

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи з дисципліни
“Інженерна геодезія” для студентів
напряму підготовки 0921 – “Будівництво”
на тему: “Будова теодоліта і вимірювання кутів”

Вінниця ВНТУ 2006

ЗМІСТ

1 Типи теодолітів та їх особливості	5
2 Геометрична схема й основні частини теодоліта.	7
3 Будова теодоліта Т-30	10
4 Підготовка теодоліта до роботи	13
5 Перевірка і юстирування теодолітів	15
6 Вимірювання кутів теодолітом Т-30	21
Література.	26

1 Типи теодолітів і їх особливості

Вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів при топографо-геодезичних роботах виконують геодезичним приладом - теодолітом. Теодоліти класифікують за точністю, призначенням, конструктивними особливостями й мірою автоматизації окремих операцій.

За точністю теодоліти бувають високоточні (середня квадратична похибка вимірювання кутів $m_{\beta} = 0,5...1,0''$), точні ($m_{\beta} = 2...5''$) й технічні ($m_{\beta} = 15...30''$); за конструктивними особливостями - прості, повторювальні, з компенсатором біля вертикального круга й автоколімаційні; за призначенням - спеціальні, кодові, маркшейдерські й технічні.

Серійно випускаються такі типи теодолітів: Т05, Т1, Т2, Т15 і Т30. Цифра означає середню квадратичну похибку вимірювання кута за один прийом (у секундах). Якщо зорова труба теодоліта має пряме зображення, до його позначення додають літеру П (Т30П). При наявності компенсатора біля вертикального круга додають літеру К (2Т15К). Якщо на основі єдиної базової моделі розроблена нова модифікація, спереду додається цифра 2, а на маркшейдерське виконання вказує літера М (2Т30М).

Основні метрологічні характеристики теодолітів наведені у табл.1.

Таблиця 1 – Основні параметри теодолітів

Основні параметри	Тип теодоліта				
	Т1	Т2	Т5	Т15	Т30
Середня квадратична похибка вимірювання кута за один прийом, с	1	2	3	15	30
Збільшення зорової труби, разів	30;40	25	25	25	18
Мінімальна відстань візування, м	5	2	2	1,5	1,2
Ціна поділки лімба, мінути	10	20	60	60	10
Коефіцієнт ниткового віддалеміра	-	100	100	100	100
Маса теодоліта, кг	11	5	4,5	3,5	2,5

У теодолітах Т05, Т1, Т2 відліки роблять за двостороннім мікрометром. В теодолітах Т5, Т15 система відліків одностороння за шкальними мікроскопами. У теодоліті Т30 використовується мікроскоп з індексом.

Високоточні теодоліти Т05 і Т1 використовують для вимірювання кутів у планових державних геодезичних мережах 1-го й 2-го класів, а також як контрольно-вимірювальне обладнання для різних дослідницьких і високоточних вимірювань, у будівництві й експлуатації особливо відповідальних споруд. Найменша поділка круга лімба 10', ціна поділки відлікової системи 1".

Точний теодоліт Т2 призначений для вимірювання кутів у триангуляції 3-го й 4-го класів, у геодезичних роботах з розмітки споруд в будівництві. Круги лімбів теодоліта розділені на 20', оцифровування градусне. У

відліковій системі приладу використано оптичний клиновий мікромір із шкалою, ціна поділки якого 1". Відлікова система передбачає цифрову індексацію десятків мінут у додатковому віконці діафрагми поля зору мікроскопа.

Точний теодоліт Т5 та його модифікації 2Т5 і 2Т5К призначені для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів у триангуляції і полігонометрії 1-го й 2-го розрядів, вимірювання відстаней за допомогою ниткового віддалеміра, а також для виконання планувальних робіт. У відліковій системі використано шкальний мікроскоп з ціною поділки 1". Система відліків одностороння двоканальна з кольоровим фоном відображення вертикального й горизонтального кругів. Теодоліт 2Т5К відрізняється від теодоліта 2Т5 тим, що він має самовстановлювальний оптичний компенсатор, який замінює рівень біля аліади вертикального круга й дозволяє використовувати прилад як нівелір з горизонтальним променем візування.

Теодоліт Т15 призначений для вимірювання кутів у теодолітних і тахеометричних ходах, знімальних геодезичних мережах, при перенесенні у натуру споруд і інженерно-технічних вишукувань трас. Теодоліт має оптичний центрир, розміщений у середині аліадної частини приладу. Кутомірні круги теодоліта розділені через 1°, кожний штрих яких оцифрований. Відлікова система - це шкальний мікроскоп з ціною поділки 1'. Частини поділок відлічують на око з точністю 0,1'. У полі зору шкального мікроскопа одночасно видно відображення штрихів горизонтального й вертикального кругів. Теодоліт 2Т15КП відрізняється від базової моделі наявністю компенсатора й тим, що труба має пряме відображення.

В топографо-геодезичних вимірюваннях використовують вдосконалені оптичні теодоліти серії 3Т, а саме теодоліти 3Т2КП(2"), 3Т2КА(2") й 3Т5КП(5") та серії 4Т – 4Т30П(30").

За рубежем виготовляють астрономо-геодезичний теодоліт-універсал ТНЕ0 002, секундний теодоліт ТНЕ0 010А, теодоліт-тахеометр ТНЕ0 020А і малий теодоліт ТНЕ0 080А. Теодоліт ТНЕ0 020А призначений для вимірювання кутів у триангуляції і полігонометрії середньої точності, розбивних робіт у будівництві, топографічних знімачів і спостережень за деформаціями споруд. Зорова труба дає збільшення зображення у 25 разів, середня похибка вимірювання 3", самовстановлювальний індекс вертикального круга з похибкою встановлення 1", маса 4,2 кг.

Широко використовують для вимірювання й побудови горизонтальних та вертикальних кутів теодоліти фірми Торсон: оптичні TL-6G(6"), TL-10G(10") й TL-20G(20"); цифрові DT-101(2"), DT-102(5"), DT-103(7"), DT-104(10"), DT-106(20") та цифрові з лазерним показником DT-110L(5"), DT-102L(5"), DT-103L(7") й DT-104L(10"), а також фірми SOKKІІ: електронні DT4(5"), DT500(5") й DT600(7") та з лазерним показником LDT50(5").

2 Геометрична схема й основні частини теодоліта

Кожний тип теодоліта має свої конструктивні особливості. Однак, належачи до одного типу приладів для вимірювання кутів, усі вони мають загальні основні частини (рис. 1): зорова труба 1, рівні, робочі міри, горизонтальний (з лімбом 3 і алідадою 4), і вертикальний 5 круги, відлікові системи і встановлювальні пристрої, підставки 2 і піднімальні гвинти 7.

Обов'язковим є однакове взаємне розміщення таких осей теодоліта: візирна вісь труби ZZ_1 , вісь рівня на алідаді горизонтального круга UU_1 , горизонтальна вісь обертання труби HH_1 і вісь обертання приладу (основна) Π_1 .

Принципова схема теодоліта забезпечує виконання основних геометричних умов: вісь обертання приладу мусить бути вертикальною; площина лімба LL_1 - горизонтальною; площа візування - вертикальною. При вимірюванні кутів найбільше значення має дотримування взаємного розміщення частин теодоліта відповідно до таких умов: $LL_1 \perp \Pi_1$, $UU_1 \perp \Pi_1$ або $UU_1 \parallel LL_1$, $ZZ_1 \perp HH_1$, $HH_1 \perp \Pi_1$ або $HH_1 \parallel LL_1$. Це зумовлено їхньою значною мінливістю у процесі роботи й транспортування.

Зорова труба дозволяє при виконанні вимірювальних робіт точно візувати на значно віддалені від приладу предмети. До її складу (рис. 2) входять об'єктив 1, лінза 2, кремальєра 3, сітка ниток 4 й окуляр 5. Сітка ниток призначена для точного й одноманітного наведення на ціль візування.

