

# Лабораторна робота №1

## Тема: Перевірка теодоліта

**Мета:** Опанувати методику виконання перевірки теодоліта

**Прилади і інструменти:** досліджуваний теодоліт \_\_Т\_\_ №\_\_\_\_\_, штатив ШП-160

### Короткі теоретичні відомості

Основними геометричними елементами теодоліта є вертикальна вісь обертання приладу  $ZZ'$ ; горизонтальна вісь обертання зорової труби  $HH'$ ; візирна вісь зорової труби  $VV'$ ; вісь установчого циліндричного рівня  $LL'$  при алідаді горизонтального круга; сітка ниток зорової труби; вісь циліндричного рівня  $L_1L_1$  при алідаді вертикального круга; вертикальна вісь оптичного центрира в підставці чи алідаді теодоліта.

Неправильне взаємне розташування перерахованих геометричних елементів приладу – одна з основних причин появи додаткових приладових помилок.

Результати кожної перевірки порівнюють з визначеним допуском і у випадку перевищення цього допуску здійснюють юстировку приладу, тобто роблять відповідні виправлення положення його геометричних елементів.

У момент виміру горизонтального чи вертикального кута взаємне розташування геометричних елементів приладу повинне відповідати наступним умовам:

– вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга  $LL'$  повинна бути перпендикулярна до осі обертання теодоліта  $ZZ'$  (перевірка рівня при алідаді горизонтального круга);

– горизонтальна (вертикальна) нитка сітки зорової труби повинна знаходитися в горизонтальній (вертикальній) площині (перевірка правильності установки сітки ниток);

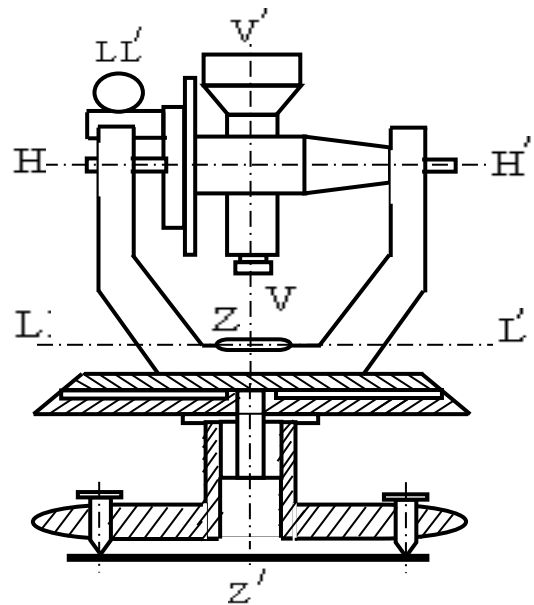
– візирна вісь зорової труби  $VV'$  повинна бути перпендикулярна до осі обертання труби  $HH'$  (перевірка колімаційної помилки);

– вісь обертання труби  $HH'$  повинна бути перпендикулярна до осі обертання приладу  $ZZ'$  (перевірка нахилу осі обертання зорової труби);

– вісь  $L_1L_1$  рівня при алідаді вертикального круга, установлена горизонтально, повинна бути рівнобіжна візирній осі зорової труби  $VV'$  при відліку по вертикальному колу рівному  $0^\circ$  чи  $180^\circ$  (перевірка місця нуля);

– компенсатор відлікової системи вертикального круга повинний забезпечувати незмінність відліку по вертикальному колу при нахилі вертикальної осі теодоліта на кут до  $3'$  від прямовисного положення (перевірка для теодоліта з компенсатором);

– вертикальна вісь оптичного центрира, верхній центр на трубці теодоліта в її горизонтальному положенні і крапка підвісу нитяного схилу повинні збігатися з віссю обертання приладу  $ZZ'$  (перевірка пристроїв для центрування теодоліта).



### 1.1 Перевірка рівня при алідаді горизонтального круга

Для виконання даної перевірки алідаду повертають так, щоб рівень установився по напрямку двох піднімальних гвинтів підставки. Обертанням цих гвинтів у протилежних напрямках виводять пухирець рівня на середину. Повертають алідаду на  $90^\circ$  і третім піднімальним гвинтом знову встановлюють пухирець рівня на середину. Потім повертають алідаду на  $180^\circ$ . Якщо пухирець відхилився від середнього положення, половину відхилення

виправляють піднімальним гвинтом підставки, а другу половину – юстировочними гвинтами рівня. Перевірку повторюють.

