**Лекция № 7**

**Тақырып: Оптикалық теодолиттің құрылысы туралы жалпы түсінік**.

*Лекция жоспары:*

*1. Оптикалық теодолиттердің жіктелуі.*

*2. Оптикалық теодолиттің құрылысы*.

**1. Оптикалық теодолиттердің жіктелуі**.

 Бүгінгі таңдағы оптикалық теодолиттер дәльдігі бойынша, есептеу құрылғыларының түрлеріне қарай, горизонтальдық шеңбердің вертикальдық осьтерінің конструкциясы және мақсаты бойынша мынадай түрлерге бөлінеді.

 *Горизонтальдық бұрышты өлшеу дәльдігіне* тәуелді теодолиттерді шартты түрде үш түрге бөледі.

1. *Жоғары дәльдікті* – 1 және 2-ші класс триангуляция мен полигонометриядағы бұрыштарды өлшеуге арналған – Т05, Т1 – бір приеммен горизонтальдық бұрыш өлшеуде орташа квадраттық қателігі - 1' тең.

2. *Дәл теодолиттер* – 3 және 4-ші класс триангуляция мен полигонометриядағы бұрыштарды өлшеуге арналған – Т2, 1 – 2-ші разрядтағы полигонометрия мен триангуляциялық желідегі бұрыштарды өлшеу үшін Т5; бір приеммен горизонтальдық бұрыш өлшеуде орташа квадраттық қателігі - 2' - 5' аралығында.

3. *Техникалық теодолиттер* - теодолиттік және тахеометрлік жүрістерде және де түсіріс желілерінде бұрыш өлшеуге арналған Т15, Т30, Т60; бір приеммен горизонтальдық бұрыш өлшеуде орташа квадраттық қателігі - 30' және одан да көп. Теодолиттердің белгілерінде сан бір приеммен горизонтальдық бұрыш өлшеуде орташа квадраттық қателігін секіндпен көрсетеді, мысалы, Т5 үшін

***mB = 5",*** Т30 үшін ***mB = 30"*** т.с.с.

По виду отсчетных устройств различают *верньерные* и *оптические* теодолиты. Отсчетные устройства в виде верньеров использовались в теодолитах с металлическими кругами (ТТ-50, Т-5 др.). Теодолиты со стеклянными угломерными кругами и оптическими отсчетными устройствами называются оптическими; в них с помощью оптической системы изображения горизонтального и вертикального кругов передаются в поле зрения специального микроскопа. **В настоящее время выпускаются только оптические теодолиты**.

 ***Верньер*** *– приспособление, с помощью которого отсчитывают доли делений основной шкалы лимба в геодезических приборах. Действие* ***верньера*** *основано на способности глаза уверенно устанавливать совпадение 2 штрихов, когда один из них является продолжением другого и концы их совпадают*

*Действие верньера основано на способности глаза уверенно устанавливать совпадение 2 штрихов, когда один из них является продолжением другого и концы их совпадают.*

 *Верньер представляет собой подвижную шкалу, которая может скользить вдоль основной; деления на подвижной шкале несколько более мелкие, чем на основной. Если интервал между делениями основной шкалы а, а интервал между делениями на верньере (а – а/n), то верньер позволяет отсчитать основную шкалу с точностью, равной 1/n ее деления. Деления верньера оцифрованы в соответствующих долях деления основной шкалы. Если нулевой штрих В. (индекс) находится между двумя штрихами «с» и «с + 1» основной шкалы, то отсчёт равен «с» плюс то показание В., которое находится против штриха, наилучшим образом совпадающего с некоторым штрихом основной шкалы. На рис. цена деления основного круга 30', цена деления В. соответствует 1'; отсчёт – 5°10'.*

 *Верньер был изобретён в 1631 г. директором Монетного двора во Франш-Конте (Франция) П. Вернье (Р. Vernier, 1580—1637) и назван в его честь.*

 *Горизонтальдық шеңбердің вертикальдық осьтер жүйелерінің конструкциясы* бойынша теодолиттер *қайталанбайтын* және *қайталанатын* болып бөлінеді. Қазіргі таңда басым қайталанатын теодоллиттер жасалынады, яғни теодолитте алидада мен лимб өз осінен айналып отырады. Мұндай теодолитте алидаданы айналдыра отырып олшенетін горизонтальдық бұрыштың шамасын лимбте бірнеше рет көріге болады, яғни өлшеу дәльдігін жоғарлатады.

 Мақсаты бойынша теодолиттер мындай түрлерге бөледі.