Зорова труба має оптичну, геометричну осі й вісь візування. Оптична вісь - це пряма, яка з'єднує центри об'єктива й окуляра зорової труби. Геометрична вісь - це пряма, що проходить через центри поперечних перерізів об'єктивної й окулярної частин труби. Вісь візування - пряма, яка проходить через оптичний центр об'єктива й центр сітки ниток.

Збільшення зорової труби

$$V = f_{об} / f_{ок} , \quad (1)$$

де $f_{об}$, $f_{ок}$ - відповідно фокусна відстань об'єктива й окуляра, мм.

Поле зору, тобто простір, який видно в трубу при її нерухомому стані, обчислюють залежно від збільшення V :

$$\alpha = 38,2^\circ / V . \quad (2)$$

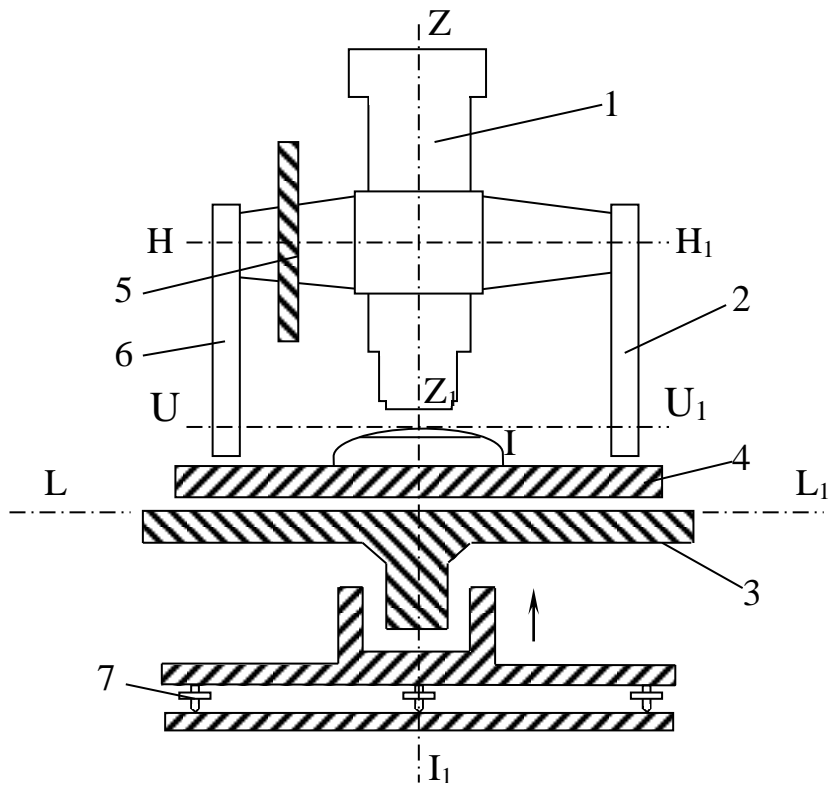


Рисунок 1 – Геометрична схема й основні частини теодоліта

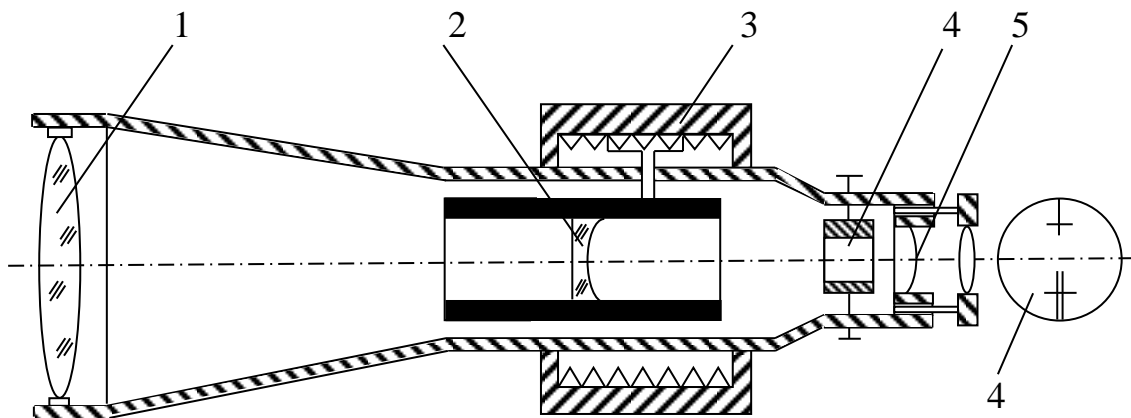


Рисунок 2 – Будова зорової труби

Циліндричні рівні призначені для приведення вертикальної осі Π_1 теодоліта у прямовисне положення (рис. 3). Конструктивно рівень виготовлений з циліндричної трубки, внутрішня поверхня якої відшліфована по радіусу в кілька метрів (3...200 м). Склона трубка 1 розміщена у металевій оправі 2 з виправним гвинтом 5. У середині трубки 1 безповітряний простір утворює бульбашку рівня 3, а на її зовнішній поверхні зроблено поділки 4 через 2 мм. Найвищу точку трубки (точку 0) називають нуль-пунктом. Відносно цієї точки бульбашка рівня розміщується симетрично, якщо вісь UU_1 рівня, тобто дотична до внутрішньої поверхні трубки в нуль-пункті, набирає горизонтального положення.

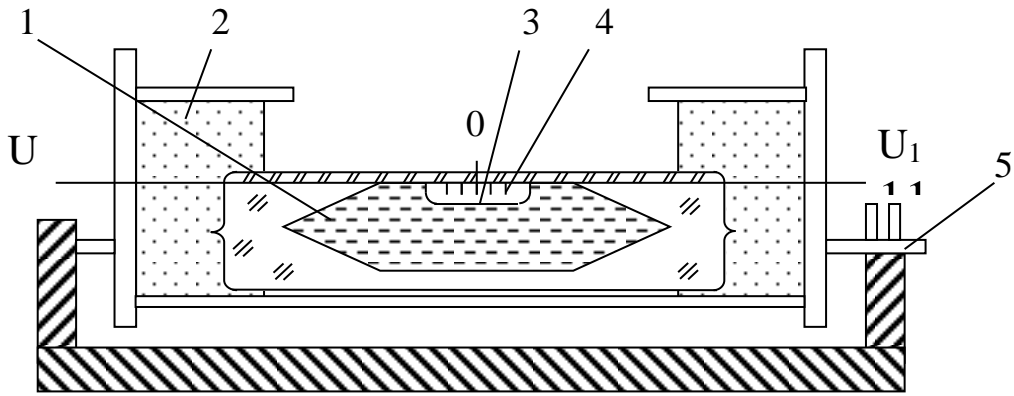


Рисунок 3 – Будова циліндричного рівня

Ціна поділки рівня (рис. 4)

$$\tau = l \rho / R, \quad (3)$$

де l - лінійне значення однієї поділки рівня (2 мм);

ρ - кількість секунд у радіані (206265);

R - внутрішній радіус поверхні рівня (3...200 м), мм.

Як робочі міри у теодолітах – лімби горизонтального й вертикального кругів, на яких зроблено поділки з високою точністю.

У сучасних оптичних теодолітах для відлічування поділок лімба використовують штрихові (рис. 5,а) або шкальні (рис. 5,б) мікроскопи. Ціна поділки лімба штрихового мікроскопа 10 (рис. 5,а). Відлік за штриховим мікроскопом беруть на око з точністю 1'. Ціна поділки лімба шкального мікроскопа 1°. Ціна поділки шкали 1'. Відлік за шкалою беруть на око з точністю 0, 1'. В оптичних теодолітах із штриховими й шкаловими мікроскопами в полі зору одночасно видно зображення вертикального й горизонтального кругів.

