Қателіктер қалай таратылады?
10. Трасса профилі қалай сызылады?
11. Жер беті квадраттар арқылы қалай нивелирленеді?
12. Тригонометриялық нивелирлеу деген не?
13. Тригонометриялық нивелирлеуде биік айырым қалайша анықталады?
14. Вертикаль жоспарлау деген не?
15. “Нөлдік баланса” анықтама беріңіз?

9. ТАХЕОМЕТРЛІК ТҮСІРІС

9.1. Тахеометрлік түсірістің мәні

Тахеометриялық түсірісте жергілікті жердің топографиялық планы вертикаль, горизонталь бұрыштарды және арақашықтықтарды өлшеу арқылы салынады. “Тахеометрия” гректің “жылдам өлшеу” деген сөзінен алынған. Оның жылдам өлшеу деп аталатын себебі, бұл түсірісте өлшенетін шамалардың барлығы нүктеде тұрған рейканы аспаптың дүрбісімен бір рет нысаналау, яғни бағытын, арақашықтығы және биіктік өсімшесін анықтау арқылы алынады. Демек, тахеометрлік түсірістің мәні аспаптың нысаналау осінің бір жағдайында горизонталь бұрыш β –вертикаль бұрыш– ν және оптикалық қашықтық өлшеуішпен арақашықтықты өлшеу арқылы нүктенің кеңістіктегі координаталарын анықтау (77-сурет). Мұнда түсірілетін нүктелердегі; (пикеттердің) пландық орны полярлық тәсіл арқылы, ал биіктік өсімшелері – тригонометриялық нивелирлеу тәсілімен анықталады.



78- сурет. Тахеометрлік түсірістің схемасы

Тахеометриялық түсірісте жердің топографиялық планы, түсірілетін нүктелердің үш координатасын есептеп шығаруға мүмкіндік беретін мәліметтерді жинайтын далалық жұмыстар мен өңдеулер, планды сызу жұмыстары нәтижесінде жасалынады.

Тахеометриялық түсіріс—тахеометрлер немесе, теодолиттермен жүргізіледі.

9.2. Тахеометриялық түсірісте қолданылатын аспаптар

Қазіргі кезде шығарылып жүрген тахеометрлер төрт түрге бөлінеді:

1. *Электрондық тахеометрлер (ЭТ)*. Оларға Та5 (Ресейлік), геодиметр 710 (Швеция), ЭОТ-2000 (Германия), т.б. жатады. Электрондық тахеометр ара қашықтықтарды, горизонталь және вертикаль бұрыштарды өлшеуге арналған. Сонымен қатар, өлшеу нәтижелерін автоматты түрде тіркейтін электрооптикалық аспап.

2. *Авторедукциялық қос бейнелі қашықтық өлшегішпен жабдықталған (ТД) тахеометр*. Оған Германияның "Карл Цейс Йена" фирмасы жасап шығарған *Redta-002* тахеометрі жатады. Бұл тахеометр 2 разрядты полигонометриялық жүріспен ең жоғарғы дәлдікті тахеометриялық түсірісті жүргізуге арналған. Авторедукциялық, яғни өлшенген көлбеу қашықтықтың автоматты түрде горизонталь проекциясы— d анықталатын *Redta-002* тахеометрі қашықтықты 1/5000-ге жуық салыстырмалы қателікпен өлшеуге мүмкіндік береді. Мұнда горизонталь рейка қолданылады.

Тахеометр микроскобынан горизонталь, вертикаль мен көлбеу бұрыш тангенсінің мәндері алынады.

3. Ішкі базалы тахеометр (ТВ). Бұл тахеометр қос бейнелі базасы бар қашықтық өлшеуішпен жабдықталған. База каретканы жылжыту арқылы өлшеніледі. Осы аспаппен дүрбіні арнайы рейкаға немесе жергілікті затқа тікелей нысаналағанда, горизонталь: ұзындық пен салыстырмалы биіктікті анықтауға болады. Оның өзіне 60 м-ге дейінгі қашықтықтарды рейкамен өлшеуге болады.

Бұдан басқа, қазіргі кезде "Карл Цейс Иена" (ГДР) кәсіпорны жасап шығаратын номограммалы тахеометр де кең қолданып келеді. Бұл аспап редуцияланған ара қашықтықты, салыстырмалы биіктікті, горизонталь және вертикаль бұрыштарды өлшеуге мүмкіндік береді.

4. Номограммды тахеометр (ТН). Оның көмегімен горизонталь және вертикаль бұрыштарды, арақашықтықтың горизонталь ұзындығы мен салыстырмалы биіктікті өлшеуге болады. Вертикаль дөңгелектің көрінетін бөлігіне, дөңгелек сол жақ бөлігіне (КЛ) болған кезде, номограмма салынған; ол негізгі дөңгелектен қашықтың ө коэффициентіне ($k_n = \pm 10, \pm 20, \pm 30$) тең салыстырмалы биіктіктің қисық сызықтарынан тұрады.

Тахеометрлер болмағанда, тахеометриялық түсірісті теодолит пен рейканың көмегімен жүргізеді. Мұндай жағдайда әрбір пикеттік нүктеге дейінгі көлбеу арақашықтық— D қыл жіпті өлшеуіш коэффициентінен $k_d = 100$, ұзындықтың қисық сызығы мен қашықтық өлшеуішпен, ал биіктік өсімшесін тригонометриялық нивелирлеумен анықтайды.

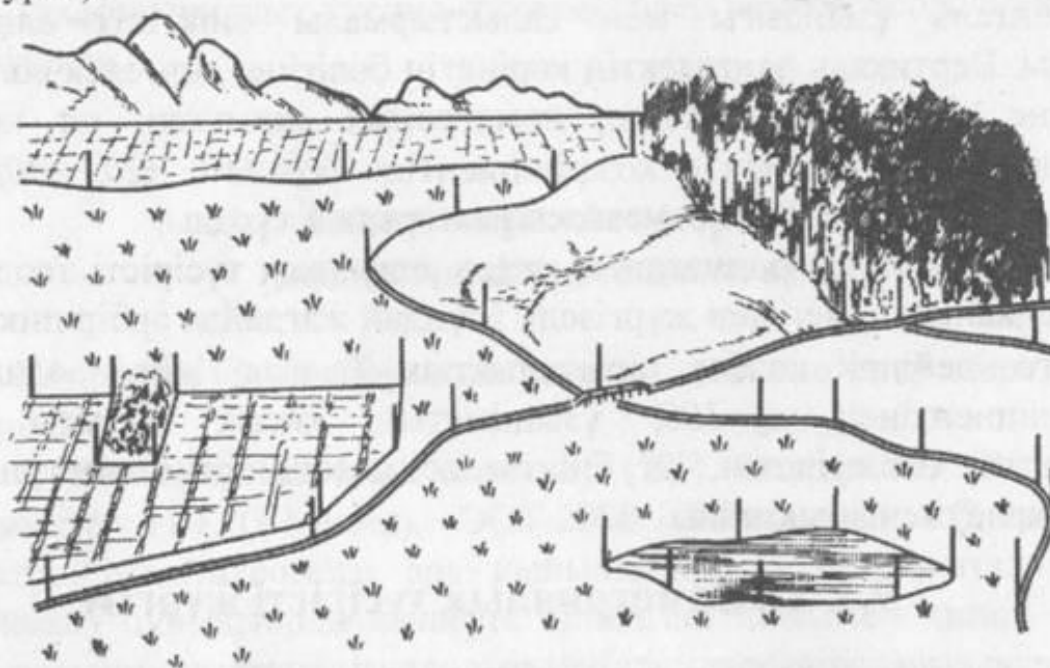
9.3. Тахеометриялық түсірісті жүргізу

Тахеометриялық түсіріс пункттеріне 1,2,3,4 кластық пландық және биіктік торларының пункттері жатады. Әдетте, түсіруге биіктіктері геометриялық не тригонометриялық нивелирлеу тәсілімен анықталған теодолитті жүрістердің пункттері негіз болады.

Жердің рельефі мен заттардың контурларына байланысты негізгі түсіру пункттері арасына тахеометриялық жүріс нүктелері бекітіледі. Тахеометриялық жүрістер түсіру торларын жиілету үшін қажет. Бұл жүрістерде бұрыштар толық есеп алу тәсілімен, ал ара

кашықтықтар салыстырмалы қатесі 1:400-ден аспайтын дәлдікте қашықтықтар өлшеуішпен тура және кері бағытта немесе қатесі 1:1000-нан аспайтын дәлдікке лентамен өлшенеді. Ал биіктік өсімшелері тригонометриялық нивелирлеу әдісімен анықталады. Түсіру пункттерінің жиілігі панның масштабы мен рельефтің күрделілігіне байланысты 1 км аймақты 1:1000 масштабында түсіру үшін пункттер саны 16, 1:2000-12; 1:5000-4 пункттер саны рельеф ерекшеліктеріне қарай алынады.

Тахеометриялық жүрістегі өлшеу аяқталған соң жердің бедері мен ситуациясы түсіріледі. Теодолит-тахеометр орнатылған станция айналындағы ерекше көзге түсетін рельефтің, контурлардың нүктелері белгіленеді. Түсірілетін бұл нүктелердің барлығына рейка қойылатындықтан, оларды рейкалық нүктелер деп атайды (78-сурет).



79-сурет. Жер бедері мен ситуацияны түсіру

Техникалық теодолиттер арқылы тахеометриялық түсіріс белгілі бір тәртіппен жүргізіледі.

1) теодолит нүктеге орнатылып жұмыс бабына келтіріледі. Аспап тиіктігі і-ді өлшейді, оны рейкаға белгілейді.

2) Теодолиттің вертикаль дінгегі сол жақта *КЛ* (немесе оң жақты -*КП*) тұрғанда, лимбтағы есепті нөлге келтіріп, дүрбіні артқы

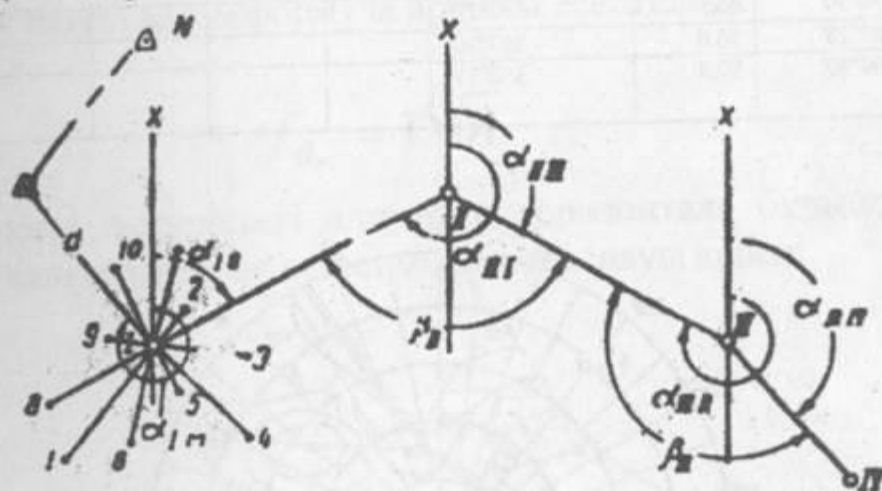
пунктке (1) көздейді (80 сурет), яғни теодолит лимбасын нөл бөлігімен бастапқы бағытқа қаратып бекітеді.

3) Алидаданы босатып, дүрбіні рейкалық нүктелерге көздейді (мысалы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 т.б. нүктелерге).

4) Рейканың нүктелерге дейінгі қашықтықтарды, қашықтық өлшеуіш қыл жіптері арқылы станцияларда анықталады.

5) Дүрбінің жетекші бұрандасы арқылы ортадағы қыл жіпті белгіленген аспап биіктігіне көздеп, микроскоппен горизонталь және вертикаль бұрыштың мәндері алынады.

Алынған есептер тахеометриялық түсіру журналына жазылады (13-кесте). Журналдың ескерту графасына түсірілген нүктелердің қай жерде орналасқаны, т.б. мәліметтер жазылады да, вертикаль бұрыштың мәндері алынады.



80-сурет. Тахеометриялық түсірісті жүргізудің тәртібі

6) бұдан кейін лимбты қозғамай, алидада арқылы келесі рейкалық нүктеге қарап, түсіру жұмысын жоғарыдағы тәртіппен қайталай береді. Түсіру кезінде жердің абрисы сызылып отырады. Абриста нүктелердің қай жерде орналасқаны, рельефтің ерекше сызықтары, аспап тұрған және оған көршілес станциялар көрсетіледі (81-сурет).

13-кесте.

Тахеометриялық түсіріс журналы II - станция, $H_n=842,63$ $i=1,38$ м

Пунктер , нүктелер нөмірлері	Горизонталь дөңгелектен алынған есептер, град. Мин.	Қыл жіппен өлшенген ара қашықтықтар D, м.	Тік дөңгелектен алынған есептер град, мин	Көлбеу бұрышы ν град, мин.	Горизонталь проекциялар d	Өсімшелер h	Нүкте биіктіктер, Н	ескертулер
1	34°10'	56,4	358°21'		56,4	-1,78	840,75	Шалғынның контуры
2	59°50'	68,5	358°11'	1°37'	68,5	-2,10	840,43	
3	100°25'	72,1	357°36'	1°47'				
4	132°10'	79,5	356°34'					
5	176°30'	65,9	357°19'					жол
6	280°28'	56,0	357°30'					жол
7	300°50'	97,4	358°13'					Үйдің бұрышы



81-сурет. Абрис

Нүктелер арасындағы көлбеуліктер стрелка бағытымен белгіленеді, кейін бұл абрис горизонтальдар жүргізіліп, план сызылған кезде пайдаланылады. Станциядағы барлық пикеттік

нүктелер түсіріліп болғаннан кейін қайтадан 1-пунктке көздеп, бастапқы нөлдік есепті тексереді. Бастапқы және соңғы есептердің айырмашылығы $2'$ -тан аспауы керек.

9.4. Тахеометриялық түсіріс нәтижелерін өңдеу

Тахеометриялық түсіріс нәтижелерін өңдеу жұмысы мыналарды қамтиды: 1) далалық журналдарды тексеру; 2) тахеометриялық жүріс нүктелерінің координаталарын (X, Y, H) есептеу; 3) әр станциядағы рейкалық нүктелердің биіктіктерін есептеу; 4) жергілікті жердің топографиялық планын салу.

Тахеометриялық жүрістердің пландық координаталарын анықтау теодолиттік жүрістердегі тәртіппен жүргізіледі. Жүрістің бұрыштық қатесі мына формула арқылы есептеледі:

$$f_{\beta_r} = 1' \sqrt{n} \quad (106)$$

мұндағы n -жүрістегі өлшенген горизонталь бұрыштар саны. Жүрістің салыстырмалы қатесі мынадан аспауы керек:

$$f_c = \frac{P}{400 \sqrt{N}} \quad (107)$$

мұндағы P -жүріс периметрі; N -қабырғалар саны.

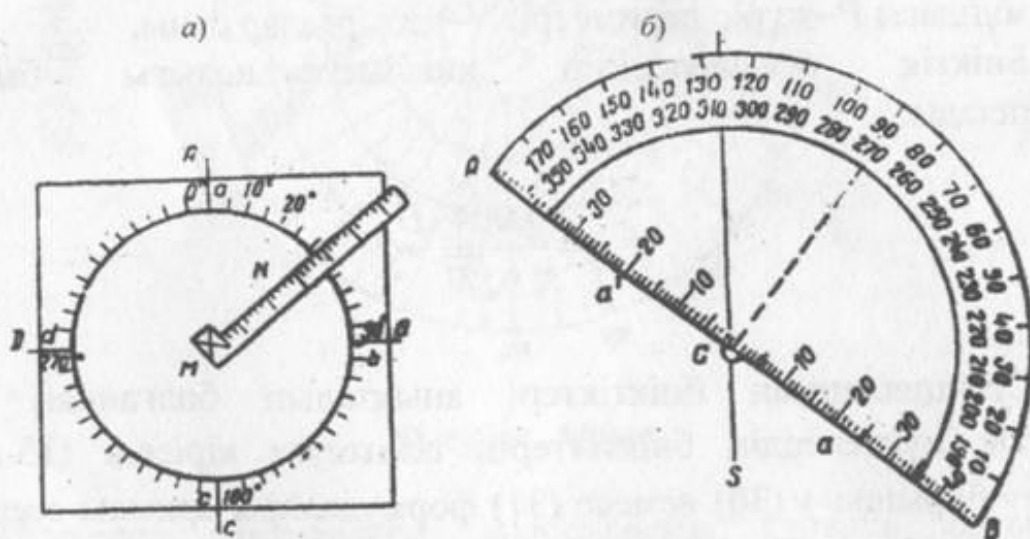
Биіктік өсімшелерінің қиылыспаушылығы былайша анықталады:

$$f_{h_r} = \frac{0,004 \cdot D}{\sqrt{N}} \quad (108)$$

Станциялардың биіктіктері анықталып болғаннан кейін, пикеттік нүктелердің биіктіктерін есептеуге кіріседі (13-кесте). Көлбеу бұрышы- ν (30) немесе (31) формулалары арқылы есептеліп, d мен h -тың мәндері тахеометриялық таблицалардан алынады. Пикеттер биіктіктері мына формуламен анықталады:

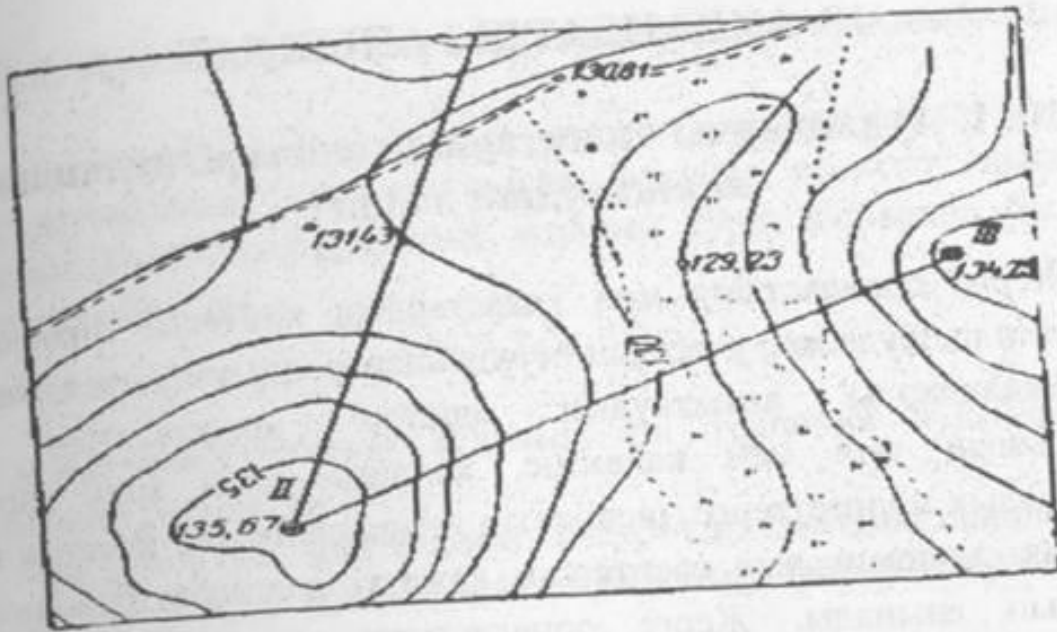
$$H_{\text{ник}} = H_{\text{ст}} + h \quad (109)$$

Есептеу жұмыстары аяқталғаннан кейін түсірістің топографиялық планын жасауға кіріседі. Тахеометриялық түсіріс планын жасау жұмысы, жалпыдан жекеге көшіру принципін сақтай отырып жүргізіледі. Алдымен координаталық торды салады, мұнда теодолиттік түсіріс туралы айтылған тараудағы ереже сақталады. Содан соң планға тірек пункттерін, одан әрі түсіргі негіздеуінің нүктелерін түсіреді де, түсірген жүрістері мен ситуация нүктелерін салады. Ситуациялық нүктелер планға дала журналы мен крокидің мәліметтері бойынша түсіріледі. Тахеометриялық немесе топографиялық түсірістегі полярлық әдіспен түсірілген нүктелерді планға тахеограф-транспротир (82, а-сурет) көмегімен салу қолайлы. Мөлдір пластмасса винипроздан жасап шығарылған бұл аспап градустық бөліктерге (ең кішкене бөлігі 15'-ке тең) бөлінген дөңгелек. Дөңгелектің нөлдік диаметрі арқылы сызғыш өтеді, оған тиісті масштабта ең аз бөлігі 0,5 мм арақашықтықтық шамасы салынған. Осы шкаланы пайдалану қолайлы болу үшін, тахеографта тесік ойылған. Дөңгелектің ортасында органикалық шыныдан нөлге бекітілген, ол арқылы панның тиісті нүктесінің үстінде тахеографты центрлеуге арналған ине өтеді. Планға нүктені түсіру үшін тахеографты нөлден бастап өлшенген есепке сәйкес бұрады, содан кейін шкаламен станциядан түсірілетін нүктеге дейінгі арақашықтық салады.



82-сурет

а-тахеограф; б-топографиялық транспротир.



83-сурет. Тахеометриялық түсірістің планы.

Тахеометриялық жүріс нүктелерін, ситуациялық шартты белгілерді теодолиттік түсірістегідей етіп планға салғаннан кейін, планда горизонтальдар жүргізіледі. Горизонтальдарды жүргізбес бұрын, салынған абриске сай пунктер сызықтармен жер бедерінің өзіне тән жерлерін, мысалы төбенің ұшын, ойпаттарды, шұңқырларды, жота сызықтарын, т.б. ең төменгі бөлігінен бастап көрсетеді. Контурларды пунктир сызықтармен толықтырылады да, қалындатылған горизонтальдардың үзілген жеріне биіктіктерін жазады. Қарындашпен сызылған план мұқият тексерілгеннен кейін тушьпен сызылады (83-сурет) да, қажетті жазуларды орындап безендіреді.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Тахеометриялық түсірістің мәні?
2. Тахеометриялық түсірісте қандай аспаптар қолданылады?
3. Тахеометриялық түсірісте ара қашықтық қалай анықталады?
4. Биіктік өсімшесі қандай тәсілмен анықталады?
5. Абрис деген не?
6. Тахеометриялық таблица не үшін қажет?
7. Тахеограф не үшін қажет?
8. Топографиялық транспортир не үшін керек?
9. Тахеометриялық түсірістің планы қалай сызылады?
10. Тахеометриялық түсірістің планында горизонтальдар қалай жүргізіледі?

10. АУДАНДАРДЫ АНЫҚТАУ

10. 1. Аудандарды анықтаудың әдістері, ауданды анықтаудың дәлдігі

Жерге орналастыру мен кадастардың көптеген инженерлік есептерін шешуде жер учаскесінің аудандарын анықтау өте қажет.

Аудандарды анықтаудың әдістері анықталатын жер контурының түрі мен көлеміне, қолдағы план мен картаға, геодезиялық мәліметтерге, шешілетін инженерлік–техникалық және пландық–экономикалық есептердің қажетті дәлдігіне байланысты таңдалып алынады. Жерге орналастыру мәселелерін шешуде аналитикалық, графиктік және механикалық әдістер қолданылады.

Аналитикалық әдісте аудан учаскесін жергілікті жерде арақашықтықтарды және олардың арасындағы бұрыштарды тікелей өлшеп, одан кейін участка нүктелерінің есептелген координаталары арқылы анықталады. Бұл әдіс ең дұрыс нәтиже береді, себебі аудан анықтаудың дәлдігіне тек далалық өлшеу нәтижелері ғана әсер етеді. Ауданды анықтаудың дәлдігі 1/1000–1/2000 қателікпен сипатталады. Әдістің тағы бір ерекшелігі оны планды сызғанға дейін анықталатындығы.

Графиктік әдісте планда бейнеленген учаскені қарапайым геометриялық фигураларға бөліп, олардың аудандарын геометриялық формулалар арқылы есептеп шығарады. Анықталатын учаске ауданы сол фигураның аудандарының қосындысына тең болады. Бұл әдістің аналитикалыққа қарағанда дәлдігі төмендеу, себебі аудан анықтауға далада және планда өлшенген нәтижелер және планды сызудың қателігі, сонымен қатар қағаздың деформациялануы әсер етеді. Графиктік тәсілде палеткада қолданылады. Бұл әдістің салыстырмалы қателігі 1/500–1/1000 аспайды.

Механикалық әдісте пландағы аудан арнайы планиметр деп аталатын аспаппен анықталады. Аудан анықтаудың дәлдігі шамамен 1/200–1/400 тең.

10.2. Аудандарды анықтаудың аналитикалық әдісі

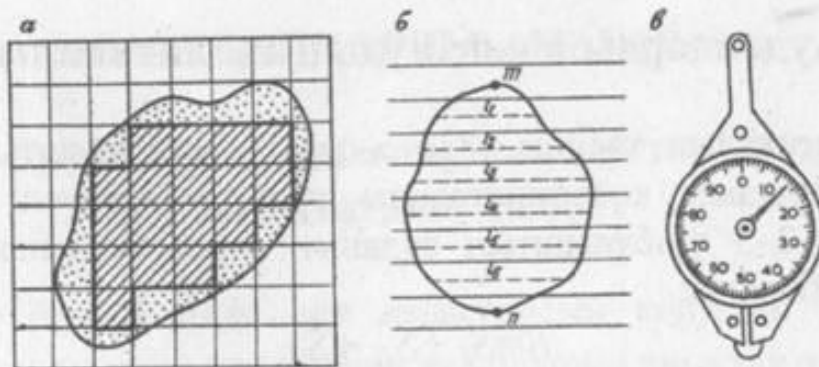
Аналитикалық тәсілде (83, а-сурет) көпбұрыштың ауданын оның ұштарының координаталары арқылы есептеп шығарады. Мысалы: 1–2–3 үшбұрыштың ауданын сурет бойынша былайша өрнектеуге болады:

$$S = S_I + S_{II} + S_{III} \quad (110)$$

яғни, үшбұрыштың ауданын үш трапеция аудандарының қосындысы ретінде жазу.

Үшбұрыштың ұштарының 1–2–3–тің координаталарын біле отырып, әрбір трапецияның аудандарын мына формулалар бойынша анықтауға болады:

$$\begin{aligned} S_I &= 1/2 (x_1 + x_2) (y_2 - y_1) \\ S_{II} &= 1/2 (x_2 + x_3) (y_3 - y_2) \end{aligned} \quad (111)$$



85-сурет.

Аналитикалық тәсілде аудандарды анықтаудың дәлдігіне көз жеткізу үшін екі формуланы да пайдаланады.

10. 3. Ауданды анықтаудың графикалық әдісі

Графикалық тәсілде ауданды пландағы сызықтарды өлшеу арқылы есептеп шығарады. Графикалық тәсілде планда кескінделген учаскені қарапайым фигураларға бөліп (үшбұрыш, трапеция), олардың аудандарын геометрияның заңдары арқылы есептеп шығарады (84, а-сурет)

Палетка тәсілі. Аудандарды палетка арқылы анықтауға да болады. *Палетка* дегеніміз бетіне квадраттар немесе параллель сызықтар сызылған мөлдір қағаз (калька). Палетка торының көлемін карта масштабына сай етіп алып, анықталатын учаскенің үстіне салады да, контур ішіндегі палетка торларының санын есептейді (85, а-сурет). Бұл тәсілдің кемшілігі шеткі квадраттар көлемінің көзбен анықталуында.

Ал параллель сызықтардан тұратын палетканы пайдаланғанда (85, б-сурет), трапецияның ортаңғы сызықтары l_1, l_2, \dots, l_n –циркуль өлшегенде немесе масштабты сызғыш арқылы өлшенеді. Содан кейін ол сызықтар қосындысын параллель сызықтар арақашықтықтары көбейтеді, яғни

$$S = a(l_1 + l_2 + \dots + l_n) = a \sum_{i=1}^n l_i. \quad (113)$$

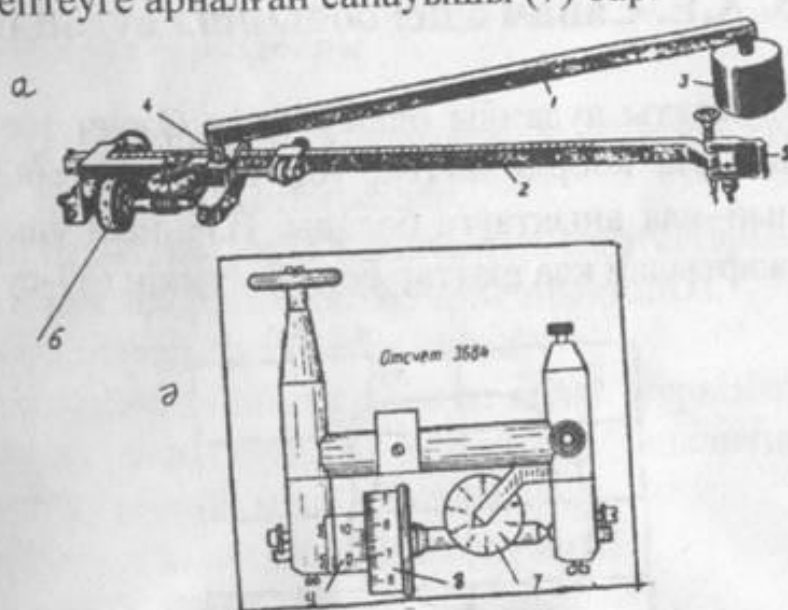
Кесінділердің қосындысын сызық ұзындықтарын карта мен пландар өлшейтін курвиметр (85, в-сурет) деген аспап арқылы анықтауға болады. Ол үшін курвиметрдің дөңгелегін өлшенетін

сызық бойымен жүргізіп отырып, курвиметр циферблатынан алынған бастапқы және соңғы есептердің айырмашылығынан кесінділердің қосындысын сантиметрде алады.

10.4. Аудандарды анықтаудың механикалық әдісі

Инженерлік практикада үлкен аудандарды анықтағанда, әсіресе пайдалы қазынды қорларын есептегенде, ең жиі қолданылатын механикалық тәсіл—планиметр деген аспабын пайдалану.

Қазіргі кезде бір және екі кареткалы полярлық планиметрлер қолданылып жүр. Планиметр (86, а-сурет) екі рычагтан (1 және 2) және кареткадан (6) тұрады. Рычаг (1) полюстік деп аталады, оның бір шетінде жүк (3), төменгі жағында ине (полюс), ал екінші шетінде басы шар тәріздес саңылау (4) қондырылғаны, екінші рычаг (2) айналмалы рычаг деп аталады. Оның бір шетінде каретка (6) тағылған, екінші шетінде анықталатын контуры арқылы айналдыруға арналған штифті бар тұтқа (5) орнатылған. Планиметрдің кареткасы айналма рычагта жылжи алады; ол рычагқа винт арқылы бекітіледі. Кареткада верньер (9) бар (85, ә-сурет). Айналма рычагқа үстіңгі жағына бөліктер түсірілген есептеу механизмінің есептеу дөңгелегі (8) және есептеу дөңгелектің толық айналымын есептеуге арналған санауышы (7) бар.



85- сурет. Механикалық тәсіл.
а-планиметр, ә-планиметрдің кареткасы

Полярлық планиметрмен жазық фигураның ауданын полюсті осы фигура контурының сыртында немесе ішінде орнатып анықтауға болады. Бірінші жағдай планиметр линзасының дөңгелегін фигура контурының бір нүктесіне қойып, есеп механизміне n_1 -есепін алады да, рычагты сағат тілінің бағытымен бастапқы нүктеге жеткенше контурды айналдырып шығады. Анықталатын ауданның мәні мына формуламен есептеледі:

$$S = c(n_2 - n_1), \quad (114)$$

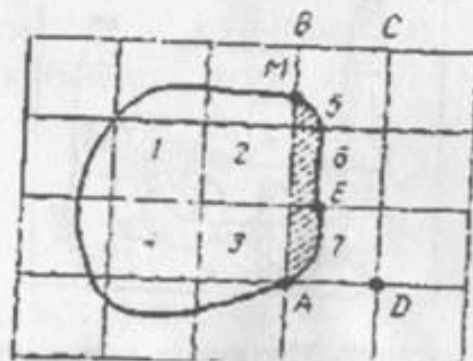
Мұндағы c —планиметрдің ең ұсақ бөлігінің мәні; n_2 және n_1 —планиметрдің есептік дөңгелегінен айналдыруға дейінгі (бастапқы) және айналдырудан кейінгі (соңғы) есептері.

Егер карта бетінде ауданы белгілі бір геометриялық фигура болса, планиметрмен сол фигураның контурын бірнеше рет айналдыру арқылы оның ең ұсақ мәнін— C —ті төмендегі формулаға сүйеніп анықтауға болады:

$$C = \frac{S_{\text{бел}}}{(n_2 - n_1)_{\text{орт}}} = \frac{S_{\text{коор,тор}}}{(n_2 - n_1)_{\text{орт}}} \quad (115)$$

10. 5. А.Е. Савич әдісі бойынша ауданды анықтау

Үлкен аумақты ауданды өлшеу үшін Савич тәсілін қолдануға болады. Пандағы координаттық тор бойынша әрбір квадраттың ауданын алдын-ала анықтауға болады. Панның үлкен учаскесінде толық және жартылай квадраттар болуы мүмкін (87-сурет.).



87-сурет.

Толық квадраттардың ауданын план масштабын ескере отырып, ал толық емес квадраттардың ауданын планиметрмен анықтайды.

Квадраттардың толық емес жерлерін бояп қояды. Мысалы, AME ауданы келесі түрде анықтайды. Планиметрмен $ABCD$ тікбұрышты үшбұрыш (үш квадрат) және ауданды $N_2 - N_1$ бөліктерімен көрсетеді.

Содан кейін AME контурын айналдырып және ауданын $n_2 - n_1$ бөліктерімен көрсетеді. AME учаскесінің ауданы

$$S_{AME} = \frac{S_{ABCD}}{N_2 - N_1} (n_2 - n_1) \quad (116)$$

мұнда S_{ABCD} координаттық тормен есептелген $ABCD$ тікбұрышты үшбұрыш ауданы. Сол сияқты квадраттардың толық емес бөліктерінің ауданын табуға болады.

Формула бөлшегі планиметрдің бөлігінің құнын білдіреді.

Әдетте C -ті анықтау үшін картадағы координаталар торын $10 \times 10, 5 \times 5$ см пайдаланады. Планиметрдің ең ұсақ бөлігінің мәні (C) айналдыру рычагының ұзындығы мен масштабқа тікелей байланысты.

Өзіндік тексеру сұрақтары

1. План мен карталардан географиялық және тік бұрышты координаталарын анықтаңыздар.
2. Картадан бағыттық негізгі, магниттік азимуттарын анықтаңыз.
3. Картадан нүктелердің биіктіктерін анықтаңыз.
4. Бағыттың профилі қалай сызылады?
5. Берілген ылдильық бойынша бағыт қалай жүргізіледі?
6. Аудандарды анықтаудың графикалық, аналитикалық және палетка тәсілдерінің мәндері неде?
7. Планиметрмен аудан қалай анықталады?
8. Савич әдісімен аудан қалай анықталады?

