**Дәріс 6.**

**Тақырып: Ара қашықтықты өлшеуде қолданылатан құрал-жабдықтар**.

*Лекция жоспары:*

1. *Ара қашықтық өлшеуге арналған механикалық құралдар.*
2. *Оптикалық қашықтық өлшеуіштер.*
3. *Жарық және радио қашықтық өлшеуіштер*.

**1. Ара қашықтық өлшеуге арналған механикалық құралдар**.

*Сызықтық өлшеулердің мақсаты* жергілікті жердегі нүктелердің арасындағы горизонтальдық қашықтықтарды анықтау болып табылады. Белгілі бір нүктелер арасындағы ара қашықтықты тікелей немесе жанама тәсілі арқылы есептеп шығаруға болады. Қашықты өлшейтін аспаптар шартты түрде механикалық және физикалық-оптикалық болып бөлінеді.

 *Тікелей әдіс* кезінде ұзындықтарды рулеткамен, өлшеуіш-лентамен, сымдармен және өлшеуіш-дөңгелектермен өлшейді.

 Өлшеуіш-лента мен сымдарды болаттан немесе инвардан жасайды (инвар 64 % темір, 35,5 % никельден және 0,5 % басқа қоспалардан тұратын қорытпа). Инварлық сымның сызықтық ұлғаю коэффициенті өте аз.

 *Жанама әдісте* ара қашықтықтарды өлшеу үшін оптикалық қашықтық өлшеуіштер, жарық және радио қашықтық өлшеуіштер қолданылады. Сонымен қатар, ізделініп отырған ара қашықтықты аналитикалық жолмен есептеп шығару үшін өлшенген базистер мен бұрыштардың геометриялық арақатынасы пайдалыналды.

 Геодезиялық жұмыстардың түрі мен жүктелген міндетіне, олардың дәльдігіне қойылатын талаптарға, сондай-ақ өлшеу жағдайына қатысты сызықтардың ұзындығын өлшеу үшін әр түрлі әдістер мен аспаптар қолданылуы мүмкін.

 *Ара қашықтықты өлшеуге арналған механикалық құралдары* өлшеуіш ленталар (мерные ленты) *штрихтық* (ЛЗ – лента землемерная) және *шкалалы* (ЛЗШ – лента землемерная шкаловая, болаттан немесе инвардан жасалынады) болып бөлінеді. Жер бетіндегі уақытша немесе тұрақты белгілермен (қазықша-бағаналар, темір бетонды монолиттер) бекітілген нүктелердің ара қашықтарын тікелей өлшеу әдісімен өлшегенде өлшеуіш аспаптың өлшенілетін ұзындық бойымен қанша рет төселетін есептеледі. Штрихтық лентаның ұзындығы 20 немесе 24 метрлік, ені 10 мм-ден 25 мм-ге дейін, қалыңдығы 0,2 – 0,44 мм болат өлшеуіш лента қолданылады (сурет 8.1). Лентаның барлық ұзындығында әр 10 см сайын кішкене тесіктер бар. Әр бір бесінші тесік диаметрі 5 мм-дей пластинкамен тойтарып шегеленген (заклепка, заклепан), ал әрбір метрден кейін лентаның екі жағында пластинкалар тойтарылып шегеленген (мыс немесе латуньмен), оларға лентаның екі шетінен есептелетін метрдің реттік нөмірлері таңбаланған. Таңбалары екі шетінде көрсетілген, бірақ реті қарама-қарсы болып келеді.

 Жергілікті жердің жағдайына тәуелді болатты лентаның өлшеу дәльдігі 1:1000-тан 1:3000 аралығында болады (например при измерении 25 м қателік – 2,5 см или 0,8 см). Өлшеуіш-лентаның комплектінде диаметрі 3 – 4 мм, ұзындығы 40 см болат сымнан жасалынған темір қазықшалар болады.