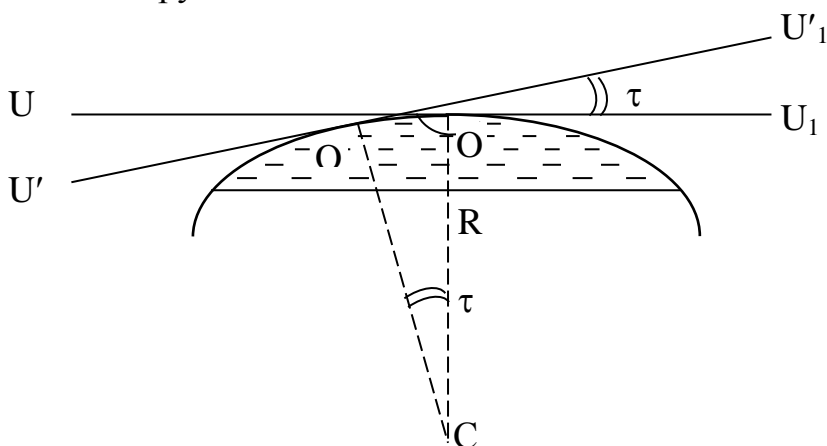


Рисунок 4 – Визначення ціни поділки рівня

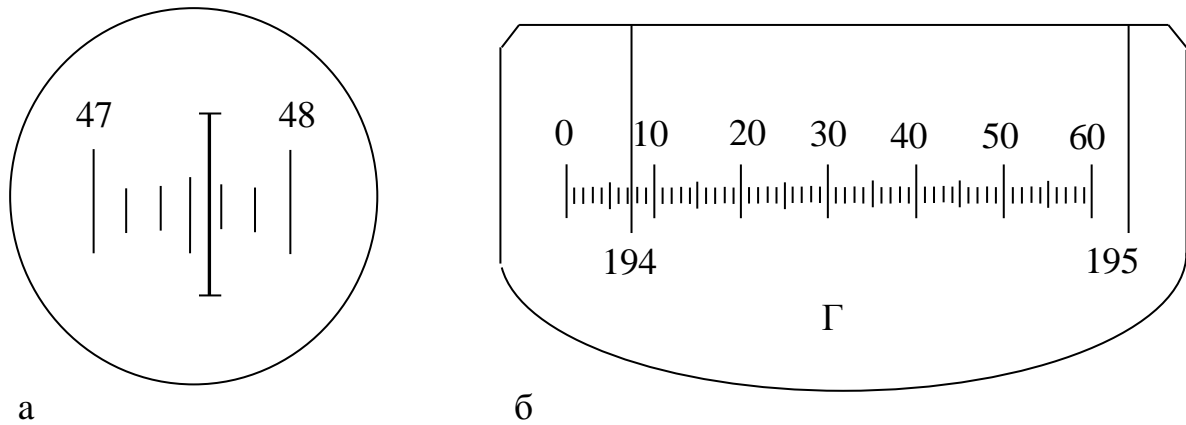


Рисунок 5 – Будова мікроскопів: а – штрихового (відлік $47^{\circ}36'$);
б – шкального (відлік $194^{\circ}07,2'$)

3 Будова теодоліта Т30

Теодоліт Т30 призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів у теодолітних і тахеометричних ходах, а також для виконання топографо-геодезичних робіт на місцевості.

Особливості теодоліта Т30 такі: система вертикальної осі повторювальна; відліки по кругах виконують за індексом на око з точністю до $0,1'$ поділки ($1'$); можливе центрування теодоліта над точкою за допомогою зорової труби.

Теодоліт Т30 (рис. б) складається з вертикального й горизонтального кругів із скляними лімбами, зорової труби 1, відлікового мікроскопа 2, ручки фокусування 5, дзеркала для підсвічування 3, затискних 4 й навідних мікрометричних 6 гвинтів труби 1, підставки 7, затискних і навідних гвинтів лімба 8 і алідади 9.

Теодоліт Т30 має оптичну систему, яка дає змогу виконувати водночас відліки по горизонтальному й вертикальному кругам за допомогою мікроскопа. Схема оптики системи відліку теодоліта Т30 наведена на рис. 7. Мікроскоп розміщений біля окуляра зорової труби. Поле зору теодолітів Т30 і 2Т30П показано на рис. 8 та 9.

До комплекту теодоліта Т30 входять також штатив, орієнтир-бусоль, висок, футляр з чохлом та запасні інструменти й приладдя.