11. ӨЛШЕУ ҚАТЕЛІКТЕРІНІҢ ТЕОРИЯСЫНАН МӘЛІМЕТ

11.1. Өлшеу қателіктерінің түрлері

Геодезиялық жұмыстарда бұрыштар, арақашықтықтар, биіктік өсімшелері өлшенеді; аудандар, көлемдер, т.б. анықталады. Міне, осындай бір шаманың өлшеуі деп, оны салыстыру бірлігі ретінде қабылданған басқа бір шамамен салыстыруды атайды.

Өлшеулер тікелей және жанама өлшеулер болып бөлінеді. Анықталатын шама тікелей өлшеу нәтижесінде алынса, онда мұндай өлшеулерді тікелей өлшеулер дейді. Тікелей өлшеуге арақашықтықты өлшеуіш лента (рулетка) немесе бұрышты теодолитпен өлшеу жатады.

Егер өлшеудің нәтижесі анықталатын шамамен математикалық тәуелділіктегі бір немесе бірнеше шамаларды тікелей өлшеу нәтижесінен есептеу арқылы алынса, ондай өлшеулерді жанама өлшеулер деп атайды. Оған мысал: тікелей өлшеуде болмайтын арақашықтықтарды анықтау, биіктік өсімшесін тригонометриялық нивелирлеу тәсілімен табу. Өлшеулер тағы қажетті және қосымша өлшеулерге бөлінеді.

Өлшеулердің қандай түрі болсын мына факторлар, яғни өлшеу объектісі өлшеуіш аспап, өлшеу әдісі мен сыртқы орта болғанда және өзара әрекеттескенде жүзеге асырылады. Сыртқы орта: жергілікті жердің бедері мен грунты, өсімдік жамылғысы, температура, ауаның ылғалдылығы мен тозаңдылығы, жарықтылық, бұлттылық, жел, т. б. жиынтығы. Өлшеу кезінде осы факторларды *өлшеу жағдайлары* деп атаймыз.

Өлшеулердің қай-қайсысында да азды-көпті қателер болады. Өлшеуіш құралдардың сезімталдылығы мен өлшеуші адамдардың шеберлігіне қарай өлшеулер дәлдігі әрқилы болады. Сайып келгенде, өлшеу нәтижелері мүлтіксіз дәл болуы мүмкін емес. Өлшеу кезінде кететін қателер үш топқа бөлінеді: өрескел, жүйелі және кездейсоқ қателер.

Өрескел қателер өлшеуіш адамның бір жәйтті аңғармай калуынан, өлшеу аспаптарының көрсеткен цифрын шала оқуда, кейбір қажетті шарттарға көңіл аудармаудан болатын қателер. Мысалы, қашықтықты өлшегенде бір лента ұзындығын (20 м)

ескермеу, қалдықты лентаның екінші ұшынан, яғни 6 цифрының орнына 9 деп есептеу. Әдетте, өрескел қателердің нәтижесі қайталап өлшеу кезінде анықталады да, түзетіледі.

Жүйелі қателерге өлшеу аспаптарының конструкциясындағы кемшіліктердің, аспаптардың дұрыс орнатылмауының, сыртқы ортаның әсерінен, т.б. нәтижесін үнемі асырып, не кемітеді, яғни өлшенген шама мәндерінде бір жүйе заңдылық байқалып отырады. Жүйелі қателердің ұлғаюын азайтып, дәлдігін арттыру үшін аспаптарды мұқият тексеріп, өлшеуді арнаулы әдістерге сүйене отырып жүргізіп, өлшенген нәтижелерге түзету енгізіп отыру қажет.

Кездейсоқ қателер түпкі тегі мәлімсіз, кездейсоқ себептерден пайда болатын, өлшеу нәтижелерін біресе арттырып, біресе кемітіп отыратын қателер. Өрескел және жүйелі қателерді тауып, өлшеу нәтижелерін түзетуге болады. Сондықтан, өлшеу нәтижелерінде өрескел және жүйелі қателер жоқ деп есептейміз де, кейінгі параграфтарда тек кездейсоқ қателерге тоқталамыз.

11.2. Өлшеудің кездейсоқ қателерінің қасиеттері

Өлшену нәтижелері кездейсоқ қателерден мүлтіксіз болмайды. Олардың дәл (дұрыс) мәнін табуға арналған тәсілдерді зерттейді, қателер теориясы деп аталатын математиканың арнаулы саласы бар.

Кездейсоқ қателердің қасиеттерін зерттеу осы қателердің үлестіру заңдарын анықтау, өлшеу нәтижелері бойынша шаманың бағаламасын шығару, бағаламаның дәлдігін табу және кеткен қателерді түзету әдістерін табуға және тексеруге мүмкіндік жасайды. Қателер теориясындағы кездейсоқ қателердің мынандай қасиеттерін ерекше атап өтуге болады:

- 1) бір жағдайда (бір өлшеуші, бір аспап, бір мезгіл, ауа райы бір қатар т.б; өлшенген шамалардың кездейсоқ қателері) белгілі бір шектен (мөлшерден) аспайды;
- 2) оң және теріс таңбалы қателер саны бірдей жиі кездеспейді;
- 3) шама неғұрлым көп өлшенсе, соғұрлым абсолюттік шамасы жиі кездеседі;

4) өлшеу санын шексіз көбейте берсек, кездейсоқ қателердің арифметикалық ортасы нөлге жақындай береді. Қателер қасиетінің математикалық түрі төмендегідей.

Дәл мәні L -ге тең шама " n " рет өлшеніп, оның өлшеу нәтижелері алынса, онда өлшеудің шын қателері мына формуламен есептелінеді:

$$\delta_1 = l_1 - L; \quad \delta_2 = l_2 - L; \dots \quad \delta_n = l_n - L; \quad (117)$$

Оң таңбалы қателер шамасы теріс таңбалы қателер шамалармен қысқартылады да, шын қателердің арифметикалық ортасы нөлге жақындай түседі, яғни:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n}{n} = 0, \quad \text{немесе} \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\delta]}{n} = 0, \quad (118)$$

сондықтан,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{l}{n} = L \quad (119)$$

Демек, өлшеу саны шексіз көбейтілген сайын, дәлдігі бірдей өлшеулерден шыққан бір шаманың арифметикалық орта мәні соның шын мәніне жақындайды.

Егер өлшенген шаманың шын мәні белгісіз болса, онда өлшеу қатарын бағалау үшін оның арифметикалық орта мәнін алады. Ондай қателерді өлшеудің ең ықтимал кездейсоқ қателері деп атайды. Мысалы, l_1, l_2, \dots, l_n өлшенген нәтижелер қатары, $[l]/n = L_1$ нәтижелердің арифметикалық ортасы болса, $\delta_1 = L_1 - l_1$; $\delta_2 = L_2 - l_2$ өлшеудің ең ықтимал кездейсоқ қателері болады.

Өлшеу нәтижелерінің дәлдігі әртүрлі болып келеді. Ол көптеген себептерге, мысалы, өлшеулер үшін қаншалықты дәл аспаптар қолданылғанына; өлшеулерді қаншалықты маман орындаушылар жүргізгеніне; әрбір шаманы өлшеу қанша рет қайталанғандығына, өлшеулердің таңдап алынған әдістеріне; ақырында, өлшеу жүргізілген кезде сыртқы жағдайлардың қандай болғандығына байланысты болады.

Егер өлшеу кезінде жоғарыдағы аталған себептер бірдей болса, онда біз дәлдігі мен сенімділігі жағынан тең нәтижелерді аламыз. Сондықтан бірдей жағдайларда және бір ғана әдіспен орындалатын өлшеулерді тең *дәлдікті өлшеулер* деп атайды.

Егер жоғарыда аталған себептер өлшеу кезінде бірдей болмаса, онда біз өлшеу барысында дәлдігі мен сенімділігі жағынан әртүрлі нәтижелер аламыз. Сондықтан әртүрлі дәлдікпен, тең дәлдікті бакылаулардың әркелкі санымен немесе әртүрлі жағдайларда атқарылған өлшеулер тең дәлдікті емес өлшеулер деп аталады. Мысалы, бір теодолиттік жүрісте бұрылыс нүктелеріндегі бұрыштарды 2Т-30 теодолитімен, ал қалғандарын 2Т5К теодолитімен өлшедік делік (мұнда өлшеу әдісі бірдей). Алайда, екінші жүрісте бұрыштар дәлірек және сенімді өлшенетін болады. Дәлдік көбінесе белгілі бір шаманы қанша рет өлшегенімізге байланысты. Мысалы, бір шаманы көп мәрте өлшеуден алынған орташа мән өлшеулердің жекелеген нәтижесіне қарағанда, неғұрлым дәлірек нәтиже береді.

11.3 Өлшеу нәтижелерінің арифметикалық орташа мәні

Шын мәні x болатын шаманы тең дәлдікпен өлшеулердің нәтижелері $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ болсын делік. Сонда өлшеулердің шын қателіктері:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= l_1 - x \\ \delta_2 &= l_2 - x \\ &\dots\dots\dots \\ \delta_n &= l_n - x \end{aligned} \tag{120}$$

осы теңсіздіктерді қосып, мынаны табамыз:
Сонда өлшеулердің шын қателіктері:

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \dots + \delta_n = (l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n) - nx \tag{121}$$

немесе Гаусстың қосынды белгісін қолдансақ,

$$[\delta] = [l] - nx, \text{ немесе}$$

$$x = \frac{[l]}{n} - \frac{[\delta]}{n} \quad (122)$$

Кездейсоқ қателіктердің төртінші қасиетін еске ала отырып, $(n \rightarrow \infty, [\delta]/n = 0)$ өлшенілетін шаманың шын мәнін табамыз:

$$X = [l]/n \quad (123)$$

Демек, өлшенілетін шаманың шын мәні үшін арифметикалық орташа мәнді қабылдауға болады.

11.4. Орташа квадраттық, шектік және салыстырмалы қателіктер

Өлшеу нәтижелерінің дәлдігін жұмыстың маңыздылығын орташа квадраттық, шектік не салыстырмалы қателер арқылы бағалайды. Орташа квадраттық қате мына формула арқылы анықталады:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_n^2}{n}} = \pm \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n}} \quad (124)$$

мұнда $\delta_1, \delta_2 \dots + \delta_n$ өлшеудің шын кездейсоқ қателері; n —өлшеу саны. Мысалы, бұрыш 6 рет өлшеніп, оның шын кездейсоқ қателері $-3'', +1'', -4'', 0'', -2'', +2''$ тең делік. Сонда оны орташа квадраттық қатесі дейді.

Егер орташа квадраттық қатені білсек, онда бір жағдайда өлшенген шамалардың шекті (предельная) қатесін табуға болады. Өлшеудің кездейсоқтық қатесінің абсолют шамасы оның үш еселенген жолымен де дәлелденген, яғни:

$$\Delta_{\text{шект}} = 3m \quad (125)$$

Бірақ та жоғары дәлдікті талап ететін топографиялық геодезиялық жұмыстарды шекті қате үшін $\Delta_{шекте} = 2m$ алынады.

Орташа квадраттық қатенің абсолют шамасын кейде абсолют қате деп те атайды.

Егер арақашықтық өлшенген болса, онда өлшеу дәлдігін салыстырмалық қате арқылы анықтайды:

$$f_c = \frac{m_D}{D} = \frac{1}{D \cdot m_D} \quad (126)$$

Мысалы, $B=221,10$ м-лік арақашықтықтың абсолюттік қатесі $m=0,11$ м демек, сонда оның салыстырмалы қатесі:

$$f_c = \frac{0,11}{221,10} = \frac{1}{221,16:0,11} \approx \frac{1}{2000} \text{ тең болды.}$$

Өлшенген l және l' шамалары бойынша үшінші шамасы анықталса, оның функциясы былай жазылады:

$$X = l + l'. \quad (127)$$

Егер өлшенген шамалардың шын мәндері L' және L'' болса, онда үшінші шама $X=L'+L''$ тең болады. L' және L'' шамалары бірнеше рет өлшеніп, l_1, l_2, \dots, l_n l_1, l_2, \dots, l_n нәтижелер қатары алынды делік, сонда есептелген үшінші шаманың қатарлары былайша жазылады:

$$X_1 = l_1' + l_1''; \quad X_2 = l_2' + l_2''; \quad X_n = l_n' + l_n'' \quad (128)$$

Осы формулаға сүйене отырып, қателер қатарларын да жазуға болады $\Delta_1 = \delta_1' + \delta_1''$; $\Delta_2 = \delta_2' + \delta_2''$; \dots $\Delta_n = \delta_n' + \delta_n''$.

Тендіктердің оң және сол жақтарын квадраттап, квадрат қосындыларын n -ге бөлсек, мынаны аламыз:

$$\frac{[\Delta\Delta]}{n} = \frac{[\delta']}{n} + \frac{[\delta'']}{n} + 2 \frac{[\delta'\delta'']}{n} \quad (129)$$

мұнда $[\Delta\Delta]$ —шын кездейсоқ қателер квадраттар қосындысы.

Егер n -көп болса (122) формуласына сәйкес $2 \cdot ([\delta'\delta'']/n)$ нөлге жуық шама, бұл мүшені теңдігінен шығарып тастауға болады.

Демек,
$$\frac{[\Delta\Delta]}{n} = \frac{[\delta'\delta']}{n} + \frac{[\delta''\delta'']}{n} \quad (130)$$

Ал орташа квадратты қате (90) формуласына сәйкес анықталады:

$$m_x^2 = m_{e'}^2 + m_{e''}^2 \quad (131)$$

Егер өлшенген шама бірнешеу болса, оның функциясы былай жазылады:

$$X = l_1 + l_2 + \dots + l_n \quad (132)$$

Онда функцияның орташа квадраттық қатесі (134) формуласына сәйкес

$$m_x^2 = m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2 \quad (133)$$

Егер өлшенген шаманың шын мәні белгісіз болса, онда оның орнына сол шамалардың арифметикалық орта мәні алынады, яғни:

$$x = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n} \quad \text{немесе} \quad x = \frac{1}{n} \cdot l_1 + \frac{1}{n} \cdot l_2 + \dots \quad (134)$$

мұнда $1/n$ -тұрақты сан.

Осы шамалардың әрқайсысының орташа квадраттық қателері бір-біріне тең болса, $m_1 = m_2 = \dots = m_n$, яғни m -ге тең, ал арифметикалық ортаның орташа квадраттық қатесін M деп белгілесек, онда (134) формуласына сәйкес мынаны жазамыз:

$$M^2 = \frac{1}{n} \cdot m^2 + \frac{1}{n} \cdot m^2 + \dots + \frac{1}{n} \cdot m^2 = \frac{n \cdot m^2}{n} \quad (135)$$

Бұл формула мынандай түрге айналады:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} \quad (136)$$

Көптеген шамалардың шын мәні белгісіз болғандықтан, шын кездейсоқ қателері табылмайды. Мұндай жағдайда өлшеудің арифметикалық шамасының ауытқуларын пайдаланып, орташа квадраттық қате анықталады. Бұл ауытқуларды ықтимал қателер дейді.

$l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ өлшеу нәтижелері болса, олардың арифметикалық ортасы

$$X = \frac{[e]}{n}; \quad (137)$$

Егер осы шаманың шын мәнін X деп, шын қатесін δ , ал ықтимал қатесін ν деп белгілесек, онда қателерді былайша жазуға болады:

$$\delta_1 = l_1 - x; \quad \delta_2 = l_2 - x; \quad \dots \dots \delta_n = l_n - x; \quad (138)$$

$$\nu_1 = l_1 - X; \quad \nu_2 = l_2 - X; \quad \dots \dots \nu_n = l_n - X; \quad (139)$$

Екі теңдік айырмашылығынан мынандай байланыс шығады:

$$\begin{array}{r} \delta_1 - \nu_1 = x - X = \Delta \\ \dots \dots \dots \\ \delta_n - \nu_n = x - X = \Delta \end{array} \quad (140)$$

Бұдан шын қателіктерді табамыз:

$$\delta_1 = \nu_1 + \Delta; \quad \delta_2 = \nu_2 + \Delta; \quad \dots \delta_n = \nu_n + \Delta \quad (141)$$

Егер осы теңдікті квадраттап, содан кейін қосындысын тапсақ, онда теңдік мына түрге келеді:

$$[\delta\delta] - [\nu\nu] + n \cdot \Delta^2 = 2\Delta [\nu]. \quad (142)$$

Шын қателіктер $[\nu] = C$ – тең болғандықтан $[\delta\delta] - [\nu\nu] + n \cdot \Delta^2$ – деп жазып, теңдікті өлшеу санына бөлсек:

$$[\delta\delta]/n = [\nu\nu]/n + \Delta \quad (143)$$

Енді $m = \sqrt{[\delta\delta]/n}$ (125) және $M = \pm\sqrt{n} = \Delta$ (136) формулаларын ескере отырып, (143) формуласын төменгі түрде келтіріп жазамыз:

$$m^2 = \frac{[\delta\delta]}{n} + \frac{m^2}{n} \text{ немесе } m^2 = \frac{[\nu\nu]}{n-1}$$

бұдан:

$$m = \sqrt{\frac{[\nu\nu]}{n-1}} \quad (144)$$

(144) формуласын Бессель формуласы деп атайды. Бессель формуласын дәлдігі бірдей өлшеулердің орташа квадраттық қателіктерін табу үшін қолданады. Ал арифметикалық ортаның ең ықтимал орташа квадраттық қатесін (136) формуласын қолданып анықтайды:

$$M_{\text{ык}} = \pm \sqrt{\frac{[\nu\nu]}{n(n-1)}} \quad (145)$$

Мысалы, горизонталь бұрыш 4 рет өлшенді дедік. Осы бұрыштың ең ықтимал мәнін табу үшін, осы өлшеудің әрқайсысының орташа квадраттық қатесі мен оның ең ықтимал орташа квадраттық қатесін анықтау қажет. Есептеулер 14-кестеде көрсетілген.

14-кесте

№	Өлшенген бұрыш нәтижелері	ν	$\nu\nu$	Дәлдік бағасы
1	$27^\circ 18' 09''$	+4	16	$m = \sqrt{\frac{[\nu\nu]}{n-1}} = \sqrt{\frac{74}{3}} = 4''{,}9$
2	$27^\circ 18' 10''$	+3	9	$M = \pm m/\sqrt{n} = 4''{,}9$
3	$27^\circ 18' 20''$	-7	49	өлшенген бұрыштың ең ықтимал мәні
4	$27^\circ 18' 13''$	0	0	
$\beta_{\text{орт.}} 27^\circ 18' 13''$		$[\nu\nu]=74,0$		$\beta_{\text{ык}}=27^\circ 18' 13'' \pm 2''{,}4$

11.5. Өлшеу нәтижелерін өңдеуге қойылатын талаптар

Геодезиялық және маркшейдерлік өлшеулер мен өлшеу нәтижелері де математикалық өңдеу деп аталатын есептеу және сызу жұмыстары көп орын алады. Өңдеу кезінде қателіктер жіберілмеу мақсатымен құжаттарды жасауда мынандай ережелер сақталуы тиісті.

1. *Дала құжаттарын дайындау.* Дала құжаттарына геодезиялық аспаптарды тексеру материалдары, өлшеу журналдары және арнайы пішіндердегі бланктер, абристер, пикеттік кітапшалар жатады. Барлық дала құжаттары түпнұсқасы түрінде ғана жарамды болып саналады.

Журналдағы жазулар жақсы ұшталған қарындашпен, сиямен және тушпен анық жазылуға тиіс. Цифрларды түзетуге және оларды тазартып өшіруге, сондай-ақ цифрдың үстіне цифрды жазуға рұқсат етілмейді. Қателер табылған жерлер сызылып тасталып, жаңа жазу жазылған жерлері көрсетілуі тиіс. Дала өлшеулерінің нәтижелері белгіленген пішіндегі журналдарға енгізіліп, нөмірленеді де, жұмыс басшысымен куәландырылады.

Өлшеу нәтижелерінің сандық мәндерінде цифрлар саны өлшеу құралының есептеу құрылғысы мүмкіндік беретін санға сәйкес болуы керек. Мысалы, сызықтың ұзындығы миллиметрлік бөліктері бар рулеткамен өлшеніп, есептеу 1 мм-ге дейін жасалса, онда сандық 61,3 м орнына 61,300 м болып жазылуға тиіс. Немесе бұрыш өлшеу аспабы тек қана толық минутті санауға мүмкіндік беретін болса, онда сандық 49° немесе $49^\circ 00' 00''$ орнына $49^\circ 00'$ болып жазылады.

2. *Сандарды дөңгелектеу.* Сандарды дөңгелектегенде төмендегі ережелерді есте ұстаған жөн.

1. Егер соңғы цифрдан кейінгі цифр 5-тен артық болса, ол бір санға арттырылады, мысалы, $81,267 \approx 81,27$.

2. Егер соңғы цифрдан кейінгі цифр 5-тен кем болса, ол өзгермей сол күйінде жазылады, мысалы, $32,8733 \approx 32,873$.

3. Соңғы жұп цифрдан кейінгі цифр 5-ке тең болса, онда оны өзгеріссіз қалдыру қажет, мысалы $89,2385 \approx 89,238$.

4. Соңғы тақ цифрдан кейінгі цифр 5-ке тең болса, онда оны бір санға арттыру қажет, мысалы, $43,2355 \approx 43,236$

5. Есептеу жұмыстарында электронды есептеу машиналарын (ЭКЕМ) қолдану.

Геодезиялық есептеулерде кеңінен қолданылып жүрген құрал-саймандарға: кестелер, номограммалар, калькулятор және электрондық есептеуіш машиналар (ЭКЕМ) жатады.

Кейінгі кезде ғылым мен техниканың түрлі салаларында ЭЕМ-нің көп пайдалануына байланысты есепшот, арифмометр сияқты құралдар өте сирек қолданылады.

Электрондық есептеу машиналары көп еңбекті қажет ететін есептеу, өңдеу процестерін жеңілдетеді. Есептеу машиналарының ішінде геодезиялық және маркшейдерлік жұмыстар да кеңінен пайдаланып жүргендері "Искра", "Электроника" атты клавишті есептеуіш машиналары (ЭКЕМ).

Дербес кіші калькуляторлар қарапайым және программалы болып бөлінеді. Қарапайым ЭКЕМ-ға "Электроника МК-44", "Электроника МК-51", ал программаларға "Электроника МК-46", "Электроника МК-56" және "Электроника БЗ-34" тер жатады.

Ал күрделі есептердің, әсіресе көлемі үлкен информациялық өңдеулерді жеңілдететін, әрі тездететін цифрлы электрондық есептеу машиналарына (ЦЭЕМ) секундына 20-50-мың операциялық "Минск-32", М-220, БЭЕМ-4 немесе тездігі секундына 600-800 мың операциялық БЭЕМ-6 және ЭВМЕС тектес машиналар жатады.

Экономикалық өзара көмек советіне (СЭВ) мүше мемлекеттер бірігіп шығарып жатқан ЭЕМ ЕС типті есептеу машиналары қазір оқу орындары мен өндіріс орындарына кең тарап, арнайы есептеу орталықтары-ВЦ (ЕО) ашылып отыр.

Геодезиялық және маркшейдерлік жұмыстар графиктің материалдарымен (план, карта, профиль, т.б.) аяқталады. Сол графиктің өздерін мамандар қолымен сызбай, тікелей (графопостроитель) график салуы арқылы жоғары дәлдікпен автоматты түрде ЭЕМ-нен алады.

Қазіргі кезде ғылым мен техниканың тез қарқынмен қарыштап өсуі, отанымыздың ғалымдары мен инженерлері алдына техниканы жеделдету талаптарына сай жаңа есептеуіш машиналар жасау және шаруашылығымыздың барлық салаларын жаппай компьютерлендіру міндеттерін қойып отыр. Сол себепті мектептерде, жоғарғы оқу орындарында, инженер-мамандарға өздігінен жұмыс істеуге мүмкіндік туғызылып, арнайы дисплейлі кластар, аудиториялар, лабораториялар ашылып жатыр.

Демек, осындай техниканы жете игеріп, өскелең өміріміздің алдынгы шебінде болу жастарымыздың абыройлы борышы деп білеміз.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Өлшеу деген не және өлшеудің түрлері?
2. Тең дәлдікті және тең дәлдікті емес өлшеулер деген не?
3. Геодезияда пайдаланылатын өлшем бірліктерін атаңыз.
4. Өрескел қателіктер деген не?
5. Кездейсоқ қателіктер деген не?
6. Жүйелі қателіктер деген не?
7. Абсолют қателіктер қалай анықталады?
8. Шекті және салыстырмалы қателіктер қалай анықталады?
9. Орташа квадраттық қателіктер қалай анықталады?
10. Геодезиялық өлшеу нәтижелерін өңдеуге қойылатын талаптар.

12. ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ БӨЛУ ЖҰМЫСТАРЫ

12.1. Жобадан жер бетіне көшірудегі геодезиялық жұмыстар туралы жалпы мәлімет

Объектіні қағаздағы жобадан жер бетіне көшіру дегеніміз жергілікті жердегі болашақ құрылыс алаңының, учаскесінің шекараларын бекіту, құрылыс жүргізуге даярлау деген мағынаны білдіреді.

Құрылыс алаңында жүргізілетін геодезиялық жұмыстар төмендегідей кезеңдерден тұрады:

1. Жобалауға дейінгі геодезиялық іздеу жұмыстары: болашақ құрылыс алаңында геодезиялық тірек торларын, ірі масштабта түсірістер жүргізуден және құрылыстың бас планын жасау үшін жердің топографиялық планын сызу.

2. Жобалау кезеңіндегі геодезиялық жұмыстар: құрылыс паспортының геодезиялық құрамын жасау, бөлу чертеждарын сызу, вертикаль жоспарлаудың жобасын жасау, жобадан натураға көшудің негізгі деректерін дайындау және т.б. жатады.

3. Проектіден нақтылы жерге көшудегі геодезиялық жұмыстарға берілген учаскінің шекарасын, құрылыстың негізгі осьтері және т.б. жер бетінде белгілеу.

4. Құрылыстағы күнделікті геодезиялық жұмыстар: құрылыс конструкциясының жабдықтарын жобаға сәйкес орналастыру, олардың биіктігін және тіктігін тексеру, күнделікті түсірулерді жүргізіп құрылыстың әр кезеңінің жұмыс чертеждарын дер кезінде дайындап отыру.

Жоғарыда айтылған жұмыстың түрлері геодезиялық өлшеулердің әртүрлі дәлдікпен, арнайы тәсілдермен және оларға сәйкес аспаптармен жүргізілуін талап етеді.

Жердің топографиялық картасы мен планын жасау үшін жүргізілетін жұмыстардың пландық негізгі болып триангуляция, полигонометрия және трилатерация, ал биіктік негізгі болып нивелирлік жүйенің маркалары мен реперлері есептеледі. Саналып жатқан құрылыстың ерекше нүктелерінің координаталарын X, Y, H жобаға сәйкес анықтап белгілеуді құрылысты бөлу немесе жобадан натураға көшіру деп аталынады.

12.2. Жобадан жергілікті жерге көшудегі дайындық жұмыстары

Инженерлік құрылысты жобадан жергілікті жерге көшіру алдында арнайы геодезиялық дайындықтар жүргізіледі. Оған аналитикалық есептеу, жобаны геодезиялық байланыстыру, бөлу сызбаларын жасау, геодезиялық жұмыстарды жүргізудің жобасын жасау жатады.

Құрылысты жобадан жергілікті жерге көшіру үшін сол жерде координаталары белгілі геодезиялық пункттер болуы керек. Сол координаталық жүйеде болашақ құрылыстың негізгі нүктелерінің координаталары анықталады. Геодезиялық бөлу негізгі пункттерінің координаталары өлшеулер нәтижесінде анықталады, ал құрылыс объектісінің нүктелері графикалық немесе аналитикалық есептеу арқылы белгілі болады. Ол үшін жобаның негізгі сызбалары: құрылыстың орнын және анықтайтын бас план; құрылыстың барлық бөліктерінің қималары, өлшемдері, биіктіктері көрсетілген жұмыс

сызбалары, жер бедерінің планы, жолдар мен жерасты коммуникацияларының пландары мен профильдері пайдаланылады.

Геодезиялық дайындық жұмыстарының жиынтығы жоба элементтерін аналитикалық есептеуден тұрады, жобаны геодезиялық дайындаудың үш тәсілі бар.

Аналитикалық тәсілде бөлудің барлық мәліметтері математикалық есептеулер арқылы анықталады. Бұл тәсіл көбіне кәсіпорындарды қайта құруда және кеңейтуде жиі қолданылады.

Көбінесе *графиктік-аналитикалық* тәсіл қолданылады. Мұнда бастапқы нүктелердің орындары топографиялық планнан графиктік тәсілмен анықталады. Бұрыштарды геодезиялық транспортир, сызықтарды өлшеуішпен анықтайды.

Жобаны аналитикалық есептеуде көбінесе тура және кері геодезиялық есептер шешіледі. Мәселен, егер қажетті нүкте i дирекциондық бұрыш α_i бағытында X_A және Y_A координаталар белгілі бастапқы нүктеден S_i қашықтықта орналасса, онда оның координаталары мына формула мен анықталады

$$X_i = X_A + S_i \cos \alpha_i, Y_i = Y_A + S_i \sin \alpha_i \quad (146)$$

Жобадағы екі ұшының координаталары белгілі түзу кесіндінің дирекционды бұрышы α_{AB} және ұзындығы S мына формуламен есептеледі:

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}; \quad S = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha_{AB}} \quad (147)$$

Жобаны геодезиялық даярлағанда оны тірек пункттарына байланыстыру есептері де шешіледі.

Жобаны байланыстыру дегеніміз жобаның бөлу элементтерін жерге көшіру үшін қажет геодезиялық байланыстыру мәліметтерін даярлау. Бөлу элементтеріне арақашықтар, бұрыштар, биіктік өсімшелері жатады. Жобаны геодезиялық даярлаудың нәтижелері жергілікті жерге көшудің негізгі болып есептелетін бөлу сызбаларында бейнеленеді. Бөлу сызбалары 1:500-1:2000 масштабтарда жасалынады.

12.3. Құрылыс алаңындағы геодезиялық бөлу жұмыстары

Геодезиялық бөлу жұмыстарына жер бетінде жоба бұрыштарын, ара қашықтарды, жоба биіктігі белгілі нүктелерді және жоба ылдильғы белгілі жазықтарды салу жатады.

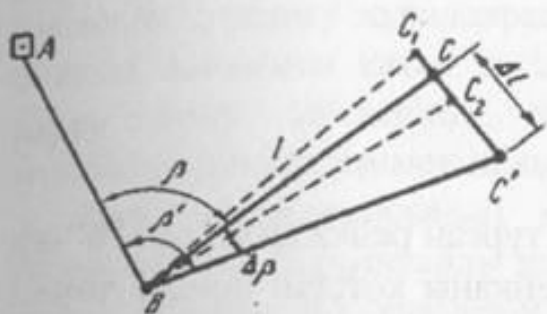
1. *Жобалық бұрыштар мен сызықтарды жергілікті жерге көшіру* (88-сурет). Мұндағы бөлу жұмыстары құрылыс геометриясының жобадағы нүктелерін жер бетінде белгілеуден тұрады. Бұл нүктелердің пландық орындары теодолит арқылы бастапқы қабырғадан есептегендегі жобалық бұрышты және бастапқы нүктеден бастап жобадағы ұзындықты салып, нүктені бекітумен анықталады.

Жобалық бұрышты салуда бір нүкте, яғни бұрыштық төбесі және бастапқы бағыт белгілі болады. 88-суретте BA бастапқы бағыт, B —жобаланатын бұрыштың төбесі, ал β —жобалық бұрыш.

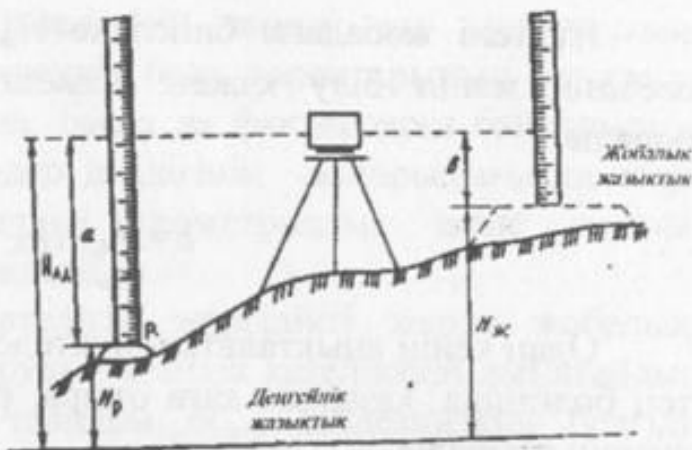
Бөлу жұмысы мына тәртіппен жүргізіледі. Теодолит B нүктесіне орнатылады. Көру дүрбісін A нүктесіне көздеп, лимбадан есеп алады. Одан кейін алынған есепке жобалық бұрыш— β қосылады да, алидаданы ашып, есептелген бұрыштың мәніне қояды. Сонда теодолиттің көру дүрбісінің нысаналау осі екінші іздеп отырған бағытты көрсетеді. Сол бағыт бойынша жер бетіне жобадағы арақашықтық салынады да, C_1 нүктесі белгіленеді. Дәл осындай өлшеп-бөлу қимылы теодолиттің басқа дөңгелегінде (KJ) жүргізіліп жер бетінде C_2 нүктесі белгіленеді. Бөлу жұмыстарының қателігі $C_1 C_2$ сызығы тең екіге бөлініп жер бетінде ABC жобалық бұрыш салынып, C нүктесі бекітіледі. Жер бетінде жобалық бұрышты салудың дәлдігі аспаптық қателікке, өлшеу қателіктеріне (нысаналуға және лимбтан есеп алуға), сонымен қатар сыртқы жағдайлардың әсерінен кететін қателіктерге байланысты болып келеді.

Жобалық сызықтарды жер бетіне көшіру үшін бастапқы нүктеден бастап жобадағы горизонталь проекцияға сәйкес келетін көлбеу ұзындықты бағыт бойынша салады. Жобалық қашықтықтарды салуда қажетті дәлдіке байланысты болат және инварлы ұзындық өлшеуіш аспаптары, оптикалық қашықтық өлшеуіштер, жарық сәулелі өлшеуіштер қолданылады.

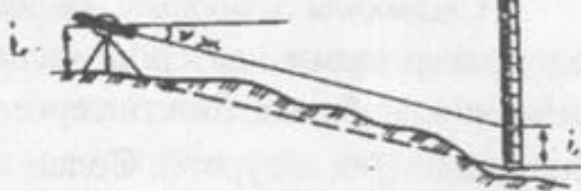
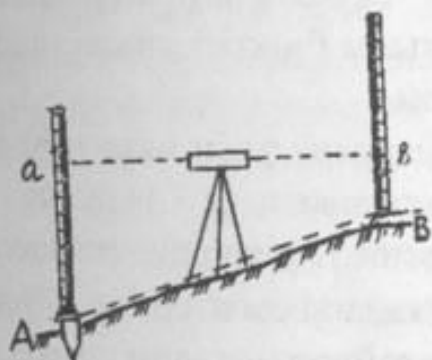
2. Жоба биіктігі арқылы нүктені жер бетінде белгілеу. Жергілікті жерге жоба биіктігі $H_{Ж}$ белгілі нүктені шығару үшін нивелирді шамамен биіктігі H_R белгілі репер мен жер бетіне шығарылатын нүкте аралығына орнатады (89-сурет).