1. Геодезиялық – горизонтальдық және вертикальдық бұрыштарды өлшеуге арналған;

2. Тахеометрлер - горизонтальдық және вертикальдық бұрыштарды өлшеуге және қыл-жіпті қашықтық-өлшеуішпен ара қашықтықты өлшеуге арналған, оның көмегімен тахеометрлік түсіріс жасауға болады. Қазіргі барлық техникалық теодолиттер Т15, Т30 т.б. тахеометр болып келеді.

3. Арнайы теодолиттер: астрономиялық (АУ2"/10", АУ2"/2") – астрономиялық бақылау негізінде ендік, бойлық және азимутты анықтауға арналған; жер астындағы кен қазбасында өлшеулерге арналған Т15М, Т30М, 2Т30М маркшейдерлік теодолиттер; сонымен қатар арнайы мақсатта қолданылатын теодолиттер – гиротеодолиттер, фототеодолиттер, лазерлік, коддтық т.с.с. теодолиттер.

 Инженерлік практикада басым Т30, Т15 және Т5 оптикалық теодолиттер таралған.

7.2 Оптикалық теодолиттің құрылысы.

 4 Т сериядағы оптикалық теодолиттер тахеометрлік, теодолиттік және жоғары дәльдікті қажеті жоқ басқа да геодезиялық өлшеулерде горизонтальдық және вертикальдық бұрыштарды өлшеуге арналған (сурет 7.1 Теодолиттің құрылымдық схемасы).

Теодолиттің стандарттық комплекті: аспап, шпилька, үлкен бұрағыш (отвертка), кіші бұрағыш, паспорт, футляр.

### Техникалық көрсеткіштері

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 4Т30П | 4Т15П |
| Көру дүрбінің жақындатып көрсетуі (Увелечение зрительной трубы крат) | 20-х |
| Нысанлаудың ең аз қашықтыға, м | 1,2 |
| Вертикальдық бұрыш компенсаторының жұмыс жасау диапазоны.  | 4 | 5 |
| Есептеуіш микроскопының шкаласы бөліктерінің бағасы  | 1// | 1/ |
| Горизонтальдық бұрыш өлшеудің орташа квадраттық қателігі  | 30 | 15 |
| Вертикальдық бұрыш өлшеудің орташа квадраттық қателігі  | 30 | 15 |
| Теодолиттің тіргемен алғандағы салмағы, кг | 3,5 |

 Жергілікті жерде сызықтар арасындағы бұрыштардың горизонтальдық проекцияларын өлшеуіді бұрыш өлшейтін теодолит деп аталатын аспаппен өлшейді. Ол үшін теодолитте **лимб** деп аталатын градустық бөліктері бар горизонтальдық бұрыш өлшейтін шеңбері болады. Бұрыштың қабырғалары **көру дүрбінің** қозғалмалы нысаналау жазықтығын қолдануымен лимбке проектілейді. Бұл жазықтық дүрбінің нысаналау осі горизонтальдық осін айналған жағдайда қалыптасады. Бұл жазықтықты көру дүрбінің нысналау осін **А** және **С** нүктелеріне кезектесіп бұрыштың ***ВА*** және ***ВС*** қабырғаларымен сәйкестендіреді. Алидада деп аталатын арнайы есептеу құрылығысымен лимбте доғаның басталуы мен аяғы ***а'с'*** тіркеледі (сурет 7.2), яғни лимбтегі градустық бөліктері бойынша есеп алынады. Осы есеп алынған шамалардың айырымы өлшенілетін ***β*** бұрышының мәнін анықтайды.



*Сурет 7.2 Горизонтальдық бұрышты өлшеу принципі.*

 Горизонтальдық бұрышты өлшеу үшін арналған лимб және алидада, теодолиттегі горизонтальдық шеңберді құрайды. Горизонтальдық шеңбердің алидадасының айналу осі теодолиттің негізгі осі деп аталады.

 Теодолитте бұрыштардың вертикальдық проекцияларын, яғни еңкіс бұрыштарын өлшеуге арналған лимбі және алидадасы болатын вертикальдық шеңбер болады. Әдетте, горизонтан жоғары бұрыштарды оң, ал одан төмен бұрыштарды кері деп есептейді. Вертикальдық шеңбердің лимбі көрі дүрбісімен тас қылып (наглухо) бекітілген және теодолиттің горизонтальдық осі айналасында бірге айналады (7.3 сурет Теодолит 4Т30П құрылысы).