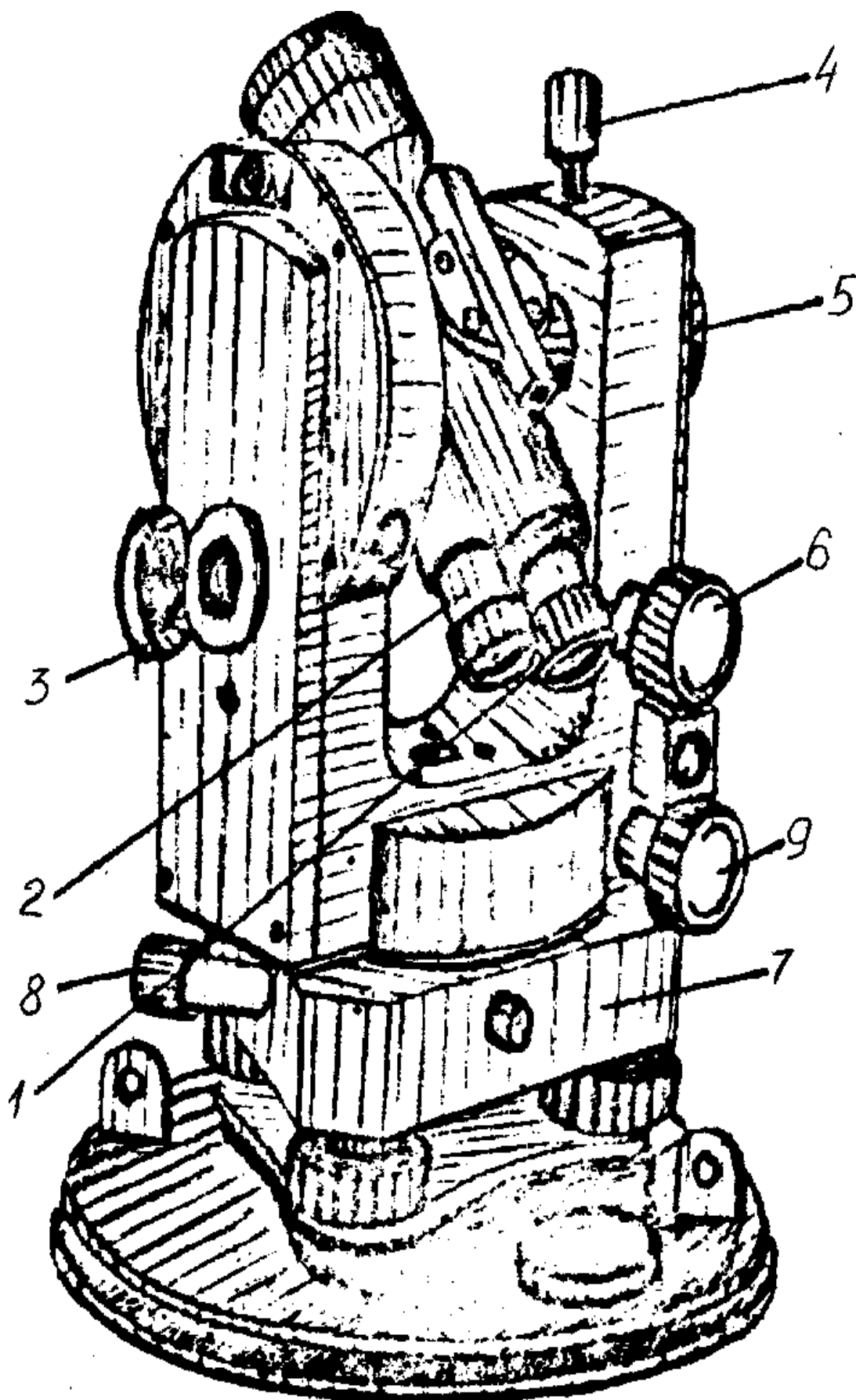


Рисунок 6 – Будова теодоліта Т30

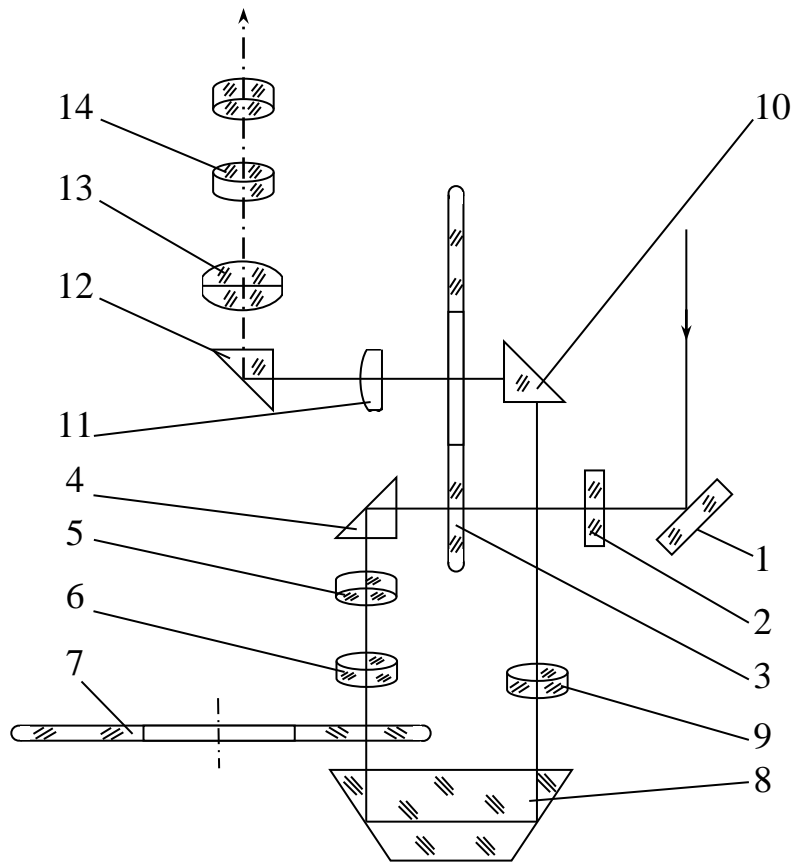


Рисунок 7 – Схема оптики системи відліку теодоліта Т30:
 1 – дзеркало; 2 – ілюмінатор; 3 – вертикальний круг;
 4, 8, 10, 12 – призми; 5, 6 – лінзи об’єктива;
 7 – горизонтальний круг; 9 – об’єктив горизонтального круга;
 11 – конденсатор; 13 – об’єктив мікроскопа; 14 – окуляр мікроскопа

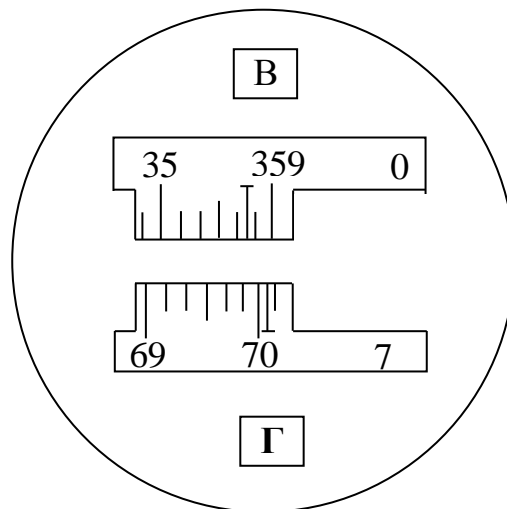


Рисунок 8 – Поле зору теодоліта Т30

Відліки: по горизонтальному кругу $70^{\circ}04'$; по вертикальному $358^{\circ}46'$

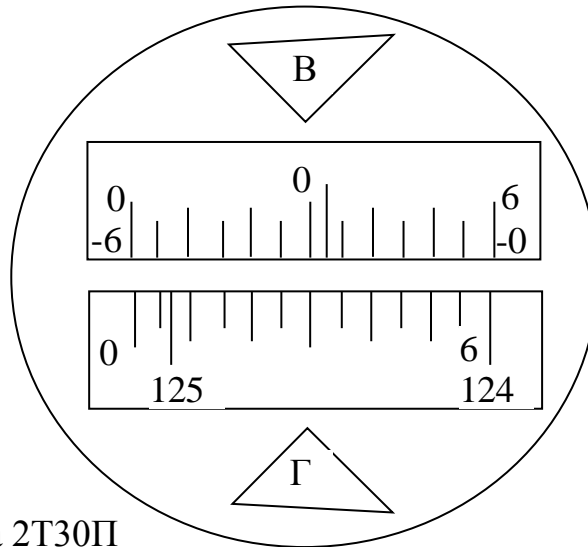


Рисунок 9 – Поле зору теодоліта 2Т30П

Відліки: по горизонтальному колу $125^{\circ}06'$; по вертикальному $0^{\circ}33'$

4 Підготовка теодоліта до роботи

Підготовка теодоліта до роботи включає аналіз і оцінювання зовнішнього стану й комплектності, оцінювання дієздатності рухомих частин і режимів окремих функціональних елементів, приведення їх у дієздатний стан, перевірку і юстирування. Теодоліти мають відповідати необхідним оптико-механічним і геометричним умовам. Теодоліти як геодезичні прилади для вимірювання кутів характеризуються комплексом метрологічних характеристик і тому мають регулярно піддаватися перевірці й метрологічній атестації. Зміст перевірних робіт для теодолітів при метрологічному контролі наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Зміст перевірних робіт для теодолітів

Зміст перевірних робіт	Методи, засоби і пристрої для перевірок
Перевірка зовнішнього вигляду й комплектності	Візуальний огляд
Оцінювання дієздатності рухомих частин	Випробування
Визначення середньої квадратичної похибки вимірювання горизонтального й вертикального кутів	Автоколіматори або коліматори
Визначення коефіцієнта ниткового віддалеміра	Еталонний базис
Визначення ексцентриситету вертикального круга	Автоколіматори
Визначення колімаційної похибки	Вимірювання напрямів на візирну ціль
Визначення місця нуля вертикального круга	Те саме

Зовнішній вигляд теодоліта перевіряють візуально. При цьому виявляють пошкодження оптичних і механічних частин теодоліта. Перевіряють установку рівнів і виправних пристроїв, чіткість зображення й рівномірність освітлення системи відліку. Труба й оптичні пристрої мають давати чіткі, не викривлені й незабарвлені зображення. Бульбашки рівнів при обертанні піднімального гвинта мають плавно пересуватися в трубці. Особливу увагу звертають на виконання таких умов:

а) нерухомий індекс відлікового мікроскопа при встановленні на його шкалі нуля має збігатися із зміщеним відображенням діаметрально протилежних штрихів лімба;

б) освітлення поля зору труби повинно бути рівномірним, таким що не допускає викривлення зображення;

в) зображення штрихів лімба повинні бути видні без перефокусування окуляра мікроскопа.

При перенесенні теодоліта перевіряють правильність і можливість зручного вкладання теодоліта до футляру, замки й пристрої. Комплектність теодоліта контролюють відповідно до комплекту, який вказаний у паспорті теодоліта.

Дієздатність рухомих частин перевіряють випробуванням. При цьому виявляють і усувають у рухомих частинах лімба неплавність переміщення й помітні деформації. Перевіряють дієздатність мікрометрів зорової труби й системи відліку, придатність пристрою для фокусування. Встановлюють наявність обмежувальних і стопорних пристроїв, де це необхідно. Перевіряють розбіжність окуляра й пристроїв регулювання.

Особливу увагу звертають на:

а) піднімальні й навідні гвинти, вони повинні мати плавний хід, без стрибків, зривів і заїдань. Для перевірки роботи гвинтів зорової труби візують на віддалену точку. Обертають піднімальний і навідний гвинти й спостерігають за плавністю переміщення зображення точки відносно ниток сітки. При необхідності хід піднімальних гвинтів регулюють їхніми гвинтами, а навідних - їхніми пружинами й гайками;

б) навідні пристрої лімба, механізму оптичного мікрометра повинні працювати плавно і стало;

в) обертання теодоліта навколо вертикальної осі й обертання зорової труби мають бути легкими і плавними;

г) положення теодоліта на штативі має бути тривким.