### 1.2. Перевірка правильності установки сітки ниток

Правильність установки сітки ниток труби теодоліта може бути перевірена після приведення осі обертання приладу в прямовисне положення за допомогою відюстированого рівня при алідаді горизонтального круга. При перевірці горизонтальну нитку сітки в лівій чи правій частині поля зору труби наводять на чітку крапку. Обертаючи навідний гвинт алідади, зображення крапки переміщують до іншого краю поля зору. Якщо зображення крапки зміститься з горизонтальної нитки більш ніж на три ширини штриха, сітка встановлена напевно. виправляють положення сітки ниток шляхом повороту окулярного патрубку навколо візирної осі труби. Після виправлення гвинти закріплюють. При виконанні перевірки можна також наводити на обрану крапку вертикальну нитку сітки, зміщаючи потім зображення крапки навідним гвинтом труби.

### 1.3. Перевірка компенсатора

Точність і діапазон роботи компенсатора перевіряють у такий спосіб. Спочатку визначають діапазон роботи компенсатора, що повинний бути не менш трьох хвилин. Для цього встановлюють теодоліт за рівнем, закріплюють зорову трубу й алідаду в положенні, при якому один з піднімальних гвинтів підставки розташовується в колімаційній площині зорової труби. Беруть відлік по вертикальному колу і, повільно обертаючи зазначений піднімальний гвинт, спостерігаючи за зсувом штриха вертикального круга щодо шкали мікроскопа до моменту його зупинки. Беруть відлік по вертикальному колу і порівнюють його з попереднім відліком. Різниця між ними характеризує діапазон роботи компенсатора від середнього положення в одну сторону. Аналогічно перевіряють діапазон роботи компенсатора в іншу сторону, обертаючи піднімальний гвинт у протилежному напрямку.

Якщо діапазон роботи компенсатора хоча б в одну зі сторін менш  $3'$ , *виправлення виконується в майстерні.*

Точність роботи компенсатора визначають у такий спосіб:

– встановлюють теодоліт за рівнем, наводять зорову трубу на чітко обкреслений сигнал, розташований по напрямку одного з піднімальних гвинтів, беруть відлік по вертикальному колу;

– повторюють наведення і знову беруть відлік, обчислюють середнє арифметичне  $B_0$  із двох відліків;

– встановлюють на вертикальному колі відлік  $B_0+3'$  обертанням навідного гвинта зорової труби;

– наводять зорову трубу знову на ту ж крапку, обертаючи піднімальний гвинт підставки, розташований по напрямку на сигнал, і беруть відлік по вертикальному колу;

– повторюють наведення і знову беруть відлік.

Середні арифметичні значення першої і другої пари відліків не повинні відрізнятися більш ніж на  $6''$  для теодолітів типу Т5К і  $24''$  – для теодолітів типу Т15К. Потім перевірку повторюють, нахиливши теодоліт від середнього положення в протилежну сторону, попередньо установивши відлік по вертикальному колу  $B_0-3'$ .

При незадовільних результатах роблять висновок про необхідність ремонту теодоліта в майстерні.

### 1.4. Перевірка колімаційної погрішності

Установивши за допомогою рівня вісь обертання приладу в прямовисне положення, візують на вибрану крапку, розташовану приблизно на одній висоті з теодолітом, при двох положеннях зорової труби – *КЛ* і *КП*. Після кожного наведення беруть відповідно відліки по горизонтальному колу  $L_1$  і  $P_1$ . Звільнивши закріпний гвинт підставки, повертають теодоліт на  $180^\circ$ , закріплюють його і знову горизонтують. Знову візують на ту ж крапку при двох положеннях труби і беруть відліки  $L_2$  і  $P_2$ . Значення колімаційної погрішності обчислюють по формулі:

$$C = \frac{(P_1 - L_1 \pm 180^\circ) + (P_2 - L_2 \pm 180^\circ)}{4} \quad (1.1)$$

Для усунення колімаційної погрішності по горизонтальному колу установлюють відлік, обумовлений по формулі:

$$P = P_2 - C \quad (1.2)$$

Юстировочними гвинтами переміщують сітку в горизонтальному напрямку до сполучаючи перехрестя з зображенням раніше обраної крапки. Перевірку повторюють.