 Теодолитте орнату, баптау (настройка) және насанға бағыттау үшін винттер жүйесі болады: орнақ және көтеру бұрандалары (становой и подъемный винты), бекіту және бағыттау бұрандалары винттері, түзету (юстировкалық) бұрандалары винттері. Орнақ (становой) бұрандамен теодолитті штативтің басына бекітеді, ал көтері винттерімен теодолитті горизонттайды.

 Бекіту винттерімен теодолиттің қозғалатын бөліктерін қозғалмайтын бөліктерімен бекітеді. Нысаналау винттерімен бекітілген бөліктерді жайлап айналдырады.

 Өлшеудің бұрмалаусыз нәтижелерін алу үшін теодолит белгілі геометриялық және оптикалық-механикалық талаптарға сәйкес болу керек. Егер, белгілі бір шарт орындалмаған жағдайда тексеру барысында түзету винттердің көмегімен аспапты түзетеді (юстировкалайды).

**Теодолиттің негізгі бөлітері. Есеп алу құрылығылары**. Есеп алу құрылығысы лимбтегі бөліктерді және оның үлестерін (доли) есептеуде қызмет атқарады. Есептеу құрылығылары штрихтык (Т30 теодолиті) және шкалалы (2Т30, Т5, 2Т5) микроскоптар болып бөлінді және де микрометрлер (Т2 теодолиті) болады (сурет 7.4). Лимб бөлігінің бұрыштық бағасы лимб бөліктенудің бағасы деп аталады.



*Сурет 7.4. Есептеу құрылығылардың көру алаңы:*

 *штрихтік микроскоп вертикальдық шеңбер бойынша есеп алуымен – 358° 48', горизонтальдық шеңбер бойынша – 70° 04' (*а*); шкалалылқ микроскоп: вертикальдық шеңбер бойынша – 1° 11,5', горизонтальдық шеңбер бойынша – 18° 22' (*б*); вертикальдық шеңбер бойынша – -0° 46,5', горизонтальдық шеңбер бойынша – 95° 47' (*в*)*.

 **Деңгейлер**. Деңгейлер геодезиялық аспаптардың жазықтықтарын вертикальдық немесе горизонтальдық жағдайына келтіру үшін қызмет атқарады. Деңгейлер ампула, оправа және реттеу құрылығысынан тұрады (сурет 7.5).



*Сурет 7.5. Цилиндрлік деңгей.*

 Ампуланың пішініне қарай деңгейлер *цилиндрлік және домалақ* болып бөлінеді. Цилиндрлік деңгейдің ішкі беті шеңбердің радиусының ***R*** доғасы бойынша қырналған (отшлифован), кейін жылтқан күкіртті эфирмен немесе спиртпен толтырады, кейін ампуланы дәнекерлейді (запаивают-пайка). Ампуланың сұйықтықтан бос жерін деңгейдің *көпіршігі деп аталады*. Ампуланың жұмыс бөлігінің сыртқы бетінде әр 2 мм штрихтар түсірілген. Ампуланың орталық бөлігінің ортасындағы нұкте деңгейдің *нуль-пункті* деп аталады.

Прямая **uu1** – касательная к внутренней поверхности ампулы в нуль-пункту **О**, называется осью цилиндрического уровня (рис. 7.4). При любом положении ампулы уровня его пузырек будет всегда занимать наивысшее положение, а касательная, проведенная к самой высокой точке **О**' пузырька, будет горизонтальна. Если совместить точки **О** и **О**', то ось цилиндрического уровня тоже займет горизонтальное положение.

 Центральный угол ***τ*** соответствующий одному делению ампулы, определяет чувствительность уровня, т.е. способность пузырька быстро и точно занимать в ампуле наивысшее положение. Величину этого угла называют ценой деления уровня и рассчитывают по формуле

***τ = ρ'' ∙ l / R ,***

где ***R*** – радиус внутренней поверхности ампулы, мм; ***ρ***'' – величина радиана в секундах; ***l*** – длина деления ампулы, мм.

 Чем больше ***R***, тем меньше цена одного деления и тем точнее уровень. У точных теодолитов цена деления уровня колеблется в пределах 15 – 40" на 2 мм, а у технических – в пределах 45 – 60" на 2 мм.

**Көру дүрбілер және оларды орнату**. Алыста орналасқан заттарды көру үшін теодолитте көру дүрбісін қолданады. Көру дүрбісінің оптикасы жалпы түрде екі жинақтағыш линзадан нысанға бағытталған объективтен (1) және окулярдан (2) тұрады (сурет 7.5).