При огляді штатива звертають увагу на кріплення його частин. Ніжки штатива повинні порівняно туго обертатися в шарнірному з'єднанні з головною частиною.

Остаточний висновок про придатність теодоліта для виконання робіт з належною точністю роблять після виконання перевірок і відповідного їм регулювання.

Приведення теодоліта у робочий стан включає центрування, нівелювання приладу й фокусування зорової труби.

Центрування – встановлення центра лімба або осі алідади на одній прямовисній лінії з вершиною кута.

Для центрування теодоліт пересувають разом з штативом над точкою доти, поки висок не розміститься над нею. При наявності центрира у його полі зору має бути видна точка. Потім послаблюють становий гвинт і пересувають теодоліт по горизонтальній головці штатива доти, поки висок або хрестик сітки ниток центрира не суміститься з точкою. Після закінчення операції закручують становий гвинт.

Нівелювання теодоліта – приведення площини лімба в горизонтальне положення або осі алідади в прямовисне положення трьома піднімальними гвинтами.

Для нівелювання теодоліта розміщують рівень, обертаючи алідаду при відкритому затискному гвинті, паралельно двом піднімальним гвинтам. Обертаючи ці гвинти в різні боки, виводять бульбашку рівня на середину. Потім повертають алідаду разом з рівнем у напрямі третього гвинта, тобто на кут, близький до 90° . Обертаючи тільки третій піднімальний гвинт, знову приводять бульбашку рівня на середину алідади. Дії повторюють доти, поки бульбашка рівня не залишатиметься на середині при будь-якому положенні алідади на лімбі.

Фокусування зорової труби – отримання в полі зору труби чіткого зображення сітки ниток і предмета, який спостерігають.

Чітке зображення предмета отримують обертанням кільця кремальєри. Для отримання чіткого зображення сітки ниток наводять трубу на освітлений предмет. Обертаючи окуляр, домагаються чіткого зображення сітки ниток.

5 Перевірка і юстирування теодолітів

Перевірку і юстирування теодолітів виконують при температурі $(+20 \pm 5^\circ\text{C})$. При проведенні перевірки виконують операції і використовують засоби перевірки згідно з табл. 2. Для контролю дотримання основних геометричних умов, які обумовлюють принципову схему теодоліта, виконують такі основні дії.

1. Перевірка і юстирування рівня біля алідади горизонтального круга.

Вісь циліндричного рівня UU_1 , поміщеного на алідаді, має бути паралельною площині лімба або перпендикулярною до вертикальної (основної) осі Π_1 теодоліта (рис. 10).

Для перевірки цієї умови необхідно алідаду повернути так (рис. 10), щоб вісь рівня UU_1 розмістилась паралельно лінії, що з'єднує піднімальні гвинти. Обертаючи ці гвинти в протилежних напрямках, бульбашку рівня переміщують на середину. Потім алідаду повертають на 90° і третім піднімальним гвинтом бульбашку рівня виводять на середину. Після чого алідаду повертають на 180° і оцінюють зміщення бульбашки від середини.

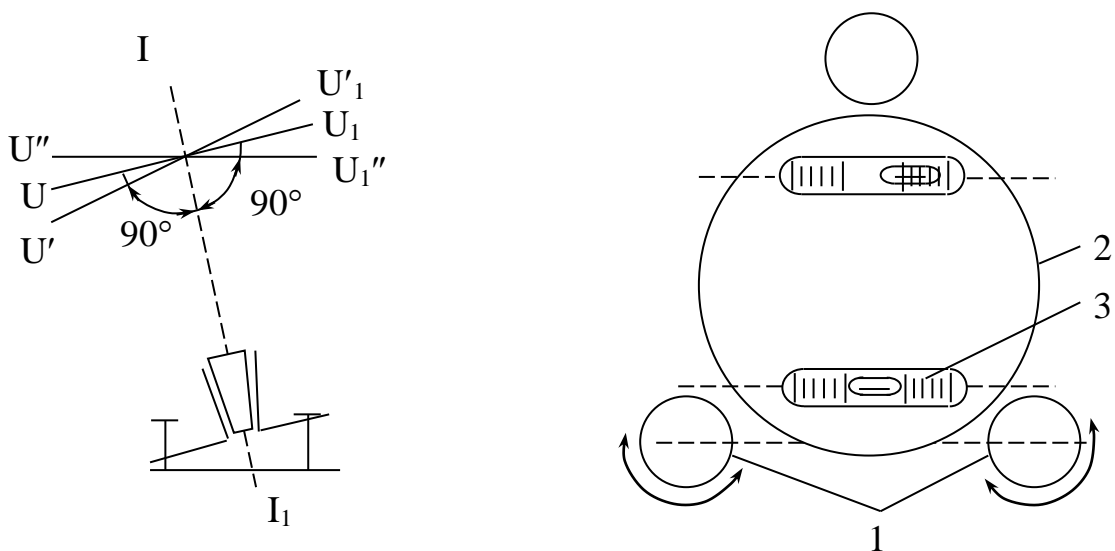


Рисунок 10 – Перевірка рівня біля алідади горизонтального круга:
 1 – піднімальні гвинти; 2 – алідада; 3 – циліндричний рівень

Якщо бульбашка рівня змістилася від середини більше ніж на одну поділку через нерівність підставок рівня, то при повороті лімба або алідади вісь приладу Π_1 і площина лімба збережуть своє похиле положення. Щоб виправити помилку виправними гвинтами рівня, виводять бульбашку на половину відхилення від середини. Вісь рівня UU_1 розміститься паралельно площині лімба (рис. 10). Проте лімб не буде в горизонтальному положенні. На другу половину відхилення бульбашку встановлюють двома піднімальними гвинтами, обертаючи їх у різні сторони. Лімб при цьому набуде горизонтального положення.

Для контролю перевірку повторюють доти, поки бульбашка рівня, повернутого на 180° , не сходитиме із середини більше як на одну поділку. Результати перевірки рівня біля алідади горизонтального круга наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Результати перевірки рівня біля алідади

Номер прийому	Відхилення бульбашки при повороті алідади (поділок)		Примітка
	на 90°	на 180°	
1	5	4	Умову не виконано, виконайте юстирування
2	1	3	Те саме
3	0	1	Умова виконана

2. Визначення колімаційної похибки.

Візирна вісь труби ZZ_1 має бути перпендикулярною до горизонтальної осі обертання труби HH_1 (рис. 11), тобто колімаційна

похибка мусить дорівнювати нулю або не перевищувати подвійну точність приладу

$$C = 0,5 (L_r - R_r \pm 180^\circ) \leq 2 t \quad , \quad (4)$$

де L_r, R_r - відлік за лімбом горизонтального круга при крузі “ліворуч” і “праворуч”;
 t - точність теодоліта.

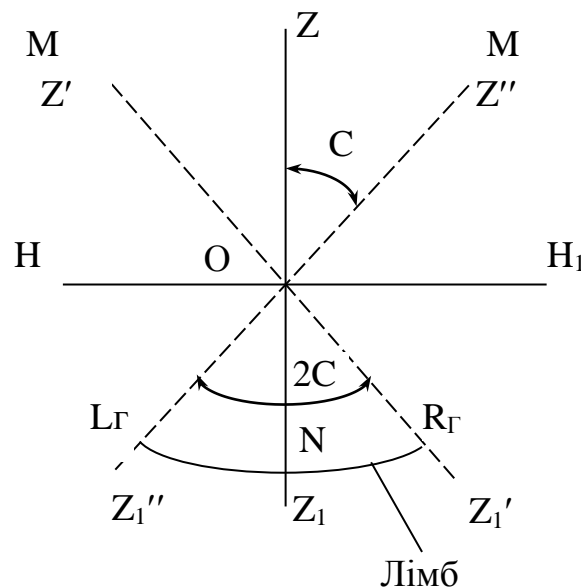


Рисунок 11 – Схема визначення колімаційної похибки

Неперпендикулярність візирної осі зорової труби до горизонтальної осі обертання визначають у такій послідовності: теодоліт приводять у робоче положення, закріплюють алідаду, вибирають віддалену й добре видиму точку M , що знаходиться на рівні осі обертання (рис. 11). Візують на неї трубу при крузі “праворуч”. Закріпивши затискні гвинти й орудуючи навідними гвинтами алідади й труби, суміщають центр сітки з точкою, яку спостерігають. Беруть відлік по горизонтальному кругу. Відкріпивши алідаду і перевівши трубу через zenit, візують на ту саму точку M при крузі "ліворуч". Знову роблять відлік за лімбом горизонтального круга .