 Шкалалық лента шеттерінде миллиметрлік бөліктері бар 10 см-лік шкалалары болатын тұтас болатты белдем болып табылады. Лентада метрлік және дециметрлік кесінділер болмайды. Лентаның ұзындығы ретінде шкалалардағы нөльдердер арасындағы ара қашықтықты есептейді. Әдетте, өлшенетін сызық лентаның ұзындығына сәйкес (24 немесе 48 м) кесінділерге бөлінеді. Лентаны динамометрлердің көмегімен созады. Ара қашықтық шкалалар бойынша 0,2 мм дәльдікпен есептеледі. Болатты шкалалық лентаның өлшеу дәльдігі 1:7000, ал инварлық лентаның – 1:100 000 болады.

 Геодезияда қысқа ара қашықтықты өлшеу үшін 5, 10, 20, 30 және 50 метрлік металдан жасалынған немесе тоқыма баулы рулеткаларды қолданады. Болатты рулеткамен өлшеудің дәльдігі 1:5000 дейін.

 Сызықтың ұзындығын салмақтап өлшеу үшін 24 немесе 48 метрлік диаметрі 1,65 мм болаттан немесе инвардан жасалынған сымдар қолданылады. Сымның екі шетінде әрбір 1 мм сайын бөлінген ұзындығы 8 см шкала орналасады. Өлшегенде, 10 кг-дық гірлерді (гиря) қолданады. Өлшеуіш сымдар 1 класс базисын және 1,2,3,4 класс полигонометриясының қабырғаларын өлшеуге арналған базистік аспаптардың (БП 1, БП 2, БП 3) жиынтығына кіреді.

 Өлшеу құралдың нақты ұзындығы ондағы бөліктерге қарағанда айырылып тұрады. Сондықтан, өлшеу құралдарын пайдалану алды тексереді, яғни оны үлгімен салыстырады, бұл процесті компарирлеу деп атайды (компарирование). Компарирлеу лабораториялық жағдайында немесе далалық компараторларды жүргізеді. Компаратордың негізгі бөлігі инвардан жасалынған жезл, яғни сым немесе инварлық белдем. Тексерілетін құралды осы белдеммен салыстырады.

 **Өлшеуіш-лентамен ара қашықтықты анықтау.** Ара қашықтықты, әдетте екі өлшеуші мынадай әдіспен өлшейді. Алдыңғы өлшеуші қолына 10 темір қазықша мен лентаның тұтқасын алады да, лентаны өлшенілетін кесінді сызықтың бойымен тарқатады, ал осы кезде соңғы өлшеуші бастапқы штрихті нүктемен беттестіріп алдыңғы өлшеушіні берілген сызықтың бойымен тіке бағыттайды. Алдыңғы өлшеуші лентаны келесі аралықта тартады, оның артқы ұшын бірінші темір қазықшаға ілмегімен іліп, бірінші аралықты өлшеген кездегі барлық іс-қимылды қайталайды. Осылайша ұзындықты өлшеу процесі жалғастырылады. Сонымен соңында алдыңғы өлшеушінің белгілеп қадаған темір қазықшаларының саны лентаның толық орын ауыстыру санына тең болады.

 Сызықтың ұзындығы (D) мыңа формуламен анықталды:

**D = 20n + r**

мұндағы **n –** лентаның толық орын ауыстыру саны, ол екінші өлшеушідегі темір қазықшалардың және де жалпы берілгіндерді қоса есептеген кездегі санына тең; **r** – қалдық.