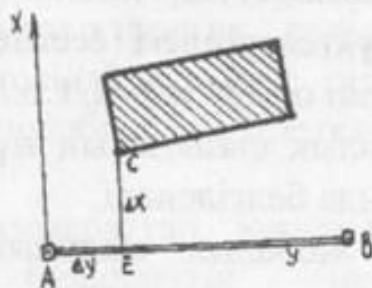
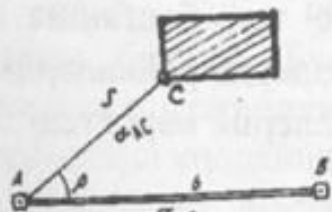
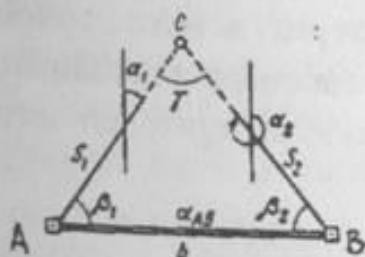
88-сурет. Жергілікті жерге жобалық, бұрышты көшірудің схемасы



89-сурет. Жергілікті жерге жобалық, бұрышты көшірудің схемасы



90-сурет. Жергілікті жерге жобалық ылдлықпен жазықтықтарды көшіру. а-нивелир арқылы; б-теодолит арқылы



91-сурет. Бөлу әдістері:

а-тура бұрыштық және сызықты қиылыстырулар;
б-полярлық тәсіл; в-тік бұрышты координаталар.

Репер мен шығарылатын нүктеге рейкалар ұсталынады, репердегі рейкадан “ a ” есебін алып, аспап деңгейін анықтайды

$$H_{АД} = H_R + a. \quad (148)$$

Нүктені жобадағы биіктікке— $H_{Ж}$ орнату үшін нүктедегі “ b ” есебінің мәнін білу қажет. Қажетті мәнді былайша анықтауға болады:

$$b = H_{АД} - H_{Ж} \quad (149)$$

Одан кейін анықталатын нүктеде тұрған рейкадағы есеп “ b ”-ға тең болғанша, қазықша қаға отыра, рейканы көтеріп немесе төмен түсіріп отырады.

Нивелир дүрбісінің ортанғы штрихы “ b ” есебіне дәл келген кезде, рейканың табаны жоба биіктігіне тең болады. Нүктенің жоба биіктігіне дәл келгендігін тексеру үшін нивелирлеу жүргізіліп, жергілікті жерге көшірілген нүктенің нақтылы биіктігі анықталады және оны жобадағы биіктікпен салыстырады.

3. *Сызықты жобалық ылдильықпен белгілену үшін нивелирлер, теодолиттер және лазерлы аспаптар қолданылады. А және В нүктелерін жобалық биіктіктерге қояды, яғни нивелирлік рейкалар орнатылады (90, а-суреті). Содан кейін рейкадағы есептер бір-біріне тең болғанша, көтергіш винтер (немесе элевайиондық винт) арқылы нивелирді біртіндеп еңкейтеді. Сонда нивелир дүрбісінің визирлік осі жобадағы ылдильықты көрсетеді. Әрі қарай рейканы АВ сызығының жармасына әр 5 м сайын қойып, ондағы есептер А және В нүктелеріндегі есептерге тең болғанша көтеріп немесе төмен түсіріп отыру керек. Сол кездерде рейкалардың табандары жобалық, ылдильық сызығының нүктелерін көрсетеді және ол нүктелер жер бетінде белгіленеді.*

Жобалық ылдильықты салуда теодолит қолданғанда, оны бастапқы нүктеге орнататын аспап биіктігі өлшейді. (90, б-суреті). Теодолиттің вертикаль дөңгелегіне жобалық ылдильыққа тең бұрыштық мәнді қояды, сонда теодолит көру дүрбісінің визирлік сызығы жобалық ылдильықты көрсетеді.

12.4. Бөлу жұмыстарының әдістері

Бөлу жұмыстарын жүргізу үшін: полярлық және тікбұрышты координаталар, бұрыштық, сызықтық және жармалық қиылыстырулар сияқты әдістер қолданылады.

Бұл әдістердің ішінен қажеттісін таңдап алу құрылыстың түріне, тұрғызу жағдайына, тіректік бөлу тораптарының орналасу схемасына, өлшеу құралдарына, басқа да факторларға байланысты болады. Сонымен қатар тәсілдер дәлдігінің жоғарылығы да әсер етеді. Бөлу әдістерінің дәлдігі геометриялық және жалпы қателіктердің көздерімен айқындалады.

Бөлу геометриясының қателігін жергілікті жерде жобалық сызықтар мен бұрыштарды құрудың өзіндік қателіктері деп атайды. Бұл қателіктердің күтілетін шамасы $m_{орт}$ геодезиядағы белгілі формулалар арқылы есептеп анықтайды. Жобалық бұрыштар мен сызықтарды салған кезде бұрыш өлшеу аспаптары мен нысаналарды центірлеу, нысанаға көздеу қателіктері кетуі мүмкін.

Бөлу жұмыстарын жүргізудің дәлдігіне сыртқы жағдайлар, әсіресе бүйірлік рефракция әсер етуі мүмкін. Рефракция әсерін азайту үшін ең қолайлы уақытты таңдау қажет.

Енді бөлудің тәсілдерін қарастырайық:

1. *Тура бұрыштық қиылыстыру тәсілі.* Бұрыштың қиылыстыру қол жетпейтін нүктелерді бөлу үшін қолданылады, ол тура бұрыштық қиылыстыруда жобадағы нүктенің жер бетіндегі орнын бастапқы A мен B пункттерінде тұрып, β_1 және β_2 жоба бұрыштарын салу арқылы анықталады. (91, а-суреті).

2. *Сызықтық қиылыстыру тәсілінде.* (91, а-сурет) жергілікті жерге шығаратын C нүктесінің бастапқы A және B пункттерінде тұрып, жобалық S_1 және S_2 қашықтықтардың салынған қиылысқанынан анықтауға болады. Бұл тәсілді құрылыс осьтері бөлуде, егер жобалық қашықтықтар өлшеу аспабының (рулетканың) ұзындығынан аспаған жағдайда қолданады.

3. *Полярлық координаталар тәсілі* ғимараттар, құрылыстар және конструкциялар осьтерін теодолиттік немесе полигонометриялық жүрістер пункттерінде тұрып бөлуде өте жиі қолданылады. Бұл тәсілде (91, б-сурет) анықталатын C нүктесін AB бағытынан бастап жобалық β бұрышы мен S арақашықтығын салу арқылы табады.

4. Тік бұрышты координаталар тәсілі алаңында немесе өндіріс цехында жобаның негізгі нүктелері мен осьтері бір координаталық жүйеде бейнеленген құрылыс торы болған жағдайда қолданылады. Бұл тәсілде. (91, в-сурет) AB сызығының бойына Δy кесіндісі салынып, E нүктесінен ұзындығы Δx перпендикулярлары тұрғызылады. Перпендикуляр теодолитпен тұрғызылады, ал Δy және Δx кесінділері рулеткамен өлшеніп салынады.

12.5. Құрылыс сеткасының бастапқы бағыттарын жер бетіне көшіру

Өндіріс алаңдарындағы бөлу жұмыстарын, технологиялық жабдықтарды монтажды және күнделікті түсірістерді жүргізу үшін құрылыс сеткасы құрылады.

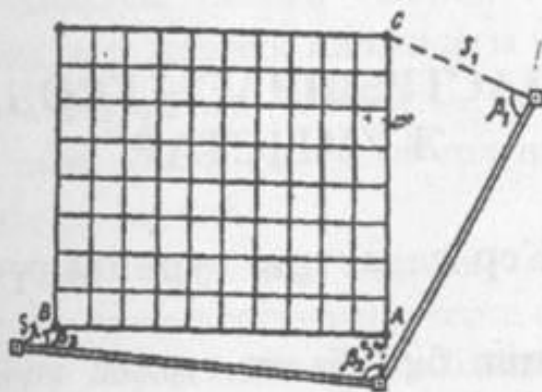
Құрылыс сеткасының бір ерекшелігі оның қабырғаларының жобаланып отырған құрылыс осьтеріне немесе технологиялық жабдықтар осіне параллель болып орналасуы. Сөйтіп, құрылыс сеткасы дегеніміз құрылыс осьтерін байланыстыруды және бөлу жұмыстарын бөлуді жеңілдететін жер бетінде бекітілген тік бұрышты координаталар жүйесі.

Құрылыс сеткасының маңыздылығына және салынатын құрылыс объектісінің түріне қарай сетка қабырғаларының ұзындықтарын 100 ден 400 м дейінгі аралықта қабылданып алынады. Ең жиі қолданылатыны қабырғалары 200 м-лік сетка. Цехтарда технологиялық жабдықтарды орналыстыру үшін қабырғалары 10-20 м сеткалар жобаланады.

Құрылыс сеткасын жер бетіне көшіру, квадрат төбелерін бекіту бірнеше кезеңнен тұрады.

Ең алдымен жер бетіне бастапқы бағыттар көшіріледі. Бастапқы бағыттың біреуінде A және B нүктелері белгіленеді (92-сурет). Олардың координаталары сол құрылыс алаңында орналасқан пландық негіз пункттерінің координаталарын пайдаланып, графиктік түрде анықталады, яғни кері геодезиялық есептерді шешіп, S_1 және S_2 , β_1 және β_2 полярлық координаталар есептелінеді. Өрескел қателіктер кетіп қалмас жер бетіне C нүктесін де көшіреді.

A, B, және C нүктелерін бекіткеннен кейін жер бетінде BAC бұрышы өлшенеді және оның 90° -тан ауытқымағандығынан істелген жұмыстың дәлдігі анықталады.



92-сурет. Құрылыс сеткасының бастапқы бағыттарын жер бетіне көшірудің схемасы

A, B және C нүктелерінің координаталары бас планнан график түрінде анықталғандықтан, олардың жер бетіне көшірілуінің пландық дәлдігі 0,2-0,3 мм-дей болмақ. Мұндай дәлдік жанадан салынатын құрылысы кешендеріне үлкен әсерін тигізбейді, кәсіпорнын қайта құруда немесе кеңейтуде құрылыс сеткасын мұндай тәсілмен жер бетіне көшіруге болмайды. Бұл жағдайда құрылыс сеткасы бұрынғы құрылысты жалғастырғандай тәртіппен құрылады. Егер бұрынғы (ескі) сетканың орындары сақталмаған жағдайда, онда салынған цехтар мен жабдықтардың негізгі осьтерін қайтадан қалпына келтіреді де, содан әрі қарай жаңа құрылыс сеткасын дамыта береді.

Жер бетіне шығарылған және белгіленген бастапқы бағыттардан құрылыс сеткасы егжей-тегжейлі бөлінеді. Координаталық сетканың төбелері құрылыс алаңындағы тірек пункттері болып бекітіледі.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Жобаны жергілікті жерге көшірудегі негізгі геодезиялық жұмыстарды атаңыз?
2. Дайындық жұмыстар неден тұрады?
3. Жобаны көшірудің әдістерін атаңыз?
4. Бөлу жұмыстарында қандай аспаптар қолданылады?
5. Бұрыштық қиылыстыру әдісінде қандай аспаптар қолданылады?

6. Тік бұрышты координаталар әдісінде қандай аспаптар қолданылады?
7. Құрылыс сеткасының бастапқы бағыттарын жер бетіне қалай көшіреді?

13. ЖЕР КАДАСТРЫНДАҒЫ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ЖҰМЫСТАР

13.1. Жер кадастры туралы түсінік

Кадастр деп белгілі бір объект туралы жүйелі түрде мезгіл-мезгіл немесе үздіксіз жүргізілген бақылаулар нәтижесінде толықтырылған мәліметтердің жиынтығын атайды. Жер кадастры деп аталған соң, оның объектісі болып Жер, оның беті мен қойнауындағы барлық заттар есептеледі. Жер кадастры туралы әртүрлі анықтамалар және түсініктемелер бар. Біздің елімізде оның нақтылы түсініктемесі Республикамыздың негізгі заңдары мен қаулыларында анықталған.

1994 жылға дейін Жер жылжымайтын мүліктер қатарында болмады, яғни құқықтық реттеу объектісі болып саналмай келді және жер учаскелеріне кадастрлық нөмірлер берілмеді. Жер кадастрының (құқықтық жағының) әрі қарай дамуына Қазақстан Республикасы Президентінің 1994 жылғы “Жер қатынастарын реттеудің кейбір мәселелері туралы” және “Жер қатынастарын әрі қарай жетілдіру туралы” Указдары мұрындық болды. Сол жылдан бастап жерді пайдаланудың, өмірлік мұра ретінде иемденудің, жер учаскелерін жолға алудың құқықтарын сатып алу және сату өмірге енгізілді. Әр қарай Республика Президентінің 1995 жылы жарық көрген “Жер туралы”, “Жер қойнауы және оны пайдалану туралы” заң күші бар жарылықтарынан кейін жер учаскелері жылжымайтын мүлік объектілері қатарына жатқызылды және жер ақысы енгізілді.

Үкіметтің осы заң актілері мен қаулылардың негізінде 1996 жылдан бастап мемлекеттік жер кадастры жүргізудің тәртібі орнатылады және жекеменшікке сатылатын немесе пайдалануға берілетін жер учаскелерінің бағалары белгіленеді; жер кадастрлық құжаттардың стандарты қабылданды; жер учаскелерінің кадастрлық

нөмірлері мен кодтары бекітілді, яғни жерді мемлекеттік тіркеуге және есепке алудың негізі қаланды.

Сөйтіп Қазақстан Республикасының Жер кодексіне сәйкес мемлекеттік жер кадастры (МЖК)- Қазақстанның табиғи және шаруашылық қатынастағы жерлері жайындағы учаскелердің орыны, көлемі, шекарасы, атқаратын мақсаты, сапалық қасиеттері, кадастрлық бағасы және басқа да үнемі толықтырылып отыратын жүйелі мәліметтердің жиынтығы.

Мемлекеттік жер кадастры туралы мәліметтер жерді пайдалануды жоспарлау және қорғаудың, жерге орналастыруды және бақылауды жүргізудің, жерді пайдалануға байланысты шаруашылық қызметтер мен жерді қорғау шараларын бағалаудың, сонымен қатар жерді сатып алу және сатуда жерге төлем ақының мөлшерін анықтаудың негізі болып есептеледі.

МЖК-ның мәліметтері мемлекеттің ақпараттық ресурсы болып есептеледі.

МЖК-ның мақсаты:

- мемлекеттік билік органдарын, басқармаларды, кәсіпорындарын, мекемелерді және құқықтық мүшелерді аймақтағы жер ресурстары туралы жеткілікті ақпараттармен қамтамасыз ету;
- жерді есепке алу, тиімді пайдалану және қорғау;
- жер иелерінің, жерді пайдаланушылардың, жалға алушылардың құқын қорғау;
- жердің нормалық бағасын, жер налогін және жалдық төлемін белгілеудің негізін жасау;
- тарихи жерлердің шекараларын, тарихи-мәдени мұралар объектілерін сақтау.

Кадастрдағы базалық бірлік болып учаске саналады. Ауданы белгілі учаске бір немесе бірнеше адамның қолында болуы мүмкін. Иелену бірнеше учаскелерден де тұруы мүмкін.

Әр учаскенің кадастрында оның мекен-жай орны, ауданы, бағасы, ол жерде орналасқан жылжымайтын объектілер (үйлер, құрылыстар, жолдар, коммуникациялар және т.б.). Экологиялық орта, кімнің учаскесі немесе біреуге жалға берілгендігі және басқа да табиғи, қоғамдық, құқықтық жағдайлары туралы ақпараттар жазылады.

Кадастр өзінің атқаратын міндетіне қарай қалалық, орман, су, және т.б. болып бөлінеді. Ақпараттық мазмұны мен көлемі жағынан ең күрделі және маңыздысы қалалық кадастр болып келеді. Өйткені, қалаларда материалдық ресурстар өте көп, экологиялық және әлуметтік жағдай күрделі де күнделікті өзгеріске ұшырап жатады. Кадастрлық ақпарат кітап, картотека немесе автоматтандырылған мәліметтер қоры түрінде беріледі. Кадастрдың даму тарихы геодезия ғылымымен тығыз байланысты. Адам баласының тыныс-тіршілігі жермен байланысты болғандығы әлемге аян. Алғашқы кадастрлық жұмыстар біздің заманымыздан 3000 жыл бұрын Ежелгі Египет елінде жерді есепке алу үшін учаскелердің шекаралары мен аудандарын көрсету мақсатында жүргізілген, жердің ауданына қарай салықтық көлемі анықталған және халықты санаққа алған. Қазіргі кезде кадастр дүние жүзінің барлық елдерінде жүргізіледі.

Қазақстанда кадастрды жүргізу заң жүзінде Қазақстан Республикасының жер ресурстарын басқару агентствасының жергілікті жердегі мемлекеттік мекемелеріне жүктелген.

13.2. Кадастрға қажет геодезиялық жұмыстар

Кадастрда геодезиялық жұмыстардың алатын орны өте маңызды. Ол кадастрдың атқаратын міндетіне және автоматтандырылған дәрежесіне байланысты. Геодезиялық жұмыстар әдетте мына тәртіп бойынша жүргізіледі.

1. Геодезиялық дайындық жұмыстары. Дайындық жұмыстары кезінде келесі мәліметтер жинастырылады және талданады:
 - жерге орналастырудың жобасы;
 - жер учаскелерін бөлу жайындағы әкімшіліктің қаулысы;
 - жер учаскелерін сату- сатып алу немесе арендаға беру туралы келісім шарттар;
 - жер учаскесін тіркеу кітабынан көшірме;
 - жер учаскелері шекараларының сызбасы немесе топографиялық планы;
 - мемлекеттік тірек пункттері координаталарының тізімі мен схемасы;
 - жерді пайдаланғандығы туралы мәлімет

2. *Геодезия тірек торабының пункттерін далалық тексеру.* Бұл жұмысты жергілікті жердегі пункттердің сақталғандығын білу және геодезиялық бөлу жұмыстарын жүргізудің ең қолайлы технологиясын таңдау үшін жүргізеді.

3. *Техникалық жобаны құру.* Геодезиялық жұмыстарды алдынала құрылған техникалық жоба бойынша орындайды, оған: мәтіндік бөлімі, графикалық сызбалары және шығын сметасы кіреді.

4. *Кадастрлық түсірістер.* Бұл түсірістер кадастрдың атқаратын міндетіне қарай топографиялық пландардың дәлдігінде сәйкес тәсілмен орындалады. Кадастрлық түсірістерде 1:500 масштабты план базалық (негізгі) болып есептеледі, ең жиі қолданылатын 1:2000 масштабындағы пландар, ал 1:1000 масштабтағы план анықтамалық шолу үшін қажет.

Кадастр план мен карталарды қосымша жер участкесінің, жер иеленушілердің, ауылшаруашылық және басқа да алқаптардың шекаралары бейнеленеді, сонымен қатар онда кадастрлық нөмірлері және жер участкесінің аттары жазылады. Кадастрлық пландарда жердің бедері туралы мәлімет болмайды.

5. *Жергілікті жер учаскілердің шекарасын белгілеу және келісу.* Жер шекарасы айырықша нүктелердің координаталары бойынша геодезиялық пункттерде бастап белгіленеді. Құрылған жер участкесінің шекарасының келісуін мемлекеттік органның өкілеттік адамның қатынасумен жүргізіледі.

6. *Жер учаскелерінің аудандарын анықтау.* Жер проектілерінің аудандарын негізінде бөлу белгілері координаталарын пайдалана отырып, аналитикалық әдіспен анықтайды. Жекелеген жағдайларда картографиялық мәліметтер пайдаланылады.

7. *Жер учаскелері шекараларының сызбаларын жасау.* Жер учаскелерінің сызбалары негізгі кадастрлық план масштабында (немесе ірі масштабта) жергілікті жерде белгіленген және келісілген нәтижелер бойынша жасалынады.

8. *Кадастрлық жұмыстардың нәтижелерін тексеру және тіркеу.* Кадастрлық жұмыстардың нәтижелері міндетті түрде далада тексерілуге тиісті, себебі түсірістер кезінде кеткен қателіктер мен келіспеушіліктер түзетілуі керек. Сонымен қатар, техникалық тапсырыспен топографиялық- геодезиялық жұмыстарды жүргізудің тиісті нұсқаулары талаптарының орындалуы қадағаланады.

Кадастрлық жұмыстар нәтижесінде алынған мәлімет арнайы кітапшаға түсіріледі және кадастрлық пландар мен карталарда бейнеленеді.

9. *Кадастрлық түсірістер. Мәліметтер қорын жасау.* Көлемі ауқымды мәтінді және графикалық жер кадастрының ақпараттарын жүйелеу және басқару үшін мәліметтер қоры жасалынады және жүргізіліп отырылады. Мәліметтер қоры тек ақпараттарды сақтап қою үшін емес, оны қажет болған жағдайда жер пайдаланушыға жедел түрде беріп отыру үшін қажет.

Геодезистер, жоғарыда аталған жұмыстардан басқа, жерді пайдалануды жоспарлауға, жерді бағалауға, пайда болған талас-тартыстарды шешуге қатысып отырады.

13.3. Жер учаскелері аудандарын анықтаудың тәсілдері және дәлдіктері

Жер кадастры үшін жер учаскелерінің аудандарын анықтау геодезиялық жұмыстардың ішіндегі ең маңыздысы болып есептеледі. Жер учаскелерінің шаруашылыққа қажеттілігіне, пландық-топографиялық материалдардың түгел болғандығына, жердің дәлдігіне байланысты аудандарды анықтаудың мынадай тәсілдері пайдаланылады:

1. *Аналитикалық* тәсілде аудандарды жергілікті жерде өлшенген арақашықтар мен бұрыштар немесе олардың функциялары (фигуралар төбелерінің координаталары) бойынша анықтайды.

2. *Графикалық* тәсілде аудан пландағы (карта) сызықтар немесе координталарды есептеу арқылы анықталады.

3. *Механикалық* тәсілде аудан план бойынша арнайы аспап (планметр) немесе палетка арқылы анықталады.

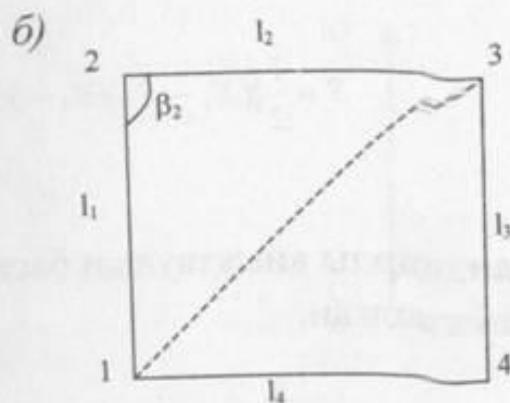
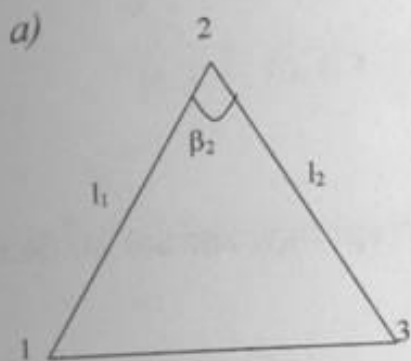
Аудандар жер бетінің цифрлы моделі бойынша компьютер арқылы анықталады.

Аудандарды анықтаудың аналитикалық тәсілінде геометрияның триганометриялық және аналитикалық геометрияның формулалары қолданылады. Шағын учаскелердің ауданын анықтағанда учаскелер қарапайым геометриялық фигураларға бөлінеді, көбіне үшбұрыштарға, төртбұрыштарға, кей жағдайда трапецияларға бөлінеді. Бұл жағдайда аудан бөлінген фигуралар аудандарының қосындысына тең болмақ.

Егер учаске шекаралары бойынша геодезиялық өлшеулер жүргізілген болса, онда 93, а-суретіндегі үшбұрыштың ауданы мына формула арқылы анықталады.

$$S = \frac{1}{2}(l_1 \cdot l_2 \cdot \sin \beta_2) \quad (150)$$

Мұнда: l_1 және l_2 —үшбұрыштың өлшеген екі қабырғасы;
 β_2 —екі қабырға арасындағы өлшеген бұрыш.



93-сурет. Аудандарды анықтау тәсілдері.

б-суретінде бейнеленген төртбұрыш өлшенген делік. Бұл жағдайда 1-2-3 үшбұрышының ауданы (150) формула бойынша анықталады. Егер l_{1-3} ұзындығын косинустар теориясын пайдаланып, есептеп алсақ, мәселен

$$l_{1-3} = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2l_1 \cdot l_2 \cdot \cos \beta_2} \quad (151)$$

онда 1-3-4 үшбұрыштық ауданын мына формуламен есептеуге болады

$$S = \sqrt{P(P - l_3) \cdot (P - l_4) \cdot (P - l_{1-3})} \quad (152)$$

Мұнда $P = \frac{1}{2}(l_3 + l_4 + l_{1-3})$ жарты периметр.

Төртбұрыштың толық ауданы төмендегіге тең болады

$$S = \frac{l_1 \cdot l_2}{2} \sin \alpha + \sqrt{P(P - L_3) \cdot (P - l_4) \cdot (P - l_{1-3})} \quad (153)$$

Егерде үшбұрыш және төртбұрыштар төбелерінің координаталары белгілі болса, онда аудандар мына төмендегі формулалар арқылы есептеледі

$$B = \frac{1}{2} [(X_1 - X_2)(Y_2 - Y_3) - (Y_1 - Y_2) \cdot (X_2 - X_3)] \quad (154)$$

$$S = \frac{1}{2} [(X_1 - X_3)(Y_2 - Y_4) - (Y_1 - Y_3) \cdot (X_2 - X_4)] \quad (155)$$

Аудандарды анықтаудың басқа әдістері оқулықтың 10 бөлімінде толық қамтылған.

13.4. Пайдалануға берілген жобадағы жердің шекарасын жер бетіне көшіру

Шекараны жер бетіне көшірудегі геодезиялық жұмыстар күнделікті өмірдегі құрылыстарды, ғимараттарды және басқа да объектілерді жобадан жергілікті жерге көшірудегі бөлу жұмыстары жүргізудің негізгісі болып жоба есептеледі. Жерді пайдаланудағы негізгі жобалау объектілеріне аудан, қалалардың, қала сияқты мекендердің, ауылдық тұрғындар мекендердің шекаралары, жеке жер иелерінің, бау-бақшалар, саябақтар, жалға берілген және басқа да жер учаскелерінің шекаралары жатады.

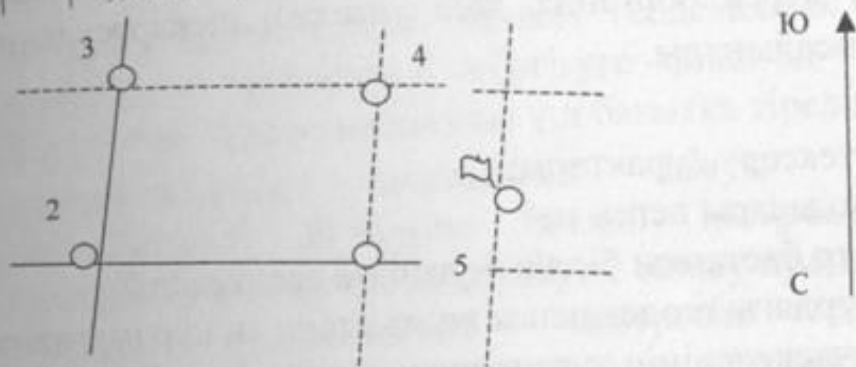
Жер учаскелерінің шекаралары әкімшілік шешімдеріне, шаруашылық бағасына және алып жатқан ауданына байланысты геодезиялық өлшеулер жүргізіліп немесе әртүрлі масштабтағы топографиялық құжаттарды, оның ішінде электронды (цифрлы) карталарды пайдаланып анықталады.

Геодезиялық мәліметтер

Нүктелер №	Дирекциондық бұрыштар	Сызықтық ұзындығы
1	277°43'17"	49,972
2	7°00'42"	29,458
3	97°01'15"	50,160

Көршілес жер учаскелер

- 1-2 жерлер А.С.Рахимовтікі 85 уч.
- 2-3 жер Б.К.Ашимовтікі 99 уч.
- 3-4 жер М.К.Жарлаевтікі 87 уч.
- 4-1 жер жалпы пайдаланылатын жер



Масштаб 1:1000

Жер ресурстары комитетінің
төрағасы

« _____ » _____ 200 ж.

Планды дайындаған:
Жерге орналыстыру инженері
Бек Р.Ш.

« _____ » _____ 200 ж.

94-сурет. Жер учаскесі шекарасының сызбасы

Жерге орналастырудың жобасының мәліметтері бойынша геодезиялық жобалау орындалады. Геодезиялық жобалауға жер бетіне көшірудің аналитикалық дайындықтар, яғни жер бетіне көшірілетін нүктелердің координаталарын анықтау жатады. Бастапқы геодезиялық негіз болып, триангуляция, трилатерация, сызықтық-бұрыштық торлар, полигометрия, ғарыштық анықтаулар, кей кездерде теодолиттік жүрістер сияқты геодезиялық пункттер есептеледі.

Жобадағы жердің шекарасы белгілі бөлу тәсілдері арқылы, яғни: бұрыштық, сызықтық, қиылыстырулар, жармалар, полярлық және тік бұрыштық координаталар, перпендикуляр тәсілдерімен жүргізіледі.

Жер бетіне көшірілген нүктелер арнайы межелік белгілермен бекітіледі және олардың координаталары геодезиялық өлшеулер арқылы анықталады.

Алынған мәліметтер кадастрлық планға түсіріледі және кадастрлық мәліметтер қорына енгізіледі. Пайдаланушыға жердің актісін беру керек болғанда, жер учаскесі шекарасының сызбасы (92-сурет) жасалынады.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Жер кадастры деген не?
2. Кадастр бастапқы бірлік болып не есептеледі?
3. Кадастрдағы геодезиялық жұмыстардың құрамы қандай?
4. Жер учаскелерінің аудандарын қалай анықтайды?
5. Пайдаланатын жердің шекарасын жобадан жер бетіне көшіру және қадалау.

14. ІРІ МАСШТАБТЫ ТҮСІРІСТЕРДІҢ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІН ҚҰРУ ЖАЙЫНДА ЖАЛШЫ МӘЛІМЕТ. ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ЖИЛЕТУ ТОРАПТАРЫ

14.1. Геодезиялық негіздерді құру және ірі масштабты түсірістерді орындаудағы геодезиялық жұмыстар

Геодезиялық өлшеулердің негізгі атқаратын міндеттері нүктелердің кеңістіктегі орналасу орындарын, пландық, биіктік координаталарын анықтау. Геодезиялық жұмыстар жүйелі түрде орындалады. Тек дұрыс жоспарланған, дұрыс орындалған өлшеулер және олардың нәтижелері дұрыс өңделгенде ғана, атқарылатын жұмыстың талабына сәйкес дәлдікте мәселе шешіледі деуге әбден болады. Геодезиялық жұмыс жүргізілген кезде еңбек өнімділігі мен шығынды және уақытты да үнемдеуге қажет болады.

Сондықтан геодезиялық жұмыстарды орындауды негізгі бағыттары келесідей болады:

- 1) берілген және ғылыми негізделген дәлдіктегі нәтижелерді алуды қамтамасыз ететін өлшеу тәсілдерін жасау және жетілдіру;
- 2) әртүрлі табиғи жағдайларда геодезиялық аспаптарды өлшеу әдістемелерін және оларды ұйымдастыруды зерттеу және жетілдіру;
- 3) геодезиялық өлшеулердің нәтижелерін өңдеу әдістерін жасау және жетілдіру;

Осыған байланысты қазіргі кездегі геодезиялық негіз құру және топографиялық түсірістерді жүргізуге арналған геодезиялық жұмыстарды жүргізу тенденциясы осы үш бағытқа тіреледі.

Микропроцессорлық техниканың дамуы геодезиялық аспаптардың бірталай жетілуіне әкелді. Микропроцессорлар деректерді өңдеуге және әрі қарай таратуға, өлшеу процесін басқару және өлшеуіш аспаптардың жіберетін ауытқуларын компенсациялайтын түзетпелерді есептеуде қызмет атқарады. Олар өлшеу уақытын қысқартады және өлшеу нәтижелерінің дәлдігін жоғарылатады.

Соңғы кезде әлемдік нарықта көптеген автоматтандырылған жаңа геодезиялық электрондық аспаптар пайда болды: теодолиттер, нивелирлер, тахеометрлер.

Нивелирлерді жетілдіруде үлкен жетістіктерге жеткен. жұмыстардың арасынан келесілерді атауға болады: компенсациялау диапазонын 3-5 градусқа дейін жеткізу мүмкіншілігін туғызатын, көпбаспалдақты (көпдиапазонды) компенсаторларды пайдалану, артқы және алдыңғы рейкаларға екі жақты көзделетін нивелирлерді және дүрбісі айналатын нивелирлерді пайдалану, аспаптармен ақпараттарды автоматты түрде алу, таблоға шығару және ақпарат жинауышқа жинау. Электрондық нивелирлер екі режимде жұмыс істей алады: бақылау арқылы және автоматтандырылған түрлерде.

Ірі масштабты топографиялық түсірістерде электрондық тахеометрлер кеңінен пайдаланылуда. Тахеометр электрондық теодолиттің, сәулелі аралық өлшеуіштің, есептеу құрылғысының және ақпарат тіркеуіштің қызметтерін бірдей атқаратын оптикалық-электрондық аспап.

Бұрыннан қолданылатын геодезиялық өлшеулерді жүргізуге көп уақыт кетеді, өйткені бұл жағдайда өлшеу пункттерінің арасында тікелей көрініс болу керек.

Глобальды навигациондық жер серіктері жүйелерінің фазалық бақылауын құру және геодезиялық іс барысына енгізу оларды ірі масштабты түсірістерге негіз жасауда қолдануға мүмкіндік береді.

14.2. Мемлекеттік пландық және биіктік тораптары және оларды құрудың ережелері туралы қысқаша мәлімет

Ірі масштабты топографиялық түсірістің негізі ретінде пайдаланылатын пландық және биіктіктік жиілету тораптарын құру (1 және 2 разрядтар триангуляция, 4 класс, 1 және 2 разрядтар полигонометрия, III, IV класс нивелирлеулері) арқылы жүргізіледі. Мұнда тораптарды жобалау, бекіту, оларды құру әдістері; тораптарды құруда қолданылатын аспаптар; жүйелер бойынша өлшеулерді өңдеу және түзетпелерді енгізу мәселелері кеңінен қаралады.

Территорияның дамуын, пайдалы кен орындарын барлауды және игеруді, құрылыс объектілерін салу мен қайта құруды, жер және қала салушы кадастрларды, қорғанысты және т.б. қамтамасыз ету үшін халық шаруашылығына ірі масштабты топографиялық түсіріс материалдарының қажеттілігі күннен күнге артуда.

Сол себептенде топографиялық түсірістердің материалдарын әрқашан қазіргі кездегі жағдайға сәйкестендіріп отыру қажет.

Топографиялық пландар және карталар топографиялық түсірістер немесе (М 1:500 пландардан басқалары) ірілеу масштабтарда орындалған түсірістердің материалдары арқылы жасалады.