За формулою (4) обчислюють колімаційну похибку. Якщо вона не перевищує подвійну точність теодоліта - умову виконано. В протилежному випадку виконують юстирування. Щоб позбутися похибки, з обох відліків обчислюють середнє значення:

$$N = (R_r + L_r \pm 180^\circ) / 2 . \quad (5)$$

Навідними гвинтами алідади встановлюють на лімбі відлік N . Центр сітки ниток зорової труби зійде зі спостережуваної точки M . Послабивши

виправні гвинти сітки ниток, переміщують її до суміщення із зображенням точки М. Після цього сітку ниток закріплюють.

Для контролю перевірку повторюють доти, поки колімаційна похибка не перевищуватиме подвійну точність теодоліта. Результати визначення колімаційної похибки наведено у табл. 4.

Таблиця 4 – Результати визначення колімаційної похибки

Номер прийому	Точка візування	Відлік по горизонтальному колу		Колімаційна похибка С	Примітка
		"праворуч"	"ліворуч"		
1	4	13°21'	193°48'	13'	Умову не виконано Установити на горизонтальному колу відлік 13°35'
2	4	13°35'	193°36'	30"	Умову виконано

Після закінчення перевірки захисний ковпачок юстирувальних гвинтів сітки ниток ставлять на місце.

3. Визначення нахилу горизонтальної осі обертання зорової труби. Горизонтальна вісь обертання зорової труби HH_1 має бути перпендикулярною до вертикальної осі обертання теодоліта II_1 (див. рис. 10).

Теодоліт встановлюють за 20...30 м від стіни високої будівлі й приводять його у робочий стан. Вибирають і відмічають на стіні точку А (рис.12).

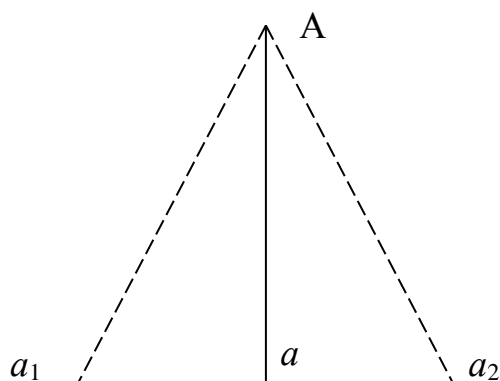


Рисунок 12 – Визначення нахилу горизонтальної осі обертання зорової труби

Кут нахилу на точку А не повинен перевищувати 25...35°. Зорову трубу візують на точку А й закріплюють алідаду. Опускають трубу до горизонтального положення, і проєкціюють на стіну центр сітки ниток. Позначають на стіні точку a_1 . Переводять трубу через зеніт, і при іншому положенні вертикального колу знову візують трубу на точку А.

Закріпивши алідаду, опускають трубу до горизонтального положення і позначають на стіні точку a_2 . Якщо точки a_1 і a_2 не сумістяться - умову не виконано. Відстань між a_1 і a_2 для технічних теодолітів не повинна перевищувати 1:5000 висоти точки А над горизонтом приладу (відрізок aA). Результати визначення нахилу горизонтальної осі обертання зорової труби наведені у табл. 5.

Таблиця 5 – Результати визначення нахилу горизонтальної осі обертання зорової труби

Висота точки А, м	Відстань між точками a_1 і a_2 , мм	Відношення відстані до висоти	Примітка
22,8	4,5	1:5066	Умову виконано

У сучасних теодолітах це виправлення потребує розбирання теодоліта, а тому виконується в оптико-механічних майстернях.

4. Одна з ниток сітки має бути горизонтальною, а інша вертикальною. Приводять теодоліт у робочий стан. Горизонтальність нитки сітки перевіряють у такій послідовності. Наводять центр сітки ниток на точку, віддалену від теодоліта на 5...10 м, що перебуває на висоті приладу. Навідним гвинтом лімба переміщують сітку ниток уздовж точки (рис. 13) і стежать за положенням горизонтальної сітки ниток відносно точки. Якщо зображення центра сітки ниток зміщується відносно точки більше ніж на три штрихи, - умову не виконано.

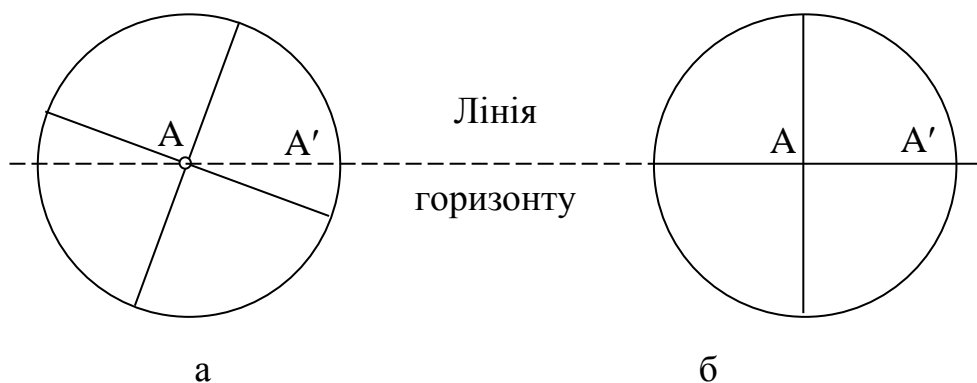


Рисунок 13 – Перевірка правильності встановлення сітки ниток наведенням на точку: а - умову не виконано; б - виконано

Вертикальну сітку ниток можна перевірити за допомогою виска, підвішеного на відстані 20...30 м (рис. 14). Якщо після візування на висок вертикальна сітка ниток суміститься з шнурком виска - умову виконано. В іншому разі треба виконати юстирування.

Для виконання юстирування відгвинчують ковпачок, що закриває виправні гвинти сітки на окулярній частині зорової труби. Відкручують

виправні гвинти й рукою повертають корпус ниток сітки так, щоб виконувалися умови горизонтальності й вертикальності ниток сітки. Після закінчення перевірки повторюють перевірку перпендикулярності осі візування до горизонтальної осі зорової труби.

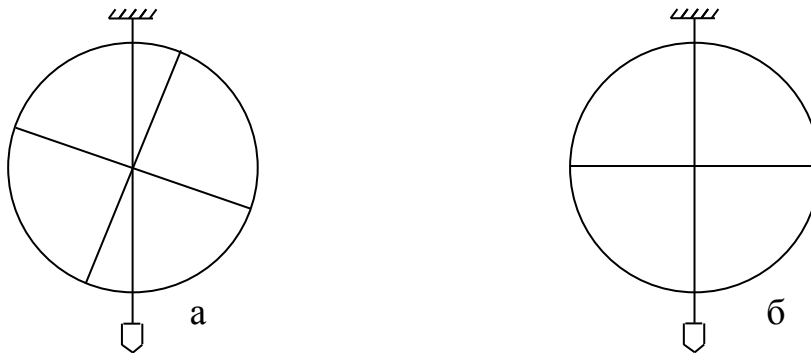


Рисунок 14 – Перевірка сітки ниток за допомогою виска:
а - умову не виконано; б – виконано

5. Визначення місця нуля вертикального круга.

Місце нуля - це відлік по вертикальному кругу при положенні зорової труби круг "ліворуч" або круг "праворуч", коли візирна вісь горизонтальна й алідада вертикального круга встановлена за її рівнем в положення, якого вона набуває при вимірюванні вертикальних кутів.