*Сурет 7.5 Көру дүрбісі:*

*1 – объектив; 2 – окуляр; 3 – фокустайтын линза; 4 – қыл-жіптер желісі; 5 – кремальералық винт (кольцо)*

 Қазіргі геодезиялық дүрбілерде объектив және қыл-жіп желісі бір оправада бекітілген, яғни бір трубаның ішінде. Фокустайтын линза (3) объетивпен қыл-жіпті сетканың (4) арасында орналасқан таратын шыны (рассеивающее стекло) болып табылады, кремальералық винтті (5) айналдыру арқылы фокустайды.

 Қарапайым дүрбілер сфералық және хроматикалық аберрациялар деп аталатын кемшіліктері бар. Сфералық аберрацияда жарық сәулелері шыныда сынған соң (преломления в стекле) бір нүктеде жиналмайды, сондықтан заттардың бейнесі анық емес болады. Хроматикалық аберрацияда жарықтың түссіз сәулелері шыныда сынып түстерге бөлшектенеді және бейненің шеттерін кемпірқосақтың түстеріне бояйды. Сфералық аберрацияны әлсірету үшін линзалардың қисықтығы әр тұрлі қылып жасайды, ал хроматикалық аберрацияны жойыту үшін линзаларды бір-бірінен қашықтықта орналастырады.

**7.3 Оптикалық теодолитті тексерулер мен жөндеулер**.

 Дала жағдайында бұрыштық өлшеулер алдын теодолитті тексеру керек, яғни аспаптың конструкцияның негізінде орнатылған негізгі геометриялық шарттарға сәйкестігін. Егер геометриялық шарттар орындалмаған жағдайда, онда теодолитті тексеру қажет (аспапты реттеу).

 Тексеру алдын теодолитті жалпы байқаудан өткізу қажет. Осы кезде:

1. Теодолиттің нысаналау дүрбінің оптикалық жүйесі анық бейне көрсету тиіс.

2. Теодолиттің вертикальдық осі және дүрбінің горизонтальдық осі бірсалынды және жеңіл айналу тиіс.

3. Теодолиттің барлық винттері (көтеру, нысаналау, бекіту) жарамды болу керек, ал деңгейлер қажетті сезгіштікке ие болу қажет.

 Теодолитің негізгі осьтерінің өзара орналасуына байланысты, оған бірнеше талаптар қойылады. Теодолиттің негізгі осьтері 7.6 суретте келтірілген:

*ZZ1* - вертикальдық осі (гориознтальдық шеңбердің алидадасының айналу осі);

*НН1* - горизонтальдық осі (нысаналау дүрбінің айналау осі);

*UU1* - горизонтальдық шеңбердің деңгейінің осі (ніль-пункттегі ампуланы ішкі бетіне жанама) (касательная к внутренней поверхности ампулы в нуль-пункте);

*VV1* - нысаналау осі (жіпті тордың негізгі штрихтарынан қиылысқан жерінен және объективтік оптикалық ортасынан өтетін түзу).

Теодолиттің тексеруі төмендегідей тәртіппен өткізіледі.

1) *Горизонтальдық шеңбердің алидадасының цилиндрлік деңгейінің осі UU1* *аспаптың вертикальдық айналу осіне ZZ1 перпендикулярлы болу қажет*. Осыны тексеру үшін деңгейдің осін екі көтеру винттерінің бағытына сәйкестендіріп қояды да, оларды әр жаққа қарай айналдыру арқылы деңгейдің үлбіруігін нөль-пунктке келтіреді. Содан соң деңгейді (теодолитті) 180°-қа бұрады. Егер бұрғаннан кейін де деңгейдің үлбіреуігі нөль-пунктте қалатын болса, онда *UU1* және *ZZ1*  осьтерінің перпендикулярлық шарттары орындалғандығы. Үлбіреуік ортадан жылжығанда деңгейдің орны түзету винттерінің көмегімен жасалынады.

 Практика жүзінде тексеру бұлайша жасалады: деңгейді екі көтеру винеттеріне параллель етіп қояды да, солар арқылы деңгейдің үлбіреугін нөль-пунктке келтіреді; деңгейдің нөль-пункті оның шкаласының ортасында болады; бұл кезде деңгей мен алидаданың айналу осьтері өзара орны өзгеріссіз қалады. Алидаданы 180°-қа бұрғыннан кейін деңгей осінің орнын, оның екінші қалпында нөль-пункт шкаласының үлбіреуіктің ауытқу доғасының жартысына түзетеді; бұл деңгейдің түзету винеттерінің көмегімен жасалынады. Тексеруге қажетті шарт толық орындалғанға дейін қайталай береді.