 *Жердегі нүктелер жақсы көрініп тұру үшін олардың арасына, яғни тікелей жанына ұзындығы 2 – 3 м дөңгелек ағаш қадалар қойылады, олардың ұшы ұшталған темірмен құрсауланған. Қадалардың ен бойын әрбір 25 см сайын ақ және қызыл түспен бояйды.*

 *Берілген сызықтың шеткі нүктелері арқылы өтетін вертикаль жазықтық* ***жарма*** *деп аталады (створ). Жергілікті жердің жағдайына байланысты көбіне сызықтың жармасына, сызықтың ішіне немесе оның жалғасына аралық қадаларды қоюдың қажеттігі туады. Сызықтың жармасына қаданы орнату* ***белгі қою*** *деп аталады. Сызыққа белгі қоюдың бірнеше жағдайы болады.*

 *Бірінші жағдай: 1-ші қададан 2-ші қада көрінетін жағдайда, осы 1-ші және 2-ші қадалардың жармасына 3-ші қаданы орнату керек болсын делік (сурет 6.1, а). Бұл жағдайда бақылаушы 1-ші қаданың сыртында 1-ші қада 2-ші қаданы жауп тұратындай етіп тұруы керек. Осыдан кейін бақылаушының нұсқауы бойынша жұмысшы 3-ші қаданы 1-ші қадамен жабылып тұратындай етіп орналастырады, осы уақытта ол өзі 2-ші қаданы жауып тұруы тиіс. Егер сызықтың жармасында бірнеше қадаларды орнату қажет болса, онда жұмысты міндетті түрде бақылаушыдан ең алыс тұрған қададан бастайды. Бұлайша айтқанда, сызықты белгілеп қоюды бақылаушы өзінен емес, өзіне қарай бағытта жасаған жөн.*

 *Екінші жағдай: Шеттері қыраттың қарама-қарсы беткейінде орналасқан, арасында көрінушілік мүмкіндігі жоқ 1 – 2 нүктелерінің жармасында 3-ші және 4-ші қадаларды орнату керек болсын делік (сурет 6.1, б). Бұл жағдайда 1-ші және 2-ші қадалардан кез келген қашықтықта 3-ші қаданы қадайды, бұл кезде 3-ші қададан міндетті түрде бір қада, мысалы, 2-ші қада көрініп тұруы тиіс. Содаң соң 2 – 3 қадалардың жармасында 3-ші қададан кез келген қашықтықта одан 1-ші қада көрініп тұратындай етіп 4-ші қаданы орнатады. Одан әрі 3-ші қаданы 2-ші қада көрініп тұратындай етіп, 4 – 1 кесінді сызығының жармасына қайта орналастырады, содан кейін 4-ші қаданы 3 – 2 сызығының жармасын алып барады. Оны одан 1-ші қада көрінетіндей жағдайда орнатады және т.б. Осы әрекет іс-қимылдарды 3-ші және 4-ші қадалар 1-ші және 2-ші қадалардың жарасында болғанға дейін орындай береді.*

 *Үшінші жағдай: Шеттері терең жыраның қарама-қарсы жақтарында орналасқан 1 – 2 сызығының жармасын белгілеп қою керек болсын делік (сурет 6.1, в). Осы жағдайда бақылаушы 1-ші қаданың тұсында тұрып өзінен бастап белгілеу арқылы алдымен 3-ші қаданы, содан соң 4-ші қаданы қадайды. Жыраның екнші жағына өтіп бақылаушы 2-ші және 4-ші қадалар арқылы 5-ші қаданы орнатады. Ең соңында жыраның түбіндегі 5-ші қадаға түсіп 5-ші және 3-ші қадалар арқылы 6-қаданы орналастырады.*

 Рулеткалар, әртүрлі шкалаларымен жасалынады - 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50 және 100 м. Рулетканың лентасы тот баспайтын болаттан, көміртегі болаттан және коррозияға қарсы лак, полимер, эмаль затты қорғау қабықшаларымен болады. Шкаланың орналасуына байланысты рулеткаларды екі түрге болады, шкала рулетканың басымен бірге және шкаланың басталуы рулетканың басынан белгілі бір қашықтықта орналасады. Рулеткалардың шкалалары мм, см, дц және метрлік интервалдарымен болады. Дәльдігі бойынша рулеткалар 2-ші және 3-ші клас болып бөлінеді. Ауа t = 20±5° шамасында және талап бойынша тартылған жағдайда рулетканың ұзындығы шкалада көрсетілген шамасынан кестеде көрсетілгендей ауытқуынан аспау керек.