Топографиялық түсіріс бұл–план және карта жасау үшін орындалатын жұмыстар кешені.

Топографиялық түсірістер келесі әдістермен орындалады: стереотопографиялық, аралас, мензулалық, фототопографиялық, тахеометриялық және теодолиттік.

Топографиялық түсірістер 1:25 000, 1:10 000, 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 масштабтарда орындалады. 1:500 және одан ірі масштабтардағы топографиялық түсірістер ірі масштабты деп аталады.

Топографиялық түсірістердің нәтижелері графикалық (топографиялық карта және план) және цифрлық (жергілікті жердің цифрлық моделі) формаларда болулары мүмкін.

Ірі масштабты түсірістердің геодезиялық негізі қызметін атқаратындар:

- 1) мемлекеттік триангуляция және полигонометрия геодезиялық тораптарының 1, 2, 3 және 4 кластары, нивелирлеудің I, II, III, IV кластары;
- 2) геодезиялық жиілендіру тораптары: 1 және 2 разрядтық триангуляция (аналитикалық жүйе), 1 және 2 разрядтық полигонометрия, техникалық нивелирлеу;
- 3) геодезиялық түсіріс негіздері.

Геодезиялық тораптар барлық топографиялық-геодезиялық, жобалау-ізденіс, инженерлік-құрылыстық, кадастрлық және басқа жұмыстар үшін бастапқы негіз болады.

Геодезиялық жұмыстарды жүргізу іс барысында пландық және биіктік геодезиялық тораптарын құрудағы, ірі масштабты және топографиялық түсірістердің толық кешенін орындауға қойылатын қазіргі кездегі талаптар жазылған құжаттар, инструкциялар қолданылады.

Инструкцияда Мемлекеттік геодезиялық торапты құру жайында жалпы қағидалар, геодезиялық тораптарды жобалауда және барлауда, геодезиялық белгілерді орнатуда, аспаптарды зерттеуде қойылатын талаптар қаралады. Триангуляцияның және полигонометрияның 1, 2, 3 және 4 кластарының горизонталь бағыттарын және бұрыштарын, базистерді өлшеудегі талаптары және әдістемелері көрсетілген арнайы инструкция бар.

Әртүрлі жұмыстарда I, II, III, IV кластарды нивелирлеуді орындауда қойылатын талаптар көрсетілген. Жоспарлау, рекогносцировка, реперларды орналастыру орындарын анықтау және олардың типтерін тандап алу жолдары жазылған, әртүрлі

нивелирлеу кластарын орындау әдістемелері қамтылған нивелирлеудің де инструкциясы бар.

Ірі масштабты топографиялық түсірістерді 1:5000; 1:2000; 1:1000; 1:500 масштабтарда жүргізудің толық кешенді жұмыстарын орындаудағы қойылатын қазіргі кездегі негізгі талаптары жазылған арнайы инструкцияға сүйеніп жүргізеді.

14.3. Қазіргі кездегі пландық геодезиялық жүйелерді құру әдістері

XX ғасырдың екінші жартысындағы ең ірі оқиға әртүрлі дәлдіктегі жоспарлық тораптарды құруда кең пайдаланылатын жер серіктерінің навигациондық жүйесінің пайда болуы.

Навигациондық жүйелерінің бірінші кезеңіне төмен орбиталы «Цикада» (ҚСРО) және «Транзит» (АҚШ) жүйелері жатады.

Ғарыштық навигациондық-геодезиялық жүйелердің екінші кезеңіне НАВСТАР (АҚШ), 80 жылдардың аяғында GPS деп аталған және ГЛОНАСС (Ресей Федерациясы) жүйелері жатады.

GPS арқылы геодезиялық өлшеулердің қазіргі кезде жиі жүргізілуі, оның дәлдігіне, тез орындалуына ыңғайлылығына және экономикалық тиімділігіне байланысты. GPS өлшеу әдістері классикалық геодезиялық әдістерден мүлдем ерекше.

GPS-технологиясы барлық топографиялық-геодезиялық жұмыстарды, ең жоғары дәлдіктегі ғылыми-зерттеулер мен геодезиялық тораптарды дамытуға электрондық тахеометрлер арқылы түсіріс негізін құру мен жергілікті жерде топографиялық түсіріс жасауға дейін мүмкіндік береді.

GPS пункттерінің орналасқан орындарын анықтау жер серігі глобальдық жүйесі анықталатын объектінің кеңістіктік координаттарын және жылжу жылдамдығы векторын кез-келген уақытта және жер шарының кез келген нүктесінде жоғары дәлдікте анықтауға арналған.

GPS жүйесінің структуралық схемасы жердің жасанды спутниктері (ЖЖС) мен орбиталардың параметрлерін анықтау,

борттық құралдар жұмыстарын бақылау және басқару мүмкінділігін беретін жердегі басқару-өлшеуіш құралдарының бірыңғай жүйесінен тұрады.

Математикалық жабдықтандыру жоғары деңгейдегі графикалық құралмен жабдықталған толық автоматтандырылған программалар кешені. Көрсетілген жүйеге түсіру жұмыстарын орындау үшін электрондық тахеометрлер пайдаланылады.

Жоспарлық жиілендіру тораптарын құру үшін Мемлекеттік геодезиялық торап пункттерінен бастапқы пункттер таңдап алынады. Анықталынатын пункттердің сол жүйеге кіруін камтамасыз ету қажеттігі туады. Радиобақылау мүмкіндігіне және қажеттілі дәлдікке байланысты бақылау режимі таңдалынады. Жиілендіру тораптарын құруда жедел статистика кең қолданылады, ең көп тараған режим 10 км дейінгі ұзындықты 1,5-2 см дәлдікке дейін анықтау мүмкіндігін береді және пункттердегі бақылау уақыты 5-тен 20 минутқа дейін созылады.

Барлық өлшеулер «сәулелі тәсілмен», яғни бір тұрақты және минимум бір жылжымалы базасы бар тәсілмен орындалады. Кез-келген пунктінің координаттары бұл жағдайда жылжымайтын базалық станцияға қатынасты есептелініп табылады.

14.4. 1 және 2 разрядты триангуляция.

Жобалау және далалық жұмыстар

Ірі масштабты түсірістердің геодезиялық жоспарлық негізі ретінде Мемлекеттік геодезиялық жүйенің 1, 2, 3 және 4 кластарының пункттері және 1 және 2 разрядты геодезиялық жиілендіру тораптары қолданылады.

Ашық және таулы жерлерде ірі масштабты түсіріске түсіріс негізін құруды камтамасыз ететін жиілікке дейін Мемлекеттік тораптарды полигонометриялық тәсілдермен жиілендіру мүмкін емес немесе пайдасыз болған жағдайларда 1 және 2 разрядтардағы триангуляция (тізбектер, жүйелер, орталық жүйелер және жеке пункттерді қою арқылы) дамытылады. 2 разрядты

триангуляцияның бастапқы пункттері ретінде 1 разрядты триангуляция және полигонометрия пункттері бола алады. 1 және 2 разрядты триангуляцияның әр пункті олардың барлық бұрыштары өлшенген үшбұрыштарын анықтайды. Триангуляцияға қойылатын талаптар төменгі 15 кестеде берілген.

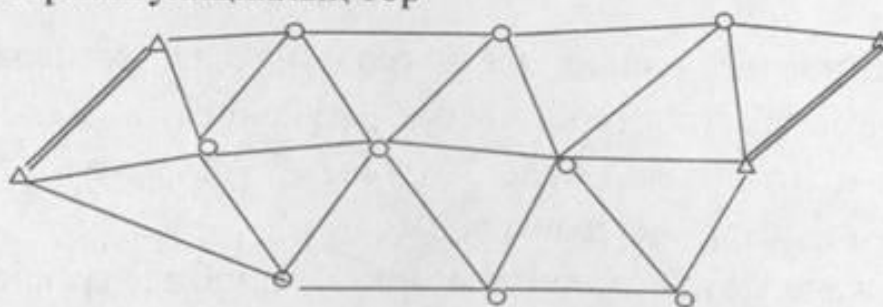
15 кесте.

Триангуляцияның сипаттамасы

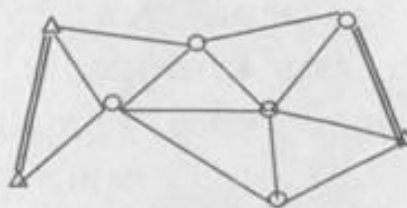
Көрсеткіштері	1 разряд	2 разряд
Үшбұрыш қабырғаларының ұзындығы, км	5	3
Бұрыштың минимальды мәні, градус: тұтас торда	20	20
үшбұрыштар тізбегіндегі жеке пункттерді қою да	30	30
Бастапқы пункттердің немесе қабырғалардың аралықтарындағы үшбұрыштардың саны	30	20
Бастапқы қабырғаның минимальды ұзындығы, км	10	10
Үшбұрыштар үйлеспеушіліктеріндегі бұрыштарды өлшеудің ОКҚ шеткі мәні	1	1
Үшбұрыштағы үйлеспеушіліктің шеткі мәні	5"	10"
Бастапқы (базисты) қабырғаның салыстырмалы катесі	20"	40"
Осал жердегі қабырға ұзындығын анықтаудың салыстырмалы қатесі	1/50 000	1/20 000
	1/20 000	1/10 000

1 және 2 разрядтардағы триангуляциялық тораптарды құру схемалары мысалы 95-суретте келтірілген.

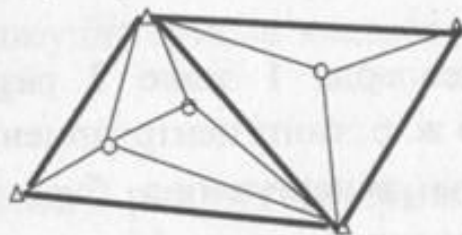
а) Тұтас триангуляциялық тор



ә) Үшбұрыштардың тізбегі және қилыстырулар



б) Жеке пункттерді орнату



95-сурет.

1 және 2-разрядты геодезиялық тораптарды жобалау триангуляциялық тораптарды құру схемасы кейінгі орындалатын түсіріс масштабына және тәсіліне байланысты:

-объектіде бұрын орындалған барлық геодезиялық жұмыстар жайында мәліметтерді және материалдарды жинау және талдау;

-жұмыс жасау аймағын қазіргі кезде бар ірі масштабты карталар және әдебиеттер бойынша зерттеу;

-жұмыс жасау аймағын зерттеу материалдарын талдау, оның ішінде бұрын орындалған жұмыстар бойынша геодезиялық таңбаларды зерттеу және аспаптар арқылы жер бетінде іздеп табу;

-территорияның перспективалық дамуын есепке ала отырып, жүйені құрудың ең тиімді вариантын тандап алу негіздерде жүргізілуі тиіс.

Геодезиялық жиілендіру тораптарының жобасы негізінен 1:10 000–1:25 000 масштабтағы карталарда жасалады. Торап жобасында пункттерді орналастыру орындары, олардың түсіріс негіздерін дамытуда пайдалануға ыңғайлы болулары, жерде жақсы көрінетіндігі, таңбалар мен орталықтардың жақсы сақталуы қарастырылады.

Пункттерде келесі сыртқы геодезиялық таңбалардың типтері құрылады: турлар және металл пирамидалы штативтер, көздеу нысаналары мен үш және төрт қырлы металл пирамидалар (тек 1 және 2 разрядты жиілендіру жүйелері үшін). Сыртқы таңбалар тұрақты және мықты орналасуы тиіс. Сыртқы таңбалардың қаттылығы желдің орташа күшінде бұрыштарды өлшеу мүмкіншілігін беретіндей болулары керек.

Қалалар, поселкалар және өндірістік аялдардың территориясындағы 1 және 2-разрядтардағы геодезиялық

тораптарының пункттері инструкцияда жазылған талаптарға сәйкес бекітіледі.

Селолық елді мекендерде 1 және 2 разрядты триангуляция пункттері 5 ж.р. және 6 ж. р. типті центрлармен бекітіледі.

1 және 2-разрядты триангуляция бұрыштары айналу тәсіл әдістерімен Т2 типті теодолиттермен, 16-кестеде көрсетілген айналу тәсіл санымен және шектеулермен өлшеніледі.

16-кесте.

Көрсеткіштері	Т2		Т5	
	1 разряд	2 разряд	1 разряд	2 разряд
Тәсіл саны	3	2	4	3
Көкжиектің түйіспеуі	8"	8"	0.2'	0.2'
Бірнеше тәсілмен анықталған бағыттар мәндерінің ауытқуы	8"	8"	0.2'	0.2'

Келтіру элементтері бақылауға дейін және одан кейін графикалық түрде анықталады.

Қала ішінде бақылау жүргізгенде кеңістік және уақыт бойынша өзгеріп отыратын көптеген рефракциялар өрістерін есепке алу қажет.

Бақылау жүргізуге ең ыңғайлы уақыт көктемнің басы және күз.

Теодолиттің лимбісінің орталығын өлшенетін бұрыштың төбесіне келтіру (центрлеу) тіктеуіш немесе оптикалық центрлеуіш арқылы орындалады. Теодолит пен марканы центрлеу 2 мм аспайтын қатемен орындалуы тиіс.

Центрлеудің ең қарапайым жолы жіптік тіктеуіш.

Оптикалық центрир горизонталь дөңгелектің алидадасына орналастырылған теодолиттің бөлігі ретінде жасалады. Центрирдің көру өрісінде бұрыштың төбесінің О нүктесінің бейнесі және жіптердің қиылысу кресті көрінеді. Теодолиттің тұғырығын штативтің төбесіне жылжыту арқылы жіптер торының крестін О

нүктесінің бейнесімен сәйкестендіруге тырысады. Оптикалық центрирлермен центрлеудің орташа квадраттық қателіктері 0,5 мм мөлшерде бағаланады.

14.5. 1 және 2 разрядты триангуляцияда өлшеулерді өңдеу және дәлдігін бағалау

Бақылау нәтижелерін өңдеу келесі іріленген іс барыстарынан тұрады:

- далалық есептеулер, олардың дұрыстығын тексеру;
- камералдық өңдеулер және теңдестіру есептеулері.

Бастапқы өңдеулерге келесілер кіреді:

1: 25 000–1: 50 000 масштабтағы жұмыс схемасын құру. Схемада пункттердің аттарын немесе нөмірлерін жазу, бақылау жасалған бағыттарды, базистық қабырғаларды, бастапқы пункттерді көрсету;

Тексерулерді (проверкаларды) және журналдардағы керекті есептеулерді жасау;

Есептеу жұмыстарының алдында бастапқы деректерді жазып алу, тораптарды талдау және берілген координаттардың тізімін дайындау сияқты жұмыстар орындалады.

Талдауға келесі жұмыстар жатады: бастапқы пункттердің жаңа және ескі центрлерінің сәйкес келулерін тексеру; базистық қабырғаларды есептеу; белгілердің аралықтарындағы келтірілген бағыттарды есептеу; үйлеспеушіліктерді есептеу; пункттердің жұмыс координаттарын есептеу.

Бағыттың орташа квадраттық қателері (μ_n —бір тәсілден и M_n — n тәсілден) формулалар бойынша бір бағытқа есептелінеді:

$$\mu_n = \frac{1.25 \sum |V|}{\sqrt{n(n-1)}}; \quad M_n = \frac{\mu}{\sqrt{n}}. \quad (156)$$

Бұрыштың орташа квадраттық қатесі m_β үйлеспеушілер арқылы f_β үшбұрыштарда формула бойынша есептелінеді:

$$m_\beta = \sqrt{\frac{[f_\beta^2]}{3N}}, \quad (157)$$

мұнда N - тораптағы үшбұрыштар саны.

Үшбұрыштардағы үйлеспеушіліктер инструкцияда көрсетілген шекті мәннен аспауы керек.

Жүйелерді теңестіру ең кіші квадраттар әдісімен коррелаталық және параметрлі тәсілдерімен орындалады.

Триангуляция теңдеулері қазіргі кезде негізінен ЭЕМ, стандартты программалар арқылы тек қана ең кіші квадраттар әдісімен орындалады. Теңестіру нәтижелері арқылы координаттардың теңестірілген мәндерінен басқа, теңдеуден бұрыштың (бағыттың) орташа квадраттық қатесі, бұрыштың (бағыттың) ең үлкен және орташа түзетпелері, теңдеуден пунктiнiң орналасуындағы ең үлкен қате және жүйенің ең осал қабырғасының ұзындығындағы салыстырмалы қате есептелінеді.

Жүйе жобасын бағалауда жүйенің кез-келген элементтерінің орташа квадраттық қатесі жалпы жағдайда келесі формуламен есептелінеді:

$$m_F = \mu \sqrt{\frac{1}{P_F}}. \quad (158)$$

Салмақ бірлігіне келетін орташа квадраттық қатенің μ мөлшері жобалау кезеңінде алдын-ала (ұқсас өлшеулердің тәжірибелері немесе инструкция бойынша) беріледі. 1 және 2 разрядты триангуляция жүйесінде бағаланатын элементтің кері салмағын шамамен анықтайтын формулалар арқылы есептеуге болады.

Пункттердің өзара орналасу қателігі мына формуламен есептелінеді:

$$M = \sqrt{m_S^2 + \left(\frac{m_\alpha}{\rho}\right)^2 S^2}. \quad (159)$$

14.6. 1 және 2 разрядты 4 класс полигонометрия.

Полигонометриялық жүріс пен тораптың жобасын жасау және пункттерді бекіту

Ірі масштабты түсірістердің объектілерінде 4 класс полигонометриясы Мемлекеттік полигонометрияның 4 класына қарағанда төмен дәлдікпен орындалады. 1 және 2 разрядты 4 класс полигонометриясының негізгі көрсеткіштері 17-кестеде берілген:

17-кесте.

1 және 2 разрядты 4 класс полигонометриясының сипаттамасы

Негізгі көрсеткіштері	Полигонометрия		
	4 класс	1 разряд	2 разряд
Жүрістің шекті ұзындығы, км: жеке жүріс	15	5	3
Бастапқы және түйін нүктелер аралығындағы	10	3	2
түйін нүктелердің аралығындағы	7	2	1,5
Полигон периметрінің шекті мәні, км	30	15	9
Жүріс қабырғасының ұзындығы, км:			
ең үлкені	2	0,8	0,35
ең кіші	0,25	0,12	0,08
Орташа	0,50	0,30	0,20
Жүрістегі қабырғалардың саны, артық емес	15	15	15
Жүрістің салыстырмалы қатесі, артық емес	1/25 000	1/10000	1/5000
Бұрышты өлшеудің ОКҚ (жүрістегі және полигондағы үйлеспеушіліктер бойынша) артық емес	3	5	10
Жүрістегі және полигондағы бұрыштық үйлеспеушіліктер, n-жүрістегі бұрыштардың саны	$5\sqrt{n}$	$10\sqrt{m}$	$20\sqrt{n}$

Полигонометрияның жеке жүрісі екі бастапқы пункттерге тірелуі тиіс, бұл жағдайда міндетті түрде жанасатын екі бұрыш өлшенуі керек. Немесе бір бастапқы пунктке тірелетін 1 және 2 разрядты полигонометриялық жабық жүрістерді жүргізіп, оларды жоғарғы класс пункттерімен координаттар арқылы байланыстыруға болады. Соңғы жағдайда бұрыштық өлшеулерді тексеру үшін азимуттардың астрономиялық және гидротеодолиттық бақылаулары пайдаланылады. Байланыстырылмаған (аспалы (висячий) жүрістерді жүргізуге болмайды.

Инструкциямен бекітілген таблицадағы талаптардан аздаған ауытқулар болуы мүмкін. Сәулелік қашық өлшеуіштермен өлшенген байланыстырушы қабырғалардың ұзындығын 30% дейін ұзартуға болады.

Параллель орналасқан жүрістердің ұзындығы шет мәнге жақын болса, 4 класс жүрістерінің аралықтары 2,5 км кем, ал 1 разрядтағы 1,5 км кем болса, оларды сол класс және разрядтардағы жүрістермен қосады.

Полигонометриялық жүйенің бекітілген пункттерінің биіктіктері геометриялық нивелирлеумен анықталады.

4 класс, 1 және 2 разрядты полигонометриялық жүйелерді және ірі масштабты түсіру негізін жобалау кейін орындалатын түсірістердің масштабтарын және әдістерін есепке ала отырып жасалады. Жобалау келесі негіздерде: түсіру объектісінің геодезиялық зерттелінуі жайында мәліметтерді; аспаптардың бар екендігін; жұмыс жасау аймағының физикалық-географиялық және экономикалық зерттелінуі жайында деректерді жинау және талдау, материалдардың және жұмыс күшінің, аймақты зерттеу нәтижелерінің бар екендігін, аймақтың 10-15 жылдан кем емес уақыттағы дамуын есепке ала отырып жасалады.

Жүйенің жобасы 1:10000 немесе 1:25000 масштабтардағы топографиялық карталарда құрылады. Құрылған жоба бағаланады. Жиілендіру жүйесінің дәлдігін есептеудің бастапқы талабы, үйлестірілген түсіру негіздерінің нүктелерінің орналасқан орындарының қателерінің шет мәні: олар планда, ашық және құрылыс салынған жерлерде 0,2 мм, яғни 1:500 масштабта 10 см болулары керек. Жүйелерді жобалауда ЭЕМ қолдану оптимальді шешім табу мүмкіндігін береді: аз қаржылай шығынмен берілген жоғары дәлдіктегі жүйені құруды.

Мысалы бастапқы кезеңінде салыстырмалы орташа квадраттық қатенің мәні $-1/T_n$, ал соңғы кезеңінде $1/T_c$ болуына талап қойылсын. Егер n кезең болатын болса, алдыңғы кезеңнен келесі кезеңге өтудегі дәлдікті қамтамасыз ету коэффициенті анықталады:

$$K = \sqrt{\frac{T_n}{T_c}} \quad (160)$$

Мысалы: $T_n=50\ 000$, $T_c=10\ 000$ (4 класс полигонометриясынан 2 разряд полигонометриясына ауысу).

Бастапқы деректердің қосымша қателерінің бар болғандығына байланысты, олардың жүйенің келесі кезеңінің салыстырмалы қатесінің нәтижесінің ұлғаюына тигізетін әсерін сипаттайтын

формулада коэффициент пайда болады. Коэффициентті шамамен 1,5 тең қылып алу ұсынылады. Онда формула келесі түрде болады:

$$K = \frac{1}{1,5} \sqrt{\frac{T_6}{T_c}} \quad (161)$$

Мысалы, бастапқы кезеңнің $1/T_6 = 1/50000$ (4 класс полигонометриясының) дәлдігінде және $1/T_c = 1/4000$ (теодолиттік жүрістің) дәлдігінде, негіздің үш кезеңдік даму схемасында $n=3$, дәлдікті қамтамасыз ету коэффициенті

$$K = 1/1.5^3 \sqrt{12.5} = 1,55 \text{ кем болмауы тиіс.} \quad (162)$$

Бастапқы пункттілерге және бастапқы дирекциондық бұрыштарға сүйенетін жеке полигонометриялық жүрісті жобалауда пунктінің орналасуындағы және дирекциондық бұрыштағы қатені жүрістің ортасында, оны үйлестіріп болғаннан кейін анықтайды.

Жүрісті үйлестіргеннен кейін оның осал жерінде ОКҚ келесідей болады:

$$M_{oc} = 1/2M \quad (163)$$

онда M —үйлестірілгенге дейінгі жүрістің соңғы пунктінің орнындағы кез-келген формадағы жүріске есептелінетін ОКҚ.

$$M^2 = [m_s^2] + [D_{o,j}^2] \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \quad (164)$$

немесе, бұрыштар теңестірілмегенде, формуламен:

$$M^2 = [m_s^2] + [D_{(n+1),j}^2] \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \quad (165)$$

Рекогноцировка калауда жүйе құру жобасы, жүрістердің бағыттары тексеріледі және полигонометриялық таңбалардың орналастыру орындары белгіленеді. Полигонометриялық жүрістер бұрыштарды және ұзындықтарды өлшеуге ыңғайлы жерлерде жүргізіледі. Полигонометриялық пункттерді орналастыруға өтуге

ыңғайлы, жақсы танылатын, олардың ұзақ уақыт сақталуларын қамтамасыз ететін және түсіру жүйесінің нүктелері ретінде пайдалануға ыңғайлы жерлер таңдалып алынады.

Центрлер мен белгілер қазіргі кезде қолданылатын инструкцияның талабына сәйкес таңдалып алынады және орналастырылады. Құрылыс жүргізілген территорияда көбінесе қабырғада орналастырылатын белгілер таңдалып алынады.

Полигонометриялық белгілерді көшелердің жүретін бөліктерінде, егістіктерде, батпақтарда, топырақпен көміліп қалатын жерлерде, жылжымалы топырақтарда және карьерлердің, котловандардың, басқа да қауіпті жерлердің қасында орналастыруға тиым салынады.

Әр орналастырылған полигонометриялық белгі кем дегенде үш өлшеумен (1см дейін) жергілікті жердегі тұрақты заттармен байланыстырылады, ал белгінің орналасқан орнының суреті ұқыпты түрде карточкаға салынады.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Ірі масштабты түсірістер дегеніміз не?
2. Электрондық тахеометрлер мен нивелирлер.
3. Пландық және биіктік тораптардың түрлері.
4. Глобальдық навигациялық жүйе деген не?
5. GPS арқылы геодезиялық өлшеулердің ерекшелігі неде?
6. Геодезиялық жетелету тораптары.
7. Триангуляция тәсілі.
8. 1 және 2 разрядты триангуляция тораптары.
9. Полигонометрия тәсілі.
10. 1 және 2 разрядты полигонометрия тораптары.

15. ПОЛИГОНОМЕТРИЯДАҒЫ БҰРЫШТЫҚ ӨЛШЕУЛЕР

15.1. 4 класс, 1 және 2 разрядты полигонометрия пункттерінде бұрыштарды өлшеу әдістері

4 класс, 1 және 2 разрядты полигонометрияда горизонталь бұрыштар Т2 және Т5 сияқты дәл теодолиттер арқылы өлшенеді.

Қазіргі кезде аспап жасап шығаратын фирмалар дәл теодолиттердің көптеген түрлерін шығара бастады, оларға: 2Т2, 2Т2П, 3Т2КП, Theo-010, Theo-010В, TSK, 2TSK, 2TSKП, 3TSKП, Theo-020А, Theo-020В және т.б.

Горизонталь бұрыштарды үш штативті жүйе тәсілімен өлшейді, ол былайша жүргізіледі. Теодолитті өлшейтін тіктеуіш арқылы 1 мм дәлдікпен центрлейді. Бақыланатын нүктелерге нысаналау маркалары орнатылады, оларды 1 мм дәлдікпен центрлейді. Өлшеу екі толық қабылдау әдісімен жүргізіледі.

Бірінші жартылай тәсілде алидаданы сағат жүрісі бойы бұру арқылы кезегімен барлық пункттерге көздей отырып өлшеулер жүргізіледі және айналып келіп бастапқы нүктеге көздеу арқылы көкжиекті түйістіреді. Әр көздеуде екі рет нөлге келтіру арқылы есеп алынады. Екінші жартылай тәсілде алидаданы бұру кері бағытта орындалады. Бұл жолы да көздеу бірінші пункттен басталып бірінші пунктпен аяқталады.

Теодолитті екінші пунктке көшіргенде, штативтер орындарында қалады. Марка тұрған жерге теодолит, ол бұрынғы теодолит тұрған штативке марка орнатылады. Сөйтіп теодолит бұрынғы нысаналанған марканың орнына орнатылып, өлшеу жұмыстары қайтадан жүргізіледі.

Мүмкіндікке қарай дүрбінің және есеп алу микроскопының фокус аралығын және жарық түсіру айнасының орналасу жағдайын өзгертпеу қажет. Әр тәсілде және пункттегі бақылау жұмыстарын орындауда барлық өлшеулерді біркелкі уақытта жүргізген жөн. Бақылау іс барысында теодолиттің центрленуін және нивелирленгендігін тексеріп отыру керек.

Жеке бұрыштарды өлшеу бірінші және екінші жартылай тәсілдерде алидаданы бір жаққа бұруда көкжиекті түйістірмей орындалады және екінші жартылай тәсілде бұрыштың 360° дейінгі толықтыру бөлігін өлшеу дұрыс болады. Екінші тәсілде алидада кері бағытта бұралады.

Жеке бұрышты өлшеуде тәсіл саны мен айналуларын өлшеудегі тәсіл саны теодолит типтері бойынша 18-кестеде көрсетілген:

18-кесте

Аспаптар типтері	тәсіл саны		
	4 класс	1 разряд	2 разряд
T2	6	2	2
T5	-	3	3

Горизонталь бұрыштарды өлшеудің далалық нәтижелерінің дәлдігін бағалау былайша орындалуы мүмкін:

а) ішкі үйлестілігімен:

-көп өлшеулердің орта мәннен ауытқуларына байланысты. Бір қабылдау тәсілімен бұрышты өлшеудің орташа квадраттық қателігі:

$$m'_\beta = \sqrt{\frac{V^2}{n-1}} \quad (166)$$

n рет қабылдау тәсілімен бұрышты өлшеудің орташа квадраттық қателігі:

$$M^1_\beta = \sqrt{\frac{V^2}{n(n-1)}}, \quad (167)$$

онда $V_i - \beta_i - \beta_{орт}$.

б) жүрістердің үйлеспеушіліктерімен
- бұрыштық үйлеспеушіліктерімен

$$m_\beta = \sqrt{\frac{\frac{f_\beta^2}{n+1}}{N}}, \quad (168)$$

онда $(n+1)$ -жүрістегі бұрыштардың саны, N -жүрістердің саны;

$$f_\beta = \sum_1^{n+1} \beta_i - (\alpha_k - \alpha_n) - 180^\circ(n-1)$$

-алшақ жүрістегі үйлеспеушілік

21-кестеде өлшеулердің ауытқу шектерінің мәндері көрсетілген

19-кесте.

Өлшеу элементтері және оларға сәйкестілі ауытқу шет мәндері	Аспап типтері	
	T2	T5
Екі жартылай тәсілден алынған бір бұрыштың екі өлшемінің араларындағы айырмашылықтар	8"	0.2'
Әр-түрлі тәсілдерден алынған бір бұрыштың мәндерінің құбылуы	8"	0.2'
Жартылай тәсіл басында және аяғында бастапқы бағытты бақылаудың нәтижелерінің арасындағы айырмашылықтар	8"	0.2'
Ортақ нөлге келтірілген әр тәсілде өлшенген бағыттардың мәндерінің құбылуы	8"	0.2'

Пландық биіктіктік геодезиялық тораптар учаске территориясын пландық пункттермен және реперлермен, келешекте ірі масштабты түсірістерді жасау үшін қамтамасыз етеді.

Объектідегі геодезиялық негіздеудің класы және разряды түсіру учаскесінің ауданына байланысты болады.

Игерілетін территория саны белгілі біркелкі орналасқан пункттермен қамтамасыз етілуі қажет. Құрылыс жүргізілген территорияда 1 шаршы метрде төрт пункттен, ал ашық жерлерде – бір тіреу пунктінен кем болмауы тиіс.

Пункттердің белгілі бір тығыздығын және дәлдігін қамтамасыз ете отырып, әрқашанда негіздеудің кезеңдерін азайтуға тырысу қажет. Бұл берілген деректердің қателерінен болған төменгі жүйелердегі орынсыз үйлеспеушіліктердің болмауына кепілдік береді.

Полигонометрия жүрістері созылған және иілген болып келеді. Жүрістердің қайсы созылғанға, қайсы иілгенге жататынын көрсететін шек мәні қойылу керек. Ол жүрістерді жобалағанда, олардың дәлдігін есептеуге, жергілікті жерде жүргізілген жүрістердің дәлдігін бағалауда және теңестіруде қажет. Егер келесі қатынас орындалса, жүріс созылған болып саналады:

$$\frac{[s]}{L} \leq 1.3 \quad (169)$$

онда $[s]$ – жүрістің ұзындығы; L – жүрісті түйістіруші.

Бұрыштарды өлшеудің дәлдігін есептеу үшін келесідей қабылданылады:

$$T_{\text{орт}} = 2T \quad (170)$$

T – жүрістің салыстырмалы үйлеспеушілігінің жіберуге болатын ең шеткі мәнінің бөлімі.

$T_{\sigma} = T_c = T_{\text{орт}} \sqrt{2}$, онда T_{σ} – бұрыштық өлшеулердегі, T_c – сызықтық өлшеулердегі қателерге байланысты пайда болған жүрістің орташа квадраттық қатесінің бөлімі.

Әрі қарай дамыту негізінің дәлдігін төмендететін коэффициентті бастапқы геодезиялық жүйенің дәлдігімен салыстырғанда 0,2 жоғары алғанда, бастапқы деректердің қателері өте кішкентай болғандықтан, оларды есептеулерде есепке алмауға болады.

Бастапқы және байлам нүктелердің арасындағы полигонометриялық жүрістің ұзындығының шекті мәні:

$$L_s = MT_{opt} \sqrt{n} \quad (171)$$

панда $M=0,2$ мм болғанда.

Егер екі шетімен қатты пунктiлерге тірелген жалғыз жүріс болса, онда жүрістің шекті мәнін былайша анықтауға болады

$$L = 2\sqrt{2}T_{opt} M \quad (172)$$

Бұрыштарды өлшеудегі талап етілетін дәлдікті есептеуге келесі формула қолданылады:

$$m_p = 1 / \sqrt{2T_{opt} \rho} \sqrt{\frac{12}{n+3}} \quad (173)$$

15.2. Горизонталь бұрыштардың өлшеу дәлдігі, қателіктердің көздері (редукция, аспаптық, қоршаған орта, жеке бастық)

Полигонометрияда бұрыштарды өлшеуде мынадай қателіктер кетуі мүмкін: көздеу нысандарын орналастыруда, теодолитті центрлеуде, аспаптық, қоршаған ортаның әсерінен, өлшеулерді жүргізуде және берілген деректердің қателері.

Жобалауда, ереже ретінде, созылған жүрістерде ұзына бойлы және көлденең жылжулар бірдей болатындай етіліп полигонометриялық жұмыстар ұйымдастырылады деп саналады, басқаша айтқанда:

$$m_u^2 = m_l^2 = \frac{M^2}{2}, \quad (174)$$

онда m_u – жүрістің көлденең жылжуы, m_l – ұзына бойлы жылжуы.

Бұрыштарды өлшеудегі қателер көздерінің көлденең жылжуға тигізетінің әсерінің тәуелсіз екендігін есепке ала отырып, бір қате көзіне келетін орташа квадраттық қателік (ОКҚ) мынаған тең болады:

$$\frac{m_u}{\sqrt{6}} = \frac{M}{\sqrt{12}}, \quad (175)$$

онда

$$m_k = \frac{m_p}{\rho} L \sqrt{\frac{n+3}{12}}.$$

Кездейсоқ қателік көзінің бір бұрышқа тигізетін әсерінің шектік мәніне көше отырып, алынады:

$$\text{Шекті мәні} \quad \Delta\beta_k = \frac{\rho}{T\sqrt{n+3}}, \quad (176)$$

онда $1/T$ —жүрістің салыстырмалы қателігінің шекті мәні.