Установлюють за рівнем вісь обертання теодоліта в прямовисне положення. При крузі "праворуч" візують трубу на віддалену точку, яку чітко видно. Виводять бульбашку рівня біля алідади вертикального круга на середину й беруть відлік по вертикальному кругу R_v . Переводять трубу через зеніт і візують трубу на ту саму точку. Знову при необхідності виводять бульбашку рівня при алідаді вертикального круга на середину й беруть відлік по вертикальному кругу L_v .

У теодоліта Т30 місце нуля обчислюють за формулою

$$MO = (R_v + L_v \pm 180^\circ) \leq 2t . \quad (6)$$

Для контролю визначають місце нуля візуванням на іншу точку. Всі операції виконують як у попередній послідовності.

Для модифікацій теодолітів з градуванням вертикального круга, відмінним від теодоліта Т30 (за рухом годинникової стрілки), місце нуля обчислюють за формулою

$$MO = (R_v + L_v \pm 360^\circ) \leq 2t . \quad (7)$$

У теодоліта 2Т30П та інших, у яких шкала вертикального круга має два ряди цифр (в одному зі знаком "-", а в другому "+"), місце нуля

$$MO = 0,5 (L_B + R_B) . \quad (8)$$

Якщо місце нуля більше за подвійну точність теодоліта, виконують юстирування. Для теодоліта Т30 порядок юстирування такий.

Знаходять кут нахилу по відліках, що отримані при візуванні труби на точку при двох положеннях вертикального круга

$$v = 0,5 (L_B - R_B - 180^\circ) . \quad (9)$$

Залишивши зорову трубу наведеною на точку, встановлюють навідним гвинтом по вертикальному кругу відлік, рівний обчисленому за формулою (9). Виводять на середину бульбашку рівня біля горизонтального круга піднімальними гвинтами. Центр сітки ниток зміститься з точки, яку спостерігають. Відгвинчують ковпачок, який закриває юстирувальні гвинти на окулярній частині зорової труби. Вертикальними юстирувальними гвинтами при послаблених горизонтальних гвинтах суміщають центр сітки ниток з точкою, яку спостерігають. Для контролю перевірку повторюють доти, поки не буде виконано умову. Результати визначення місця нуля вертикального круга теодоліта Т30 наведено в табл. 6.

Таблиця 6 – Результати визначення місця нуля вертикального круга теодоліта Т30

Точка візування	Відлік по вертикальному кругу		Місце нуля MO	Примітка
	"праворуч"	"ліворуч"		
4	178°37'	1°43'	+ 0°10'	Умову не виконано Установити по вертикальному кругу відлік +1°43'
4	178°28'	1°33'	+ 0',5	Умову виконано
4	178°12'	1°50'	+ 1'	Те саме

6 Вимірювання кутів теодолітом Т30

Спосіб прийомів при вимірюванні горизонтальних кутів найпоширеніший при інженерно-топографічних роботах на місцевості. При цьому способі горизонтальний кут β отримують як різницю відліків при крузі "праворуч" й "ліворуч" двох напрямів, що виходять з однієї точки (рис. 15).

Кут обчислюють так:

а) перший півприйом вимірювання кута при крузі "праворуч"

$$\beta_{\text{п}} = a_{\text{п1}} - a_{\text{п3}} ; \quad (10)$$

б) другий півприйом вимірювання кута при крузі "ліворуч"

$$\beta_{\text{л}} = a_{\text{л1}} - a_{\text{л3}} ; \quad (11)$$

в) середнє значення вимірюного кута з обох півприймів

$$\beta_{\text{ср}} = 0,5 (\beta_{\text{п}} + \beta_{\text{л}}) , \quad (12)$$

де $a_{\text{п1}}$, $a_{\text{п3}}$, $a_{\text{л1}}$, $a_{\text{л3}}$ - відліки по лімбу горизонтального круга відповідно на точки 1 і 3 при кругах "праворуч" й "ліворуч".

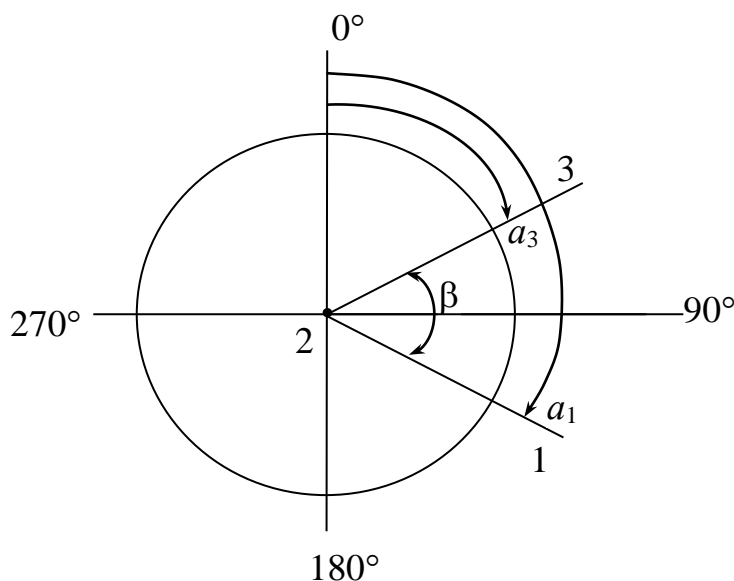


Рисунок 15 – Схема вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів

Порядок вимірювання кутів способом прийомів такий. Встановлюють теодоліт над вершиною кута (рис. 15, точка 2) й приводять його у робочий стан. Перший прийом виконують при крузі "праворуч". Закріплюють лімб затискним гвинтом, відкріплюють алідаду і зорову трубу. Спочатку наближено, а потім закріпивши алідаду й трубу, орудуючи навідними гвинтами алідади й труби, точно наводять центр сітки ниток на точку 1. Беруть відлік по горизонтальному кругу, який записують у журнал (табл. 7). Відкріплюють алідаду, наводять центр сітки

ниток на точку 3. Знову на горизонтальному крузі беруть відлік, який записують у табл. 7.

Таблиця 7 – Журнал вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів

Станція	Точка візування	Положення вертикального круга	Відлік по горизонтальному кругу	Кут, що вимірюється в напівприйомах	Середнє значення кута
2	1	КП	194°07'	103°24'	103°23',5
	3		90°43'		
2	1	КЛ	273°29'	103°23'	
	3		170°06'		

Для контролю й зменшення похибок приладу горизонтальний кут вимірюють при крузі "ліворуч". Для цього переводять трубу через зеніт. Закріплюють алідаду й відкріплюють лімб. Змістивши лімб приблизно на 90°, закріплюють його й відкріплюють алідаду. Знову візують зорову трубу на точку 1. Закріплюють алідаду й беруть відлік по горизонтальному кругу. Взявши відлік, відкріплюють алідаду й візують трубу на точку 3. Закріплюють алідаду й беруть по горизонтальному кругу відлік, який також заносять у табл. 7. За результатами вимірювання кутів у двох півприйомах обчислюють середній кут.

Спосіб кругових прийомів застосовується тоді, коли з будь-якої точки необхідно виміряти декілька горизонтальних кутів (рис. 16).

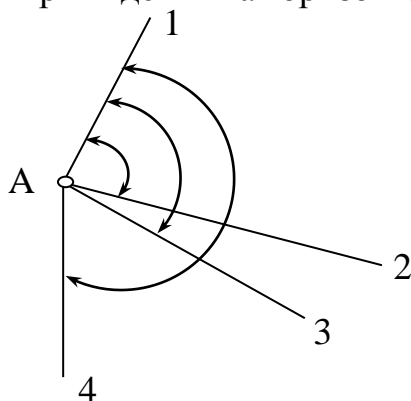


Рисунок 16 – Схема вимірювання горизонтальних кутів способом кругових прийомів

Спочатку кути вимірюють першим півприйомом при крузі "праворуч" у такій послідовності. Встановлюють теодоліт над вершиною кута А й приводять у робочий стан. Встановлюють по горизонтальному кругу відлік, близький до 0°. Закріплюють алідаду й при відкріпленому лімбі наводять центр ниток сітки зорової труби на точку 1. Беруть відлік по горизонтальному кругу й записують його в журнал (табл. 8). Закріплюють лімб. Переміщенням алідади за ходом стрілки годинника послідовно візують на точки 2, 3 і 4, беруть при цьому відліки, які записують у журнал

(табл. 8). Півприйом закінчують повторним наведенням і відліком на початковий пункт 1. Якщо початковий і кінцевий відліки не відрізняються більше як на подвійну точність відлікового пристрою, приступають до другого півприйому.