|  |  |
| --- | --- |
| Шкаланың интервалы | Нақты ұзындықтан шектелген ауытқушылығы миллиметрден аспауы тиіс (допустимое отклонение действительной длины, мм, не более, для классов точности) |
| Дәльдігі 2-ші класс  | Дальдігі 3-ші клас  |
| Миллиметрлік интервал | ± 0,15 | ± 0,20  |
| Сантиметрлік интервал  | ± 0,20 | ± 0,30  |
| Шкаланың 1 метр кесіндісі және одан да артық  | ± 0,30 + 0,15 (L - 1) | ± 0,40 + 0,20 (L - 1) |
| L - кесіндідегі толық және толық емес метрлердің саны.  |

 Қазіргі болатты рулеткалардың өлшеу ресурстары 1500 - 2000 цикл аралығында (1 цикл, рулетканы толық ұзындығына созу, тарту, есеп алу және рулетканы жинауды қамтиды) Жасалынған материалға және класына тәуелді рулеткалардың салыстырмалы қателігі 1:2000 - 1:20 000 аралығында.

 Рулеткалардың құндылығы - компактность, азсалмақты, құрылысының қарапайымдылығы, салыстырмалы жоғары дәльдікпен әсіресе қысқа сызықтарды өлшеуге мүмкінідігі. Кемшіліктері - сызықтың ұзындығын өлшегенде көп еңбексыйымдылығы, жер бетіндегі трассаны тазалау, қазықтарды өойып шығу, кейбір учаскелерінде сызықтың еңкістерін өлшеу т.с.с.

 Жоғары дәльдікті өлшеулер қажеті болмаған жағдайда өлшеуіш-дөңгелектерді қолданады. Өлшеуіш-дөңгелектер басым никельден тұратын қоспалардан жасалынады. Екі нүктенің арасындағы қашықтықты өлшеуде өлшеуіш-дөңгелекті бір нүктеден екінші нүктеге дейін домалатады, есепті дөңгелектің өсінде орналасқан (механикалық өлшеуіш-дөңгелек) немесе тұтқышында орналасқан (электрондық өлшеуіш-дөңгелек) есептегіштен алады.

**6.2 Оптикалық қашықтық өлшеуіштер.**

 Оптикалық қашықтық өлшеуіштер – жанама әдіспен горизонтальдық және еңіс ара қашықтықтарды анықтауға мүмкіндік беретін геодезиялық аспаптар. Қашықтықты анықтау негізінде екі қабырғасы бірдей үш бұрышты шешуге негізделген (6.2 сурет), онда кішкене бұрыш (параллактикалық) ***β*** және оған қарсы жатқан катет (базис) ***b*** ара қашықтықты анықтайды:

**d = b ctg β**

Осы шамалардың біреуін (***β*** немесе ***b***) тұрақты деп алып, екіншісін өлшейді. Осыған байланысты оптикалық қашықтық өлшеуіштер тұрақты бұрышты және тұрақты базисті болып бөлінеді.



*Сурет 6.2 Оптикалық қашықтық өлшеуішпен ара қашықтықты өлшеу принципі.*

 Практикада тұрақты параллактикалық бұрышты жіпті қашықтық өлшеуішпен өлшеу кең таралған.

**6.3 Жарық және радио қашықтық өлшеуіштер туралы түсінік.**

 Ғылым мен техниканың қарқынды дамуы өлшенілетін ара қашықтықты электромагниттік толқындардың өту уақытымен сипатталатын электрондық өлшеу принципіне негізделген жаңа геодезиялық аспаптарды жасауға мүмкіндік ашты. Осындай аспаптар электромагниттік толқындардың түріне байланысты *жарық және радио қашықтық өлшеуішке* бөлінеді.

 Жарық және радио қашықтық өлшеуіштер оптикалық қашықтық өлшеуіштермен салыстырғанда едәуір қашықтықты неғұрлым жоғары дәльдікпен өлшеу артықшылығына ие болады.