Бұрыштарды өлшеудегі қателіктер көздерінің әрқайсысының әсерін есепке ала отырып, көздеу нысандарын орналастырудағы, теодолитті центрлеудегі қателіктердің шектік мәндерін, келесі формулалар арқылы анықтауға болады:

$$e_p = \frac{m_p}{\rho} S, \quad e_u = \frac{m_u}{\rho\sqrt{2}} S, \quad (177)$$

мұнда:

$$m_p = m_u = m_{\text{ин.}} = m_{\text{с.и.}} = m_{\text{с.ж.}} = m_{\text{ж.б.}} = \frac{\Delta\beta_{\text{кез}}}{3},$$

S —қабырғаның ең кіші ұзындығы.

Алынған көптеген деректерді талдаулар аспаптарды және маркаларды центрлеуді, әсіресе қабырғалардың қысқа болған жағдайларында, тек қана оптикалық тіктеуішпен орындаудың қажет екендігін көрсетеді.

Аспаптық қателіктер тигізетін әсерлері жүйелі немесе кездейсоқ болып келеді: ол лимба бөліктерінің қателіктері, 2С қалдық әсері, дүрбінің айналу өсінің еңкеюі, эксцентриситет, аспаптың орныксыз болуы және т.б. Аспаптық қателіктерді азайтудың жолдары: арнайы әдістермен өлшеу немесе оларды анықтап, содан кейін түзету.

Мысалы, лимба бөліктеріндегі қателіктің өлшеу нәтижелеріне тигізетін әсерін осалдату үшін лимба диаметрін үлкейту қажет, яғни

жартылай қабылдаулар арасында лимбаның орнын $\frac{180^\circ}{m}$ өзгерту, онда m —қабылдау саны. Аспаптық қателіктердің кейбіреулерін (2С, дүрбінің еңкеюі және т.б.) бұрышты ДС және ДО жағдайларда өлшеп, оның орта мәнін алса, әжептәуір азаяды.

Бұрышты өлшеудегі қателіктердің қауіпті көздеріне сыртқы жағдайлардың әсері өте зор, оларға жататындар:

- 1) атмосфераның ластануы (көрініс нашар болғанда көздеу қатесі 4 есе ұлғаюы мүмкін);
- 2) атмосфераның жер бетіне жақын бөлігінің турбуленттік жағдайы (көздеу сәулесін жер бетінен бірталай жоғары көтеру, 2 м дейін);
- 3) бүйірден соққан жел;
- 4) топырақтың осалдығы (штативтің табандарына қазық қағу);
- 5) штативтің бір бүйірінің қызуы (шатыр пайдалану, жүрісті бұлтты күндерде құру);
- 6) бүйірлік рефракция (жүрісті қала көшелерінің көлеңкелі беттерімен жүргізу, жүрістердің қабырғаларын үйлерден алыстату, әсіресе бетоннан салынған. Бұрыштарды бұлтты күндері, ал жазғы күн сәулесі жарқырап тұрған күндері тек таңертеңгілікте және кешкі уақытта өлшеу керек.

Аспаптың тұрақсыз орналасуы келесі жағдайларға байланысты болуы мүмкін:

- 1) штативтің тұрақсыздығына;
- 2) тұғырдың тұрақсыздығына;
- 3) вибрацияға, транспорттың теңселуіне.

Бастапқы деректердің қателері өлшеу нәтижелеріне әсерін тигізбейді, бірақ олар бұрыштық үйлеспеушілікті ұлғайтады..

Бұрышты өлшеудің өзіндік қателері келе формула арқылы есептелінеді:

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{1}{n}(m_{\text{виз.}}^2 + m_0^2)} \quad (178)$$

онда $m_{\text{көз}}$ —көздеу қатесі, m_0 —есеп алу қатесі, 2Т2 үшін $m_0 = 1''$, Г—көру дүрбісінің ұлғайтқыштығы, есе.

15.3 Дәл теодолиттер, олардың тексерулері және зерттеулері

4 класс, 1 и 2 разрядты полигонометрияда бұрыштық өлшеулер Т2, 2Т2, Т5 типті, оптикалық микрометрлері және екіжақты есеп алу жүйесі бар, Theo 010, Theo 020 Theo 015 және с.с. дәл теодолиттермен орындалады.

2Т2–горизонталь бұрышты өлшеу орташа квадраттық катесі 2", көру дүрбісінің ұлғаюы 27.5 есе, есеп алу құрылғысының бөлігінің өлшемі–1"; деңгейлеуіштердің бөліктерінің өлшемі: горизонталь дөңгелектің алидадасында–15", вертикаль дөңгелектің алидадасында–15".

Барлық дәл теодолиттер үш штативті жүйеде жұмыс жасауға арналған.

Дәл теодолиттерге және бұрыш өлшеу комплектісіне тексеру жүргізу.

Жұмыстың басталуына дейін теодолиттер мен бұрыш өлшеу комплектісін мұқият қарап шығады және тексерулер жасалады, теодолиттер зерттеледі және оның метрологиялық сипаттамалары анықталады.

Аспапты қарауда оның комплектілігін, оптикалық детальдардың, деңгейлеуіштердің ампулаларының сынбай сақталғандығын; жарық түсіру айнасының бекітілуін; көру дүрбісінің, аспаптың көтеру және көздеу винттерінің жай айналуын, оптиканың тазалығын, жіптер торының бейнесінің, дөңгелектердің шкалаларының штрихтарының және микроскоп шкалаларының айқындығын, т.б. тексереді.

Полигонометрияда көздеу нысаналары ретінде маркалар қолданылады, олар полигонометриялық пункттердің центрлерінің үстіне оптикалық центрирлермен дәл орнатылады. Көздеу маркалары екі шартқа сәйкес болулары керек:

- дөңгелек деңгейдің осі марканың айналу осіне параллель болу керек;

- марка суретінің симметриялық осі марканың айналу осіне сәйкес келу керек.

Полигонометрияда горизонталь бұрыштарды үш штативтер әдісімен өлшеуде үш штативті жүйенің жағдайына тексеру жасалады. Штативке бекітілген бір тұғырыққа бұрыш өлшеуіш комплектісіне кіретін теодолит және маркалар кезегімен орналастырылады. Тұғырықта теодолиттің және маркалардың айналу осьтері сәйкес келеді, яғни айналулары бір осьтік болуы керек. Тексеруді, тексеру жасалатын комплектіден 50-70 м аралықта

орналастырылған, көмекші теодолиттің немесе басқа геодезиялық аспаптың көмегімен жүргізеді. Көмекші теодолиттің вертикаль жібі тексерілетін аспаптың айналу өсіне (теодолиттің тұтқасына немесе маркаға бекітілген инеге немесе басқа бір жіңішке затқа) кезеледі. Жіберілетін ауытқу 1 мм дейін болуы қажет.

Дәл теодолиттерді зерттеу, олардың метрологиялық сипаттамаларын анықтау.

Теодолиттің берілген класс дәлдігін қамтамасыз ететіндігіне сенімді болу үшін оны зерттеу, оның техникалық, оның ішінде метрологиялық сипаттамаларын анықтау керек.

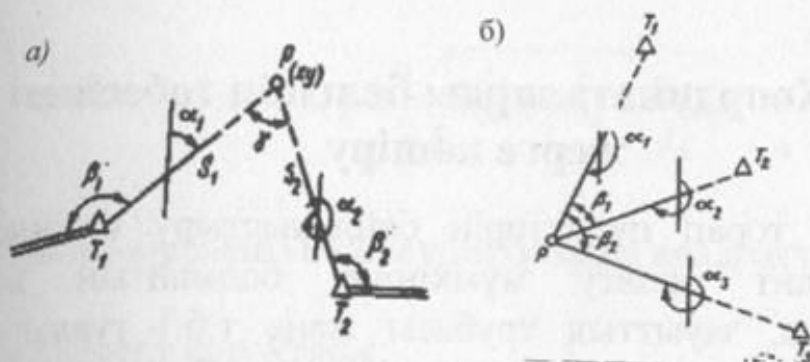
4 класс, 1 и 2-разрядты полигонометрияда бұрыштарды өлшеу мақсатында фокустеуші құрылғысы бар көру дүрбісі, дөңгелектер және есеп алу құралдары, осьтік жүйелер, деңгейлеушілер және еңкею компенсаторлары зерттеледі.

15.4. Полигонометрия жүрістерін мемлекеттік торапқа байланыстыру тәсілдері

Полигонометрия жүрістері мемлекеттік геодезиялық тораптар пункттеріне сүйенеді. Аспалы жүрістерді құруға болмайды. Кейде, жанасқан бұрыштарды және қабырғаларды өлшеу арқылы жүрісті тікелей байланыстыру; өтуге болмайтын пункттермен (координаттарды белгінің төбесінен жерге түсіру) және алыстағы пункттермен (бір және көп реттік бірнеше реттік қиылыстыру) байланыстыру орын алады.

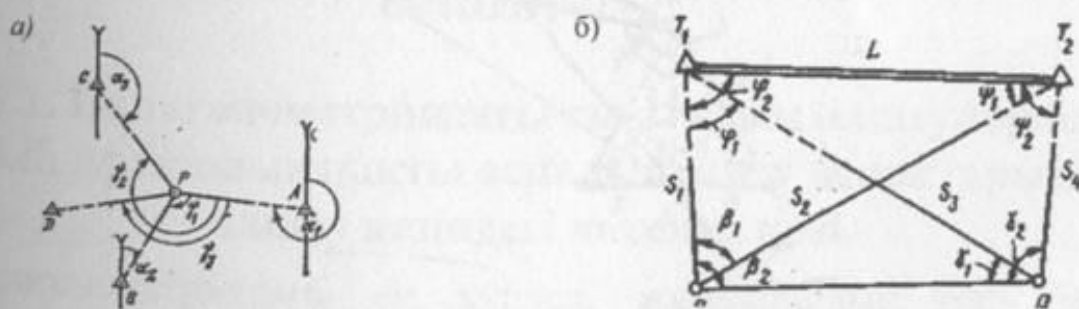
Бұрыштық тура қиылыстыру жоғары дәлдікті қажет қиылатын геодезиялық жұмыстарда кеңінен қолданылады және ол бастапқы T_1 және T_2 пункттерінде өлшенген горизонталь бұрыштар β_1 мен β_2 (96, а-сурет) арқылы Р нүктесінің координаталарын (X_P, Y_P) анықтаудан тұрады. Ал, сол суретте көрсетілгендей азимуттық қиылыстыруда бастапқы пункттерде гиротеодолитпен T_1P және P_2P сызықтарының азимуттары өлшенеді және қажеттілігі болса, оларға меридиандардың жақындасуына түзетпелер енгізіледі.

Бұрыштық кері қиылыстыруда (96, б-сурет) координаталары белгілі алыста орналасқан үш пункттер (T_1, T_2, T_3) болу керек және анықталатын P пунктінде теодолитпен тұрып, β_1, β_2 бұрыштарын өлшесе жеткілікті.



96-сурет. Бұрыштық қиылыстырулар

Полигонометриялық жүрістерді кері қиылыстыруда *Потенота есебі* деп аталатын әдіс қолданылады. Онда алыста орналасқан үш (A, B, C) пункттерге және дұрыстығын тексеру мақсатымен төртінші D пунктіне қарап, P нүктесінде орналасқан теодолитпен $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ бұрыштарын өлшейді (97, а-сурет). Координаталарды анықтауда геодезиядағы белгілі формулалар қолданылады.



97-сурет. а) Потенота және б) Ганзен есептері

Белгілі екі пункт (T_1 және T_2) арқылы P және Q сияқты пункттердің координаталарын анықтау мәселесі туған кезде, әсіресе қалалық жағдайда, *Ганзен есебі* деп аталатын әдіс (95, б-сурет) қолданылады. Бұл есепті шешу үшін β_1, β_2 және γ_1, γ_2 бұрыштары өлшенеді.

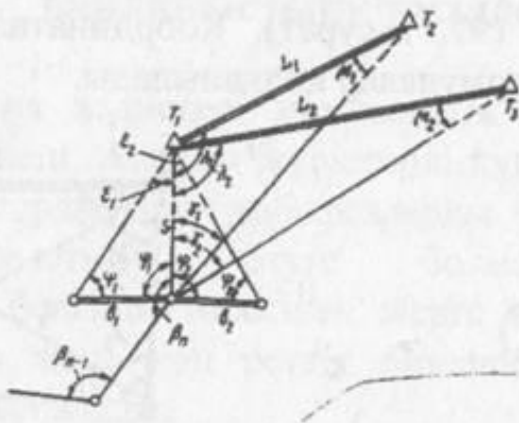
Полигонометрияда кері сызықтық-бұрыштық қиылыстырулар да қолданылады. Қабырғаға салынған полигонометрия пункттеріне

байланыстыру жұмыстарын орындауда, бөлу және түсіру жұмыстарында кері сызықтық-бұрыштық кертүлерді кең пайдалануға болады, онда бұрыштар анықталатын нүктелерде, ал аралықтар анықталатын және бастапқы пункттердің арасында өлшенеді.

15.5. Координаталарды белгінің төбесінен жерге көшіру

Геодезиялық торап пункттерін байланыстыру кезінде белгілі пунктке теодолит орнату мүмкіндігі болмайтын жағдайлар (мұнараның ұшы, зауыттық трубасы және т.б.) туады. Мұндай жағдайда белгі төбесінің координаталарын жер бетіне көшіру есебін шешу қажеттігі туады.

Бұл есепті шешу үшін қол жетпейтін T_1 пунктiнен арақашықтығы 50-100м T_1 пунктiнен басқа T_2 және T_3 пункттерінде көрінетін жерден P нүктесі белгіленеді (98-сурет). Сөйтіп, белгілі T_1, T_2, T_3 пункттерінің координаталары, b_1 мен b_2 базистары және $\gamma_1, \gamma_2, \psi_1, \psi_2, \varphi_1, \varphi_2$ бұрыштар арқылы $S_{PT}, \alpha_{PT}, X_P, Y_P$ анықталады.



98-сурет. Белгі төбесінің координаталарын жерге көшірудің схемасы

Есептеулер мына белгілі формулалармен есептелінеді:

$$x_P = x_1 + \Delta x_{T_1P}, \quad y_P = y_1 + \Delta y_{T_1P}; \quad \Delta x_{T_1P} = S \cos \alpha_{T_1P}; \quad \Delta y_{T_1P} = S \sin \alpha_{T_1P};$$

$$\alpha_{T_1P} = \alpha_{T_1T_2} + \lambda_1; \quad \lambda_1 = 180 - (\gamma_1 + \mu_1); \quad \operatorname{tg} \alpha_{T_1T_2} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}; \quad \sin \mu_1 = \frac{S \sin \gamma}{L_1}; \quad (179)$$

$$L_1 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}; \quad S = \frac{S_1 + S_2}{2}; \quad S_1 = \frac{b_1 \sin \psi}{\sin(\psi_1 + \varphi_1)}; \quad S_2 = \frac{b_2 \sin \psi_2}{\sin(\psi_2 + \varphi_2)}.$$

Дәлдікті бағалау мына формулалармен жүргізіледі:

$$M_p^2 = M_s^2 + \frac{M_a^2}{\rho^2} S^2; \quad (180)$$

$$M_s = \frac{1}{2} \sqrt{m_{s1}^2 + m_{s2}^2} = \frac{m_s}{\sqrt{2}}; \quad (181)$$

Мұндағы m_s —бұрышты өлшеудің орташа квадраттық қателігі.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Үш штативті жүйе әдісі деген не?
2. Бұрыштарды өлшеудің тәсілдері.
3. Бұрыш өлшеудегі қателіктердің көздері.
4. Дәл теодолиттерді атаңыз
5. Тексерулердің зерттеуден айырмашылығы неде?
6. Полигонометриялық жүрістер мемлекеттік тораптар байланыстырудың тәсілдері

16. ПОЛИГОНОМЕТРИЯДАҒЫ СЫЗЫҚТЫҚ ӨЛШЕУЛЕР

16.1. Полигонометриядағы сызықтық өлшеулердің тәсілі. Арақашықтықты аспалы өлшеу аспаптарымен өлшеу кезіндегі қателер көзі

Полигонометриядағы ең күрделі жұмыстардың бірі болып сызықтық өлшеу процесі жатады. Олар екі әдіске бөлінеді: тура және қосымша өлшеулер. Бірінші әдісте арақашықтықты жарық сәуле көмегімен қашықтық өлшеуіші, аспалы аспаптарымен өлшейді. Екінші әдісте қосымша өлшенген мәндері бойынша полигонометриялық жүріс жақтарының ұзындықтары есептеледі. Осы тұрғыда полигонометриялық жүрістерді құру әдістері: жарық сәулелі көмегімен қашықтық өлшеу полигонометриясы; арақашықтық ұзындығын аспалы өлшеу аспаптармен өлшеу қысқа базисті, параллактикалық және “траверсті” болып бөлінеді.

Полигонометриялық жүрістерді жүргізудегі оның аралық ұзындықтары мерлік ленталармен, аспалы сымдармен, оптикалық қашықтық өлшеуіштермен, сәуле және радио қашықтық өлшеуіштермен өлшенеді.

Арақашықтықты параллактикалық әдіспен өлшеу деп, дәл өлшенетін кіші базис және оған қарама-қарсы жатқан сүйір параллактикалық бұрыш бойынша тригонометриялық жолмен, сонымен қатар анықталатын ұзындықтың базисін қиып өтетін, базистік бұрыш кезіндегі ең аз дәлдікте анықталатын аралықты айтамыз.

Аралықты параллактикалық өлшеу әдісін, сәуле қашықтық өлшегіші болмаған кезде қолданады, ал арақашықтықты сыммен өлшеу өте күрделі.

Параллактикалық (звено) буын дегеніміз ол геометриялық құрылым, онда анықталатын жақтар жәй параллактикалық үшбұрыш базисімен немесе тікелей, немесе жәй базистік жүйелермен байланысқан.

Қала жағдайындағы жұмыстарда екі метрлі горизонталь “жезлдерді” қолданған тиімді. Олар диаметрі 8-12 мм инварлы сымнан жасалып, диаметрі 35-40 мм “дюральды” трубаға орнатылады. Базис деп инварлы сымның соңғы жағына бекітілген визирлі маркалар арасындағы арақашықтықты айтады.

Параллактикалық буындар әр түрлі пішінге бөлінеді.

1. Үшбұрыш пішінді буын

$$S = b \frac{\sin(\varphi + \nu)}{\sin \nu} \quad (182)$$

мұндағы b —сыммен өлшенген базис. Негізі, базисті бір немесе бірнеше тұтас сым құрайды және оның дәлдігі өте жоғары.

2. Анықталатын жаққа қатысты (симметриялық) бірдей орналасқан базис буыны

$$S = b' / 2 \operatorname{ctg} \varphi' / 2 \quad (183)$$

3. Ассиметриялық базисті ромб пішінді буын

$$S = S_1 + S_2 = \frac{b + 2y}{2} \left(\operatorname{ctg} \frac{\varphi_1 + \Delta_1}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\varphi_2 + \Delta_2}{2} \right) \quad (184)$$

4. Күрделі буын

$$S = b \operatorname{ctg} \frac{\varphi_1}{2} (\operatorname{ctg} \varphi_2 + \operatorname{ctg} \varphi_3) \quad (185)$$

Қысқа базисті параллактикалық әдісті қолдану кезінде оптикалық дәл теодолиттер, 2-3 м инварлы жолақтары бар арнайы конструкциялы “жезлдер” және визирлік маркалар қолданылады.

1 және 2 разрядты полигометрияның сипаттамасы 20-кестеде берілген.

20-кесте

Полигометрия разряды	Жезл ұзындықтары, м	Жезлден аспапка дейінгі максималды аралық, м	Мин. параллактикалық бұрыш
1	3	70	2°30'
1	2	50	2°30'
2	3	90	155°
2	2	60	155°

1 разрядты полигометрия арақашықтықтарын қолайсыз жағдайларда өлшеу кезінде тиімді параллактикалық буындар ретінде ромб пішіндес буындарды жасауды ескерген жөн. Ол арақашықтықты өте жоғары дәлдікте анықтауға мүмкіндік береді. Аралық ұзындықтарын ромб буындарымен тізбектей отырып ұзындығын 40-60 м бір бағытта өлшейді. Сондықтан мұндай өлшеу әдісін біртұсты-қысқа базисті параллактикалық әдіс деп атайды және 2-разрядты полигометрияда да қолданады.

Параллактикалық бұрыштарды міндетті түрде жоғарғы дәлдікте өлшеу қажет. Бұрышты бір бақылаушы аспаппен өлшейді. Бұрыш өлшеу кезінде көру дүрбісін вертикаль жазықтықтан қозғалтпай жезл маркасына көздейді, ал жезл және аспап орнына қойылған маркіге қарап, вертикаль бұрышты өлшеу кезінде, яғни вертикаль жазықтықта көру дүрбісі орнынан қозғалтылады.

Параллактикалық әдістермен арақашықтықтарды өлшеу кезіндегі негізгі кететін қателерге:

– жезл ұзындығының дұрыс болмауы ол үшін айына бір рет дала компараторында жезл ұзындығы бақыланып отырады;

–жезлдің көздеу сәулесіне перпендикуляр болмауы, ондағы қате 20-дан аспауы керек, жезл коллиматорлық көздеумен орнатылады;
–аспаптың өзіндік қателіктері, сыртқы ортаның әсері

Арақашықтықты оптикалық дәл қашықтық өлшеуіштермен өлшейді. Редта 002 және ОТД (Д-2) қос бейнелі қашықтық өлшеуіштерімен қолайлы жағдайларда 2 разрядты полигонометрияда өлшеу кезінде 1/5000 дәлдікті қамтамасыз етеді.

16.2. Арақашықтықты аспалы аспаппен өлшеу

Арақашықтықты аспалы инварлы сыммен өлшеу. Инвар бұл болат, никель және басқада қоспалардан жасалған құйма. Инвар құймасының сызықты мәнінің аз коэффициенті болаттан, шамамен 30 есе кіші, яғни температураны өлшеу барысында үлкен дәлдікті қажет етпейді.

Базисті аспап комплектісіне (БП-1,БП-2,БП-3), 24 м сымнан басқа: қалдықты өлшеуге арналған лента, блокты станоктар, кірлер, штативі бар дінгектер және лотаппараттар кіреді.

Қазіргі кезде бұл аспаптар полигонометрияда кеңінен қолданыс табуда, ең бастысы, базистерді және дала компараторларында өлшеу кезінде сәуле қашықтық өлшеуіштерді эталондауға арналған. Инварлы сымдардың соңғы жағында 1 мм бөліктерден тұратын әр 8 см сайын шкалалары бар.

Жұмыс мерін (инвар сымдарын) эталондау немесе метрологиялық аттестациялауды олардың ұзындығын үлгі мерлерімен (3 м-лік инварлық жезлдер) 24 м-лік компараторларды салыстыра отыра орындайды.

Жұмыс мерлерін эталондауды 1 және 2 разрядты полигонометрия жақтарының ұзындықтарын өлшеу үшін дала компараторларында жүргізіп, олар осы жұмыс алаңдарында құрылады. Ұзындығы 120 немесе 240 метр дала компараторын біркелкі жазық жерде таңдайды. Оның соңғы жақтарын грунттық белгілермен бекітеді. Компаратор ұзындығын оның екі инварлы сымымен (тура және кері) алты кратты өлшеумен анықтайды. Жалпы жұмыс ұзындығын компаратордың 4-кратты өлшеуінен анықтайды, ал оның айырмашылығы 0,3мм аспауы керек.

Бір тұстан қашықтық ұзындығын теодолитпен өлшеу үшін 24 м сайын штативтерге дінгектер орнатылады. Бір аралықтың

ұзындығын өлшеу үшін дінгектер жанына блокты станоктар орнатып, оның үстінен сым тартып оған 10 кг кір іледі. Лента шкалалары крест белгісі бар дінгектің сфералық беткейімен беттесуі қажет.

Бір аралықтың ұзындығын мына формуламен анықтайды

$$l = l_0 + \Pi - 3 \quad (186)$$

мұндағы l_0 —хорда ұзындығы; Π және 3 шкала бойынша 0,1 мм-ге дейін алынған алдыңғы және артқы есептер. Өлшеу нәтижелерінің дәлдігін арттыру үшін аралық ұзындықтарын бірнеше рет және бірнеше сыммен өлшейді.

Өлшенген аралық ұзындығына дінгек арасының айырмашылығына, эталондау кезіндегі температураға және бақылауға, эллипсоид беткейіне өтуге, Гаусс-Крюгер проекциясының жазықтығына редуциялауға түзетпелер енгізіледі.

Қателіктер көзі. Арақашықтықтарды сыммен өлшеу кезінде жүйелі қателіктер кетеді, оларға: компарирлеуде, арақашықты жүргізуде, сымды тартуда, кететін жел әсері және кездейсоқ қателіктерге: өлшеу аспаптарының еңістігінен, температурадан, штативтердің орынықсыздығынан және аралықты өлшеу кезіндегі қателіктер жатады.

Жүйелік қателері жүріс аралығының санына пропорционал өседі.

Жүйелік немесе кездейсоқ қателердің аралықтағы бір мәнге әсері

$$\Delta l_{\text{пр. сист.}} = \frac{l}{5.3T}, \quad \Delta l_{\text{пр. случ.}} = \frac{\sqrt{Sl}}{5.3T} \quad (187)$$

Өлшеу тәртібі. 4 класты полигонометрияда арақашықтықтар бір бағытта екі инварлы сыммен немесе бір сыммен (тура және кері) есептеу тәсілімен өлшенеді. Әрбір аралықта үш жұп есептен алады. Әрбір қос есептер арасында сымды 1-2 см-ге кері жылжытып отырады. Үш жұп мән арасындағы айырмашылық 1 мм аспауы қажет.

1 разрядты полигонометрия жақтарының ұзындықтарын бір бағытта бір инварлы сыммен өлшейді. 2 разрядты полигонометрияда бір бағытта бір сыммен, сым соңын фиксациялау әдісімен өлшейді.

Далалық өлшеу процесінде компараторларда сымдарды жүйелік бақылап, тексеріп отырады.

Арақашықтықты мына формуламен есептейді

$$S = (l_0 + \Delta l)n + \Sigma(\Pi - 3)_{cp} + \Delta S_t + \Delta S_h + \Sigma r, \quad (188)$$

мұндағы Δl – компарирлеуге енгізілетін түзет; n – толық аралық саны; $\Sigma(\Pi - 3)$ – орташа айырмашылықтың n – аралығындағы қосындысы; $\Delta S_t = \alpha l_0 \Delta t n$ – температураға енгізілетін түзетпе; ΔS_h – аралық ұзындықтарын горизонтқа келтіруге енгізілетін түзетпелер қосындысы; Σr қалдықтар қосындысы.

16.3. Сәуле қашықтық өлшеуіштік полигонометрия. Сәуле қашықтық өлшеуіштердің классификациясы және олардың дәлдігі

Жарық сәулелі полигонометрияның негізінде сәулелокация мағынасы жатыр, яғни объектіге дейінгі аралықты одан шағылған сәуле толқыны анықтайды.

Геодезиялық өлшеулерде электромагниттік толқындар диапазонының тек қана жарты бөлігі қолданылады, радиотолқындар ұзын толқындардан сантиметрлік және миллиметрлік толқындарға дейін және инфрақызыл толқындардан және спектрдің көрінетін учаскелеріне дейінгі ұзындықта болады. Осыларға байланысты қашықтық өлшеуіштер радио және жарық сәулелі болып қашықтық өлшеуіштер болып бөлінеді.

Геодезиялық радио қашықтық өлшеуіштер бірнеше жүз метрден оншақты шақырымға дейін арақашықтық өлшеуге арналған. Ал сәуле қашықтық өлшеуіштер арақашықтықты жоғарғы дәлдікте өлшеуге арналған.

Топографиялық сәуле қашықтық өлшеуіштер, олардың негізгі техникалық сипаттамалары және құрамындағы ерекшеліктері 23-кестеде берілген.

Қарастырылып отырылған сәуле қашықтық өлшеуіштер мына әріптермен белгіленеді: G – геодезиялық, геодезиялық жүйелер аралықтарының ұзындықтарын өлшеуге арналған; G

топографиялық, топографиялық түсірістерде және геодезиялық жүйелер аралықтарының ұзындықтарын өлшеуге арналған; II-қолданбалы геодезия және маркшейдерияда қолданылады.

2СТ10—топографиялық сәуле қашықтық өлшеуіштердің екінші моделі 10 км-ге дейінгі арақашықтықты өлшейді.

21-кесте

Сәуле қашықтық өлшегіштердің сипаттамасы

Техникалық сипаттамалары	Сәуле қашықтық өлшеуіштер			Тахеометрлер	
	СТ 5	СМ5	2СМ 2	Та3	Та5
Арақашықтықтың орташа квадраттық катесі, мм	10+5/км	30	20	10+5/км	20
Өлшенетін арақашықтық, м	0,2-5000	2-500	2- 2000	0,5-5000	2-2500
Өлшеу уақыты минутпен	0,2	0,2	2	0,2	0,4
Фазалық өлшеу әдісі	Санды импульсты	Санды импульсты	Санды	Автоматты, санды импульсты	санды

Алғашқы жасалып шығарылған сәуле қашықтық өлшеуішке 2СМ2 жатады. Арақашықтық өлшеудегі оның орташа квадраттық катесі 2 см құрайды, олардың сандық таблосы бар және өндірісте кеңінен қолданыс табуда.

2СМ2 сәулеқашықтық өлшеуішінің комплектісіне қабыладауыш таратқыш, электрондық блок, екі ток көзін таратушы, екі тиргель-призма шағылдыру құралдары, екі оптикалық центрлеу, термометр-пращ, барометр және үш штатив. 2СМ2 сәуле қашықтық өлшеуіші электронды-оптикалық жүйені құрап, арақашықтықты өлшеуде фазалық өлшеу әдісі қолданылады.

СТ5 сәуле қашықтық өлшеуіші “Блеск” СМ5 базасында жасалған. Жалпы бұл аспап 14985,5 кгц жылікпен дәл режимде және 149,855 кгц жыліктегі қатал режимінде жұмыс істейді.

16.4. Полигонометриядағы бұрыш пен арақашықтықтарды өлшеудің жаңа әдістері

Микропроцесті техникалардың тез дамуы геодезиялық аспаптардың жанаруына әкеліп отыр, оның ішінде жоғарғы дәлдіктегі теодолиттер мен тахеометрлерді атап айтуға болады. Микропроцессорлар өңдеу және мәліметтерді беру үшін қызмет етеді, сонымен қатар өлшеу аспаптарының қателіктерін азайтуға, өлшеу және түзетулерді есептеу процестерін басқаруға арналған. Микропроцестердің кеңінен қолданылуы жаңа аспаптардың үнемділігін, оларды қамсыз ететін қызметкерлер санының және өлшеуге кететін уақыттың азаюын сонымен қатар өлшеу нәтижелерінің дәлдігінің жоғарылауын қамтамасыз етеді.

Қазір бұрынғы әйнектен жасалған есеп алу лимбі және оптикалық микрометр жүйелерінің орнына электронды бұрыш өлшеу жүйелері бар электронды теодолиттер қолданылуда.

Мысалы, кодталған теодолиттің лимбы концентрленген селдір немесе селдір емес бөліктермен жасалған. Әрбір бөліктерде қарама-қарсы люминисцентті диод орналасқан, оның сәулесі лимб тетігінен өтіп электрлік сигналмен фотодиодқа айналады. Электрондық жүйелерде бұрыштарды өлшеу кезінде радиалды бөліктері бар лимбтер қолданылады, ол қара, ақ жолақтан тұрады, одан өткен люминисцентті диод көмегімен және кодталған әдіске ұқсас фотодиод сәуле сигналы электронды сигналға айналады.

Соңғы кезде әлем нарығында жоғарғы дәлдіктегі электронды теодолиттер және электронды тахеометрлер түріндегі біріктірілген аспаптардың көптеген түрлері таралуда.

Тахеометр оптикалық-электрондық аспап, ол электронды теодолиттен, сәуле қашықтық өлшеуіштен, есептеу құрылғысынан және ақпараттар регистраторынан тұрады. Оған Ресейдің 3Та5Р тахеометрі жатады.

Электронды тахеометрлер қазіргі кезде екі негізгі модификацияда шығарылады: шағылыстыру аспапсыз және классикалық (шағылыстырушыға көздеу). Сонымен қатар солтүстікке бейімделген экстремальды тахеометрлер, олар 30° не одан да төмен температурада жұмыс істей алады.

Тахеометрлерге енгізілген стандартты өлшеу бағдарламалары бойынша: қол жетпейтін биіктіктер және арақашықтықтар, ауданды

және кеңістіктік координаталарды есептеу, қосарланған бұрыштарды, арақашықтықтарды және екі аралықты өлшеу, арақашықтықты, қолжетпес объект биіктігін қағаз бетіне түсіру, фасадты түсіріс іс жүзінде геодезист атқаратын қызметті толығымен орындап, маманды жоғарғы класты инженерге айналдырады, яғни ол арнайы бір объектіні өлшей, ақпаратты бақылай отыра, оны басқара алады.

Мәселен, Жапонның “Sokkia” 510 сериялы тахеометрлерінің сенімділігіне күмән жоқ, ол қыс айларында және өте жоғары ылғалды жағдайларда жұмыс істей алады.

Қазіргі жаңа электронды сәуле қашықтық өлшеуіштер практикада өзінің сапалығын және өлшеудегі жоғарғы дәлдігін жақсы көрсете білуде. Оған Дистомат DI3000 (Швейцария) сәуле қашықтық өлшеуіші жатады. Өлшеу кезінде жоғарғы дәлдікті қамтамасыз ететін арақашықтықты өлшейтін импульсты әдіс қолданылуда.

Электронды теодолиттер.

T 1000 электронды теодолитінің бұрышты өлшеу дәлдігі 3" құрайды және ол топографиялық және кадастрлық түсірістерді орындауға өте қолайлы аспаптың бірі болып табылады. Оны кез келген Вильд фирмасының электронды қашықтық өлшеуішімен біріктіруге болады. Wild T 1600 теодолиті өте жоғары дәлдікті – 1,5 болып есептеледі. Вильд Дистомат T1600 электронды тахеометрі полигонометрияда, кадастрлық түсірістерде, инженерлік геодезияда, бөлу және т.с.с жұмыстарда қолданылуда.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Арақашықтықтарды параллактикалық әдіспен өлшеу деген не?
2. Параллактикалық бұрыш деген не?
3. Параллактикалық буын деген не?
4. Инвар деген не?
5. 4 кластық параллактикалық инварлық сыммен өлшеу тәртібі.
6. Инвар сыммен арақашықтықтарды өлшеу кезіндегі қателіктер көздері.
7. Жарық сәулелі қашықтық өлшеуіштер қандай мақсатта қолданылады.

17. ЖИЛЕТУДІҢ БИІКТІК ТОРАБЫН ҚҰРУ

17.1. Биіктік жиілету торабын құрудың жалпы ережесі және талаптар

Геометриялық нивелирлеу негізінен горизонталь сәуле көмегімен екі жақын нүкте арасындағы биіктік айырымды тікелей анықтаудан тұрады.

Ірі масштабтағы басты геодезиялық түсірістердің негізін I, II, III, IV кластағы мемлекеттік нивелирлік тораптар пункттері құрайды. Биіктік түсіріс негізін құру үшін қажетті тығыздықтағы және дәлдіктегі жиілетілген биіктік жүйесін құрады.