У теодолітах 2Т2, 2Т5 і 2Т5К сітка закріплена нерухомо, зміна її положення конструкцією не передбачено. Для сполучення перехрестя ниток із зображенням крапки повертають усю зорову трубу шляхом обертання клинового кільця. Клинове кільце обертають за допомогою спеціального ключа, що входить у комплект із теодолітом.

Припустимі значення колімаційної помилки вказуються у заводському описі приладу. У лабораторії як візирну мітку можна використовувати сітку ниток коліматора.

### 1.5. Перевірка місця нуля

Значення місця нуля вертикального круга визначають візуванням на вибрану крапку при двох положеннях труби теодоліта **КЛ** і **КП**. Беруть відповідно відліки по вертикальному колу **Л** і **П** та обчислюють місце нуля по формулі:

$$MO = \frac{L + P \pm 180^\circ}{2} \quad (1.3.)$$

При цьому до відліку менше  $90^\circ$  потрібно додати  $360^\circ$ .

Для теодолітів із секторної оцифровкою вертикального круга (Т15К, 2Т5, 2Т5К і 2Т30) місце нуля визначають по формулі:

$$MO = \frac{L - P}{2} \quad (1.4.)$$

При визначенні місця нуля для теодолітів з рівнем при вертикальному колі його пухирець виводять на середину перед зняттям відліку, а для теодолітів типу Т30 виводять на середину пухирець рівня при алідаді горизонтального круга перед наведенням зорової труби.

Для виправлення місця нуля в теодолітах, що мають рівень при вертикальному колі, обертанням навідного гвинта рівня установлюють відлік по вертикальному колу, рівний **П** – **МО**, а юстировочними гвинтами рівня виводять пухирець на середину.

У теодолітах, що мають компенсатор, і в теодолітах типу Т30 у межах до 2' місце нуля можна виправити зсувом навідного гвинта труби установлюють відлік, рівний **П** – **МО** і зсувом сітки сполучають перехрестя ниток із зображенням крапки.

У теодолітах 2Т5К і Т15 місце нуля виправляють у такий спосіб: обертанням навідного гвинта труби установлюють відлік, рівний **П** – **МО**.

Після юстировки необхідно знову повторити перевірку місця нуля і колімаційної погрішності. Припустимі значення місця нуля вказуються в заводському описі приладу.

### 1.6. Перевірка нахилу осі обертання зорової труби

Перевірку нахилу осі обертання зорової труби виконують у такий спосіб. Установлюють теодоліт на штативі за рівнем на відстані 1,5 - 2 м від стіни. Вище горизонта теодоліта вибирають на стіні крапку, напрямок на який складає з обрієм кут  $25^\circ$ . Візують на цю крапку. Нахиляють зорову трубу нижче обрію теодоліта приблизно на такий же кут і відзначають на стіні крапку, зображення якої точно збігається із серединою бісектора сітки ниток. Замість крапки можна установити міліметрову шкалу, сполучивши зображення штриха шкали із серединою бісектора. Повертають алідаду на  $180^\circ$ , переводять трубу через зеніт і знову візують на верхню крапку. Нахиляють зорову трубу і визначають зсув раніше відзначеної крапки щодо середини бісектора сітки. Повторюють перевірку і визначають середнє значення зсуву нижньої крапки.

Кут нахилу осі обертання труби визначають по формулі :

$$i'' = \frac{a}{2h} \rho \quad (1.5.)$$

де  $a$  - середнє з двох визначень зсув нижньої крапки ( визначають з точністю 0,1 мм);  
 $h$  – висота від нижньої крапки до верхньої ( визначають з точністю 2-3 див);  
 $\rho = 206265''$ .

Якщо висоту  $h$  визначити важко, то кут нахилу осі обертання труби визначають по формулі:

$$i'' = \frac{\Delta'' i \cdot \cos \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2}{2 \sin(\alpha_1 - \alpha_2)} \quad (1.6.)$$

де  $\Delta'' i$  - обмірюваний теодолітом горизонтальний кут між напрямками на нижню крапку до і після перекладу труби через зеніт;  
 $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  – кути нахилу при візуванні відповідно на верхню і нижню крапки.