 Жарық қашықтық өлшеуішті қолданып ара қашықтықты электромагниттік толқындардың өту уақыты арқылы анықтайды. Жарық қашықтық өлшеуіштің принципті схемасы 6.3 суретте көрсетілген:



*Сурет 6.3 Жарық қашықтық өлшеуішпен ара қашықтықты өлшеу принципі.*

Көрсетліген схема бойынша ара қашықтықты төмендегі формула бойынша анықтайды:

**D =** $\frac{vt}{2}$

мұндағы ***v*** – электромагниттік толқындардың ауадағы таралу жылдамдығы, км/сек; ***t*** – электромагниттік толқын импульсының өту уақыты, секунд. Жарық қашықтық өлшеуіштер импульсты, фазалық және комбинацияланған болып бөлінеді.

 Импульсты жарық қашықтық өлшеуіштің принципы 6.3 суретте көрсетілген, электрмагниттік тербелу импульсы сигнал-таратушыдан шағылдырғышқа жіберіледі; сол кезде импульстың бір бөлігі уақыт индикаторына жіберіледі. Шағылысқан импульс қабылдағышпен тіркеледі. Электрмагниттік толқындардың ауадағы жылдамдығы белгілі болған жағдайда, импульстың «сигнал таратушы – шағылыстырғыш - қабылдаушы» жолын өту уақытын анықтап, онда А және В нүктелері арасындағы ара қашықтықты төмендегідей жолымен табамыз:

**D = D1 + c = V**$ \frac{t}{2}$ **+ c**

мұнда **V** – электрмагниттік толқындардың ауадағы жылдамдығы; ол **V =** $\frac{V\_{0}}{n}$ яғни

**V0** электрмагниттік толқындардың вакуумдағы жылдамдығы (**V0=**299 792 458 м/с); $n$ **–** ауаның температурасына, қысымына және ылғалдылығына тәуелді ауаның жалтару (преломления) көрсеткіші;

**D1** – сигнал таратушы мен қабылдаушы арасында жарық өтетін қашықтық;

**с** – аранайы зерттеулермен анықталатын қашықтық өлшеуіштің тұрақты саны (постоянная дальномера); сурет 6.3 бойынша c = c1 + c2.

 Қазіргі уақыттағы жарық қашықтық өлшеуіштерде фазалық әдіс қолданылады, себебі сигналдың сол ара қашықтыққа барып қайтуға кеткен уақытын жоғары дәльдікпен өлшеу өте күрделі жұмыс. Осы мақсатта таратылған жарық толқындарының тербелісін өзгертеді, яғни берілген уақыт аралығында жарық толқынының қарқынын бірде азайтып, бірде күшейтіп тұрады. Бұл жағдайда шағылған жарық қабылдағыш-хабарлағышқа таратылған кезіндегі фазада максимумы, ал минимумы минимум болып оралады.

 Радио қашықтық өлшеуіштердің жұмыс істеу принципі жоғарыда көрсетілген жарық қашықтық өлшеуіштің принципімен бірдей болып келеді. Ара қашықтықты өлшеуде радио қашықтық өлшеуіш станциясының екеуі қолданылады. Радио қашықтық өлшеуіш шамамен 150 км қашықтыққа дейін өлшейді, бірақ оның кері ерекшеліктері жергілікті жердің жер бедері немесе жергілікті объектілерден шағылысу мүмкін және өлшеу қателіктер маңызды болып табылады.

 *Лазерлі рулеткалары*. DISTO (Leica, Швейцария). Жұмыс істеу принципі жарық қашықтық өлшеуіш сияқты. Өлшеу диапазоны 0,3 м – 120 м дейін, дәльдігі 3 мм дейін.

**



*Сурет 6.2 Оптикалық қашықтық өлшеуішпен ара қашықтықты өлшеу принципі.*



*Сурет 6.3 Жарық қашықтық өлшеуішпен ара қашықтықты өлшеу принципі.*