2) *Дүрбінің нысаналау осі VV1 теодолиттің горизонталь осіне НН1 (дүрбінің айналу осі) перпендикуляр болуы тиіс*. Перпендикулярлықтан ауытқу болса, онда ол ***с*** коллимациялық қателікке алып келеді. Осы жағдайды тексеру үшін вертикальдық шеңберді екі қалыпында (КП) және (КЛ) алыстау орналасқан жақсы көрінетін объектке нысаналайды және одан есептерді алады. Коллимациялық қателікті мынадай формуламен есептеп шығарады:

$$c= \frac{КЛ-КП \pm 180°}{2}$$

Т30 теодолиттің ***с*** шамасы 1΄ аспауы тиіс. Егер ***с*** шамасы есептеу құрылғысының дәльдігінен артып кетсе, онда нысаналау осінің орны түзетіледі. Қоллимациялық қателіктің әсерін жою үшін дүрыс есепті мынадай жолымен есептейді:

$$а\_{дүрыс}= \frac{КЛ+КП \pm 180°}{2}$$

ол алидаданың нсыналау винтімен орнатылады. Егер осы кезде жіптер торының центрі нысаналанған объекттен шығып кетсе, онда түзету винттердің көмегімен торды объекттің кескінімен жіптер торының центрі беттескенше жылжытады. Коллимациялық қателікті түзетілген соң тексеруді қайталау керек.

3) *Жіптер торының вертикальдық штрихы (немесе биссектор) дүрбінің коллимациялық жазықтығында болуы тиіс*.

Нысаналау дүрбіні жіптік тіктеуішке нысаналайды. Нысаналау винтімен дүрбіні горизонтальдық осі бойынша қозғалтады, егер тіктеуіш пен вертикальдық штрихтың параллельдігі бұзылмаса, онда тексеру шарты орындалған. Егер дүрыс болмаған жағдайда окулярлық бөлімінің бекіту винттерін босатып оны вертикальдық штрих өз орнына түспегенше бұрады. Кейін тексеруді қайталау керек.

4) *Нысаналау дүрбінің айналу осі теодолиттің вертикальдық айналу осіне перпендикулярлы болуы тиіс*.

Теодолитті ғимараттан 10 - 15 метр қашықтықта орнатады және вертикальдық осі тік жағдайына келтіріледі. Теодолитті қабырғадағы биіктікте орналасқан нүктеге нысаналайды. Нысаналу дүрбіні аспаптың деңгейіне дейін төмен түсіріп, ол нүктенің проекциясын белгілейді. Дүрбіні зениттен айналдырып теодолиттің екінші жағдайында бұл операцияны қайталайды. Белгіленген нүктелер бір-біріне сәйкес келу тиіс, немесе биссектордың шегінен шықапу керек. Мұндай жағдайда тексеру орындалған деп есептейді. Егер шарт орындалмаған жағдайда тексеруді арнайы шеберханада өткізу тиіс.

**7.4 Теодолитті жұмыс жағдайына орнату**.

 Горизонтальдық бұрыштарды өлшеу үшін теодолитті жұмыс жағдайына келтіреді, яңни центрлейді және горизонттайды. Сонымен бірге нысаналау дүрбіні көз және предмет бойынша орнатады.

 *Аспаптың вертикальдық осін өлшенілетін бұрыштың шыңында орнату - теодолитті центрлеу деп атайды*. Оны оптикалық немесе жіптік тіктеуіштің көмегімен орындалады.

 Ол үшін теодолитті шамалап өлшенілетін бұрыштың шыңының үстінде орнатылады, штативтің беті шамалап горизантальды болу керек. Кейін тіктеуіш бойынша оның темірінің ұшы бұрыштың шыңының үстінде орналасқанша штативтің аяқтарын жерге тереңдетеді.

 *Аспаптың вертикальдық осі тік жағдайына келтіру деген аспапты горизонттау деп атайды*. Горизонттау үшін тексерілген деңгейд алидаданың бұруымен екі көтері винттің юағыты бойынша орнатады, көтеру винттерін қарамақары бағыттарда айналдыру арқылы деңгейдің үлбіреуігін нөль-пунктке келтіреді. Кейін деңгейді 90° бұрып үшін көтеру винтімен үлбіреуікті ортаға келтіреді. Содан соң алидаданың кез келген жағдайында деңгейдің үлбіреуігі нөль-пункттен өзгеруі бір бөліктен аспау керек.

Зрительную трубу фокусируют на отчетливую видимость сетки нитей вращением окуляра, а на объект – вращением фокусирующего (кремальерного) винта зрительной трубы.



*Сурет 7.1 Теодолиттің құрылымдық схемасы.*



*Сурет 7.6 Теодолиттің негізгі осьтері*.