III, IV класты нивелирлеу ірі масштабтағы топографиялық түсірістерді қамтамасыз ететін, жиілету әдісімен негізделген мемлекеттік нивелирлік жүйелері болып табылады.

Жиілетілген биіктік торабын құруға қойылған талаптар ережелермен, техникалық жобалармен, бағытына байланысты, түсіріс масштабымен және рельеф қимасының биіктігі горизонтальдарымен негізделеді.

Нивелирлеу тораптарын жеке жүрістер, полигондар негізінде және міндетті түрде жоғарғы класты кем дегенде екі реперге (маркаға) байланыстырылған жүрістер жүйесінде құрады.

Түсіріс негізі пункттерінің биіктігін және жиілетілген пландық геодезиялық жүйелер пункттерінің биіктігін геометриялық нивелирлеумен анықтайды, ол бір жүйе түрінде жалғыз жүріспен орындалады.

Жобалау, жүрістерді рекогносировкалау, реперлер мен маркларды орнату.

Жобаны 1:10000, 1:25000 масштабтағы картада жасайды. Жобаны жасар алдында орындалған нивелирлік жұмыстардың барлық материалдарын жинайды және оны талдайды. Картаға алдымен бастапқы реперлерді және маркілерді, 4 класты полигонометрия пункттерін және барлық разрядтағы торап жүйелерін түсіреді. Жүріс бағытын жолдармен, өзен жағалауларымен, үлкен еңістіктерді жібермей, сонымен қатар көшкінді және бос грунтты учаскелерімен байланыстырады.

III класты нивелирлеуді түсіру учаскелерінің шегіне қарамай II кластық полигон шегінде жобалайды, ал IV класты нивелирлеуді III класс полигон шегінде жобалайды.

Техникалық жобаны құрар алдында жұмыс көлемін, олардың сметалық құнын жасап, нивелирлеудің технологиясын және материалды-техникалық қамсыздығын орындайды.

Жобаның мәтіндік бөлімінде мыналар көрсетіледі:

- жұмыс орындалатын ауданның қысқа физикалық-географиялық сипаттамасы және климаттық жағдайы;
- жобаланатын жүрістің бағыты;
- бастапқы реперлер;
- алдында орындалған нивелирлеу жұмыстары туралы мәлімет;
- реперлерді орнату;
- аспаптар және нивелирлеу әдістері;

Жобаны мына формуламен бағалайды

$$M = m\sqrt{L} \quad (189)$$

мұндағы M —есепті теңдестіруге дейінгі жүріс соңындағы орташа квадраттық қателік, m —ұзындығы 1 км тең, жүрістің орташа квадраттық қателігі (қос жүрісті III-класты нивелирлеу үшін—3-4 мм, ал жалғыз жүрісті IV-класты нивелирлеу үшін — 10мм) .

M мәні жүрістің (нашар) бір қалыпсыз жерлерінде немесе жүйелерде 10мм аспауы керек, яғни 1/5 рельеф қимасы.

III, IV класты жүйелеріндегі рекогносцировка және жер бетін зерттеу жұмыстарын реперлерді орнатумен бірге жасайды.

Нивелирлік жүрістерді жүргізу барысындағы рекогносцировка процесінде репер мен маркаларды орналастыру жерлерін анықтайды. Оларды ұзақ мезгілге сақтау мақсатында және орнатылған белгіде рейканың тік орнату қолайлылығын және жұмыс қауіпсіздігіне қарай таңдайды.

Көбінесе қабырғалық және таулы жердегі белгілерге көп назар аударылады, өйткені олар сенімді және экономикалық тиімді. Рекогносцировка көбінесе бастапқы репердің жағдайын зерттеуден және белгіленген бағытта орындалады.

Далалық жұмыстар кезінде жұмысшы жаңа реперлерді орнату үшін ірі масштабтағы картаға немесе аэрофотосуретке олардың орнын белгілеп, бар реперлерді анықтап, жазба жүргізіп, абристер

және жергілікті жерде жаңадан орнатылатын реперлердің орнын белгілейді.

Нивелирлік торап пункттері арнайы тұрақты белгілермен реперлермен (таңба, белгі) 5 км сайын орнатылады.

Нивелирлік белгілер мықты, берік, ұзақ уақыт ішінде геодезиялық өлшеу дәлдігінде биіктікті өзгеріссіз қамтамасыз ететіндей болуы қажет. Еліміздің әртүрлі физикалық-географиялық жағдайына қарай реперлердің алуан түрлілігі арнайы аумақтарға сай келеді.

Реперлер көпжылдық, іргетасты, грунттық және қабырғалық болып келеді.

Грунттық реперлер ретінде свай тәріздес металдан, тастан және темірбетонды монолиттен жасалған белгілер кеңінен қолданылады. Белгілерге қойылатын жалпы талаптар: олардың бір қалыпты орнықтылығы, өлшеу және сақталуы, сонымен қатар топырақ қабаты қатып қалған кезде реперлерді қазу мүмкіндігі болуы.

Грунттық репер темірбетонды “пилоннан” немесе металды трубалардан, рейка тұратындай якорь және маркалардан тұрады. Якорь қататын грунт қабатынан 50см-ге төмен болған дұрыс. Әйтпесе қатты аяз кездерінде репердің көтерілуі мүмкін.

Қабырға репері металдан жасалып ғимараттардың тасты жерлерінде орнатылады. Орнату кезінде алдын ала кішкене тесік бұрғылап, реперді цемент ертіндісімен қатырады.

Қабырға реперлерін орнатылғаннан 3 күннен кейін пайдалануға беріледі, ал грунттық 10 күннен кейін ғана қатып бекітілді деп есептеледі.

Тұрақты реперлердің жанына күзетші плиталар және белгілер орнатылады.

17.2. III, IV класты нивелирлеуге арналған аспаптар. Қазіргі дәл нивелирлердің құрылымы, олардың негізгі сипаттамалары

Нивелир геодезиялық аспап, оның көмегімен нүкте арасындағы биік айырым анықталады. Геометриялық нивелирлеуге арналған аспаптар берілген тапсырманы горизонталь визирлік сәулемен қамтамасыз етіледі.

Нивелирлердің түрлері. Жасалып шығарылған нивелирлер: жоғарғы дәлдікті Н-05, дәл Н-3, техникалық Н-10. Н әріпінің жанындағы сандардың мәндері 1 км нивелирлік жүрісте анықталатын биік айырымның орта квадраттық кателігі. Нивелирлер конструкциясына қарай цилиндрлік деңгеймен (деңгейлі нивелир), компенсатормен және электронды болып келеді. Кейбір нивелирлер бұрыш немесе горизонталь бұрышты өлшеуге арналған лимбпен жабдықталған. Жоғарыда көрсетілген құрылымдық ерекшеліктерін ескере отырып, нивелир дәлдігінің жанына “К” және “Л” әріптері, ал “Н” әріпінің алдына басқа да сандар жазылуы мүмкін, олар аспаптың аспап моделінің модификациясын көрсетеді. Мысалы, 2Н-10 КЛ: Н-10 нивелирінің екінші модификациясы, жүрістің бұрылу бұрышын өлшейтін лимбо және автоматты түрде горизонтқа келтірілетін компенсатормен камтамасыз етілген.

Қазіргі кезде Н-3, Н-3К дәл нивелирлері кеңінен қолданылуда. Ni-025, Ni-050 (ГДР) нивелирлері дәлдігі бойынша Н-3 нивелиріне теңеледі. Оптикалық нивелирлерге Leica NA 720, 724 универсалды санды нивелирлеріне Leica NA 2002 -1.5 мм айтуға болады.

22-кесте.

Нивелирлердің техникалық сипаттамалары

Параметрлері	Нивелир түрлері				
	Н-3	НЗК	Ni-025	NA 720	NA 2002
Көру дүрбісінің ұлғайтқыштығы, крат	30	30	20	2.5 мм	24
Ең аз өлшеу аралығы, м			1.5		
Цилиндрлік деңгейдің бөлік бірлігі, сек	1S		-		
Компенсатордың сезімталдығы		0.4	0.5		
Компенсатордың жұмыс істеу диапазоны (мин.)		1S	10		12
Аспап салмағы, кг	22,5	2.5	1.9		2.5

Деңгейлік нивелирлер. Нивелирдің негізгі бөліктеріне: көтергіш винттері бар табаны, элевациялық винт, көру дүрбісі, цилиндрлік деңгей, горизонталь кругтың жетекші винті, бекіткіш винт.

Нивелирдің негізгі осьтері, $V-V^1$ көру дүрбісінің визирлік осі, UU^1 цилиндрлік деңгей өсі, аспаптың дөңгелек деңгейі I-II аспап осін тік жағдайға келтіру үшін қажет.

Нивелирдің көру дүрбісіне цилиндрлік деңгей бекітілген. Көпіршік сондарын теңестірген кезде көпіршік ноль пунктке келді деген сөз. Егер $V-V^1$ осі UU^1 осіне параллель болса, онда

элевациалық винт көмегімен дүрбіні төмен еңістетіп, деңгей көпіршіктері теңескен кезде $V-V^1$ осін тік жағдайға қоюға болады.

Қазіргі кезде компенсаторлы нивелирлер кеңінен қолданылуда, яғни бұл аспаптар көмегімен визирлік сызықты автоматты түрде горизонталь жағдайға қойылады. Компенсатордың артықшылығы, цилиндрлік деңгей көпіршігін ноль пунктке қоюды қажет етпейді және жұмыс өнімділігін айтарлықтай жоғарылатады. Айталық, көру дүрбісінің визирлік осі объективтің O центрі арқылы горизонталь жағдайдан τ бұрышына ауытқып кетсін; онда жіп торының ауытқу центрі $f\tau$ болады; f -көру дүрбісінің фокустық аралығы.

Визирлік осьтің көлбеу бұрышын компенсациялап және рейка бойынша алынған есепті визирлік сәуленің горизонталь жағдайындағы есепке тең етіп үш әдіспен орындауға болады: а) жіп торының центрін $f\tau$ шамасына жылжытып (аспалы жіп торы бар компенсатор); б) визирлік сәулені тордың центрінен өтетіндей етіп жылжыт (бұрылатын визирлік сәулесі бар компенсатор); в) визирлік сәулені тордың центрінен өтетіндей етіп бастапқы жағдайға әкелсе (компенсатор параллельді тасымалы визирлік сәулесімен).

Алғашқы компенсаторлы нивелирлер 1945 ж. шыққан.

Компенсаторлар сұйық және маятникті болып келеді. Сұйық компенсаторларды қолданған кезде сұйықты шағылыстыратын және сындыратын зат қолданады, оның жоғарғы жағы горизонталь, ал төменгі жағы аспаппен бірге еңістейді. Солай ауыспалы бұрышпен оптикалық сына пайда болады.

Маятникті компенсаторлар механикалық және оптикалық-механикалық болады. Механикалық компенсаторларда визирлік сәуленің горизонталдануы жіптер торын жылжытуына, ал оптикалық-механикалық компенсаторда арнайы жіпте ілінген оптикалық түйіннің өтуі кезіндегі сәуле жолының өзгертуіне байланысты.

17.3. Дәл нивелирлерді тексеру және зерттеу

Дала жұмыстарын бастар алында геодезист нивелир мен рейканы толық тексеруі қажет, олар геодезиялық аспапқа қойылатын талаптарға сай болу керек.

Нивелир келесі зерттеулерді қамтиды:

-цилиндр деңгейлік нивелирлер үшін: көру дүрбісін ұлғайту; цилиндрлік деңгейдің сезімталдығы; призмалық блоктың дұрыс

қойылғандығы; деңгейдің бөлім базасы; көру дүрбісінің ұлғайту және деңгейдің бөлім базасының арасындағы бір-біріне сай болуы.

Компенсторлы нивелирлер көру дүрбісінің ұлғаюымен анықталады, ал 2-5 п бойынша зерттеу дұрыс зерттеумен және компенсатордың тұрақтылығымен алмасады.

Нивелирдің екі түрінде де дөңгелек деңгейдің бөлік құны анықталып және труба линзасына зерттеу жүргізілу қажет.

Жұмыс басталғанға дейін әрбір нивелир сырттай қаралады, одан кейін тексерілу және түзету жұмыстары орындалады. Тексеру жұмыстары жүргізілу барысында нивелир осьтері және бөліктерінің өзара дұрыстығы тексеріледі. Егер тексеру барысында ақаулар шыққан жағдайда түзетіледі.

17.4. Нивелирлік рейкалар, оларды тексеру және түзету

Нивелирлеуге арналған үш түрлі рейкалар шығарылған: РН 05, РН3, РН10. Р–әрпі рейка деген сөзді білдіреді, Н–нивелирлік, әріп жанындағы сандар 1 км жүрісте кететін орташа квадраттық қатенің шамасын білдіреді. Әрбір нивелир комплектісіне екі бірдей рейка беріледі.

РН-3, РН-10 рейкаларын қалқанды ағаш талдарынан жасайды, олар бүтін және жиналмалы болып келеді. Рейканың табанына қалыңдығы 2 см темір бекітіледі. Рейкалардың екі жағында сантиметрлік шашка тәріздес шкалалармен салынған. РН-3 екі жақты шашкалы рейка, ұзындығы 1500, 3000, 4000 мм болып, шекті қателігі 1 км нивелирлік жүріске 3 мм береді. 4000 мм рейкаларды жиналмалы қылып жасайды. Ал ұзындығы 3000 мм РН-3 рейкалары бір бүтін және жиналмалы болып келеді. Жұмыс барысында рейкаларды башмак, костыль, ағаш қадалар үстіне қояды.

Шкаланың әрбір дециметрі санмен көрсетілген. Рейканың қара жағы нөлден басталып, табанмен дәл келеді, ал қызыл жағы мысалы, 4687 табанға сәйкес келеді. Сонымен рейканың қара және қызыл жағы арнайы мәнге негізделген. Бұл нивелирлеу процесінде алынған есептің дұрыстығын бақылайды. Рейканың қара және қызыл жағы

мәндерінің айырмашылығы басқа рейкалармен бірдей болып, тұрақты шаманы көрсетеді.

Рейканы тік қалыпта ұстау үшін оған дөңгелек деңгей орнатады.

Талапқа сай келетіндей рейкаларды пластмасса, металл және басқада материалдардан жасай береді.

Рейкаларды жалпы тексергеннен кейін бақылау сызғыштармен оның бөліктерінің дұрыстығын тексереді.

РН-3 типтес рейкаларында сантиметрлік рейка бөліктерінің қателігі 0,20 мм аспауы тиіс, ал метрлік интегралдарда 0,50 мм аспауы керек.

Дөңгелек деңгей осінің рейкамен параллель болуын жел жоқ жерде, бөлмеде тексереді. Рейкада деңгей болмаған жағдайда нивелир трубасының вертикаль жібімен 50-60 м аралықта тексеруге болады. Ең алдымен рейканы қырымен қойып, нивелирге жалпақтатып және көпіршіктің ауытқуын бақылайды. Ауытқыған көпіршікті түзету винтімен қайтарады. Деңгейдің дұрыс қойылғанын күнделікті тексереді.

23- кесте Элевациялық винті бар Н-3 нивелирін тексеру

Талаптар	Түзету жолдары	Тексеру нәтижесі		Моделдерде жұмыс істейтін нивелирдің жұмыс істеуін тексеру
		Түзетілген аспап	Аспап түзетілмеген	
1 Дөңгелек деңгейдің өсі аспаптың айналу өсінен параллель болуы қажет	2 1. Көтергіш винттермен дөңгелек деңгейдің көпіршігін ортаға келтіру қажет. Деңгейді екі көтергіш винттің ортасына қойып екі жаққа немесе қарама-қарсы бұрап көпіршікті ортаға келтіру қажет. 2. Деңгейді 180° бұру керек.	3 Дөңгелек деңгейдің көпіршігі ортада тұр.	4 Дөңгелек деңгейі ауытқап кетті	5 Түзету винттерімен деңгей көпіршігін ортаға қарай ауытқыман жарты бөлікке жақындату керек.
Қыл жіптерінің бірі аспаптың айналу өсінен перпендикуляр болуы қажет	Нивелирді деңгеймен теңестіріп келесі тәсілдерді орындау керек: 1. Вертикаль жіп бойынша 1. 20-30 м қашықтықта тіктеуіш ілу қажет. 2. Жіп ортасын тікшеке бағыттау керек 2. Горизонталь жіп бойынша 1. Жіптердің қиылмаған жерін жергілікті жердегі нүктеге бағыттау қажет. 2. Дүрбіні аз нүктені бойынша жетекші винтпен айналдыру керек.	Жіп торының вертикаль жібі тіктеуіштің бойымен сәкес болуы қажет. Горизонтальды жіп барлық жерде нүктемен сәйкес сай келеді.	Горизонталь жіп нүктемен сәйкес келмейді.	1. Винттерді шешіп трубаны оқулар бөлігін шығарып алу қажет. 2. Шеткі винттерді толық босатып, ортадағы винтті жартылай босату керек. 3. Пластинаға қол тигізбей аздап бұрау керек. 4. Оқуларды трубаның қабымен бекітіп жіп торының дұрыс тұрғанын бақылау керек. Осы процесті түзетілгенге дейін қайталап жасау қажет, содан кейін пластинаны бекітіп трубаның оқулар жағын қатайтып керек.
Қору дүрбісінің өсі цилиндрлік деңгейге параллель болуы қажет	1. Жергілікті жерде бір-бірінен 50-70 м аралықта аздау қолбеулікпен екі қада қағылады. 2. Біреуінің үстінен нивелир екіншісінің үстінен рейка қаады. 3. Нивелирді жұмыс бабына келтіру. 4. Аспап биіктігін өлшеп рейка бойынша есеп алады (а). 5. Нивелирмен рейка орнын ауыстыру қажет. 6. Тағзда нивелирді жұмыс бабын келтіру. 7. Аспап биіктігін өлшеп рейка бойынша b есебін алу қажет.	$x = \frac{(a+b)/2}{i1 + i2} \geq 4mm$	$x = \frac{(a+b)/2}{i1 + i2} \geq 4mm$	1. Рейка бойынша алынған есепті визирлік өстің горизонталь жағында болған кезде келесі формуламен есептеу қажет: егер жоң болса, онда $a1 = a - x$; егер x теріс болса, онда $a1 = a + x$. 2. Элевациялық винтпен жіп торының центрі есептелген есептен қою қажет. 3. Вертикальды түзету винтімен цилиндрлік деңгейдің көпіршігін ортаға ауыстыру керек. Жіп торын толық а1 есеп алған ша ауыстыру керек.

17.5. III және IV класты нивелирлеу әдістері

III класты нивелирлеу кезіндегі жұмыстарды ұйымдастыру және жүргізу. Далалық есептеулер және бақылау III және IV класты нивелирлеуді геометриялық нивелирлеумен ортадан тәсілімен орындайды.

III класты нивелирлік жүріс тура және кері бағытта орындалады. Секцияда бір рейкамен бастап, сол рейкамен аяқтаған жөн, яғни станса саны жұп болуы қажет.

Әрбір стансада келесі бақылау тәртіптері сақталады: артқы рейканың қара жағы (жіп торының ортасынан және қашықтық өлшеу жіптері бойынша алынған есеп), алдыңғы рейканың қара жағы (жіп торының ортасынан және қашықтық өлшеу жіптері бойынша алынған есеп), алдыңғы рейканың қызыл жағы (жіп торының ортасынан алынған есеп), артқы рейканың қызыл жағы (жіп торының ортасынан алынған есеп). Жұп стансаларда түсірісті алдыңғы рейкадан бастаған дұрыс. Визирлік сәуленің нормальды ұзындығы 75 м. Ауа-райының қолайлы жағдайларында және нивелирдің көру дүрбісінің ұлғайтуы 35 кратты құрағанда, визирлік сәуле ұзындығын 100 м дейін қашықтатуға болады. Артқы және алдыңғы рейкалар арасындағы қашықтықтың айырмашылығы 2 м аспауы тиіс, жүріс кезіндегі секциядағы жиналған қателік 5 м аспауы тиіс. Визирлік сәуленің жер бетінен өтуі 0,3 м кем болмауы керек. Рейкаларды бір деңгейде костьюль немесе башмаққа орнатады.

III класты нивелирлеу. Бақылау және шектілігі. Рейка шкаласының негізгі (қара жағы) және қосымша (қызыл жағы) биік айырым айырмашылығы 3 мм аспауы тиіс. Тура және кері бағыттағы жүрістердің, сонымен қатар секциялар үшін биік айырым қосындысын есептейді, олар $10\text{мм}\sqrt{L}$ аспауы тиіс. Бір бағыттағы нивелирлік жүрістің немесе тұйықталған полигондардағы тура бағытта пайда болған қиыспаушылық $10\text{мм}\sqrt{L}$ аспауы тиіс. Тұйықталған полигондардағы орташа биік айырым қосындысының қиыспаушылығы $7\text{мм}\sqrt{L}$ аспауы тиіс.

IV класты нивелирлеудегі жүрісті бір бағытта орындайды. Әрбір стансада келесі тәртіпті сақтайды: артқы рейканың қара жағы (жіп торының ортасынан және қашықтық өлшеу жіптері бойынша алынған есеп), алдыңғы рейканың қара жағы (жіп торының ортасынан және қашықтық өлшеу жіптері бойынша алынған есеп), алдыңғы рейканың қызыл жағы (жіп торының ортасынан алынған есеп), артқы рейканың қызыл жағы (жіп торының ортасынан алынған есеп). Жұп стансаларда түсірісті алдыңғы рейкадан бастаған дұрыс. Визирлік сәуленің нормальды ұзындығы 100 м. Ауа-райының қолайлы жағдайларында және нивелирдің көру дүрбісінің ұлғайтуы 35 кратты құрағанда, визирлік сәуле ұзындығын 150 м дейін қашықтатуға болады. Артқы және алдыңғы рейкалар арасындағы қашықтықтың айырмашылығы 5 м аспауы тиіс, жүріс кезіндегі секциядағы жиналған қателік 10 м аспауы тиіс. Визирлік сәуленің жер бетінен өтуі 0,2 м кем болмауы керек. Рейкаларды бір деңгейде костьюль немесе башмаққа орнатады.

IV класты нивелирлеу. Рейка шкаласының негізгі (қара жағы) және қосымша (қызыл жағы) биік айырым айырмашылығы 5 мм аспауы тиіс. Тұйықталған полигондардағы орташа биік айырым қосындысының қиыспаушылығы $20\text{мм}\sqrt{L}$ немесе $5\text{мм}\sqrt{n}$ аспауы тиіс.

24 - кесте РН-3 рейкасын тексеру

Талаптар	Тексеруді жүргізу тәртiбi	Результат неoерки	Как устранить неисправность	Можно ли работать при наличии неисправности
Рейкалардың нольдiк биiктiгiнiң айырмашылығын анықтау	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нивелирден кашықтықта немесе орнатады. 10-15м кoстыль башмактар 2. Рейканы бiрiншi кoстыль немесе башмақтың үстiне қойып рейканың екi жағында 2 рет есеп алады. 3. Рейканы екiншi кoстыль немесе башмақтың үстiне қойып рейканың екi жағында 2 рет есеп алады. 4. Аспаптың биiктiгiн өзгертiп осы шараларды екi үш рет қайталайды. 	Рейкалардың қара жағынан алған есептердiң айырмашылығы 1мм аспауы тиiс. Бiр рейкамен қара және қызыл жағынан алынған есептердiң айырмашылығы нөлдi бередi		
Рейкалардың орташа ұзындығын анықтау	Рейка ұзындығын 1050мм бақылау рейкасымен анықтайды.			

17.6. III және IV класты нивелирлеу нәтижелерін өңдеу

Далалық жұмыстар екі этапта өңделеді: алдын ала өңдеу; теңдіктерді шешу және координат және пункттер биіктігінің каталогын құру.

Алдын ала өңдеудің негізгі мақсаты дала есептеулерінде жіберілген болуы мүмкін қателерді жою, өлшеулердің сапалығын және соңғы өңдеуге, теңдестіруге жарамдылығын тексеру.

Алдын ала өңдеудің құрамына:

дала журналын тексеру; өлшеу нәтижелерін бағалау;

жүйелер схемасын құру; алдын ала пункт биіктіктерін есептеулер жатады.

Нивелирлік жұмыстарды бағалау үшін қос өлшемді әдісті қолдануға болады (стансадағы биік айырым айырмашылығы, тура және кері жүрістегі биік айырым айырмашылығы), бірақ бұл жерде тек қана даладағы шектеулікті ескереді.

Есептеуді журналды тексеруден бастайды. Рейканың орташа ұзындығының түзетулерін журналдағы биік айырымға қосады да, түзетілген биік айырымды есептейді.

Журналдағы жұмыстар аяқталған соң биік айырым және алдын ала есептелген биіктіктер ведомосын құрайды. Ведомосқа рейкалар ұзындығынан түзетілген биік айырымды жазады. Орташа биік айырымға түзетуді теңдіктен алады.

III және IV класты нивелирлеудегі негізгі қателіктерге:

1. Ескерілмейтін басты жағдайларға температураның бірқалыпты болмауы және бір қатар басқа факторлар. Температураның 1° -қа өзгеруі кезінде бұрыштың өзгеруі 1,5 аспауы тиіс.

2. Стансадағы бақылау бағдарламасын жүргізу кезінде аспаптың шөгуін симметриялық қадағалауды талап етеді.

3. Костыльдердің (башмактар) шөгуіне байланысты соңғы нүктелерде кеткен биік айырым қателіктерін екі рет нивелирлеу жүргізіп азайтуға болады (тура және кері бағытта).

4. Рейка көлбеулігінен кететін қателік, рейкаға орнатылған дөңгелек деңгейден және оны күнделікті тексеруден азаяды.

5. Жер қисықтығынан кететін қателіктері ортадан нивелирлеу әдісімен жоюға болады, бұл кезде рефракцияның әсері төмендейді. Рефракцияны мүлдем төмендету үшін сәуле жер бетінен 0,3 (0,2) м жақын өтпеуі тиіс.

6. Рейкалар ұзындығынан кететін қателіктерді рейкаларды компанирлеу нәтижелері бойынша енгізілген түзетулермен төмендетеді.

7. Нивелир мен штативті тікелей күннің әсерінен сақтау үшін жұмыс барысы кезінде қол шатыр қолдануға болады. Нивелирлеуді екі рет жүргізу кезінде тура жүріс түске дейін, ал кері жүрісті түстен кейін жүргізген дұрыс.

Жоғарыда көрсетілген шараларды ескере отырып, жүйелік қателіктерді төмендетуге болды.

Орташа биік айырымның орташа квадраттық қатесін А.С.Чеботаревтың эмпирикалық формуласымен есептеуге болады

$$m_{\text{сзг}} = \sqrt{\left(0.04t + 0.16 \frac{S}{\Gamma}\right)^2 + \left(\frac{0.09\tau}{\rho} S\right)^2}, \quad (190)$$

$t=10$ мм, $S=75$ и 100 м, $\tau=15''$ и $25''$, $\Gamma=30$ и 25 болған кезде, мына мәндерге тең болады 1.0 мм (III) и 1.5 мм (IV класс).

Дала есептеулері, оларды бақылау.

17.7. Цифрлі нивелирлер. Цифрлі нивелирлермен нивелирлеудің технологиясы

Соңғы жылдары әртүрлі класты нивелирлеуде штрих-кодты сандық нивелирлер (электронды) қолданыла бастады. Осы тұрғыда нивелирлеу оның ішінде жобалау жұмыстарынан бастап өлшеу, нәтижелерін математикалық өңдеу дәлдігін бағалауға дейінгі жұмыстары түпкілікті өзгеруде. Геодезиялық жұмыстың практикасында мемлекеттік нивелирлеуді орындауға техникалық сипаттамасы бойынша сай келетін электронды тахеометрлер кеңінен қолданылуда. Сонымен қатар жер серігі (спутникті) технологиялары мемлекеттік нивелирлеудегі жеке кластардың талаптары деңгейінде өлшеу нәтижелерінің дәлдігін қамтамасыз етеді

Уставич Г.А., Шаульский В.Ф және Винокуров О. И (Ресей) ғалымдары нивелирлеудің жаңа келесі технологиясын ұсынылған, онда мыналар ескерілген:

1. 1 км қос жүрісті нивелирлеуді жүргізгенде, санды нивелирдің орташа квадраттық қатесі 0,2-0,5 мм құрайды, яғни ол I класты нивелирлеу дәлдігіне сай келеді.

2. Электронды тахеометрлер вертикаль бұрышты $2.0-6.0^\circ$ дәлдікте, 1.0-1.5 км арақашықтықты 2-5 мм дәлдікте өлшейді.

3. Егер санды нивелирмен жұмыс істеу кезінде бір жақты штрих-кодты рейкалар қолданылғанда, мұнда биікайырымды өлшеу кезінде бірнеше рет өлшейтін жағдайлар туындайды. Нивелирлеу әдістемесіне сүйенсек, бұл дұрыс емес, өйткені бірыңғай оптикалық микрометрді екі, үш кратты бағыттаумен теңеседі. Ал рейкадан есепті электронды тәсілмен алғанда, ешқандай қателік болмайды.

4. Санды нивелирлерді қолдану кезінде биік айырымды өлшеуге және есептеуге кететін уақыт компенсаторлы нивелирді қолдануға қарағанда 20-30% төмендейді, тек тура және кері жүрісті биік айырымның айырмашылығына әсер етеді.

5. Қазіргі компенсаторлы нивелирлерде i бұрышын деңгейлі нивелирлермен салыстырғанда екі-үш есе баяу өзгереді. Жоғарғы дәлдіктегі қазіргі фокустаушы линзалы нивелирлерде биік айырымды өлшеу дәлдігіне ешқандай әсер етпейді. Осыған байланысты стансада екі иықтың айырмашылығының шекті мәнін ұлғайтуға толық мүмкіндік бар.

6. Сандық нивелирлерді қолданумен стансадағы жазба және өлшеу нәтижелері микропроцессорлар көмегімен жүргізіледі.

Нивелирлік жүрістердің нивелирлеу жұмыстарын жобалау кезінде, санды нивелирмен жұмыс істеуде қолайсыз жағдайларды жібермеу үшін: көлік қарқынды жүретін көлік жолдарын және тұрғыны көп жерлерден мүмкіндігінше қашық болған дұрыс.

Нивелирлеу кезінде жүргізілген нивелирлік жүрістің технологиялық схемасы сақталады.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Биіктік жиілету тораптары қалай құрылады?
2. Реперлер деген не және оның қандай түрлері болады?
3. III, IV класты нивелирлеудің аспаптары қандай?
4. Дәл нивелирлердің тексерістеріне не жатады?
5. Нивелирлердің зерттеулеріне не жатады?
6. Нивелирлік рейкаларды қалай тексереді?

7. III және IV кластық нивелирлеудің нәтижелерін өңдеу.
8. Цифрлы нивелирлер деген не?

18. БАРОМЕТРЛІК НИВЕЛИРЛЕУ

18.1. Барометрлік нивелирлеудің негізгі мәні және формулалары

Барометрлік нивелирлеу негізінен күрделі жердегі пункттердің биіктігін анықтау үшін арналған, мысалы, геология, геофизика, гравиметрия мақсаттарында мүмкіндік болмайтын немесе геометриялық, тригонометриялық нивелирлеулердің қолдануға қажеттігі жоқ.

1 және 2 жер бетіндегі нүкте биіктіктерінің ($H_2 - H_1$) айырмашылығын барометрлік нивелирлеу әдіспен анықтау үшін біржола осы нүктелерде атмосфералық қысыммен температураны өлшеу қажет.

Бірлік жүйесінде P қысым бірлігі Паскаль (Па) болып қабылданды, $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$; $100 \text{ Па} = 1 \text{ гПа}$ (ГектоПаскаль); $1 \text{ гПа} = 1 \text{ мбар} = 0,750062'' \text{ мм сын.бағ.}$; $1 \text{ мм сын.бағ.} = 133 \text{ Па} = 1,33 \text{ мбар}$. 760 мм сын.бағ. қысымы $1013,25 \text{ гПа}$ (мбар) тең және бір қалыпты жағдайдағы теңіз деңгейінің P_0 атмосфералық қысымының орта шамасына сай келеді.

Барометрлік нивелирлеудің формуласын шығару негізінде атмосфера статикасының теңдеуі жатады

$$-dP = \delta g dH. \quad (191)$$

Шексіз аз мөлшердегі атмосфера қалыңдығының dH өзгеруі, оның тығыздығы δ және ауыр салмақтың үдеуі g аз мөлшердегі dP атмосфералық қысымының шексіз өзгеруіне сай келеді. Теріс таңба (-) биіктік жоғарлаған сайын қысым төмендейтінін көрсетеді.

Газ тәріздес заттектер үшін Бойля-Мариотта и Гей-Люссак заңдарынан алынған, ауа тығыздығы және ауыр күшінің үдеу мәнінің теңдеуін құрғанан кейін (1,250) және теңдеуді интегралдап, толық барометрлік формуласын шығарады

$$h = H_2 - H_1 = \frac{P_0}{\delta_{0,45^\circ} g_{0,45^\circ} M} \cdot (1 + \alpha_m) \cdot \left(1 + \gamma \frac{e_m}{P_m}\right) \cdot (1 + \beta \cos 2\varphi_m) \cdot \left(1 + \frac{2H_m}{R_m}\right) \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} \quad (192)$$

18401; P_0 —теңіз деңгейіндегі орташа қысым, 101325 кг/с² тең; $\delta_{0,45^\circ}$ —теңіз деңгейіндегі құрғақ ауаның тығыздығы және $T_0=273$ К ($t=0^\circ\text{C}$), ол 1,293 кг/м³ тең; $g_{0,45^\circ}$ —теңіз деңгейіндегі ауыр күшінің үдеуі, $\varphi=45^\circ$ ендігінде, 9,8062 м/с² тең; $M=0,4343$ —ондық алгоритмдер модулі; α —ауаның кеңістіктегі таралу температурасының коэффициенті, 1/273; $\gamma=1-d$; d —су буы серпімділігінің теңіз деңгейіндегі құрғақ ауа тығыздығына қатынасы, 0,622 тең; β —тұрақты коэффициент, 0,002642 тең; t_m —орташа температурасы; e_m —су буының орташа қысымы; P_r —атмосфераның орташа қысымы; φ_m —орташа ендік; R_m —Жердің орташа радиусы; H_r —теңіз деңгейінен санағандағы орташа биіктік; P_1 и P_2 —1 және 2 нүктелерде өлшенген атмосфералаық қысым.