При закріпленому лімбі переводять трубу через zenit. Переміщенням закріпленої аліади проти ходу стрілки годинника послідовно візують на всі точки й беруть відлік. Відлік на точку 1 записують в останній рядок табл. 8. Відліки на наступні пункти в другому півприйомі записують знизу вгору. Якщо різниця між відліками в першому й другому напівприйомах на початковий напрям 1 не перевищує подвійну точність теодоліта, обчислюють середній відлік з двох півприймів. Його записують у наступну графу табл. 8 і віднімають від усіх інших відліків на наступні напрями 1, 3 і 4. Наведені напрями на точки 2, 3 і 4 - це величини кутів між цими напрями.

Якщо кути вимірюють кількома прийомами, відліки по напрями визначають як середні з прийомів, а потім за цими відліками визначають кути. Кожний наступний прийом виконують так, як перший. Для послаблення впливу похибок поділок лімба його переставляють між прийомами на кут $180^\circ/n$, де n - кількість прийомів. Сума кутів має дорівнювати 360° , що є контролем обчислень. Додатковий польовий контроль вимірювання горизонтальних кутів способом кругових прийомів - постійність подвійної колімаційної похибки:

$$2C = L_r - R_r \pm 180^\circ. \quad (13)$$

Таблиця 8 – Журнал вимірювання горизонтальних кутів способом кругових прийомів

Станція	Точка візування	Відлік по горизонтальному кругу		Середнє значення відліків	Приведений напрям	$2C = L_r - R_r \pm 180^\circ$.
		“ліворуч”	“праворуч”			
А	1	0°01'	180°00'	0°02',0	0°00'	+1'
	2	91°47'	271°46'	91°46',5	91°44',5	-1'
	3	116°09'	296°10'	116°09',5	116°07',5	+1'
	4	143°19'	323°19'	143°19',0	143°17',0	0
	1	0°02'	180°03'	0°01',5		

Для вимірювання **вертикальних кутів** теодоліт установлюють над точкою й приводять його основну вісь у прямовисне положення. При крузі "праворуч" візують зорову трубку на точку **М** (рис. 17). Закріплюють

затискні гвинти алідади й трубу. Мікрометричними гвинтами труби й алідади суміщають сітку ниток з точкою. Закріплюють затискні гвинти алідади й труби. Перевіряють, чи знаходиться на середині бульбашка рівня біля алідади горизонтального круга. Роблять відлік по вертикальному кругу R_v і записують його в журнал (табл. 9).

Відкріплюють затискні гвинти алідади й труби. Перевівши трубу через zenit, знову візують трубу на ту саму точку M (рис. 17). Закріплюють затискні гвинти алідади й труби. Мікрометричними гвинтами алідади й труби суміщають сітку ниток з точкою і беруть відлік по вертикальному кругу L_v , який записують у журнал (табл. 9). Визначають місце нуля вертикального круга теодоліта. За результатами відліків і визначеного місця нуля обчислюють вертикальний кут:

$$v = MO - R_v - 180^\circ . \quad (14)$$

$$v = L_v - MO . \quad (15)$$

Результати обчислень вертикальних кутів записують у табл. 9.

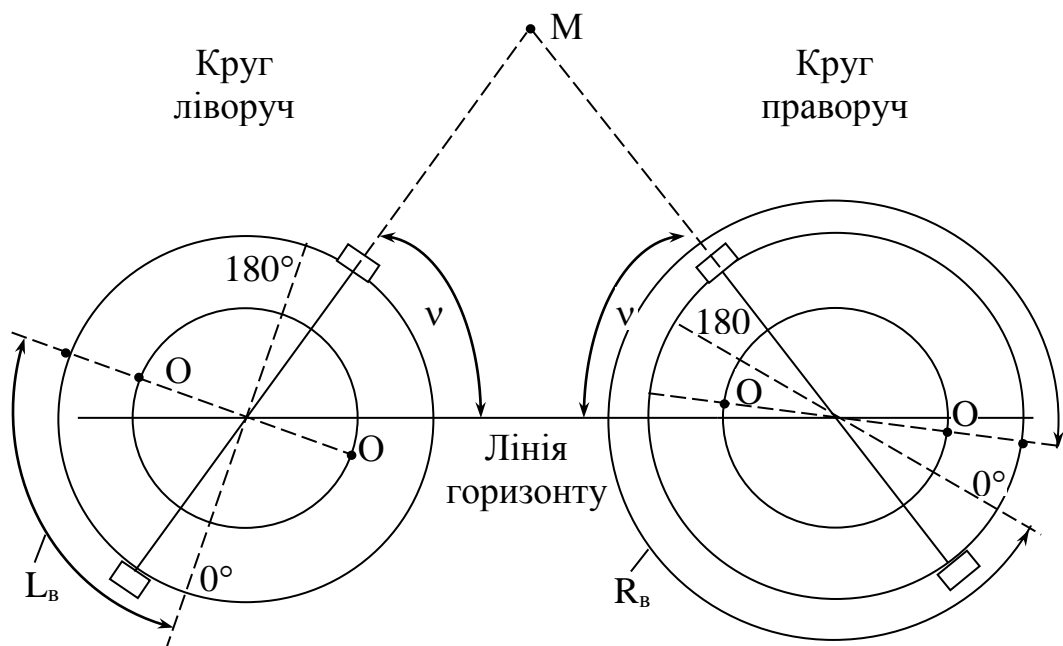


Рисунок 17 – Схема вимірювання вертикальних кутів

Таблиця 9 – Журнал вимірювання вертикальних кутів

Станція	Точка візування	Відлік по вертикальному колу	Місце нуля МО	Вертикальний кут ν
Круг "ліворуч"				
3	2	1°16'		
	4	2°49'		
Круг "праворуч"				
3	2	178°46'	+01'	+1°15'
	4	177°13'	+01'	+2°48'

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Охарактеризуйте принцип вимірювання кутів.
2. Назвіть типи теодолітів і їхні метрологічні характеристики.
3. Нарисуйте геометричну схему й назвіть основні частини теодоліта.
4. Будова зорової труби.
5. Будова рівнів.
6. Відлікові пристрої, що використовують у теодолітах.
7. Охарактеризуйте будову теодоліта Т30.
8. Установіть теодоліт у робоче положення.
9. Виконайте перевірку рівня при алідаді горизонтального колу.
10. Визначте колімаційну похибку.
11. Визначте нахил горизонтальної осі обертання труби.
12. Перевірте сітку ниток труби.
13. Визначте місце нуля вертикального колу.
14. Виміряйте горизонтальний кут способом прийомів.
15. Виміряйте горизонтальний кут способом кругових прийомів.
16. Виміряйте вертикальний кут.

ЛІТЕРАТУРА

1. Багатуни Г.В. и др. Инженерная геодезия. – М.: Недра, 1984. – 344 с.
2. Полищук Ю.В. Высотные разбивочные работы в строительстве. – К.: Будівельник, 1980. – 104 с.
3. Практическое руководство по геодезическому обеспечению строительства зданий повышенной этажности /ГУГК, НИИПГ. – М.: Недра, 1984. – 120 с.
4. Руководство по расчету точности геодезических работ в промышленном строительстве /ГУГК. – М.: Недра, 1979. – 55 с.
5. Справочник по инженерной геодезии /Под ред. Н. Г. Видуева. – К.: Вища школа., 1978 – 376с.
6. Справочник по геодезическим разбивочным работам /Под ред. Г.В. Багатуни. – М.: Недра, 1982. – 128 с.