У лабораторії необхідно визначити  $i''$  двома способами.

Кут нахилу осі обертання труби не повинний перевищувати для теодолітів типу Т5, Т15 і Т30 відповідно 15'', 20'' і 30''. При вимірі кутів повними прийомами допускається нахил осі обертання труби для теодоліта типу Т5 - 40'', а для теодолітів Т15 і Т30 - 60''.

Нахил осі усувають тільки в майстернях. У роботі необхідно зробити висновок у відповідності нахилу осі обертання труби встановленому допуску.

### **1.7. Перевірка оптичного центра, розташованого в алідаді горизонтального круга теодоліта**

Установивши теодоліт на штатив, приводять за рівнем вертикальну вісь у прямовисне положення. Спостерігаючи в окуляр центра, відзначають гострим олівцем положення центра концентричних окружностей на планшетці, нерухомо закріпленої під приладом. Потім повертають алідаду на 180°. Якщо зображення відзначеної олівцем крапки не збігається з центром окружностей, роблять виправлення оптичного центра. Юстировка здійснюється зсувом окулярної частини центра чи діафрагми із сіткою після ослаблення відповідних гвинтів на половину відхилення центра окружностей від зображення крапки. Потім перевірку повторюють і, переконавши в незмінному положенні центра окружностей щодо крапки при обертанні алідадної частини теодоліта, закріплюють гвинти. Конструкція і розташування юстировочних гвинтів зазначені в інструкціях з експлуатації теодолітів.

**Примітка.** У теодолітах типу Т30 у якості оптичного центра використовують зорову трубу, установлену вертикально. Відхилення візирної осі труби від вертикальної осі обертання теодоліта обумовлено залишковим впливом погрішностей після виконання перевірок рівня при горизонтальному колі, місця нуля вертикального круга, колімаційної погрішності і нахилу осі обертання труби. Тому, центрувати теодоліт необхідно при двох положеннях алідади, пересуваючи теодоліт на столику штатива на половину зсуву зображення крапки після повороту алідади на 180°.

### **1.8. Перевірка положення верхнього центра і точки підвісу нитяного схилу**

Верхній центр (ОЦ) розташований на зоровій трубі теодоліта і являє собою чи kern вістря. Його перевіряють у такий спосіб. Установлюють трубу горизонтально і центрують теодоліт під крапкою, розташованої в покрівлі, за допомогою нитяного схилу. Повертають алідаду на 180°. Якщо ОЦ уміщається щодо вістря схилу, то змінюють положення ОЦ на половину зсуву. Замість вістря схилу можна використовувати вістря голки, нерухомо закріпленої над теодолітом. Допускається не виправляти положення ОЦ при зсуві до 1-2 мм, однак центрувати теодоліт при цьому необхідно при двох положеннях алідади, пересуваючи на столику штатива на половину зсуву після повороту алідади на 180°.

Правильність положення крапки підвісу нитяного схилу перевіряють за допомогою двох раніше повірників допоміжних теодолітів, що встановлюють на відстані декількох метрів від теодоліта, що перевіряється, так, щоб напрямку на нього утворювали приблизно прямий кут. Візують на вивірених ОЦ теодоліта, що перевіряється. Труби допоміжних теодолітів необхідно підігнути вилку до збігу зображення нитки з вертикальними штрихами сіток обох допоміжних теодолітів.

При наявності в теодоліта оптичного центрира правильність положення крапки підвісу нитяного схилу перевіряють після вивірки оптичного центрира. Для цього на вилку станового гвинта підвішують схил перевіряють положення гострого кінця нитяного схилу щодо відзначеної крапки візування оптичним центриром. Відхилення не повинне перевищувати 1 мм. При великому відхиленні варто підігнути вилку так, щоб крапка підвісу нитяного схилу знаходилася на осі візування оптичним центриром, тобто щоб не перевищувало 1 мм.

### **1.9. Перевірка рівня на трубі теодоліта**

Перевірка і юстировка рівня на трубі теодоліта виконується так само. Як і перевірка головної умови нівеліра з циклічним рівнем при трубі. Кут  $\iota$  між віссю рівня і візирною віссю труби не повинний перевищувати 30".