Толық барометрлік формулада мынау ескерілген

$$g = g_{0,45^\circ} \cdot \left(1 - \frac{2H_m}{R_m}\right) \cdot (1 - \beta \cos 2\varphi_m) \quad (193)$$

$$\delta = \delta_{0,45^\circ} \frac{P_m}{P_0} \cdot \frac{1}{(1 + \alpha_m) \left(1 + \gamma \frac{e_m}{P_m}\right)} \quad (194)$$

Толық барометрлік формуланың түзету мүшелерінің биік айырымға әсері әртүрлі: $\alpha_m \approx 1/10$; $\gamma e_r/P_r \approx 1/100$; $\beta \cos 2\varphi_m \approx 1/500$; $2H_m/R_m \approx 1/5000$. Ауырлық маңы үдеуінің H_r және φ_m өзгеруін өлшеу ($t_{\text{ДР}}$ и t_1) қателіктерімен салыстырғанда көбінесе ескермеуге болады, сондықтан барометрлік нивелирлеудегі биік айырымды қысқартылған барометрлік формуласымен анықтайды

$$h = K'_0 \cdot (1 + \alpha_m) \cdot \left(1 + \gamma \frac{e_m}{P_m}\right) \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} \quad (195)$$

18.2 Барометрлік нивелирлеуде қолданылатын аспаптар

Барометрлік нивелирлеуге арналған аспап комплектісіне: барометрлер, термометр-Пращ және қолсағаты. Ылғалдылықты жақын жердегі метео стансаның мәліметтері бойынша ескереді. Ендік және биіктікті топографиялық карта бойынша. Қысымды барометрмен өлшейді: сынапты, пружиналы, газды және гипстітермометрмен.

Сынапты барометрлер стансада қысым өлшеу үшін қолданылады, оның орта квадраттық қатесі ($t_{\Delta P}$) ол 6 Па (0,06 мбар) шамасына жуық. Сынап бағанасының көрсеткішіне аспап температурасы, ендік және жердің биіктігі және аспапты түзету үшін түзету енгізіледі. Оның жұмыс диапазоны 570–тен 1070 мбар дейін.

Газды (дифференциалды) барометрлердің ($t_{\Delta P} \approx 0,07$ мбар) диапазоны аз (~30 мбар), температураның өзгеруіне сезімтал (3 мбар на 1 °С дейін) өте нәзіктері қазіргі кезде қолданылмайды.

Гипстітермометрлер (теромобарометрлер) ыстық су температурасын дәл өлшеуге арнаған ($P=760+(t-100^\circ)/0,0375$), $t_{\Delta P} \approx 0,07$ мбар мәнін алу үшін термометрдің бағалау шкаласы 0,05°С аспауы тиіс.

Пружиналы барометрлер анероидтар, микробарметр түрінде кеңінен таралған (анериодты блоктармен және спиральдармен).

МД-49-2 и МД-49-А ($t_{\Delta P} = 0,2—0,3$ мбар) анероиды қысым өлшейтін диапозондары бар, осыған қатысты 1050–800 және 1065–500 мбар. Анероид көрсеткішінің атмосфералық қысымын алу үшін оған шкалалық және қосылатын түзетулер енгізеді. Аспап жұмыс істеуге өте қолайлы, бірақ қысым дәлдігін жеткілікті бермейді 1050—800 и 1065—500 мбар.

М и к р о б а р о м е т р қазіргі кезде барометрлік нивелирлеудің негізгі аспабы болып табылады. Бұл аспапта шағын қозғалыстың айналу (анериодты коробкасы 0,001 ден 0,005 мм дейін) принципі үлкен шамаларды ауыстыру айналымы қолданылған.

ОМБ-10,5мм микробарометр тілінің 20" бұрыштық фиксациясының дәлдігінде 3⁰-қа бұрады (анериодты блоктың 1 мкм түсіп ауысуы), $t_{\Delta P} = 0,04—0,08$ мбар диапазонында 200 мбар қамтамасыз етеді.

МБНП, МБ-63 аспаптарында айнасы бар цилиндрлік пружинамен анериод блогының 50° 1 мкм бұрылады, аспап тілінің 8' бұрылысына тең. Бұл аспаптардың сезімталдығы ОМБ-1 ($t_{\Delta P} = 0,03$ мбар). қарағанда жоғары. Жұмыс диапазоны - 100 мбар, ауыстыру кезінде - 400 мбар.

«Аскания» б. ФРГ фирмасының Брудно спиралы бар микробарометрлері 800 мбар жұмыс істеу диапазонында $t_{\Delta P} = 0,01$ мбар қамтамасыз етеді.

СССР кезінде сандық таблода өлшеу нәтижелерін тіркеу микробаронивелирлері және пьезорезонансты датчиктері, сандық таблосы бар аспаптар және таспа ленталарға жазу мүкіндігі бар аспаптар жасалып шығарылған.

Барометрлік нивелирлеуде ауа температурасын «Прац» немесе $0,1^\circ\text{C}$ -қа дейін психрометрмен өлшейді. Уақыт 1" -қа дейін солтүстік қолсағатымен фиксацияланады.

18.3. Барометрлік нивелирлеудің әдістері. Нивелирлеудегі негізгі қателік көздері

1. *Уақытша барометрлік стансаларға* тірегі бар жүріс. Екі жағдайда орындалады: а) стансаны учаске центрінде түсіруге жататын немесе реперді таңдайды. Одан тұйық жүріс жүргізеді. Жүріс нүктелерінің биіктігін $t_H = 0,5\text{ м}$ дәлдікте анықтау үшін бақылауды 10-15 мин аралықта жүргізеді, жүріс нүктелерін 3-4 км қашықтыққа дейін жүргізуге болады. $t_H = 1,0$ м кезінде стансаларды 20-30 мин сайын бақылайды, ал нүктелер 6-8 км аралықта созылып жатуы мүмкін; б) стансаны тұйықталмаған жүрістің ортасынан таңдайды.

2. *Жылжымалы станса тәсілдері.* Созылым жүрістерді жүргізу кезінде қолданылады (30 км дейін). Аспап комплектісін жүрістің бастапқы нүктесінде салыстырады. Уақытша стансаларға кезекпен бірінші және екінші бақылаушылар жатады. Басқа бақылаушы жүріс нүктесі бойынша жүреді, яғни бір бағытта екі жүріс құрылады.

3. *Жедел есептеу әдісі.* Үлкен алаңдарда биік айырмашылығы бар, бірнеше метео станса ораналасқан, уақытша барометрлік станса ұйымдастырады. Метеостансаларда 3,9,15,21 сағ бақылау жүргізеді. Анықталатын нүктелерде жедел есептер

уақытында қысымды өлшейді (келісім бойынша, мысалы, 2 сағаттан кейін). Келесі нүктеге дейін биік айырымды реперлерде орналасқан 3-4 уақытша стансаға қатынасты анықтайды.

Келешекте барометрлік нивелирлеу әдісімен анықталатын биіктіктің дәлдігін жоғарылату үшін (0,2-0,3м дейін) қажет: нүкте арасындағы орташа интегралды температураның дәлдігін $0,5-0,3^{\circ}\text{C}$ дейін көтеру; екі нүкте арасындағы айырмашылықты анықтаудың инструментальды қателіктерін 0,015 мб төмендету; уақытша барометрлік стансаларда қысыммен температураның өзгеруін үздіксіз бақылауды ұйымдастыру; $m_e \geq 0,7 \div 1,0$ мбар жібермеу; бариялық поляның қолайлы жағдайында биік айырымын 200 м асырмай, жүргізілетін жүрісті стансадан қашықтаған нүктелерімен 2-3 км асырмай жүргізу.

Барометрлік нивелирлеудің негізгі қателік көздері шартты үш топты қарастырады.

1. *Қателіктер, жуықталған характерлік* формулалармен негізделген. Барлық барометрлік формулалар жуықталған (сонымен қатар толық), өйткені оларды шығару кезінде шектен шығарған: ауа қабаттарының жылжымайтындығын; теңіз деңгейіндегі орташа қысымның өзгермеуі; ауа температурасының биіктігімен сызықтық өзгеруін; ауа құрамындағы химиялық құрамның біртектігі және ауаның идеалды газ заңына бағынуын. Кәдімгі атмосферада жоғарыда аталған жағдайлардың біреуі орындалмайды, дәлірек K_0 тұрақты, K и N – тұрақсыз. Егер ылғалдылықты $t_e=1\text{мм рт.ст}$ қателікпен ескерсе, онда қателік коэффициенті 6 бірлікке жетеді (1/2000).

2. *Өзіндік және аспап қателігі.*

Бабин формуласымен мынаны қолданайық

$$h = \frac{N}{2} \cdot (1 + \alpha t_{cp}) \cdot \frac{\Delta p}{P_{cp}}, \quad (196)$$

мұндағы

$$\Delta P = P_1 - P_2, \quad P_{cp} = \frac{P_1 + P_2}{2} \quad (197)$$

t_{cp} , ΔP и P_{cp} тәуелсіз шама ретінде қабылдасақ, логарифмдегеннен, дифференциалдағаннан кейін және орта квадраттық қателікке өтіп төмендегіні аламыз:

$$m_h^2 = (h \alpha t_i)^2 + \left(\frac{h m_{\Delta P}}{\Delta P} \right)^2 + \left(\frac{h m_{P_{cp}}}{P_{cp}} \right)^2, \quad (198)$$

мұндағы $1 + \alpha t_{cp} \approx 1$, өйткені αt_{cp} в 10 рет кіші 1.

Мысалы. $h=115$ м кезінде, $\Delta p=13$ мбар, $t_i=1^\circ\text{C}$, $t_{\Delta P}=0,05$ мбар, $t_{\Delta P_{cp}}=1$ мбар, $P_{cp}=1000$ мбар, (микробарометр): $m_h^2 = (0,42)^2 + (0,44)^2 + (0,12)^2$ немесе $t_h=0,62$ м бар. Анероидтар үшін $t_h=1,5$ м.

3. Атмосфераның тепе-теңсіздігінен болған қателіктер.

Атмосферада бір қалыпты жағдай болмайды. Атмосфералық қысым уақыт және кеңістік аралығында өзгереді. Қысымның өзгеруінің басты себебі күн радиациясы, жер бетінің бір қалыпсыз қызуы. Үш сағат ішінде бір нүктеде қысымның өзгеруін барометрлік тенденция деп атайды. Барометрлік тенденцияның нормалды шамасы 3 сағатта 0,1—0,3 мбар құрайды, бірақ 1-3 мбар жетуі мүмкін. Барометрлік нивелирлеудің нәтижесіне барометрлік тенденцияның әсерін төмендету үшін екі нүктеден бақылаған дұрыс, осы кезде нүктелер арасының биік айырымы жүргізіледі немесе уақыт аралық ауа қысымының өзгеруін бақылауды ұйымдастырып, содан кейін уақытқа түзету енгізеді.

Кеңістікте қысымның өзгеруін (меридиан бойынша 1° доға, яғни 111 км) барлық градиент деп атайды. Барлық градиент (изобарилық беткейдің деңгейлікке салыстырмалы түрде көлбеу), егер оның шамасы 1 км-ге 0,01-0,03 мбар құраса, онда нормальды болып табылады. Анықталатын биік айырымға барлық әсердің градиентін төмендетуге болады, егер жүрістер ұзындығын 15 км-ге дейін шектесе. Жүрістерді белгілі биіктіктер арасында бар полясының тынық мерзімінде изобараға перпендикуляр жүргізуге болады (бұлтты күндері, антициклондар мерзімдерінде). Синоптикалық карталарды қолданып, жергілікті жердегі өлшенген екі нүкте қысымының айырмашылығына түзетулер енгізуге болады. Температуралық градиенттің күнделіксіздігі (вертикаль бойынша) өлшенетін қысымға қателік әкеледі. Бұл қателік көзімен

күресу шарасына өлшеу жүргізетін нүктелер арасындағы температураның дәл интегралдығын білу. Қателік әсерін төмендету үшін: ауа температурасын анықталатын нүктенің жер бетінен 2 м кем емес аралықта өлшеу; температура өзгермеген жағдайда биік айырымды таңертең және кешкі уақыттарда бақылауды 250 м дейін шектеу.

Аталған қателік көздерімен күресу үшін әртүрлі баронивелирлік әдістер ұсынылған.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Барометрлік нивелирлеудің мәні неде?
2. Барометрлік нивелирлеуде қандай аспаптар қолданылады?
3. Барометрлік нивелирдің әдістері.
4. Барометрлік нивелирдегі қателіктердің негізгі көздері.

19. ІРІ МАСШТАБТЫ ТОПОГРАФИЯЛЫҚ ТҮСІРІСТЕР

19.1. Топографиялық карталар мен пландар, олардың атқаратын міндеттері. Топографиялық карталар мен пландарды жасаудың әдістері.

Топографиялық карта деп картографиялық проектіде сызылған, нүктелердің пландық және биіктік орындарын анықтауға мүмкіндік беретін жер беті шағын участкесінің бейнесі. Мемлекеттік топографиялық карталар 1: 1000000 және одан да ірілеу масштабтарда жасалынады.

Топографиялық план–денгейлік беттің қисықтығы ескерілмеген ортогональ жазық проекцияда, ірі масштабта кескінделген жер бетінің шағын учаскесінің картографиялық бейнесі.

Топографиялық карталарды жасағанда эллипсоидты жазықтыққа бейнелейтін Гаустың конформдық проекциясы қолданылады. Конформдық бейнелеудің негізгі қасиеті – онда кез келген кішкене контур эллипсоидта өзгеріссіз бейнеленеді, яғни

бұрыштық ауытқулық болмайды, әр нүктедегі бейнелеу масштабты тек координаталарға байланысты және бағытқа тәуелсіз болып келеді.

Топографиялық карталар мен пландарды жасауда нүктелердің биіктіктері Кронштадт футштогінің нөлінен басталатын 1977 жылғы абсолюттік Балтық теңізі жүйесі бойынша анықталады.

Топографиялық карталар мен пландарды жасаудың әдістері.

Топографиялық карталар мен пландар, топографиялық түсірістер немесе масштабты ірірек топографиялық түсірістер мәліметі бойынша жасалынады.

Топографиялық түсіріс топографиялық карталар немесе пландардың түпнұсқасын және де басқа түрде топографиялық ақпараттар алу үшін жүргізілетін кешенді жұмыстар. Топографиялық түсірістер мынандай әдістер арқылы жүргізіледі; стереотопографиялық, аэрофототопографиялық құрастырылған, мензулалық, жердегі фототеодолиттік, тахеометриялық және теодолиттік.

Түсірістердің негізгі әдістері болып стереотопографиялық және құрастырылғандар есепеледі.

Теодолиттік түсіріс қалалық үйлер салынған жерлерде жүргізіледі. Ол құрылыстардың маңдай бетінің әртүрлі бөліктерін, жолдар мен квартал ішіндегі жер учаскілерін сонымен қатар жер асты коммуникацияларын түсіруден тұрады. Жер бетінің кейбір ерекше нүктелерінің биіктіктерін анықтау үшін үй салынған жерлерде нивелирлеу қолданады.

19.2 . Топографиялық түсірістің міндеті мен түрлері. 1:5000, 1:10000 масштабты карталардың атқаратын міндеттері

Геодезиялық торап пункттерінің жиілігі түсірістің масштабы мен бедер қимасының биіктігіне, жер бетінің топографиялық жағдайына және де инженерлік құрылыстарды жобалау кезі мен пайдаланудағы жұмыстарды топографиялық-геодезиялық мәліметтермен қамтамасыз ету мәселелеріне тікелей байланысты. Мемлекеттік пландық торап пункттерінің орташа жиілігі 1:5000 және 1:2000 масштабты түсірістерде: 20-30 шаршы км. және 5-15

шаршы км. жерге бір пункт сәйкес келеді. 4-кластық нивелирлеудің 1 репері жоғарыда көрсетілген масштабтағы түсірістерде 10-15 және 5-7 ш.км. жерлерге сәйкес орнатылады. Қалалардың үй салынған жерлеріне мемлекеттік геодезиялық торап пункттерінің орташа тығыздығы 5 ш.км. жерге бір пункттен кем болмауы керек. Геодезиялық жиілету тораптары пункттерінің тығыздығы топографиялық түсіріс нәтижелері мен топографиялық-геодезиялық мәліметтерінің келешектегі қолданыс табуына байланысты.

Мәселен, инженерлік ізденістерді, қалалық және өндірістік құрылыс объектілерін қамтамасыз етуде геодезиялық торап пункттерінің тығыздығы 1 ш.км. жерге 8 пунктке дейін жетуі де мүмкін. Басқа да мәселерді 1:15000 масштабты түсіріс арқылы шешуде 7-10 ш.км. жерге 1 пункттен кем, ал 1:2000 масштабты түсірісте—2 ш.км. жерге 1 пункттен кем болмауы тиісті.

Топографиялық түсірістің нәтижелері графиктік (топографиялық карта мен пландар) және цифрлық (жердің цифрлық модельдері) түрде берілуі мүмкін. Жердің цифрлық моделі жергілікті жер туралы топографиялық-геодезиялық мәліметтердің жиынтығынан және оны пайдалану тәртібінен тұрады.

Топографиялық түсірістер атқаратын міндеттеріне байланысты негізгі және арнайы болып келеді.

Халық шаруашылығының бір саласының мәселелерін шешуге бағытталған арнайы түсірістерде топографиялық карта мен пландарға жер бетіндегі барлық заттарды түсіре бермейді, тек қана жобалау кезінде, жер және қалалық кадастр, жерді есепке алу және т.б. мәселелерге қажетті заттарды түсіреді.

Контуры үлкен жерлерде, мәселен жер асты коммуникацияларын және жер бетіндегі әртүрлі міндет атқаратын құбырлардың өте тығыз жүйелерінде топографиялық пландар жеке (әр элементтер бойынша) жасалынады.

Топографиялық түсірістердің міндеттері мен түрлері.

1:25000 және 1:10000 масштабтағы топографиялық карталар ауыл және орман шаруашылығында; пайдалы қазбаларды барлау; газ және мұнай кен орындарын игеруде; суландыру, гидротехникалық, ауылдық және қалалық құрылыста; шаруашылық ішіндегі және шаруашылық аралық жерге отырғызуда, жер кадастрына және жерді есепке алуда қолданылады.

1:5000 масштабтағы топографиялық карталар мен пландар қалалық, транспорттық, гидротехникалық және т. б. құрылыстардың әртүрлі жобалау-жоспарлау есептерін шешуде; өндірістік және тау-кен өнеркәсібі техникалық жобаларын жасауда; металды және метал емес кен орындарын жете барлауда; мемлекеттік жер кадастрында, жерге орналастыруда, темір автомобиль және т.б. жолдарды жобалауда пайдалануға арналған.

1:2000 масштабтағы топографиялық пландар кіші қалалар, ауылдар және т.б-дың бас пландарын жасау үшін қажет.

1:10000 масштабтағы топографиялық пландар құрылыстың техникалық жобалары мен жұмыс сызбаларын, вертикаль жоспарлаудың, пайдалы қазбалар жеке барлаудың және қорларды есепке алудың жобаларын жасау үшін қолданылады.

1:500 масштабтағы топографиялық пландар құрылыс учаскесінің атқару және жұмыс сызбаларын жасау және вертикаль жоспарлауды шешу үшін пайдаланылады.

19.3 . Топографиялық түсірістің масштабы мен бедер қимасының биіктігін таңдаудың негіздемесі

Түсірістің масштабы мен бедер қимасы биіктігін таңдауды негіздеу дегеніміз, мәселені оңтайлы шешуге алдын ала бағытталған шаралар (немесе іс-әректтерінің жүйесі). Топографиялық түсірістің масштабы мен бедер қимасының биіктігін негіздеудің негізгі міндеті түсірісті жүргізетін маманның шешімін жеңілдетіп, сандық мәліметтерді, ұсыныстарды дайындау.

Сандық мәліметтерді (сипаттамаларды) жердің қабылданған моделіне байланысты әр түрлі математикалық аппаратты пайдалану арқылы алынады. Түсіріс параметрлерін таңдауды негіздеу, ешқандай-ақ, топографиялық карталар мен пландарын атқаратын міндеті, жердің топографиялық жағдайы (ситуациясы мен бедері), картасы жасалынатын жердің келешектегі техникалық-экономикалық дамуы ескеріле қабылданған ұсыныстар арқылы жүзеге асырылады.

Түсірістің масштабы панның атқаратын міндетіне, учаскінің көлеміне, жер элементтерін бейнелеуі толықтығына, бейнелеу

дәлдігіне, жобалаудың сатыларына және басқа да факторларға байланысты боп келеді. Жергілікті жердегі ситуация планда масштаб және бекітілген шартты белгілер бойынша бейнеленеді.

Планшет рамаларының размерлері мен пайдалы ауданы төменгі кестеде көрсетілген

25-кесте.

Планның масштабы	Планшет рамкасының размері, см	Планшеттің пайдалы ауданы, га.	Планның масштабы	Планшет рамкасының размері, см.	Планшеттің пайдалы ауданы, га.
1:5000	40x40	400	1:1000	50x50	25
1:2000	50x50	100	1:500	50x50	6,25

Топографиялық түсірістің геодезиялық негізгі нүктелері, пункттері, реперлерінің координаталары мен биіктіктерін анықтаудың дәлдігі планмен карталарда ситуация мен бедер элементтерін бейнелеу дәлдігіне қойылатын талаптар негізінде белгіленеді. Әлбетте, планның масштабы неғұрлым ірі және бедер қимасының биіктігі кіші болса, соғұрлым дәлдік жоғарлы болмақ.

Жер бетіндегі заттар мен контурларды жақын жерде орналасқан түсіріс негіздемелеріне байланысты анық етіп анықтаудың орташа қателігі 0,5 мм. деп, ең таулы аймақтарда—0,7 мм—ден аспауы керек. Күрделі және көп этажды үйлер орналасқан жерлерде нүктенің пландағы орнын анықтау—0,4 мм—ден аспауы керек.

Контурлық нүктелердің жақын жерде орналасқан геодезиялық негіздеме пункттері мен байланысты пландағы координата өсімшелерін анықтау былайша жүргізіледі.

$$m_k = \sqrt{m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2} \quad (199)$$

Пландағы орташа квадраттық қателіктен жергілікті жердегі өзіне сәйкес шекті (рұқсат етілген) қателіктерге ауысқанда мынандай түрге келеді

$$\Delta_T = \sqrt{\Delta_{\Delta x}^2 + \Delta_{\Delta y}^2} = 2.8vM \quad (200)$$

Ситуация нүктелері координата өсімшелерінің топографиялық түсірістің геодезиялық негіздеме пункттеріне байланысты тегіс жерлер үшін және таулы жерлерде ескеріліп есептелген ауытқулары төменгі кестеде келтірілген.

Жер бедерін жақын жерде орналасқан геодезиялық негіздеме нүктелеріне байланысты планда анықтаудың орташа квадраттық қателігі: бедер қимасының қабылданған биіктігінің 1/4 ден, егер көлбеу бұрыш 2 ге дейін болса; көлбеу бұрыш 2°-ден 10° аралығында болғанда биіктіктің 1/3-пен 1: 5000, 1:2000 масштабтағы пландар үшін және көлбеу бұрыш 10° қа дейін болғанда 1:1000, 1:500 масштабты пландар үшін биіктіктің 1/3-тен аспауы керек.

26-кесте.

Түсіріс масштабы	Жердегі ситуация нүктелер координаталары өсімшелерін рұқсат етілген ауытқуы, м.		Түсіріс масштабы	Жердегі ситуация нүктелер координаталары өсімшелерін рұқсат етілген ауытқуы, м.	
	Тегіс жер	Таулы жер		Тегіс жер	Таулы жер
1:500	0,5	0,7	1:2000	2,0	2,8
1:1000	1,0	1,4	1:5000	5,0	7,0

Жер бедері нүктелерінің биіктіктерін жақын жерде орналасқан топографиялық түсіріс негізде нүктелері, пункттері және реперлері арқылы панның масштабы мен бедер қимасына байланысты анықтаудың шектік қателіктері төменгі кестеде келтірілген.

27-кесте.

Жердің көлбеу бұрышы, градус	Бедер нүктелері биіктіктерін панның масштабын байланысты анықтаудың тектік қателіктері							
	1:500		1:1000		1:2000		1:5000	
	h, м	Δ, м	h, м	Δ, м	h, м	Δ, м	h, м	Δ, м
2-ге дейін	0,10	0,07	0,25	0,18	0,5	0,35	0,5	0,35
	0,20	0,18	0,5	0,35	1,0	0,70	1,0	0,75
2-ден 6-ға дейін	0,25	0,23	0,25	0,23	0,5	0,47	1,0	0,93
	0,5	0,47	0,5	0,47	1,0	0,93	2,0	1,87

Әрбір бедері қимасының биіктігін таңдауды негіздеуде шығынның аз болуына мына теңсіздік ескертіледі

$h_0 \leq h_p$ $h_p \geq 0.5$ мұнда h_p – бедер қимасының есептелген биіктігі;

h – бедердің есептелгенге ең жақын стандарттық биіктігі.

Егер $h_p \geq 0.5$ болса, онда $h_0 = 0,25$ м. тең деп қабылданады.

19.4. Ірі масштабты түсірістердің геодезиялық және түсіріс негіздемелерін жобалау

Топографиялық-геодезиялық жұмыстарды жүргізудің негізі болып жұмыстың техникалық жобасы немесе бағдарламасы саналады.

Техникалық жобада жұмыстың мазмұны, көлемі, еңбек шығыны, сметалық бағасы, негізгі техникалық жағдайы, жобаланған жұмыстар ұйымдастыру және орындау мерзімдері көрсетіледі.

Техникалық жобада топографиялық пландарды жасауға қажет жұмыстар толық камтылуы қажет.

Техникалық жобада түсірістің масштабы мен бедер қимасының биіктігі таңдау негіздемесі міндетті түрде жасалуы тиісті.

28-кесте.

Бедердің сипаттамасы және ең көп таралған көлбеу бұрыштары	Түсіріс масштабы				
	1:25000	1:10000	1:5000	1:2000	1:1000 1:500
	<i>Бедер қимасының биіктіктері, м</i>				
Көлбеу бұрышы 2-ка дейінгі Тегіс жерлерде	2,5,	1	1	0,5	0,5
4-ке дейінгі төбешік жерлер	2,5-5	2	2	1	0,5
6-ға дейінгі ойлы-қырлы жер	5	5	2	2	0,5
6-дан жоғары таулы жер.	5-10	5	5	2	1

Қазақстан Республикасы аймақтарында топографиялық түсірістер 1:25000 - 1:500 масштабтарда жүргізіледі. Топографиялық пландардағы бедер қималарының биіктігін келтірілген кестеге байланысты белгіленеді.

19.5. Құрастырылған аэрофототүсіріс. Құрастырылған аэрофототүсірісті жүргізудің жалпы схемасы.

Құрастырылған аэрофототүсіріс аэротопографиялық түсіріс тәсілдерінің бірі болып саналады. Ол мынандай негізгі технологиялық схемалардан тұрады: панның контурлық бөлігі

фотоплан негізінде, ол жер бедерін түсіру дағдылы жер бетін түсіру әдістерімен (мензулалық, тахеометриялық және тағы басқа) орындалады. Сол кезде фотопланда бейнеленбей қалған нысандар түсіріледі және бажайланады. (1-вариант).

Планның контурлық бөлігі арнайы стереофотограмметриялық аспаптар арқылы графиктік түрде бажайланып бейнеленеді, ал бедер жердегі өлшеулер арқылы толықтырылады; мұнда камеральдық бажайлау және графиктік планға түспей қалған нысандар қосымша түсіріледі (2-вариант).

Аэрофототопографиялық түсірістегі далалық топографиялық жұмыстардың комплексіне мыналар кіреді:

- танылатын белгілерді маркалау немесе аэрофототүсірісте анық контурларды белгілеу:

- түсірудің пландық негіздемесін дамыту;

- түсірудің биіктік негіздемесін дамыту;

- Жер бедерін түсіру және бажайлау.

Бажайлау түсірімдердің фотографиялық бейнелерін зерттеудің процесі, ол жер бетінің және нысандарымен элементтерін тану, олардың сандық және сапалық сипаттамаларын анықтау үшін қажет.

Бажайлаудың міндетіне бейнеленбеген нысандарды қосымша түсіру, елді мекендерді өзендер, қоныстар және т.б. аттарын анықтау да жатады.

Жан-жақты толық бажайлау тек ірі масштабты түсірістер де жүзеге асырылады. Фототүсірістің масштабы неғұрлым ірі болса, соғұрлым көп нысандар мен олардың бөліктері бажайланады.

Топографиялық бажайлау тек көзбе-көз әдіспен орындалады. Ол далалықта болуы мүмкін, егер аудан көптеген бейнеленбей қалған нысандары бар күрделі ситуациядан тұрса, мәселен үлкен елді-мекен болса, онда ол далалық әдіспен жүргізіледі. Экономикалық жағынан камеральды бажайлау тиімді, ол түсіруге қиын жерлерді, сонымен қатар қосымша құжаттармен қамтамасыз етілген (карталар, анықтамалар және т.б.) қиын емес ситуацияларды бейнелегенде қолданылады.

19.6. Құрастырылған аэрофототүсірістің пландық және биіктік негіздемесі

Топографиялық түсірістің мақсаты топографиялық карталарды жасау. Топографиялық түсірістерге жолды геодезиялық негіздеме салады. Геодезиялық негіздемеге геодезиялық мемлекеттік тірек тораптарын құру және оның негізінде жұмыстың түсіру негіздемесі дамытылады.

Мемлекеттік геодезиялық негіздемені құру және жүзеге асыру түсірістің масштабына байланыссыз жүргізіледі. Түсіріс масштабына тек негізгі геодезиялық торап пункттерінің тығыздығы ғана тәуелді болады. Сол аймақтағы түсіріс ірі масштабына жүргізілетіндей жағдайда геодезиялық торап негіздемесі қажетті тығыздылыққа дейін өлшендіріледі.

Аэротүсірімдерді пландық дайындау.

Пландық тану белгілерін анықтау жергілікті жердегі бұрыннан бар геодезиялық торап пункттеріне қосымша жобаланады. Жобаланған пландық тану белгілері мүмкіндігінше нивелирлеу реперлерімен біріктіріледі.

Ұзындығы 160-200 см түсіріс учаскілерінде тірек нүктелері белгілі бір схема бойынша орналастырылады.

Жұмыс негіздемесі тек осы түсірісте ғана жасалынады.

Жұмыс негіздемесінің пункттері жер бетінде уақытша белгілермен осы түсірістің мерзіміне есептеліп бекітіледі.

Пландық тану белгілері дегеніміз ол аэрофототопографиялық түсірістердің жұмыстық негіздемесі. Барлық аэрофототүсірістер өзгертіледі. Өзгертулер аэротүсірістерді перспективтік бұрмаланудан босатады және жасалынатын фотопланның масштабына сәйкес етіп салады.

Фотосуретті өзгерту үшін әр бір сурет оның жұмыс площадкасының бұрышына орналасқан төрт пландық нүктелермен қамтамасыз етіледі. Ол пландық нүктелер камералық жолмен жазық фототриангуляциялық тораптарды дамыту арқылы алынады.

Пландық тану белгілерін байланыстыру. Типтік схемалары.

Пландық тану белгілері үшін контурлық нүктелерді таңдап алады. Тану белгілерінің координаталары мен биіктіктері геодезиялық әдістермен анықталады.

Тану белгілерін байланыстыру, яғни аэротүсірістердегі танылған контурлық нүктелерді геодезиялық негіз пункттеріне байланыстыру дегеніміз. Фототриангуляциялық тораптарды дамыту үшін контурлық нүктелердің координаталарын анықтау қажет.

Тану белгілерін орналастыру және оларды анықтаудың дәлдігі.

Тану белгілерінің жиілігі (санын) мен координаталарын анықтаудың дәлдігін түсірістің масштабы анықтайды.

1:5000 масштабтағы түсірісте тану белгілері аэрофототүсіріссіз маршрутына кесе-көлденең бір қатарда орналасады. Әр маршруттың басы мен соңы екі пландық тану белгілерімен қамтамасыз етіледі. Содан кейін әр 160-200см. Майын план масштабы бойынша маршрут бағытымен тағы екі тану белгілерімен қамтамасыз етіледі. Жасалынған секция бұрыштарында пландық белгілер орналастырылады. Сонымен қатар, қосымша міндетті тану белгілері де беріледі:

1) әр секцияның ортасына, яғни ор 80-100 см. план масштабында.

2) маршрут бағытымен беттескен шекараларда әр 40-50 см. сайын.

3) тану белгілерін көршілес маршруттардың көлденең жабындылары мен маршрут бойынша үш рет жабылған зоналардың орталарына орналастыруға тырысады.

Тану белгілері аэротүсіріс шетіне 2 см. жақын емес және аэротүсірістегі шығыс пен батыс координаталық таңбаларды қосатын түзу сызықтан 2 см. жақын емес жерге орналастырылуы керек.

Тану белгілері координаталарындағы шекті қателік мына мәндерден аспауы керек:

1:10000 масштабты түсірімде 1,4м.

1:5000 масштабты түсірімде 1,0м.

1:2000 масштабты түсірімде 0,4м.

Тану белгілерін байланыстыру. Типтік схемалары.

Аэросуреттерді тану кезінде орындаушы кейінгі байланыстырудың схемасын белгілеп көрсетуі керек.

Ол үшін жергілікті жермен, геодезиялық негіздеменің пункттерімен жақсылап танысуы керек және де қосымша геодезиялық негіздеме болу үшін жер бетіндегі заттарды белгілеуі қажет.

Байланыстырудың әдістемесін таңдау кезінде, тану белгілері үшбұрыштың басы немесе қиылыстыру арқылы анықталатын нүкте болуына тырысу керек.

Тану белгімен байланыстыруда нүктенің центрі болып қаданың осі есептеледі. Сондықтан да теодолитті қададан кейін қалған тесіктің үстінде центрлейді.

Егер тану белгілері қазықшалармен бекітілсе, онда қадалар.оның жанына, әрқашан бір жағына орналастырылады.

Полярлық тәсілмен байланыстыру

Бұл тәсіл тану белгілері геодезиялық негіздеме пунктінен жақын жерде орналасқанда қолданылады. Арақашықтыққа шек қойылмайды, әлбетте 200-300 м-ден аспайды.

Тура қиылыстыру.

Кері қиылыстыру. (Потенота есебі)

Құрастырылған (бүйірлік қиылыстыру) тура және кері қиылыстырулардың біріктірілгені.

Екі немесе үш нүктелерді бірге анықтау. (Ганзен есебі)

Горизонталь бұрыштарды бұрыш дәлдігі $5''-30''$ тен теодолиттермен әр қабылдау аралығында лимбты 90° өзгертіп, екі рет өлшейді.

Планшетке сызылған бедерді көшіру.

Аэрофототопографиялық әдістерде картаның биіктік белгілерін жасау үшін аэротүсімде биіктіктері анықталған нүктелер (биіктік тану) болуы қажет. Қажетті нүктелердің биіктіктері далада анықталса, оны толық биіктік байланыстыру дейді, бірақ көбіне бәсеңдетілген биіктік байланыстыру жүргізіледі. Бұл жағдайда даладағы биіктік тағу белгілері, кейінгі биіктік торабының түсіру негіздемесі болып есептеледі. Бұлайша жиілету кеңістіктік фототриангуляция әдісімен арнайы аспап арқылы жүргізіледі.

Биіктік негіздемесінің толық немесе бәсеңдетілген вариантын таңдау, суретке түсіру масштабына бедер қимасының

биіктігіне түсірім учаскесінің сипаттамасы мен аэрофотоаппараттың техникалық қасиеттеріне байланысты болып келеді.

Бәсеңдетілген биіктік дайындықта 1:500 және 1:2000 масштабты түсірістер үшін биіктік тану белгілері маршрут осінің екі жағына қос-қостап орналастырылады. Маршрут бағыты бойынша биіктік тану белгілерінің арасы ұшу мен түсіру масштабтарына байланыссыз, егер бедер қимасының биіктігі 0,5 және 1,0 м болғанда, 2-2,5 км аспауы керек.

Бедер қимасы 2 және 5 м болған жағдайдағы түсірістерде биіктік тану белгілерін пландық белгілермен біріктіріледі.

Түсірілетін учаскенің ең шеткі маршруттарын аэротүсірімнің биіктік тану белгілерін қамтамасыз етуге ерекше талап қойылады:

А) Шеткі маршруттың тезгі жаппай байланыстырумен 0,5 және 1,0 м барлық аэротүсіріс қос стерео сурет 5 биіктік тану белгілерімен қамтамасыз етеді.

Б) 2 м–де шеткі маршруттың әр қос стерео суретті) сыртқы шеті бойынша (екі биіктік тану белгілерімен қамтамасыз етіледі.

В) 5м–де шеткі маршрутқа суретке түсірудің 2-3 базисы арқылы биіктік тану белгілерімен қамтамасыз етіледі.

Қима биіктігі 0,25 м болғанда және кей кезде 0,5м, 1м болған кезде толық биіктік дайындық жүргізіледі. Бұл жағдайда бір қос стерео сурет бес биіктік тану белгілерімен қамтамасыз етеді.

Кей кезде биіктік таңдау белгілерін тригонометриялық нивелирлеумен анықтайды. Бұл жағдайда тану белгілерінің координатоларын анықтау қажеттігі туады. Бұл координаттар биіктік өсімшесі мен биіктікті теңдестіруге қажет арақашықтықтарды есептеу үшін қажет. Пландық және биіктік тану белгілері бұл жағдайда біріктірілерді және оларды пландық-биіктік деп атайды.

Биіктік тану белгілерін анықтаудың әдістері мен дәлдігі жер бетіндегі нүктелерді танудың қателіктері және оларды аэротүсімде ұқсастыру нүкте биіктігінің қателігі бедер-қимасы 0,1 биіктіктігінен аспайтын болуы керек. Сондықтан биіктік тану белгілерін күрт құлам беткейлерде таңдауға болмайды.

Тану белгілерінің биіктігін анықтаудағы қателік бедер қималардың биіктігі 0,5 және 2м–лік түсірістерде тану белгілерінің

биіктіктері техникалық нивелирлену арқылы анықталады. Қыратты және таулы аймақтардағы бедер қималары 2 м және 5 м түсірістерде тану белгілерінің биіктіктері тригонометриялық нивелирлеу арқылы анықталады.

19.7. Жер бедерін түсіру, фотопланда бедердің түрін сызу

1:5000 масштабты түсірісте геодезиялық негіздеме пункттері мен жобаланған панның тану пункттері немесе пландық биіктік тану белгілері маркаланады. Маркалау аэротүсірім алдында жүргізіледі.

Маркаланатын белгілер әдетте квадраттың немесе шеңбердің ортасындағы кеңістікте төрт сәуле тәрізді крест түрінде болып келеді. Маркалау белгілерінің размерлері суретке түсіру масштабына сәйкес аэросуретте мынандай болуы тиісті:

Бір сәулелерінің ұзындығы мен ені 0,15 мм және 0,05 мм болып келеді.

Белгінің центрінен сәуленің ұзындығы 0,05 мм; Квадрат қабырғаларын немесе шеңбер диаметрі—0,10 мм контурлық нүктелерін тану аэротүсімдегі белгіленген аймақта нүктелерді таңдаудан және оны жер бетіндегі таңдалған нүктелермен салыстыру. Тану белгілері таңдау кезіндегі мынандай шарттарды жетекшілікке алады:

1) нүктелер 0,1 мм дәлдікпен шаншылуы керек, себебі олар аэросуретте оның көрінуі керек:

2) тану белгілері үшін бірін-бірі табатын барлық аэросуреттерде айқын және анық бейнеленген нүктелерді пайдалануға да болады:

3) тану пункттері жер бетінде түсіріс масштабының дәлдігімен танылуы керек.

Тану белгілері болып:

- жер бетіндегі жеке орналасқан заттар
- далалық дақылдары жолдар, сүрлеулер, канаулер, шекаралардың пайда болған бұрыштар
- шұңқырлар немесе қоршаулар, үйлер, көпірлердің бұрыштары;
- ерекше шығыңқы жерлер немесе құм учаскелерінің өсімдіктермен бекілген бұрыштары.

– Тану үшін қажет жеке заттарға: диаметрі 1,5 м биіктігі 3 м аспаптын 1,5 диаметр жеке бұталар мен ағаштар: телеграф столбтары немесе электр жүйелерінің столбтары; грунттық реперлер немесе электр жүйелерінің столбтары; грунттың реперлер оқонары; жеке жатқан тастар; жан-жақтары 1,5м аспайтын шұңқырлар.

Жер бедерінің суреттегі кателігін азайту үшін пландық тану пункттерін жер бедерінің өте ерекше жерлерін және де күрт құрама беткейлерінен таңдамау қажет.

Танылған нүктеге бір аэросурет жіңішке инемен шаншып, тесіп қояды. Оның сыртқы жазығы шаншылған жерді 3 мм. диаметрлер белгілейді. Дөңгелектің жанына қарындашпен тану пунктінің нөмірі жазылады. Тану пунктіне аэросурет нөміріне сәйкес, мәселен 249-А, 249-В сияқты нөмірлер беріледі.

Суреттің сыртқы жағына шаншылған жердің жанына танылған нүктенің орналасу абрисы сызылады. Абристің астына тану пунктінің қысқаша сипаттамасы беріледі.

Аэросуреттің оң бетіне тану пунктін қызыл түспен мынандай белгілермен безендіреді.

Трансгуляция мен полигонометрия пункттері–қабырғалары 1 см үшбұрыштар арқылы, сол жағына аты, оң жағына алымына центрдің биіктігін, ал бөлгішіне жер бетінің биіктігін жазады.

Нивелирлеудің реперлері мен маркаларының радиусы 0,5см дөңгелекпен белгілейді, сол жағына белгінің типі және нөмірі, оң жағына, алымына центрдің биіктігін, бөлгішіне жер бетіндегі биіктігін жазады.

Пландық тану пункттерін 0,5 см радиусты дөңгелекпен белгілейді. Оң жағына, алымына тану пунктінің нөмірі, бөліміне жердің биіктігі жазылады.

Жуықтап танылған триангуляция, полигонометрия пункттері реперлер мен маркалар пунктир сызықтармен белгіленеді.

Биіктік тану белгілерін тану және безендіру.

Биіктік тану белгілерін тануға, пландық тану пункттерін аэросуреттен белгіленген зонада анық бейнеленген нүктені таңдау, аэросуреттермен таңдалған нүктеге ұқсас жер бетпен затты немесе контурды табу және оны суретте шаншып қою. Биіктік тану пункттері белгілері ретінде аэросуреттен барлық жабылатын суреттерде ең жақсы көрінетін нүктелерді алуға болады.

Биіктік тану белгілері ретінде пландық тану белгілерін де алуға болады. Тану пункттері үшін танылып және инемен пландық дәлдікте белгілеудің маңызы шешуші роль атқарады. Биіктік тану пункттері үшін нүктені танудың жер бетіндегі және аэросуреттегі пландық дәлдігі міндетті емес. Жер бетінің тегіс учаскелерінде тану белгілерін анықтаудың 2-4 м қателігі ешқандай әсер бермейді. Сол себептен де тану белгілері ретінде дақылдардың сүйір, доғал бұрыштардан тұратын нүктелері, және ағаштар мен үлкен бұталар және де аэросуретте бейнеленген жер бедерінің ерекше нүктелері, мәселен қыраттың төбесі, қай бел, жыралардың қосылған жері және т.б., пайдаланылады. Жер бедерінің ерекше нүктелері стереоскоп арқылы аэросуреттерден қарап анықтауға болады.

Биіктік тану пункттері горизонталь учаскелерде немесе азғана көлбеу бұрышты учаскелерде орналасуы тиісті. Оларды аэросуреттердің ашық ақ немесе қара учаскелерде таңдауға болмайды.

Танылған нүктені аэросуреттердің бірінде жіңішке инемен шаншып белгілейді. Белгіленген тесік 0,2 мм үлкен болмауы керек. Аэросуреттің артқы жағындағы таңбаны қарандашпен қоршап қояды, диаметрі 3 мм дөңгелектің жанына нөмірі жазылады.

Шаншылған жердің жанына жер бедерінің схемалық профилі сызылады немесе қажет болған жағдайда абрис сызады. Профиль беткейдің бағытын көрсетеді. Таңылған нүктенің орны профилде стрелкамен көрсетіледі.

Профильден немесе абристен төменгі жерде танылған нүктенің қысқаша сипаттамасы беріледі, онда нүктенің жақын жердегі контуралармен салыстырғандағы орны көрсетіледі. Сол сипаттамада қоршаған өсімдіктердің биіктігі де көрсетіледі.

Әрбір фотосуреттің жұмыс алаңдарында құрастырылған аэрофототүсіріс жүргізіледі.

Мензулада аэросурет және аэросхемалар жеңіл танылатын контурлық нүктелер арқылы өтетін сызықтар бойынша кипрегельмен жүргізіледі.

Жер бедерін тахеометр немесе теодолитпен түсіргенде аэрофототүсірістік материалды фотосуреттегі аспап тұрған нүкте столына бекітіледі.

Жұмыс жүргізу, кезінде жер бетіндегі барлық тірек және түсіру пиктердің орындарын анықтап, егер олар ерекше көрінетін

контурларда орналасқан болса, аэросуреттен анықтайды немесе полярлық әдіспен сурет схемасына бағыттар сызып және қашықтық өлшеуші арқылы анықталған арақашықтықтарды салу арқылы анықтайды. Фотосурет планшетке салынады және жер бетіндегі ерекше сызықтарға бағытталады. Тахеометрмен жұмыс істеген кезде сызықтарды фотосуретте танылған контурлар бойымен жүргізеді немесе полярлық бұрыштар дөңгелек транспортирмен салынады.

20. ТОПОГРАФИЯЛЫҚ ТҮСІРІСТЕРДІ ЖӘНЕ КАРТА ЖАСАУ ЖҰМЫСТАРЫН АВТОМАТТАНДЫРУ

20.1. Ірі масштабты түсірістерді орындағанда GPS-технологиясын пайдалану

Геодезиялық негіздеме ірі масштабты түсірістерді жүргізуді қажет етеді. Мемлекеттік геодезиялық тірек торларын құру және оларды жұмыстық түсіру негіздемесіне дейін дамыту геодезияның осы күнгі жетістіктерін, яғни GPS технологиясын қолдану арқылы жүргізіледі.

Глобальды позициялау жүйесі (GPS) ол арнайы навигациялық немесе геодезиялық қабылдағыштарды пайдалану арқылы жер бетінің кез келген нүктесінің орнын анықтаудың жер серіктік жүйесі.

Оның негізгі құндылығы мен ерекшеліктері мыналар:

- пункттер арасында тура көрінушілікті қажет етпейді;
- өлшеулердің автоматтандырылғандығынан бақылаушының кателіктері жоққа тең;
- Жер шарының кез келген нүктелерінің координаталары тәулік бойы анықталады;
- GPS анықтамаларының дәлдігіне қар, жауын, жоғары немесе төменгі температуралар және де ылғалдылық әсер етпейді;
- өлшеу жұмыстарын жүргізудің мерзімі GPS технологиясын пайдаланғанда, бұрынғы дәстүрлі әдістермен салыстырғанда, әжептеуір қысқарады;
- GPS нәтижелері цифр түрінде беріледі және де олар картографиялық немесе географиялық ақпараттық жүйеге (ГАЗ) жеңіл аударылады.

Сөйтіп, GPS технологиясын қолданғанда жер туралы бастапқы мәлімет болып, оның математикалық немесе цифрлы бейнесі есептеледі. Ол мәліметтерге жердің бедері, ситуациясы, әртүрлі

табиғи геологиялық-физикалық жағдайлары, құбылыстары және геологиясы мен гидрогеологиясы көрсетілген нысандары жатады.

Бұл мәліметтер жер бетінің цифрлы моделі сипатында бейнеленуі мүмкін. Әлбетте модель жер бетіндегі нүктелердің белгілі кеңістіктегі координаталар және олардың кодтық белгілерінің жиынтығы түрінде беріледі. Ол модельде жердің табиғи сипаттамалары, жағдайлары, объектілері мен нысандары қамтылады.

GPS технологиясының әртүрлі компаниялар шығаратын бірнеше аспаптары бар. Оларға Leica және Trimble компанияларының 12 және 24 каналды GPS қабылдағыштары жатады. Түсіру негіздемесі пункттеріне тану белгілерін байланыстыру электронды тахеометрлер арқылы жүргізіледі.

20.2. Автоматтандырылған топографиялық түсірістер

Топографиялық карталарды және арнайы мамандық карталарын жасау процесін автоматтандырудың техникалық жабдықтары пайда болуына байланысты топографиялық түсірістерді жүргізудің жетілдірілген тәсілдері қолданыс табууда. Онда топографиялық бастапқы мәліметтерді жинау және өңдеу, сонымен қатар топографиялық план мен карталарды әртүрлі автоматтандырылған, жартылай автоматтандырылған, режимде жасау жүйесі қолданылады.

Бұрыштар мен арақашықтықтарды және биіктік өсімшелерін өте жоғары дәлдікпен өлшей алатын, сонымен қатар қолданыс аясы үлкен электрондық тахеометрлер геодезиялық және түсіріс негіздемелерін құруды тікелей топографиялық түсіріспен қоса жүргізе алады, ал кей кезде түсіріс өлшеулерді түсіріс негіздемесінсіз-ақ жүргізе береді. Электронды тахеометрлерді көбіне координаталық жүйеде жұмыс жүргізгенде қолданады. Онда координаталар басы үшін түсіріс жүргізіліп жатқан станция алынады.

Электрондық тахеометрлердің қолданыс аясының кеңдігін және жоғарғы еңбек өнімділігін ескере отыра, түсіріс процесі кезінде рейкаларды тез жылжытып отыру үшін бақылаушы мен

рейка ұстаушының қимыл-әрекеті де механизациялануда. Мысалы, бакылаушы машинада орналасады.

Соңғы кезде техника мен технологиялардың, оның ішінде тахеометрлердің жаңа серияларының жасалып шығуына байланысты көптеген өзгерістер болып жатыр. Электрондық тахеометр геодезиядағы оптикалық-электрондық аспаптардың ішіндегі ең кең тарағаны. Ол электрондық теодолиттен, жоғары дәлдікті электрондық қашықтық өлшеуіш далалық пен компьютерден тұрады және топографиялық түсірістерде кеңінен қолданыс табуда.

Электрондық тахеометрлердің екі түрлі моделі шығарылады: шағылыстырғышсыз және классикалық (шағылыстырғышқа көзделінетін).

Электрондық тахеометрде далада жүргізілген өлшеу жұмыстарының барлығы автоматтандырылған. Ол электрондық теодолит, электрондық дәлдігі жоғары қашықтық өлшеуіштен және далалық компьютерден тұрады. Ол 2 км дейін арақашықтықты орташа квадраттық қателігі 2 см-ден аспаптың дәлдікпен өлшеуге арналған.

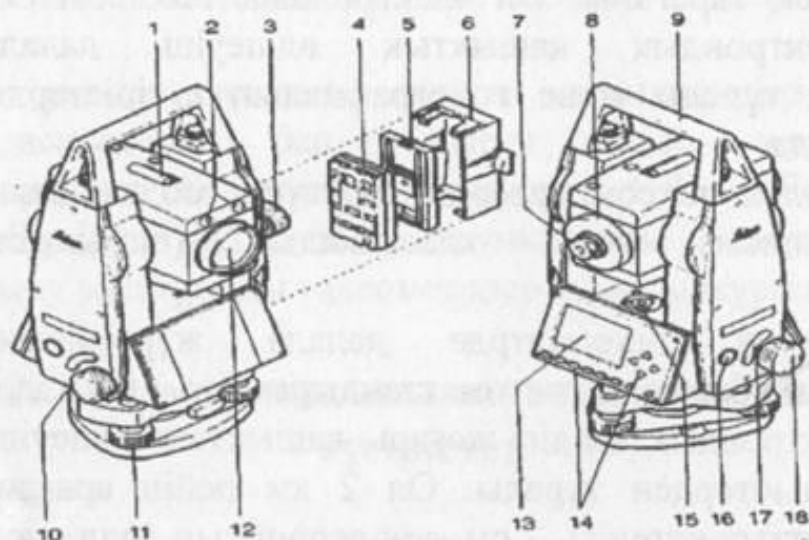
Электронды тахеометрлер жұмыс өнімділігін әжептеуір көтеруі мен далалық мәліметтерді алдын ала өңдеу мен камеральдық жұмыстарды жүргізу мерзімін қысқартуға мүмкіндік береді.

Қазіргі кезде кеңінен қолданыс тауып жүрген электрондық тахеометрлердің қатарына келесі серия түрлері жатады: Leica TGR303/305/307 және TPS400; RTG ELTA 14; EOT-200 (ФРГ), АГА-10 (Швеция); 3Та5Р (УОМЗ, Ресей) тағы басқалар.

99-суретте Leica фирмасының шығарған электрондық тахеометрінің сырт бейнесі келтірілген. Онда: 1 оптикалық көздегішпен бірге орналасқан бағыттау жүйесі 2, 3 биіктік бағыттаушысы, 4 аккумуляторлық батерея, 5 аккумуляторлық батерея қорабы, 6 аккумуляторлық батерея бөлімшесінің қақпағы, 7 окуляр, 8 фокустық реттегіш, 9 тұтқа, 10 порт RS 232, 11 көтергіш бұранда, 12 электронды қашықтық өлшегіш объективі, 13 дисплей, 14 клавиатура, 15 дөңгелек деңгей, 16 қосу тетігі, 17 триггер клавиші, 18 азимут бойынша бағыттау тетігі.

2004 жылдан Leica компаниясы жаңа 1200 жүйелі аспаптар шығарды, оған координаталарды анықтайтын жер серіктік GPS, электронды тахеометрлер, цифрлы нивелирлер мен бағдарламалар комплексі кіреді.

Топографиялық жұмыстарды автоматтандыруда үлкен үлес қосып жүрген компаниялар қатарына SETX030R және 220 (Sokkil), 3300 және 3600 сериялы (Trimble) тахеометрлерді шығаратын фирмалар мен Уралдың оптикалық механикалық зауыты (Ресей) жатады. Бұл тахеометрлердің барлығында арнайы бағдарламалар бар.



99-сурет. TGR303/305/307 электронды тахеометрінің сырт бейнесі.

Тахеометрдегі күні бұрын енгізіліп қойылған өлшеулердің (қол жетпейтін биіктіктері мен қашықтықтарды, аудандар мен координаталардың есептеулері, бұрыштардың, арақашықтықтардың және екі қашықтық ауытқуларын өлшеу, жобадан жергілікті жерге қашықтықты, координаталарды, қол жетпейтінін, қиын нысандардың биіктіктері) стандарттық бағдарламалары геодезистің күнделікті іс-әрекетін мүлдем өзгертеді, яғни геодезист жоғары дәрежелі инженер ретінде нақтылы бір объектінің өлшеу ақпаратын бақылып және басқарып отырады.

Далалық өлшеу жұмыстарының нәтижелерінен алынған мәліметтер арнайы бағдарлама бойынша өңделіп, жердің цифрлы моделін алуға мүмкіндік береді.

20.3. Автоматты түрде карта жасауды ақпараттық қамтамасыз ету

Карталарды автоматты түрде жасау үшін көптеген мәліметтер қажет болады. Автоматтандырылған картографиялық жүйеге (АКЖ)

келіп түсетін мәліметтерді түріне, келіп түсуіне, сипаттамасына, алыну әдістерімен тәсілдеріне және автоматтандыру процесі кезінде атқаратын міндеттеріне қарай жіктеуге болады. Осындай көптеген ақпараттарды ең негізгі үш түрге бөлуге болады: картографиялық, аэрокосмостық және статистикалық. Қалған ақпараттардың барлығы АҚЖ-ның технологиялық процесін қамтамасыз ететін қосымша мәліметтер қатарына жатады

Картографиялық ақпарат карта жасаудағы ең бастапқы мәлімет болып есептеледі. Оған картографиялық шартты белгілер арқылы математикалық белгілі деңгей бетте бейнеленген жер бетіндегі табиғат пен әлеуметтік-экономикалық жағдайлар және басқа планеталар жөніндегі мәліметтер жатады. Мәліметтер кодталған электрлік, оптикалық және басқа да кез келген электрондық таратушы арқылы алынады. Алынған картографиялық мәліметтерге қойылатын басты талап-ақпаратты көзбен көруге болатындығы.

Автоматтандырылған картографияда ақпараттар цифрлы және аналогты түрде болып келеді.

Аэрокосмостық ақпарат. Автоматтандырылған картографияда ғарыштық ақпарат ең құнды мәлімет болып есептеледі. Жер серіктерінен және ғарыш аппараттарынан суретке түсіру топографиялық карталар мен пландарды жасау, орман мен жер қорларын зерттеу және есепке алу, инженерлік ірі құрылыстарды жобалау, геологиялық зерттеу мен кен іздеу, топырақ пен өсімдікті зерттеу үшін жүргізіледі.

Аэроғарыштық түсірістер карта жасау процесін мүлдем өзгертті, яғни картадағы мәліметтер дистанциялық әдіспен алынған ғарыштық суреттер мен цифрлы ақпараттарды тікелей бейнелейді. Аэроғарыштық суреттер геоақпараттарды жылдам алуды, үлкен территорияларды қамтуды, оның көптеген физикалық сипаттамаларын бір мезгілде беруде электромагниттік спектрдің барлық диапазонын және де Жердің әртүрлі физикалық өрісін пайдалануды қамтамасыз етеді.

Орбиталдық жабдықтардың кеңінен дамуына байланысты қазіргі кезде Жерді дистанциялық зондтау (ЖДЗ), суретке түсіру арқылы бақылаудан оптикалық-электрондық бақылауға көшу арқылы жүзеге асуда.

ЖДЗ–дың мақсаты шолу алаңына кіретін нысандар мен заттарды айыра білу және олардың кеңістіктегі орындарын анықтау. ДЗ–ны жүргізу үшін 30 м-ге дейінгі аралығы электромагниттік толқындардың 0,4мкм диапазоны пайдаланылады. Дүние жүзінде NOAA, АҚШ-тың Landsat, Францияның SPOT, Үндістанның IRS және Ресейдің Ресурс-Дкі жүйелерінің мәліметтері кеңінен пайдаланылады.

ЖДЗ–дың мәліметтері ауыл шаруашылық жерге орналастыру және кадастра, карта жасауда кеңінен қолданыс табуда. Әсіресе ТМД елдерінде Чернобыль, Каспий, Арал, Сарыөзек геоинформациялық жүйе жобалары жасалынып, ДЗ–жылдам жүргізілуде және оның нәтижесінде топографиялық мәліметтер қоры, тақырыптық карталар және космостық сурет карталары алынып жатыр. Әртүрлі масштабтағы жүздеген номенклатуралық карталарды жасау үшін дәлдігі жоғары және қажетті жылдамдықпен дистанциялық зондтау жүргізу бүгінгі күннің маңызды мәселесі. ДДЗ–дың мәліметтері Internet арқылы таратылады.

Статистикалық ақпарат–цифрлы түрде берілген (кестелі) және карта жасағанда компьютерде өңдеу үшін қажет мәліметтер. Оған мемлекеттік, өндірістік, табиғи қорлар, қоршаған орта, халық туралы, ауыл шаруашылығы, транспорт пен байланыс және т.б. мәліметтер жатады.

20. 4. Ғарыштық суреттер арқылы цифрлы топографиялық карталар жасау

Карталарды автоматты түрде жасаудың алғашқы сатысы картографиялық бейнелерді кодпен цифрлап, жазу болып есептеледі. Цифрлы топографиялық карталарды ғарыштық фотосуреттер мәліметтері бойынша жасаудың технологиясына мынадай процестер кіреді:

- 1) картаның техникалық жобасын жасау;
- 2) аэроғарыштық фотосуреттер материалдарын алу;
- 3) дайындық жұмыстары;
- 4) суреттерді пландық–биіктік белгілерімен дайындау;
- 5) суреттерді сканирлеу;

- 6) цифрлы топографиялық картаны цифрлы фотограмметриялық карта түрінде конверсиялау;
- 7) ғарыштық суреттер арқылы жергілікті жердің фотограмметриялық моделін құру;
- 8) ғарыштық суреттерді бажайлау;
- 9) цифрлы топографиялық картаны далалық зерттеу, бажайлау, шекараларын қосымша түсіру;
- 10) цифрлы топографиялық картаны соңғы рет редакциялау;
- 11) цифрлы топографиялық картаны интегралдық файл түріне өзгерту және мәліметтерді ЦТК архивіне енгізу;
- 12) картаны басып шығару, компьютерлік дайындық және басып шығару. Мұнда картаны түрлі-түсті плоттерде шығару, редакциялау, түзету, тираждау сияқты процестері бар.

Осы әдістеме және цифрлау технологиясы арқылы ең алдымен жалпы географиялық (топографиялық) және тағы басқа да дәстүрлі карталарды жасаудың цифрлы географиялық негізі (ЦГН) құрылады.

Цифрлы географиялық негізді (ЦГН) қолдану мына төмендегілерді қамтамасыз етеді:

- жер беті туралы ақпараттардың дәлдігі, толықтығы және сенімділігі көтеріледі;
- әртүрлі ақпарат көздерінен, оның ішінде басқа ведомстводан түсетін мәліметтерді біріктіру мүмкінділігі;
- цифрлы картографиялық продукцияларды ғылыми-зерттеулерде және басқару саласында қолдану аясының кеңейуі;
- пайдаланушының сұрауына сәйкес жер бетінің кез келген цифрлы моделін жасау мүмкіншілігі;
- жер туралы цифрлы ақпараттарды күнделікті түсіп отырған мәліметтермен толықтыруды ұйымдастыру;
- дәстүрлі карталарды басып шығаруға дайын болу.

Жер бетінің цифрлы модельдері арқылы карталар жасау автоматты түрде және интерактивті операциялар арқылы жүзеге асады.

Сөйтіп, цифрлы картографиялық продукция алғашқы болады да, цифрлы қор негізінде алынған дәстүрлі топографиялық немесе электрондық карталар екінші продукция болып есептеледі, яғни картография продукциясының алуан түрлерін алудың цифрлы әдістерін кеңінен қолдана бастайды. Міне осындай, карта жасаудың

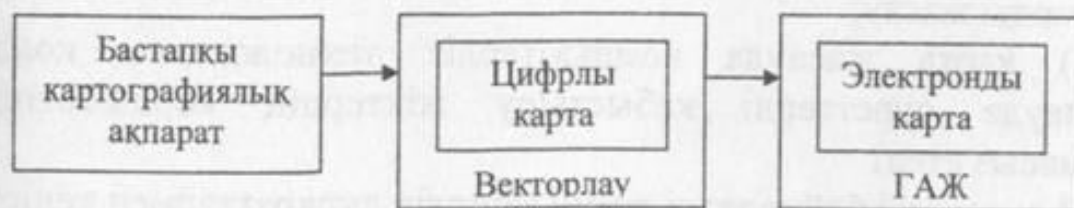
байырға әдістерінен осы күнгі цифрлы-электрондық карталар жасау технологиясын игерудің өтпелі кезеңінде, сапасы жоғары дәрежелі карталарды жасау үшін жоғары білікті мамандар даярлау бүгінгі күннің өзекті мәселелерінің бірі.

20.5. Электрондық карталарды MapInfo, CREDO жүйелерінде жасау

MapInfo және CREDO GEO жүйелерінде карта жасау—географиялық ақпарат жүйесі (ГАЗ) технологиясының орталығы болып есептелетін Сібір мемлекеттік геодезиялық академиясында және Минскіде жүзеге асып, карта жасаудың көптеген тапсырмаларын орындаған. Электрондық карта жасау оператордан өте күшті ұқыптылықты, жете көңіл аударуды және қадағалауды талап етеді. Қателіктерді азайту үшін автоматтандыру жабдықтарын, аспаптарын кеңінен қолдануға тырысу қажет. Бұл жүйелердегі қолданылатын автоматтандыру жабдықтары арнайы бағдарламаларды білуге негізделген.

Бағдарламаларда барлық объектілер шартты белгілер бойынша әртүрлі қабаттарға топтастырылған. Барлығы тоғыз қабат бар: қоршаулар, құрылымдар, бедер, жолдық тор, гидрография, инженерлік құрылыстар, басқа да құрылыстар, өсімдіктер мен ауылшаруашылық алқаптары, математикалық негіздеме. Бұл топтастыру жер бетіндегі объектіні сипаттайтын қосымша кодтық жолмен толықтырылған және ол электронды картаны жасау процесін автоматтандыруға арналған. Кодтың құрамына қабаттық нөмірі, қабаттағы түрдің нөмірі мен объектінің сипаттамасы (нүкте, сызық, полигон) кіреді. Бұл кодтың атқаратын міндеттері мыналар:

- электронды картаны автоматты түрде безендіру;
- қабаттарға объектілердің дұрыс салынғанын тексеру;
- объектілердің дұрыс сызылғанын тексеру.



100-сурет. Электронды картаны жасау

Нысандардың кодтары, пландары цифрлағанда, мәліметтер қорына енгізіледі. Сөйтіп цифрланғаннан кейін цифрлы карта және оған байланыстырылған атрибуттар қорының мәліметтері пайда болады. Әлбетте, цифрлы карта—ол электронды карта жасаудағы аралық саты болып есептеледі, әрі қарай оны геоинформациялық жүйеде өңдеу қажет. (100-сурет)

Электрондық картаны жасаудың барлық процестерін автоматтандырудың негізі болып кодтық жол есептелсе, цифрлау нәтижелері келесі электрондық карта түріне арнайы бағдарлама арқылы жүзеге асырылады.

Бұл бағдарлама мынадай міндеттер атқарады:

- файлдар топтарын әкелу;
- автоматты түрде карта объектілерін бояу, нүктелерді шартты белгілермен алмастыру және т.б.
- бағдарлама қатесін жөндеу.
- әртүрлі планшеттегі аттас қабаттарды біріктіру;
- алдын ала безендіру;
- планшеттер шекараларын бір-бірімен қабыстыру;
- полигон тәріздес объектілердің аудандарын түзету;
- шартты белгілерді, сызықтарды және тағы басқаларды тексеру, түзету;
- электронды картаны безендіру;
- ақпараттар қорына планшеттер номенклатурасын, жазуларды енгізу;
- электрондық картаны тексеру

Сөйтіп, электрондық карта жасау бұрынғы суретті жасау процесінің картаны үш саласын дамыту негізінде жүзеге асырылып отыр, олар:

1) осы күнгі ғарыштық суреттерді қолдану, яғни бірнеше миллион шаршы километрлік кеңістіктерді үздіксіз және жоғары дәлдікпен бейнелеу арқылы 1:50000-1:25000 масштабтағы карталарды жасау;

2) карта жасауда компьютерлік технологияны қолдану, бейнелеуде суреттерді қабыстыру жіктердің көрінбейтіндігін қамтамасыз етеді

3) суреттегі бейнелерді компьютерлік ақпараттармен кеңістікте қабыстыру бұрынғы әдеттегі карта жасау өндірісіне қойылатын талаптарды мүлдем қажет етпейді.

Қазіргі кезде қолданып жүрген бағдарламалар компьютер экранында кез келген растрлық бейнелерді көруге, бейнелеу масштабын үлкейту және кішірейтуге мүмкіндік береді. Ең соңында айтарымыз сапалы электронды карталарды жасау үшін қажет негізгі талаптарды геоақпараттық жүйенің барлық аспаптары мен жабдықтарын жете меңгеру; картаның жобасын жасауды және он

құрылымын білу, автоматтандырудың қосымша жабдықтарын меңгеру; бағдарлама құрудың негізін және компьютермен жұмыс істей білу; ақпараттар қорындағы атрибуттар құрылымын карта жобасын автоматты түрде өңдейтін колонкалар мен қабаттарға қоса білу; жұмыс істеу кезінде ұқыпты болу және жұмыстың әр сатысын мұқият қадағалап отыру.

Өзіндік тексеру сұрақтары:

1. Далалық, топографиялық жұмыстар қалайша автоматтандырылады.
2. Автоматты түсіру аспаптарын атаңыз.
3. Электронды тахеометр деген не?
4. Электрондық тахеометрлердегі стандартты бағдарламаларды атаңыз.
5. Карта жасауды ақпараттық қамтамасыз ету.
6. Цифрлы карталар, жерді дистанциялық зонттау деген не?
7. Электронды карталарды жасаудың технологиясы қандай?

Пайдалынған әдибиеттері

1. Уалиханов Ш. Шығармалар жинағы. – Алматы. Энциклопедия бас редакциясы, 3 том №1 198ж.
2. Қалабаев К.Б., Нурпеисова М.Б., Жарқымбаев Б.М. Картамен жұмыс істеу.- Алматы; КазПТИ 1990. 16 б.
3. Қалабаев К.Б., Нурпеисова М.Б., Жарқымбаев Б.М. Теодолиттік түсіріс –Алматы: КазПТИ 1990.20б.
4. Қалабаев К.Б., Нурпеисова М.Б., Жарқымбаев Б.М. Нивелирлеу.-Алматы: КазПТИ,1990. 12б.
5. Қалабаев К.Б., Нурпеисова М.Б., Жарқымбаев Б.М.Тахеометрлық түсіріс.- Алматы: КазПТИ,1990. 10б.
6. Нурпеисова М.Б. Геодезия (дәрістер жинағы) 1 және 2 бөлім.КазПТИ,1990ж.-102б.
7. Нурпеисова М.Б. Геодезия ,оқу құралы.ГИК,1993ж.-118б,
8. Нурпеисова М.Б. Геодезия және маркшейдірлік іс. Оқу құралы.РИК,1994ж.-108б.
9. Нурпеисова М.Б. Маркшейдірлік – геодезиялық аспаптар. Алматы: КазҰТУ, 1995. 35б.
10. Нурпеисова М.Б., Рысбеков Қ.Б. Геодезиялық өлшеулер және өлшеу нәтижелерін өңдеу. -Алматы: КазҰТУ, 1997. 50б.
11. Нурпеисова М.Б., Жарқымбаев Б.М., Геодезия, электронный учебник. –Алматы, КазНТУ,2002
12. Нурпеисова М.Б. Комплекс лабораторных работ по геодезии , электронное учебное пособие. –Алматы, КазНТУ,2003.
13. Наумывакин Ю.К. Практикум по геодезии. М.: Недра, 1985.
14. Федоров В.И., Титов А.И., Холдобаев В.А. Практикум по инженерной геодезии и аэрогеодезии. М.: Недра, 1987.365с.
15. Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия М.: Недра, 1980.
16. Селиханович В.Г. Геодезия М.: Недра, 1981.
17. Инструкция по нивелированию. I,II,III и IV классов. М.: Недра, 1974.
18. Инструкция топографической съемке в М 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 . М.: Недра, 1982.
19. Инструкция о построении Государственной геодезической сети СССР. М.: Недра, 1966.
20. CREDO. Инженерно -геодезические и землеустроительные работы, НПО и “КРЕДОДИАЛОГ”, Минск, 2000